O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

T.R. Rashidov, U.Z. Shermuxamedov

TRANSPORT INSHOOTLARINING ZILZILABARDOSHLIGI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan 5A340602 – Transport inshootlarining ekspluatatsiyasi (ko‘priklar va tonnellar) va 5A340205 – Ko‘priklar, tonnellar va metropolinen qurilishi (ko‘priklar va tonnellar) mutaxassisliklari 1,2-bosqich magistratura talabalari va professor-o‘qituvchilar uchun darslik sifatida tavsiya etilgan

Toshkent – 2020

UDK 624.21/.8:656.2

T.R. Rashidov, Shermuxamedov U.Z. Transport inshootlarining zilzilabardoshligi. Darslik. – T.: 2020, 400 b.

Darslikda zilzilalarning kelib chiqish sabablari, ularni oldini olish choralari, xavfli zilzilalar paytida ko‘priklarning shikastlanishi, ko‘priklar va boshqa turdagi transport inshootlarini antiseysmik kuchaytirish usullari, inshootlar dinamikasi masalalari, transport inshootlari zilzilabardoshligining nazariy asoslari, yer osti inshootlari zilzilabardoshligi bo‘yicha tadqiqotlarning holati, seysmik hududlarda zilzilabardosh transport inshootlarini loyihalashga zamonaviy yondashuv, ko‘priklarni ko‘p pog‘onali loyihalashning asosiy tamoyillari to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan.

Bundan tashqari darslikda ko‘priklarni maxsus seysmohimoyalash tizimlarini loyihalash va hisoblash usullari, ko‘priklarni seysmohimoyalashda qo‘llanadigan dempferlovchi qurilmalari va tebranishlarni dinamik so‘ndirgichlari, seysmoizolyatsiyani temir yo‘l ko‘priklarining ekspluatatsiya xarakteristikalariga ta’siri, ko‘prik inshootlarini hisobiy sxemalarini belgilash, seysmik xavfsizlikni ta’minlash muammolarining zamonaviy holatini tahlili, yuqori tezlik magistrallarida ko‘priklar zilzilabardoshligini ta’minlashga doir asosiy talablar va choralar keltirilgan.

Darslik transport inshootlarining zilzilabardoshligi masalalari bilan shug’ullanadigan, qurilish sohasiga ixtisoslashgan oliy o’quv yurtlari va professor-o‘qituvchilar uchun mo’ljallangan, shuningdek loyiha-qidiruv tashkilotlari hamda ilmiy-amaliy faoliyat bilan shug’ullanadigan mutaxassislar tomonidan foydalanishi mumkin.

Rasmlar – 156; adabiyotlar – 188.

Taqrizchilar:

A.A.Ishanxodjaev – t.f.d., prof. (TAYLQEI);

Rahmanov O‘. – t.f.n., dots. (TTYMI).

Darslik “Ko‘priklar va tonnellar” kafedrasi majlisida ma’qullangan va institut ilmiy-uslubiy kengashi tomonidan tasdiqlangan.

© Toshkent temir yo‘l transporti muhandislari instituti, 2020 y.

KIRISH

Hozirgi vaqtda O‘zbekiston Respublikasi yuqori sur’atlar bilan rivojlanayotgan davlatlar qatoriga kiradi. O‘zbekiston mustaqillikka erishgandan beri qadimgi minoralar va sun’iy inshootlar tiklanmoqda. O‘zbekistonning transport infratuzilmasini rivojlanishida bir vaqtlar G‘arbni Sharq bilan bog‘lab turgan Buyuk Ipak yo‘lini tiklashning ahamiyati kattadir.

O‘zbekiston temir yo‘llari ancha rivojlangan. Shuni bilish kerakki, O‘zbekiston temir yo‘llarni qurish ishlari keng ko‘lamda amalga oshirilgan Markaziy Osiyodagi davlatlardan deyarli yagonasidir. O‘zbekiston hukumati temir yo‘l tizimini tiklashga katta moddiy mablag‘lar ajratgan. Nukus, Urganch va Uchquduq shaharlari o‘zaro yangi temir yo‘llar bilan bog‘langan. Asosiy temir yo‘llarimizning jami uzunligi deyarli 7000 kilometrni tashkil etadi.

Shuning uchun avtomobil va temir yo‘llarni, shu jumladan ko‘priklarni qurishga katta e’tibor qaratiladi. “Toshg‘uzor-Boysun-Qumqo‘rg‘on”, “Maroqand-Qarshi-Buxoro” temir yo‘l liniyasi, “Buxoro-Misken” yangi temir yo‘l liniyasi Toshkent halqa avtomobil yo‘li (THAY), “Angren-Pop” yangi temir yo‘l liniyasi, “Toshkent – Samarqand – Qarshi” yo’nalishida poyezdlarning yuqori tezlikda harakatlanishini ta’minlovchi temir yo‘li qurilgan.

Mamlakatimizda arxitektura va qurilish sohasidagi amalga oshiriladigan keng ko‘lamli bunyodkorlik ishlari xalqimizga avvalo farzandlarimizga xech kimdan kam bo‘lmagan imkoniyatlar yaratmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 2017 yil 20 apreldagi PQ-2909-sonli va “Oliy ma’lumotli mutaxassislar tayyorlash sifatini oshirishda iqtisodiyot sohalari va tarmoqlarining ishtirokini yanada kengaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 2017 yil 27 iyuldagi PQ-3151-sonli, “Avtomobil yo‘llari ko‘priklarini, yo‘l o‘tkazgichlar va boshqa sun’iy inshootlarni qurish hamda foydalanishni tashkil etish tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”gi 2017 yil 4 oktyabrdagi PQ-3309-sonli, “2018–2022 yillarda Qoraqalpog‘iston Respublikasi, viloyatlar va Toshkent shahrida avtomobil

yo‘llari ko‘priklarini, yo‘l o‘tkazgichlar va boshqa sun’iy inshootlarni qurish, rekonstruksiya qilish hamda kapital ta’mirlash bo‘yicha Davlat dasturini tasdiqlash to‘g‘risida”gi 2018 yil 29 martdagi PQ-3632-sonli, “Yo‘l sohasini boshqarish tizimini yanada takomillashtirishga oid chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 2019 yil 9 dekabrdagi PQ-4545-sonli qarorlari [1-5] bu boradagi ishlarni yangi bosqichga ko‘tarishda muhim dasturlamal bo‘lmoqda.

Yurtimiz Prezidenti ta’kidlab o‘tganlaridek, “umumiy foydalanishdagi avtomobil yo‘llarini rivojlantirishni 2017-2021 yillarga tuzilgan Dasturini amalga oshirish orqali hozirning o‘zida Respublikamizni barcha hududlari orasida yil davomida uzluksiz mustahkam transport aloqasi ta’minlanmoqda, yuk va yo‘lovchilarni uzluksiz ravishda qo‘shni davlatlar chegaralarini kesib o‘tmasdan tashishga sharoitlar yaratib berilmoqda, hududimiz bo‘ylab yuklar tranzitini keskin oshirishga imkon yaratilmoqda”. Shu bilan birga, temir yo‘llardagi bunyodkorlik ishlari davom etmoqda.

O‘zbekistonda jadallik bilan bino va inshootlarning qurilishi, hamda turli xil inshootlar loyihalanishi amalga oshirilmoqda, bular qatoriga temirbeton to‘sinli ko‘priklar, yo‘l o‘tkazgichlar, viaduklar, yer osti va usti metropolitenlari kabi ko‘plab sun’iy inshootlar ham kiradi.

2019 yil ma’lumotlariga ko‘ra “O‘zbekiston temir yo‘llari” aksiyadorlik jamiyati tasarrufidagi sun’iy inshootlar quyidagicha: asosiy yo‘llar bo‘yicha 1380 ta ko‘prik (temirbeton – 1307 ta; metall – 48 ta va aralash – 25 ta)ni tashkil etadi. Temir yo‘l tonnellari 26 ta, piyodalar tonneli 10 ta, piyodalar ko‘priklari – 39 ta, galereyalar 5 ta, akveduklar 4 ta, quvurlar 4420 ta, lotoklar – 386 ta, dyukerlar – 245 tani tashkil etadi. Ko‘priklarning umumiy uzunligi 41 km yaqin [6].

Yo‘l o‘tkazgichlar, ko‘priklar va transport kesishmalariga ega yangi zamonaviy avtomagistrallar nafaqat poytaxtimizda, balki butun mamlakatda bunyod etilgan. Misol tariqasida faqatgina ikkita ob’ektni keltirish mumkin. Toshkentda qurilgan Kichik halqa yo‘liga vaqtni tejab, qulay sharoitda kerakli marshrutlari bo‘yicha harakatlanish imkoniyatiga ega bo‘lgan poytaxt aholisi, hamda kelgan mehmonlar, avtomobil haydovchilari va yo‘lovchilar yuqori baho

berganlar. Ishga tushirilgan Qamchiq dovonidan o‘tgan temiryo‘l magistrali esa avvallari asosan Tojikiston orqali tranzit yo‘li bilan borish mumkin bo‘lgan va mamlakatimiz aholisining 1/3 qismi yashovchi Farg‘ona vodiysiga qatnov qulay, qisqa muddatli va xavf-xatarsiz bo‘lishiga imkon yaratdi.

Hozirgi vaqtga kelib O‘zbekiston Respublikasining umumfoydalanish yo‘llarida 7000 dan ortiq avtomobil yo‘llari ko‘priklari ekspluatatsiya qilinmoqda. Avtomobil yo‘llaridagi ko‘prik inshootlarining umumiy soni 14331 tani tashkil qiladi, jumladan xalqaro ahamiyatdagi – 604 ta, davlat ahamiyatidagi – 2722 ta, mahalliy ahamiyatdagi – 4302 ta, Shahar va qishloq ichki yo’llari – 6703 tani tashkil etadi. Ma’lum bo‘lganidek, Respublikamizda ko‘priklarning aksariyati temirbeton ko‘priklardir [7].

Har yili deyarli 200 km yo‘llar quriladi va rekonstruksiya qilinadi. Bunday qilinayotgan bunyodkorlik ishlari negizi davlatimizda hukm surayotgan tinchlik, barqarorlik, rizolik, xalqimizning ulkan potensiali, uning ertangi kunga bo‘lgan ishonchidadir. 2021yilga qadar bo‘lgan muddat ichida Toshkent shahrida 12 avtomobil yo‘llari yo‘lo‘tkazgichlarini qurib bitirish masalasi qo‘yilgan edi.

Shuni ta’kidlab o‘tish kerakki, O‘zbekiston hududining ko‘p qismi seysmik jihatdan xavfli. Shuning uchun transport inshootlari qurilishiga juda katta talablar qo‘yilishi lozim.

Seysmik hududlardagi turli inshootlarni loyihalash, hisoblash va ekspluatatsiya qilish borasidagi katta yutuqlar mavjudligidan qat’iy nazar, umumiy zilzilabardoshlik nazariyasiga nisbatan ko‘priklar zilzilabardoshligi nazariyasi ancha orqada qolgan, chunki zilzilalardan talofot ko‘rgan hududlardagi inshootlar shikastlanishlariga ko‘ra ko‘priklardagi shikastlanishlarning ulushi kam bo‘ladi, bu esa seysmik hududlardagi qurilish ishlarida asosiy e’tibor turar-joy va sanoat binolarini zilzilabardoshligini ta’minlash masalasiga qaratilishiga olib keladi.

Ko‘priklarni seysmik ta’sirlarga hisoblashda hisoblash sxemalarini belgilash bo‘yicha mavjud tavsiyalarda keyingi 15 yil ichida yuzaga kelgan ko‘p pog‘onali loyihalash, hamda seysmoizolyatsiya va seysmik so‘ndirish tamoyillariga asoslangan ko‘priklarni zilzilabardoshligini kuchaytirish uchun qo‘llaniladigan

yangi konstruksiyalar e’tiborga olinmagan.

Turli xil seysmohimoyalash qurilmalaridan keng ko‘lamda foydalanish jarayonida ko‘priklarni seysmoizolyatsiyalash ko‘rsatkichlarini eng maqbullarini tanlash va asoslash bo‘yicha tadqiqot ishlari deyarli olib borilmaydi, garchi zilzila vaqtida seysmoizolyatsiyalangan ko‘priklar holati seysmoizolyatsiyalangan binolardan ancha farqlanadigan bo‘lsa ham.

Transport qurilishi sohasida, jumladan, ularni loyihalash, qurish va foydalanishdagi temir yo‘llarini rivojlantirish va ushbu yo‘nalishda yetuk kadrlarni yetishtirish bo‘yicha qarorlarini amalga oshirish oldimizda turgan ulkan vazifadir.

Darslikda horijiy adabiyotlardan olingan ma’lumotlarga, hususan transport inshootlarini zilzilabardoshlikka loyihalash va qurish sohalarida dunyoning yetakchi kompaniyalarining tajribasini yoritishga keng o‘rin berilgan.

Darslikni tayyorlashda A.M. Uzdin, I.O. Kuznetsova hamda N.A. Nishonovlarning bir qator adabiyotlaridan foydalanganligimiz munosabati bilan ushbu darslik mualliflari ularga cheksiz minatdorchiliklarini izhor etadilar.

Darslik BV-Atex-2018-14 sonli ilmiy-tadqiqot Davlat granti doirasida bajarildi.

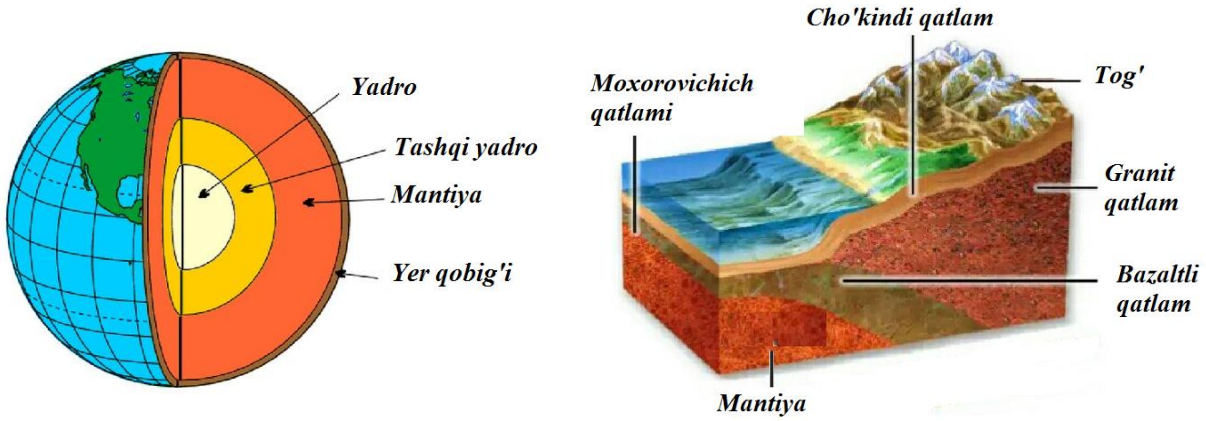
Ushbu darslik O‘zbekiston Respublikasi transport inshootlarining zilzilabardoshligi sohasida ilk nashrligini hisobga olib mualliflar kamchiliklar bo’lsa uzr so’raydilar.

1-BOB. ZILZILALAR HAQIDA UMUMIY MA’LUMOT

1.1. Zilzila paydo bo‘lish sabablari, mexanizmi, klassifikatsiyasi va geografiyasi

Yer qutblari bo‘ylab bir oz siqilgan sharga (sferoid) o‘xshash shaklga ega bo‘lib, uning radiusi 6370 km ni tashkil etadi. Yerning o‘ziga xos egriligi *geoid* deyiladi. Uning ichki tuzilishi turli nuqtai nazardan o‘rganilgan. Tadqiqotning asosiy usullaridan biri – zilzilalar paytida Yer yuzasidagi turli nuqtalarning tebranish parametrlarini taqqoslashdan iborat.

Ma’lumki, geofiziklarning izlanishlari natijalari yerning ko‘pqatlamli ekanini tasdiqladi. U bir necha bir-biriga zich tutashgan qobiqlardan iborat bo‘lib, ular mineral tarkibi, zichligi, elastiklik xususiyatlari, harorati va bosimi bilan bir-biridan farq qiladi. Yer asosan uch qismdan – ***ustki qobiq (litosfera), mantiya*** va ***yadrodan*** tashqil topgan (1.1-rasm).



1.1-rasm. Planeta qatlamlarining joylashish sxemasi

Yer yadrosi – mavjud taxminlarga ko‘ra (zichligining katta bo‘lgani sababli) yadro tarkibi asosan og‘ir metallardan, temir va nikeldan tashqil topgan. Yadroning suyuq holatda ekanligi xaqidagi gipoteza yadrodan ko‘ndalang to‘lqinlarning o‘ta olmaganligiga asoslangandir.

Geofiziklar taxminiga qaraganda yadro ikki qismdan ***tashqi yadro*** va ***sub’yadro***lardan iborat. *Tashqi yadro* qalinligi 2200 km ni, *sub’yadro (ichki)*

yadroning o‘lchami bo‘lsa 1250 km dan iborat. ***Ichki yadro – (sub’yadro)*** suyuq yer yadrosi ichida yana qattiq ichki yadro mavjud ekanligi taxmin qilinadi.

Yer qobig’idan pastda to yadrogacha davom etadigan qatlam – ***mantiya.*** Mantiya bilan yer qobig‘ini ularning chegarasidan ajratib turuvchi ***Moxorovichich*** sirti bo‘lib, u yer qobig‘i bilan mantiya o‘rtasidagi chegara zonasidir. Bu chegara zonasining mavjudligini 1909 yilgi Xorvat zilzilasi paytida elastik to‘lqinlar tarqalishini o‘rganish, orqali yugoslav seysmologi Moxorovichich birinchi bo‘lib aniqladi va shuning uchun ushbu zona (chegara) uning nomi bilan yuritiladi. Moxorovichich sirti shunisi bilan xarakterliki, zilzila yoki portlashlardan tarqaladigan elastik to‘lqinlar bu chegaradan o‘tganda, ularning tezliklarida keskin o‘zgarish sodir bo‘ladi. Bu holat ikkita qatlam yer qobigi va mantiyalar zichligi va elastiklik xossalarining bir-biridan keskin farq qilishidan dalolat beradi [9, 10].

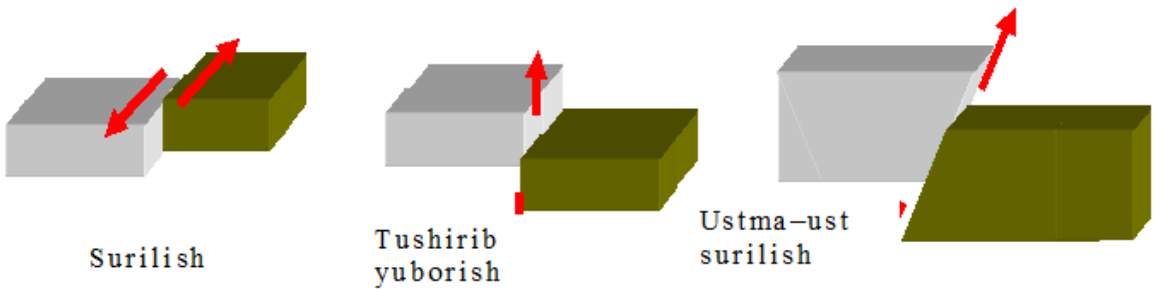
Mantiya ham o‘z navbatida ikki qatlamdan: qalinligi $\approx$960 km ga teng bo‘lgan *yuqori mantiya* va qalinligi $\approx$2000 km bo‘lgan *quyi mantiyadan* tashkil topgan. Keyingi yanada chuqurda joylashgan mantiyadan pastki qatlam – yerning ***yadrosidir.***

Yer qobig‘i (litosfera) – qobiq o‘z navbatida tarkibi cho‘kindi jinslaridan iborat bo‘lgan yuza qatlam hamda undan pastda joylashgan granit qatlamlaridan tashkil topgan. Granit qatlamning qalinligi tekis joylarda 10 km, baland cho‘qqili tog‘lar ostida 40 km gacha yetishi mumkin. Granit qatlamiga pastdan bazalt tutashib ketgan bo‘lib, bazalt qatlamining qalinligi tekis hududlarda 30 km ni, baland tog‘ hududlari ostida – 20 km ni tashkil qiladi. Litosfera tagidagi harorat bazaltning erish haroratiga teng.

Fan va texnika taraqqiyoti bugungi kunda 12-13km chuqurlikni burg‘ulash imkoniyatini yaratgan. Demak, yer qa’rida sodir bo‘ladigan jarayonlarni va yer tuzilishini bevosita o‘rganishda qo‘llaniladigan tajribaviy vosita hozirgi kungacha to‘liq o‘rganilmagan.

Yer qimirlashining sababi yer qobig‘i qatlamlarini o‘zaro surilishlariga olib keluvchi ustki mantiyadagi harakatlar deb hisoblashadi. Agar yer qobig‘ining siljiydigan qismlari orasidagi masofa kichik bo‘lsa, uning egiluvchanligi yetarli

darajada bo‘lmaydi va jinslardagi kuchlanish ma’lum darajaga yetganda, ularning mustahkamlik chegarasidan ortib ketadi va yoriq hosil bo‘ladi, jinslarning chetlari surilib, yer qimirlaydi. Ko‘pchilik hollarda zilzilalar yer qobig‘ining mustahkamligi kamroq bo‘lgan yorilgan joylarida bo‘lib o‘tadi. Surilishning turiga ko‘ra yoriq joylardagi zilzilalar mexanizmini uch turga ajratiladi – ***surilish***, ***tushirib yuborish*** (сброс) ***va ustma-ust surilish*** (надвиг) (1.2-rasm).



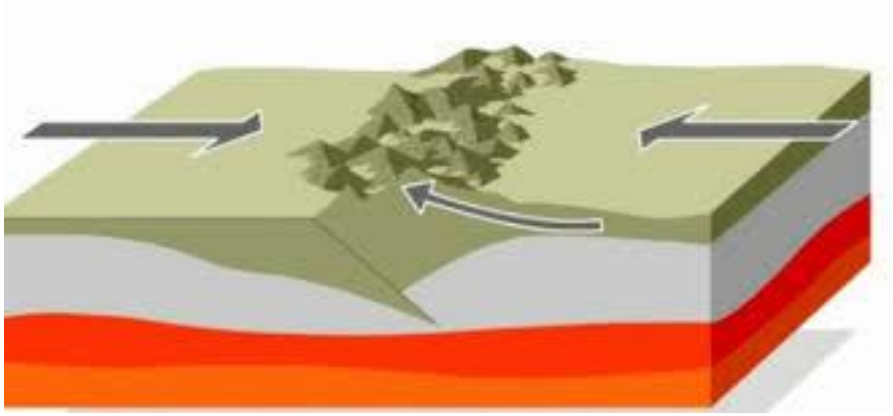
1.2–rasm. Tektonik yorilishlar turlari

“Seysmo” so‘zi grekcha ***“yer qimirlash” (zilzila)*** ma’nosini anglatadi. Zilzilalar tabiatini va yerning ichki tuzilishini o‘rganuvchi fan – ***seysmologiya*** deb yuritiladi. Ushbu fanning seysmik hodisalar tabiatini qurilish nuqtai nazaridan o‘rganadigan qismi ***injenerlik seysmologiyasi (bino va inshootlar zilzilabardoshligi)*** deb yuritiladi. Injenerlik seysmologiyasi fani seysmik jihatdan xavfli bo‘lgan hududlarni aniqlaydi hamda bino va inshootlarning asosi grunt yuzasi (sirti) harakat xususiyatlarini oldindan aytib beradi.

Hozirgi kunda yer osti qatlamlarini, zilzila o‘choqlarini o‘rganish uchun fizika va boshqa fanlar yutuqlariga tayanib zilzilaga sabab bo‘luvchi sharoit o‘rganilmoqda. Mutaxassislar o‘ta sezgir asboblar yordamida chuqur yer osti qatlamlarining xususiyatlari xaqida aniq ma’lumotlarga ega bo‘lmoqdalar. Biroq bu masaladagi bilimlarimiz hamon u yoki bu darajada to‘g‘ri deb tan olinayotgan farazlar doirasida turibdi. Zilzilaning kelib chiqish sabablari va uning tabiati haqida to‘laroq tasavvur hosil qilish uchun Yer planetasi ichki tuzilishi va unda sodir bo‘ladigan geologik jarayonlarni o‘rganish lozim [9].

Shunday qilib potensial energiya kinetik energiya shaklida atrofga tarqaladi, kuchlanganlik holati asta sekin yo‘qoladi. Birdaniga sodir bo‘ladigan uzilish natijasida paydo bo‘lgan jarayon ***zilzila*** deb ataladi. Ushbu model bo‘yicha zilzila sodir bo‘lish jarayonini tushuntirish keyinchalik ko‘pgina kuchli zilzilalarda (masalan 1906 yilda San-Fransiskoda yuz bergan zilzila) o‘z tasdig‘ini topdi (1.3-rasm).

Odatda zilzilalarga Yer qobig‘ining tektonik deformatsiyalari sabab bo‘ladi. Bunday deformatsiyalar jarayonida ma’lum miqdorli kuchlanishlar ta’sirida to‘satdan buzilishlar kelib chiqadi – u yoki bu ko‘rinishdagi dislokatsiyalar hosil bo‘ladi. Bunda katta miqdorda deformatsiyaning energiyasi bo‘shab chiqadi va har tarafga tarqalib ketadigan to‘lqinlar hosil bo‘ladi. Yer yuziga yetganda, ular zilzilalarni – grunt qatlami ustki qismining tebranma harakatini keltirib chiqaradi.



1.3-rasm. Tektonik zilzilalarning paydo bo‘lish jarayoni

Zilzilalar keltiriladigan talafotlar bo‘yicha tayfun va suv toshqinlaridan keyin uchinchi o‘rinda turadi. Zilzilalar natijasida minglab odamlar halok bo‘ladilar, o‘ng minglablari esa boshpanasiz qoladilar.

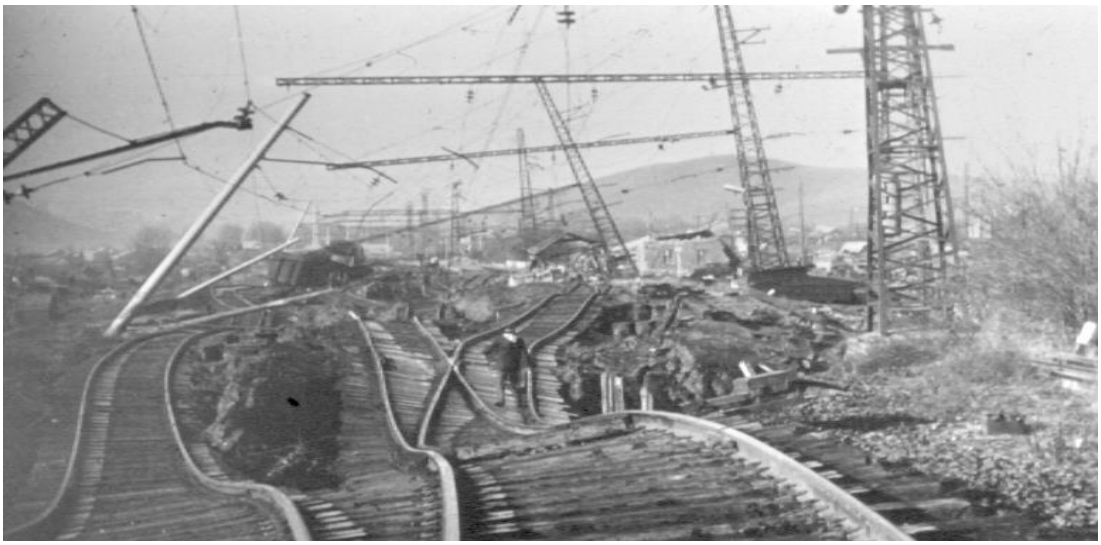
Respublikamiz hududi Osiyo qit’asida tektonik jarayonlar intensivligining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Ushbu hududda bino va inshootlarning, shu jumladan transport inshootlari (ko‘prik, yo‘l o‘tkazgich, estakada, tonnellar va metropolitenlar)ning zilzilabardoshligini ta’minlash o‘ta muhim masaladir.

Kuchli zilzilalar tahlili shuni ko‘rsatdiki, insonlarni halok bo‘lish hollari va ko‘plab inshootlarning buzilishi ko‘pincha zilzilabardosh qurilishning zamonaviy

me’yorlari kiritilishidan avval qurilgan turar-joy binolarida uchragan.

Zilzila oqibatlari og‘ir bo‘lishini e’tiborga olib, seysmik hududlarda bino va inshootlarni loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilishda me’yoriy talablarga rioya qilinsa, talafotlarni kamayishiga va inson xavfsizligini ta’minlashga erishish mumkin.

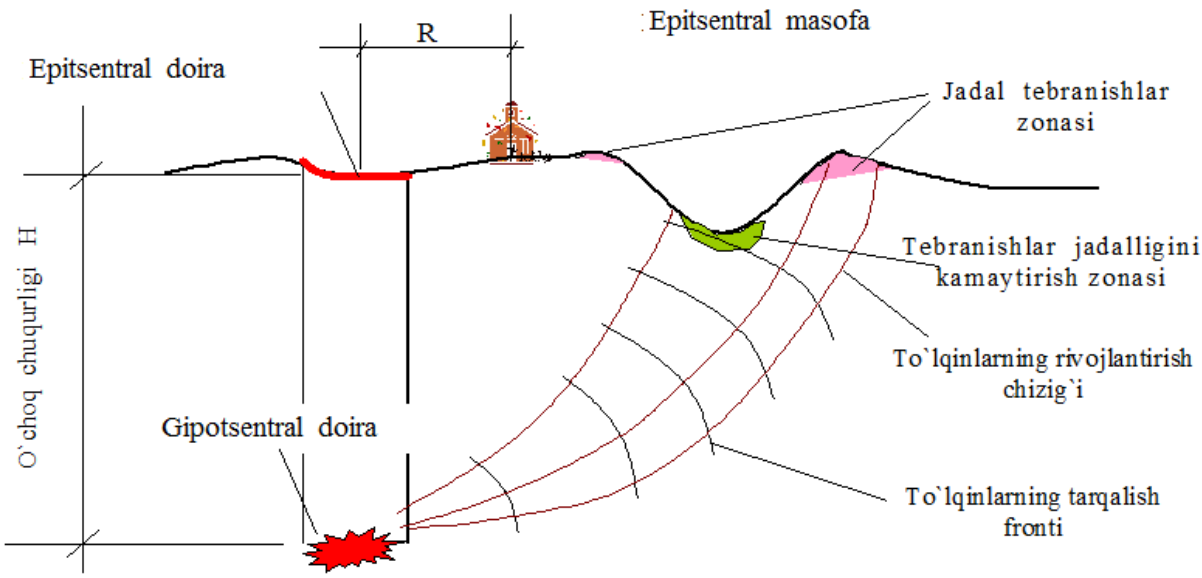
Kaliforniyaning Loma-Prieta shahridagi yer qimirlashda zilzila kuchi Armanistondagidan kam bo‘lmaganligiga qaramasdan faqat 100 ga yaqin kishi halok bo‘lgan. Xitoyning Tibet bilan chegaradosh Gansu viloyatida 1920 yilda bo‘lib o‘tgan zilzila 40 000 kv. km maydonni vayronaga aylantirib, 400000 kishini qurbon qilgan. 1948 yil Ashxoboddagi zilzilada 100000 kishi, 1988 yili Armanistondagi Spitak zilzilasida 122000 kishi halok bo‘lgan. 1.4-rasmda Armaniston yer qimirlashining epitsentrida joylashgan Spitak shahrining Nalband temir yo‘l stansiyasidagi kuchli zilzilaning ayanchli oqibatlari ko‘rsatilgan [8].



1.4-rasm. 1988 yili Armaniston yer qimirlashidan so‘ng Spitak shahri yaqinidagi Nalband temir yo‘l stansiyasi ko‘rinishi

Bunday siljishlarga duch kelgan yerning chuqur qatlamlari ***zilzila o‘chog‘i*** yoki ***gipotsentri***, uning yer yuziga proeksiyasi esa – ***epitsentr doirasi*** deb nomlanadi. Bu doiraning o‘rtasi – ***epitsentr***, undan ob’ektlar (tekshirilayotgan bino va inshootlar)gacha bo‘lgan masofani esa ***epitsentral masofa*** deyiladi. ***Epitsentr*** – gipotsentrning Yer yuzasiga proeksiyasi – gipotsentr ustida joylashgan Yer

yuzasidagi nuqta (1.5-rasm).



1.5–rasm. To‘lqinlarni o‘choqdan Yer yuziga tarqalishi

Gipotsentr ***chuqurligiga ko‘ra zilzilalar*** quyidagi turlarga bo‘linadi:

1. Qobiqning yuqori qatlamlari harakati bilan bog‘liq bo‘lgan sayoz fokusli zilzilalar (gipotsentr chuqurligi 10 km);

2. Yerning ustki mantiyasi bilan bog‘liq bo‘lgan normal fokusli zilzilalar (gipotsentr chuqurligi 70 km. bo‘lgan zilzilalar). Planetamizda sodir bo‘ladigan zilzilalarning asosiy qismini ushbu turdagi zilzilalar tashkil qiladi;

3. Yerning quyi mantiyasida sodir bo‘ladigan chuqur fokusli, gipotsentr chuqurligi 300km bo‘lgan zilzilalar. Bunday zilzilalar yer qobig‘i tagidagi (mantiyada), ya’ni yer qa’ri ichki qatlamlaridagi harakatlar natijasida sodir bo‘ladi. Bu turdagi zilzilalar Uzoq sharqda Ispaniyada, Afg‘oniston hududlarida kuzatilgan. Zilzilalar ichida eng kuchlisi yuqori mantiya va litosfera qatlamidagi sodir bo‘ladigan zilzilalardir.

Hozirgi kungacha ***zilzilalarning*** quyidagi turlari mavjud:

1. Tektonik zilzilalar;

2. Vulqondan hosil bo‘ladigan zilzilalar;

3. Denudatsion zilzilalar;

4. Ko‘chki va surilish natijasida hosil bo‘ladigan zilzilalar;

5. Texnogen zilzilalar.

Bulardan eng asosiysi ***tektonik zilzila*lar** hisoblanadi. Ular tektonik jarayonlar natijasida vujudga keladi. Tog‘ jinslarida to‘planib qolgan deformatsiyalarning yer yuzasiga otilib chiqishi natijasida katta kuchga ega bo‘lgan va katta maydonni egallaydigan silkinishlar ro‘y beradi. Tektonik zilzilalar tabiiy zilzilalar guruhiga mansub. Masalan, 1966 yil Toshkent zilzilasi intensivligi 8-9 ball kuchga ega, 1981 yil Nazarbek zilzilasi intensivligi 8,3 ballga ega bo‘lgan.

Bundan tashqari ***vulqon otilishi*** natijasida hosil bo‘ladigan zilzila ham xavfli hisoblanadi. Ular vulqon otilishi natijasida ro‘y beradi, katta intensivlikka ega, lekin tarqalish doirasi kichik.

***Denudatsion zilzila*lar** yer qobig‘ining turli qatlamlarida hosil bo‘lgan bo‘shliqlarning o‘pirilishi natijasida yuzaga keladi, unchalik katta bo‘lmagan tebranishga va tarqalish maydoniga ega.

Ko‘chki va surilish hodisasi natijasida hosil bo‘ladigan zilzilalar esa ko‘proq tog‘li hududlarda ro‘y beradi. Uning kuchi 5-6 balgacha yetishi mumkin, tarqalish maydoni uncha katta emas. Bunday zilzilalar yer yuzida juda kam tarqalgan.

Biz yuqorida paydo bo‘lishi sharoitiga ko‘ra zilzilalarning to‘rt turi to‘g‘risida so‘z yuritdik. Ushbu zilzilalarning barchasi tabiiy holda, ya’ni bevosita inson faoliyatining ta’sirisiz sodir bo‘ladi.

Texnogen zilzilalar esa inson faoliyati natijasida yuzaga keladi. Hozirda insoniyat ijtimoiy-iqtisodiy muammolarini yechish jarayonida juda katta hajmdagi ishlarni bajarmoqda. Bular fan-texnika taraqqiyoti, sanoat va transport sohalarining rivoji, energetik resurslarining o‘zlashtirilishi va boshqa shu kabi sohalarning rivojlanishi bilan bevosita bog‘liqdir. Ushbu muammolarni yechayotib, insonlarga hozirda oldingi asrlarda insonlar bajarmagan ishlarni bajarishga yoki kichik hajmda amalga oshirgan ishlarni katta hajmda bajarishga to‘g‘ri kelayapti. Masalan, xalq xo‘jaligi ehtiyoji nuqtai nazaridan o‘tgan asrda neft-gaz kabi energetik resurslarni qazib olish hajmi keskin ortishi, gidro elektr stansiyalarining va shu jumladan juda katta hajmdagi suv omborlari qurilishi, kimyoviy hamda yadro portlashlarining xalq

xo‘jaligida turli maqsadlarda amalga oshirilishi ko‘lamining intensiv ortishi o‘tgan asr uchun xarakterli bo‘ldi [9, 10].

1976 va 1984 yillari O‘zbekistonning tabiiy gaz olinadigan hududi Gazli shahrida birin ketin turkum yer qimirlashlari yuz berdi. Zilzilalarning intensivligi 8-9 ball atrofida bo‘ldi. Gazli zilzilasi texnogen xarakterga ega bo‘lgani, ya’ni ekspertlar falokatning hududdagi konlardan nazoratsiz tarzda tabiiy gaz olinishi natijasida yuz berayotganini aytishgan.

1.2. Zilzila paytida tarqaluvchi seysmik to‘lqinlar

Zilzila paytida ajraladigan energiyaning juda kam miqdori (taxminan 7%) epitsentral zonagacha yetib boradi. Qolgan qismi atrof-muhit grunti tomonidan yutiladi. Oldin aytganimizdek, zilzila paytida uzoq yillar gruntda yig‘ilgan potensial energiya kinetik energiya shaklida turli to‘lqinlar hosil qilib atrof-muhitga tarqaladi.

Seysmik to‘lqinlar – zilzila o‘chog‘i yoki portlash natijasida Yerning ustki qatlamlarida tarqaladigan elastik to‘lqinlardir. O‘choqdan yuqoriga ikki turdagi to‘lqinlar tarqaladi:

1. Hajmiy to‘lqinlar;

2. Sirt to‘lqinlar.

Hajmiy to‘lqinlar yer qa’rida butun hajm bo‘ylab tarqaladi (tovush to‘lqinlariga o‘xshash) va u o‘z navbatida ikki xil to‘lqindan iborat bo‘ladi.

a) Bo‘ylama yoki P-to‘lqinlar (lotincha *primary* - birlamchi so‘zining bosh harfi bilan ham yuritiladi). Bo‘ylama (yoki *P*) to‘lqinlar gruntda tarqalganda grunt zarralari to‘lqin tarqalishi yo‘nalishida tebranma harakat qiladi (1.6-rasm).

Bu to‘lqinlar gruntda tarqalganda muhitda siqilish-cho‘zilish kuchlanishlari paydo bo‘ladi. Bo‘ylama to‘lqinlar tarqalish tezligi eng katta bo‘lgan to‘lqin bo‘lib, uning gruntda tarqalish tezligi v=8 km/sek gacha bo‘ladi. Shuning uchun ham bu to‘lqinlar yer sirtidagi kuzatuv punktlariga birinchi bo‘lib yetib keladi. *P* to‘lqinlar qattiq jismda, suyuqlikda hamda havoda tarqaladi.

b) Ko‘ndalang yoki S-to‘lqinlar. (Bu ham lotincha *secondary* - ikkilamchi so‘zining bosh harfi orqali nomlangan).

Ko‘ndalang (yoki *S*) to‘lqinlar gruntda tarqalganda grunt zarralari to‘lqin tarqalish yo‘nalishiga perpendikulyar yo‘nalishda tebranma harakat qiladi. Ularning tarqalish tezligi *P*-to‘lqinlarnikidan kichkina bo‘lib 5 km/sek gacha bo‘ladi. *S*-to‘lqinlar shuning uchun ham *P*-to‘lqinidan keyin kuzatuv punktiga yetib keladi. *S*-to‘lqinlar gruntda tarqalganda siljish deformatsiyasini vujudga keltiradi. Yer sirtida bu to‘lqinlardan paydo bo‘lgan grunt tebranma harakat amplitudasi bo‘ylama to‘lqinlarnikidan katta bo‘ladi hamda *S*-to‘lqinlar eng katta tezlanishlarni vujudga keltirgani sababli bino va inshootlar uchun xavfli hisoblanadi [8, 9].

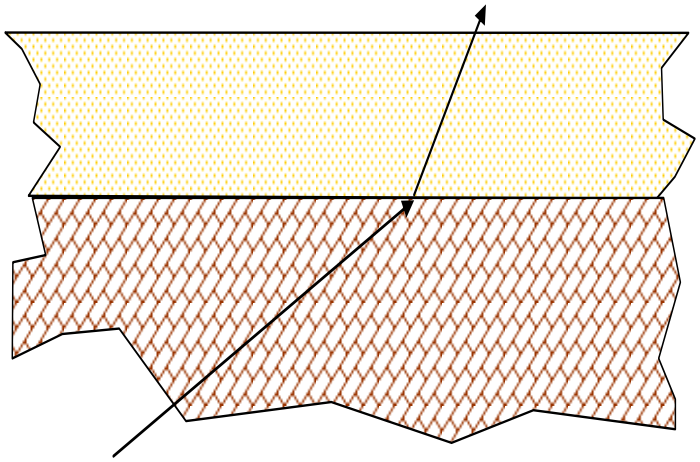
Hajmiy (chuqurlikdagi) to‘lqinlarni tarqalish tezligi gruntning zichligi ρ, elastiklik moduli E, elastiklik xarakteristikalari va siljish moduli G larga bog‘liqdir. Birinchi yaqinlashishda bo‘ylama C_1 va ko‘ndalang C_2 to‘lqinlarning tezliklari quyidagi formulalar bo‘yicha baholanadi

$$C_1 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}; \quad C_2 = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \ . \tag{1.1}$$

(1.1)-formuladan ko‘rinib turibdiki, bo‘ylama to‘lqinlarning tezligi ko‘ndalang to‘lqinlarning tezligiga nisbatan tahminan 1,5 barobar ko‘proq. Yuzadagi to‘lqinlarga kelsak, ularning tarqalish tezligi ko‘ndalangga nisbatan biroz kam.

Qayd etish lozimki, to‘lqin zilzila o‘chog‘idan yer yuziga qarab tarqalib borish jarayonida uning sinishi kuzatiladi (1.6-rasm). Yer yuziga yaqinlashgan sari tog‘ jinslari zichligi kamayib borishi bois, to‘lqin yer yuziga 90° burchak ostida yaqinlashadi (1.5-rasm).

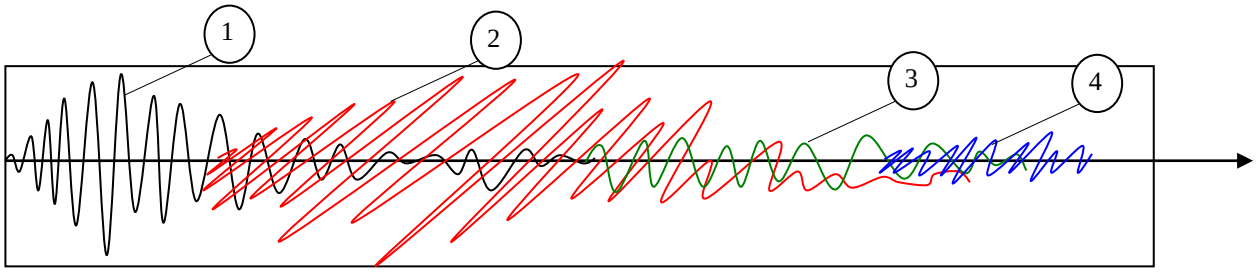
Natijada yer yuzidagi har bir nuqta turli xil: hajmiy bo‘ylama, so‘ng ko‘ndalang, va, nihoyat, yer yuzasidagi to‘lqinlarning ketma-ketlikdagi ta’sirini sezadi. Bundan tashqari chuqurlikdagi to‘lqinlarning sinishi va akslanishi natijasida qarama-qarshi deb ataluvchi to‘lqinlar paydo bo‘ladi.



1.6-rasm. Qatlamdan qatlamga o‘tishda to‘lqin tarqalish liniyasining o‘zgarishi

Hajmiy seysmik to‘lqinlarning uzunligi va davri o‘choqdagi yoriqlar katta-kichikligiga bog‘liq. Yer qobig‘i qatlamlarini surilishida har xil o‘lchamdagi yoriqlar paydo bo‘lishi hamda ularning har biri paydo bo‘lish onlarida o‘z to‘lqinlarini tarqata boshlashi bois, zilzila o‘chog‘i davri bir necha soniyadan to soniyaning yuzdan birigacha teng va spektri keng bo‘lgan tebranishlar bilan xarakterlanadi.

Yer yuzi nuqtalarining tebranish xarakteri 1.7-rasmda ko‘rsatilgan. Inshootga birinchi bo‘lib yer yuzida vertikal tebranishlarni keltirib chiqaruvchi bo‘ylama to‘lqinlar keladi, 10-30 sekunddan so‘ng o‘choqning chuqurligi hamda epitsentral masofaga ko‘ra, gorizontal tebranishlarni keltirib chiqaruvchi ko‘ndalang to‘lqinlar keladi, bundan keyin esa Reley va Lyav to‘lqinlari yetib keladi [8].



1.7-rasm. Zilzila vaqtida yer yuzidagi nuqtaning tebranishlari:
1 – hajmiy bo‘ylama to‘lqinlar; 2 – hajmiy ko‘ndalang to‘lqinlar:
3 – Reley to‘lqinlari; 4 - Lyav to‘lqinlari ta’siri natijasida

2. ***Sirt to‘lqinlar*** hajmiy to‘lqinlardan farqli ravishda faqat uncha chuqur bo‘lmagan sirtda tarqaladi. Ba’zi hollarda zilzila paytida katta vayronalarni keltirib chiqaradigan sirt to‘lqinlari tarqalish tezliklari hajmiy to‘lqinlar (*P* va *S*) nikidan kichkina, lekin to‘lqin uzunliklari ularnikidan katta hamda sirt to‘lqinlari hajmiy to‘lqinlarnikidan past chastota bilan harakatlanadi. Sirt to‘lqinlar katta tebranish davriga ega bo‘lib, katta ko‘chishlarni vujudga keltiradi. Lekin bu to‘lqinlar katta tezlanishlarni vujudga keltirmaydi.

Sirt to‘lqinlari o‘z navbatida **Reley (R)** va **Lyav (L)** to‘lqinlariga ajratiladi. ***Reley*** to‘lqini grunt yuqori qatlamida vujudga keladi. Bu to‘lqinlar ingliz olimlari Reley va Lyav nomlari bilan atalgan. Bu ikkala olim, hali ushbu sirt to‘lqinlarini seysmogrammalarda aniqlashdan oldin, ularning mavjudligini matematik nuqtai nazardan isbotlab berganlar. Bu to‘lqinlarning o‘ziga xos xususiyatlaridan biri, ularning chuqurlik bo‘yicha tez so‘nishdir. Reley to‘lqinlarining masofa bo‘yicha so‘nishi intensivligi hajmiy to‘lqinlarnikidan kichik bo‘ladi.

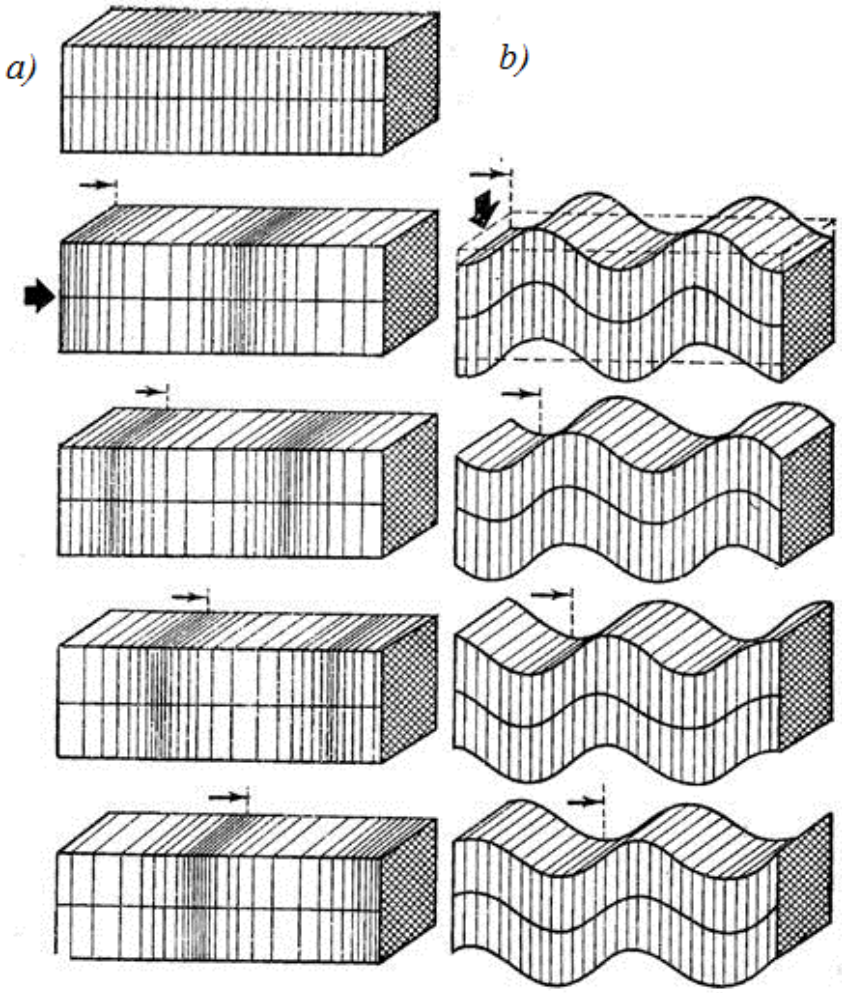
Lyav to‘lqini siljish deformatsiyasini vujudga keltiruvchi sirt to‘lqini bo‘lib, ular *S*–to‘lqinlarga o‘xshash bo‘ladi, faqatgina ular gorizontal tekislikda sodir bo‘ladi. Bu to‘lqinlarning vertikal tashqil etuvchisi mavjud bo‘lmaydi. Lyav (L) to‘lqinlarga gruntda hajmiy S-to‘lqinlarga nisbatan kichik tezlikda tarqaladi, biroq bu to‘lqinning muhitdagi tarqalish tezligi (R) Reley to‘lqinikidan katta bo‘ladi.

Yuqorida keltirilganlar yanada tushunarli bo‘lishi uchun quyidagi misolni, ya’ni sterjenga zarb ta’sir qildirish jarayonini ko‘rib chiqamiz.

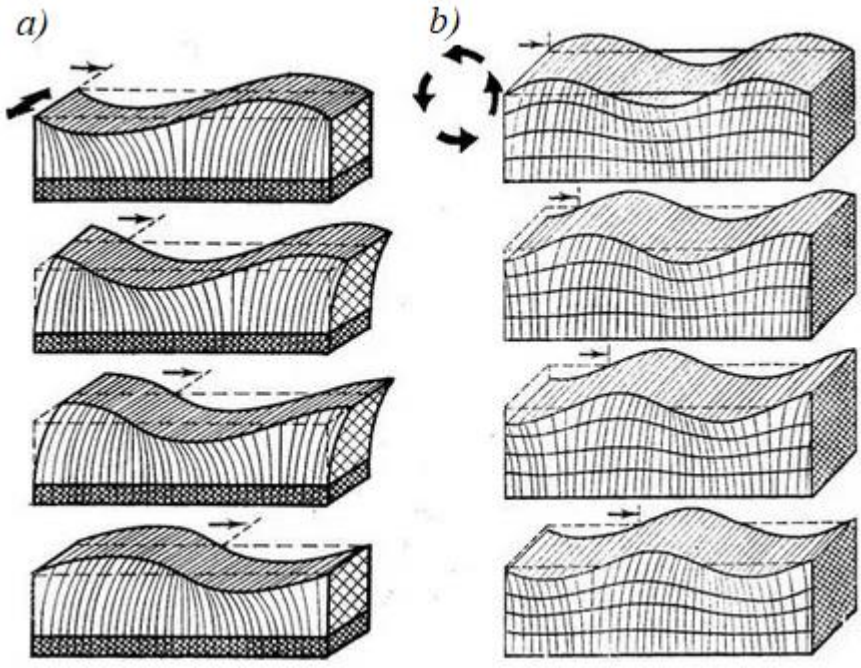
Sterjenning chap tomoniga (quyidagi chap tomondagi rasm) keskin zarb berilsa, u holda sterjen bo‘ylab siqilish to‘lqini tarqaladi (1.8-rasm). Element (sterjen) zarralari to‘lqin tarqalishi yo‘nalishida oldin-orqaga traektoriya bo‘ylab harakatlanadi. Shuning uchun ham bu to‘lqin *bo‘ylama to‘lqin* deb ataladi. Sterjenga yuqoridan pastga zarb berilsa, 1.8,b-rasmdagidek ko‘ndalang kesim vujudga keladi. Bu sharoitda sterjen zarralari rasmda strelka bilan ko‘rsatilgan, ya’ni to‘lqin tarqalish yo‘nalishiga perpendikulyar bo‘lgan traektoriyada tebranma harakat qiladi. Zilzila paytida ushbu turdagi ikkita to‘lqin vujudga keladi [9].

Sirt to‘lqinlari ta’siridan grunt zarralari to‘lqin tarqalishi yo‘nalishiga

perpendikulyar ellips traektoriyasi bo‘ylab harakatlanadi (1.9-rasm).



1.8-rasm. Seysmik to‘lqinlar tarqalishidan grunt zarralarining harakat traektoriyalari



1.9-rasm. Zilzila paytida tarqaluvchi Lyav (a) va Reley (b) to‘lqinlari

Insoniyat yer qa’rini o‘rganishda seysmik razvedka usulidan foydalanib, elastik to‘lqinlarning yer qatlamlaridan o‘tishi, qaytishi va sinish jarayonlarini o‘rganadi. Bunda muhitda turli usullarda (masalan, portlash) elastik to‘lqinlar paydo qilinadi va har xil masofalarda seysmograflar yordamida yozib olinadi. Ushbu elastik to‘lqinlarning muhitda ma’lum masofaga tarqalish vaqtiga, qatlamlarda singan va qatlamlardan qaytgan to‘lqinlarga qarab yerning tuzilishi o‘rganiladi.

1.3. Seysmik tebranishlarni qayd etuvchi asboblar

Seysmik tebranishlar jarayonini haqiqiy ilmiy tahlili uchun, asboblar yordamida olib boriladigan o‘lchashlarning ahamiyati beqiyos. Zilzilalarni qayd qilish seysmograflar, ya’ni zilzila paytida gruntning tebranma harakatini yozib oladigan asboblar yordamida amalga oshiriladi.

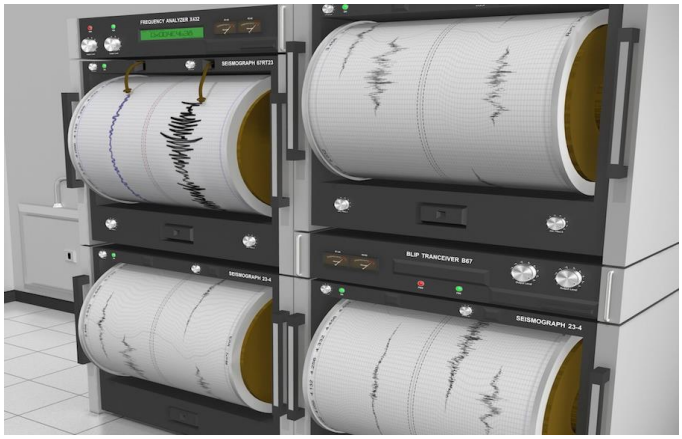
Seysmograf – seysmik kuzatuvlar uchun mo‘ljallangan asosiy asbob hisoblanadi. Seysmografni ishlash prinsipi, ma’lum bir jismni grunt yuzasi tebranishidan farqlanuvchi tebranma harakatga keltirishdan, va ushbu jism bilan grunt yuzasi orasidagi nisbiy siljishlarni qayd etishdan iborat. Grunt tebranishlari asboblardan olingan axborotga asosan keyinchalik nazariy yo‘l bilan aniqlanadi.

Seysmograflar yordamida yozib olingan siljishlar grafigi ***seysmogramma*** deb yuritiladi. Velosigraflar yordamida olingan egri chiziqlar grunt zarrachalarining zilzila paytidagi harakat tezligini bildiradi va ***velosigramma*** deb ataladi. Akselerograflar orqali olingan egri chiziqlar esa – ***akselerogramma*** deb ataladi va u tezlanishlarni o‘lchaydi.

Bunday asboblar turli zilzilalar, yer osti portlashi va boshqa shunga o‘xshash ta’sirlarni to‘laqonli qayd qilish hamda ta’sir tabiatini muhandislik tahlilini qilish imkonini bermoqda (1.10-1.12-rasmlar).

Zilzila jarayonida grunt massivi nuqtalarining tebranishlari ko‘rilayotgan ayni nuqtalarning vaqt bo‘yicha siljishi, tezligi va tezlanishlarining o‘zgarish grafiklari bo‘lgan seysmogramma, velosigramma va akselerogrammalar bilan tavsiflanadi.

Seysmogramma, velosigramma va akselerogrammaga misollar 1.13-rasmda keltirilgan [8].



1.10-rasm.Zamonaviy seysmograf



1.11-rasm. 5500 tipli seysmografi

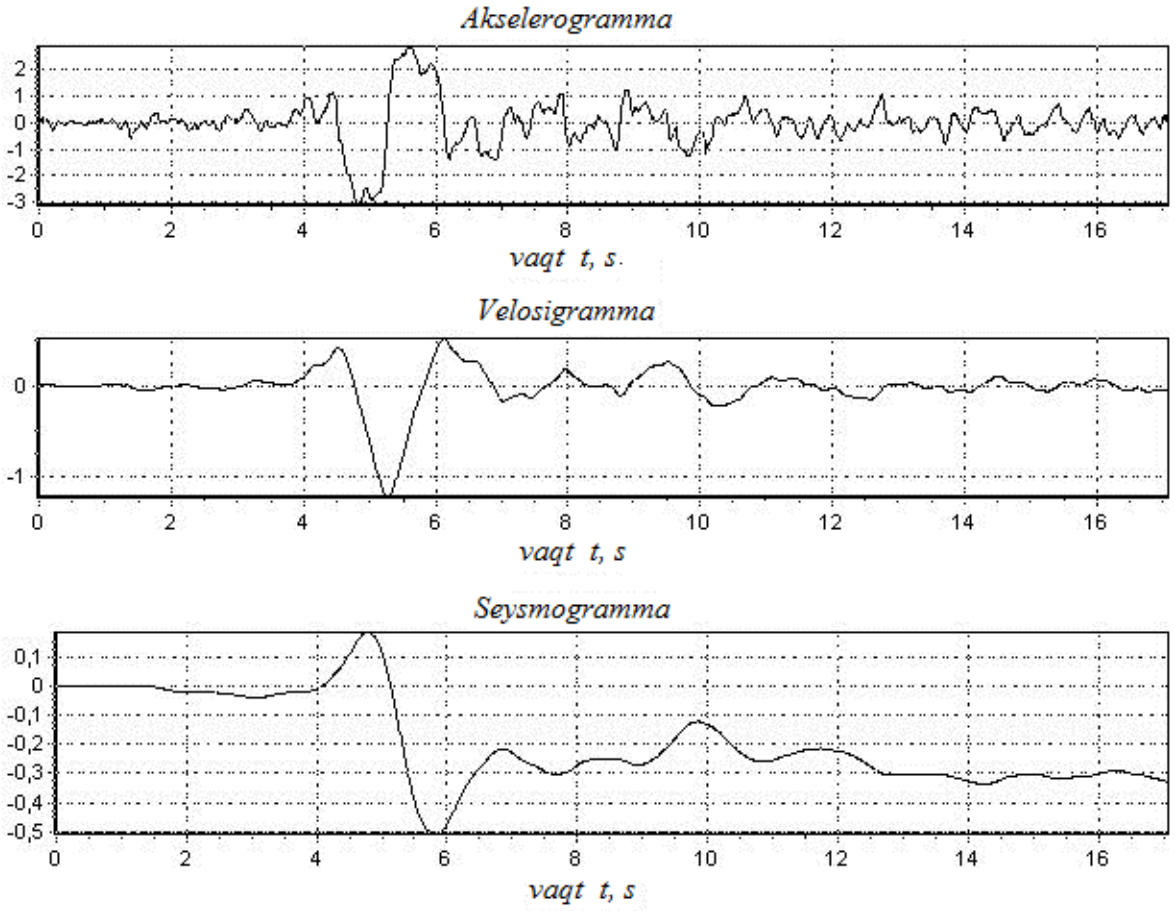


1.12-rasm. 130 – SMA model kuchli akselerografi

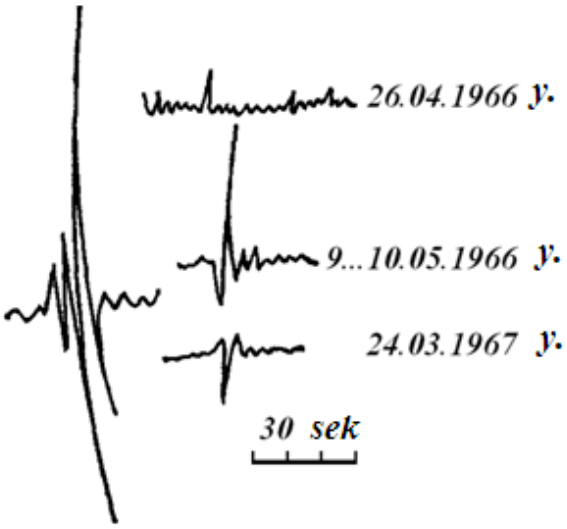
1966 y. Toshkent zilzilasi va undan keyingi qayta silkinishlar vaqtida Toshkent Markaziy seysmik stansiyasi tomonidan yozib olingan seysmogrammalar 1.14-rasmda ko‘rsatilgan.

Seysmologiyada va zilzilabardosh qurilishda zilzilalar ikki guruhga ajratiladi. Birinchi guruh zilzilaning o‘choqdagi kuchini, ikkinchi guruh esa yer yuzidagi kuchini ta’riflaydi. Adabiyotlarda ushbu ta’riflarni belgilovchi atamalarning umumiy bir izohi yo‘q, shuning uchun joriy QMQ 2.01.03-96 “Zilzilabardosh hududlarda qurilish” [12] ga muvofiq bundan keyin “zilzila kuchi” atamasi – yer

yuzidagi seysmik ta’sir darajasini, “zilzila intensivligi” atamasi esa o‘choqdagi hodisani ta’riflash uchun qo‘llaniladi.



1.13-rasm. Buxarest zilzilasi akselerogramma (m/s^2), velosigramma (m/s) va seysmogrammasi (m) (yozish uchun «Incherk», 1978 y.)



1.14-rasm. Toshkent 1966 y. zilzilasi va undan keyingi qayta silkinishlar vaqtida yozib olingan seysmogrammalar. Toshkent Markaziy seysmik stansiyasi ma’lumoti

Bino va inshootlarini loyihalash va qurishda yer sirtidagi zilzila intensivligi (kuchi)ning qiymatini bilish muhim ahamiyatga egadir. Shu paytgacha zilzila kuchi (intensivligi)ga baho berishda foydalanish uchun turli olimlar tomonidan 50 tacha seysmik ta’sirni baholovchi shkalalar taklif qilingan. Ushbu seysmik intensivlik shkalalari haqidagi ma’lumotlar quyida keltirilgan.

1.4. Seysmik shkalalar

“Seysmik intensivlik” atamasi zilzilaning ma’lum bir joydagi kuchini tavsiflash uchun qo‘llaniladi. Zilzila kabi murakkab hodisani yagona sonli parametr bilan tavsiflash uchun qilingan harakatlarda jiddiy ichki mantiqiy noto‘g‘riliklar bor. Shuning uchun insonlarning sezish xususiyatlariga asoslangan shkala terminologiyaga muhandislik nuqtai nazardan berilgan ta’rifi noaniq deb hisoblanadi. Hozirgi vaqtda qo‘llanadigan shkalalar ham muhandislik nuqtai nazardan asoslangan, ham insonlar hissiyotlari ta’rifi asosida tuzilgan, aniq hodisalarni talqin qilishda esa eng muvofiq deb hisoblangan qismidan foydalaniladi. Bundan qat’iy nazar, hozirgi vaqtga kelib, shkalaning ko‘rsatilgan qismlari orasidagi bog‘lanish yetarli darajada yaxshi aniqlangan [11].

Muhandis uchun zilzilaning yer yuzidagi namoyishini, ya’ni zilzilaning kuchini bilishi kerak. Zilzilalarni tavsiflash maqsadida intensivligi va magnitudalar shkalalaridan foydalaniladi. Tarixga ko‘ra birinchi bo‘lib XIX asr oxirlarida qurilmalarning buzilish darajasi va odamlarning zilzila vaqtida o‘zini tutishi to‘g‘risidagi ma’lumotlarga asoslangan intensivlik shkalalari tuzilgan. Keyinchalik ular grunt tebranishlarini tavsiflovchi miqdoriy ma’lumotlar bilan to‘ldirilgan edi. XX asrning boshiga kelib dastavval A.Kankani grunt tebranishlarining maksimal tezlanishini seysmik intensivlik o‘lchami sifatida qabul qilishni taklif etdi. Bundan keyin S.V. Medvedev, A.G. Nazarov va M.A. Sadovskiylar tomonidan seysmik intensivlikning turli miqdoriy o‘lchamlari taklif etildi. Turli vaqtlarda ushbu turdagi 50 xil shunga o‘xshash shkalalar haqida taklif etilgan. Ularning 3 tasi jahon amaliyotida keng qo‘llaniladi [11, 13]:

- *Yaponiyada 8 balli **seysmik shkala (JMA);***
- *12 balli modifikatsiyalashtirilgan **Merkalli shkalasi (MM)** (AQSH, 1956 y.);*
- *MDH va qator Yevropa davlatlarida S.V. Medvedev, V. Shponxoyer va V.Karnik tomonidan ishlab chiqilgan 12 balli **MSK-64 shkalasi** (1964 y.).*

Zilzilalarning intensivligi (kuchi)ning shkalalaridan seysmik hududlashtirish xaritalarini tuzishda va binolarning buzilish darajasini taxminan baholashda foydalaniladi.

Seysmik intensivlik *JMA* shkalasi

I. Sezilmaydigan zilzilalar.

II. Kichik zilzilalar.

III. Kuchsiz zilzilalar.

IV. Ancha kuchli zilzilalar.

V. Kuchli zilzilalar.

VI. O‘ta kuchli.

VII. Vayronali zilzilalar.

VIII. Xalokatli zilzilalar.

Merkallining modifikatsiyalashtirilgan shkalasi (MM)

Shimoliy Amerikada keng qo‘llanadigan Merkallining modifikatsiyalashtirilgan shkalasi 1931 y. ishlab chiqilgan. Ushbu shkala bo‘yicha zilzila intensivligi 12 ball bilan baholanadi:

I. Juda qulay sharoitlarda bo‘lgan ayrim insonlardan tashqari boshqalar tomonidan seziladi.

II. Yuqori qavatlarda turadigan va tinch holatda bo‘lgan odamlar tomonidan seziladi.

III. Binolarning yuqori qavatlarida bo‘lgan odamlarning ko‘pchiligi sezadi, ammo ularning aksariyati buni zilzila deb o‘ylamaydi.

IV. Kunduz kuni xonalardagi odamlarning ko‘pchiligi sezadi, ammo bir qismigina xonalardan tashqarida sezishi mumkin.

V.Hamma odamlar sezadi va uyg‘onib ketadi. Noturg‘un buyumlar ag‘dariladi.

VI. Odamlar qo‘rquvda uylaridan qochib chiqadilar. Uncha katta bo‘lmagan shikastlar sodir bo‘ladi.

VII. Hamma xonalardan qochib chiqadi.

VIII. Puxta loyihalangan va qurilgan binolarda ham bir qator shikastlanishlar sodir bo‘ladi.

IX. Puxta loyihalangan va qurilgan binolar jiddiy shikastlanadi. Inshootlar poydevorlaridan ko‘chadi. Yer osti quvurlar shikastlanadi.

X. Puxta loyihalangan va qurilgan yog‘ochli turar-joy binolar buziladi. Relslar qiyshayadi. Suv sathi ko‘tariladi.

XI. Deyarli hamma g‘ishtli binolar buziladi. Ko‘priklar buziladi. Butun yer yuzasida yoriqlar paydo bo‘ladi.

XII. To‘liq buzilish. Yer yuzasida to‘lqinlar ko‘rinadi. Yerning topografiyasi o‘zgaradi.

Yapon va MM shkalalari orasidagi nisbat quyidagi formula orqali ifodalanadi [13]:

$$I_M = 0{,}5 + 1{,}5D_{ya}, \qquad (1.2)$$

bunda I_M, D_{ya} – tegishlicha MM va yapon shkalalariga ko‘ra zilzila kuchi.

MDH va qator Yevropa davlatlarida 12 balli MSK-64 shkalasi (1964 y.)

MSK-64 shkalasi asbob qismidan va tasvirlovchi (makroseysmik) qismlardan iborat. Asbob qismi bo‘yicha 5-10 ball kuchga ega zilzilalarning bali aniqlanadi. Bunda grunt ustiga o‘rnatilgan seysmometrlar ko‘rsatishlari olinadi.

Shkalaning tasvirlash (makroseysmik) qismida esa odamlarning o‘sha davrdagi hissiyotlari, uy hayvonlarining o‘zini tutishi, uy jihozlarini reaksiyasi, gruntlarning qoldiq deformatsiyasi, suv havzalari holatini o‘zgarishi hamda ayrim transport inshootlarga yetkazilgan zararlarning tavsifi haqida ma’lumotlar ham keltiriladi.

Muhandislar uchun nafaqat zilzilaning intensivligini, seysmik tebranishlarning tarqalish maydonini bilish ham katta ahamiyatga ega. Bu seysmologlarni zilzilalarni maydon bo‘yicha klassifikatsiyalashga chorladi.

MDH va qator Yevropa davlatlarida 12 balli MSK-64 shkalasi bo‘yicha zilzila kuchini baholash

Ball	Zilzila kuchi	Qisqacha ta’rifi
I	**Sezilmaydi**	Sezilmaydi. Faqat seysmik asboblar bilan qayd qilinadi
II	**Juda kuchsiz silkinishlar**	Bu seysmik asboblar bilan belgilanad
III	**Kuchsiz**	Bu faqat ba’zi binolar ichida, masalan, yuk ko‘tarish mashinasida chayqalish kabi sodir bo‘ladi
IV	**Kuchliroq**	Idish-tovoq, deraza va eshiklar dirillaydi, devorlar g‘ijirlaydi
V	**Yetarli darajada kuchli**	Ochiq havoda buni ko‘pchilik sezadi, uylar ichida esa hamma. Binoning umumiy chayqalishi, mebellar tebranishi kuzatiladi
VI	**Kuchli**	Ko‘pchilik qo‘rqib ketib ko‘chaga yuguradi. Suvoqning alohida bo‘laklari sinadi
VII	**O‘ta kuchli**	Bunda eski va yomon qurilgan uylarga ancha shikast yetkaziladi, yaxshi qurilganlarda esa mayda yoriqlar paydo bo‘ladi
VIII	**Vayronagarchilik keltiradigan**	Yodgorliklar joyidan siljib, ag‘darilib tushadi, daraxtlar qattiq chayqalib, ayrimlari sinadi
IX	**Xarobalik keltiradigan**	Bunda, seysmik ta’sirlarni hisobga olib qurilgan inshootlar ham buziladi
X	**Yakson qiluvchi**	Yirik binolar va ularning poydevorlari buzilib ketadi. Grunt deformatsiyalanadi, suv o‘tkazgich va kanalizatsiya quvurlari uziladi. Ko‘priklar, dambalar, suv to‘g‘onlari shikastlanadi, temir yo‘l izlari qiyshayib ketadi
XI	**Xalokatli**	Toshdan qurilgan deyarli hamma inshootlar buziladi. Ko‘priklar buzilib, suv to‘g‘onlari, yo‘llar, yer to‘kilmalari katta masofalarda buzilib ketadi, relslar kuchli deformatsiyaga chalinib, ko‘tarilib qoladi, landshaft juda o‘zgarib ketadi
XII	**Kuchli xalokatli**	Barcha inshootlar vayronaga aylanadi. Daryolar o‘z o‘zanini almashtirib, sharsharalar hosil qiladilar

O‘zbekiston Respublikasi hududi seysmik aktiv bo‘lganligi bois, Toshkent shahrini instrumental kuzatuvi 1911y. boshlangan, bu vaqtda O‘rta Osiyodagi eng birinchi “Toshkent” markaziy seysmik stansiyasida B.B.Golitsin tizimiga oid seysmograflar o‘rnatilgan edi.

Intensivlikni baholashda magnitudalar (Rixter) shkalasidan hamda energetik shkaladan foydalaniladi. Muhandislik hisoblashlarda zarur bo‘lgan zilzila kuchi ballar shkalasi bo‘yicha o‘lchanadi.

1.5. Zilzilaning intensivligi va magnitudasi

Zilzila sodir bo‘lish jarayonida gipotsentrdan juda katta kinetik energiya ajralib chiqadi va bu energiya atrof muhitga tarqaladi. Bu energiya miqdori manba (o‘choq) joylashishish chuqurligi, o‘lchamlari va uning zo‘riqqan-deformatsiyalangan holatiga bog‘liq bo‘ladi. Energiya qiymatini baholash juda murakkab masala bo‘lganligi tufayli zilzilaga baho berishda uning oqibatlari hamda uning ta’siridan grunt harakati yozuvlaridan foydalaniladi. Zilzila energiyasiga baho berishda ***magnituda*** deb nomlangan xarakteristikadan foydalanishni XX asrning 40-yillarida amerikalik olimlar Rixter va Gutenberglar magnitudalar shkalasini taklif qilganlar. Rixter shkalasiga binoan silkinish magnitudasi sifatida zilzila epitsentridan 100 km uzoqlikda seysmograf tomonidan yozilgan gruntni gorizontal tebranishlarining maksimal amplitudasini mingdan bir bo‘lagida ifodalangan logarifm qabul qilingan [9].

Rixter shkalasi seysmograf tomonidan qayd qilinadigan tebranishlar bo‘yicha hisoblanadigan va 1 dan 9,5 gacha bo‘lgan shartli birliklarni (***magnitudalarni)*** o‘z ichiga oladi. Ushbu shkalani ko‘p hollarda yer osti silkinishlarining tashqi muhitda sezilishiga (insonlar, buyumlar, qurilmalar, tabiiy ob’ektlarga ta’siriga) asoslangan, 7 yoki 12 balli tizimli zilzila intensivligining ballarda ifodalangan shkalasi bilan adashtiradilar. Zilzila sodir bo‘lganda, birinchi navbatda, uning magnitudasi haqida ma’lumotlar olinadi, lekin uning intensivligi ma’lum bir vaqt o‘tgach, ya’ni, zilzilaning oqibatlari haqidagi ma’lumot olingandan keyin aniq bo‘ladi.

Zilzila magnitudasi quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$M = \lg A / A_0 , \qquad (1.3)$$

bunda A – zilzila vaqtida epitsentrdan ma’lum masofada aniqlangan gruntning to‘lqin bo‘yicha siljishi;

A_o – juda kuchsiz zilzilaga to‘g‘ri keladigan xuddi shunday masofadagi xuddi shunday to‘lqin uchun etalon siljish. Uning magnitudasi nolga teng deb qabul qilingan.

Zilzilaning energetik klassi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$K = \lg E , \qquad (1.4)$$

bunda E – zilzila o‘chog‘ida ajralib chiqqan djoulda ifodalanadigan jami energiya.

O‘ta kuchli zilzilalar magnitudasi M=8,9 ga teng bo‘ladi. Bunday magnitudali zilzilalar Yerda bir asrda 2...3 marta bo‘lib o‘tadi.

Magnituda M bilan intensivlik orasidagi bog‘lanishni aniqlashda Shebalin N.V. taklif qilgan quyidagi ifodadan foydalaniladi [13]:

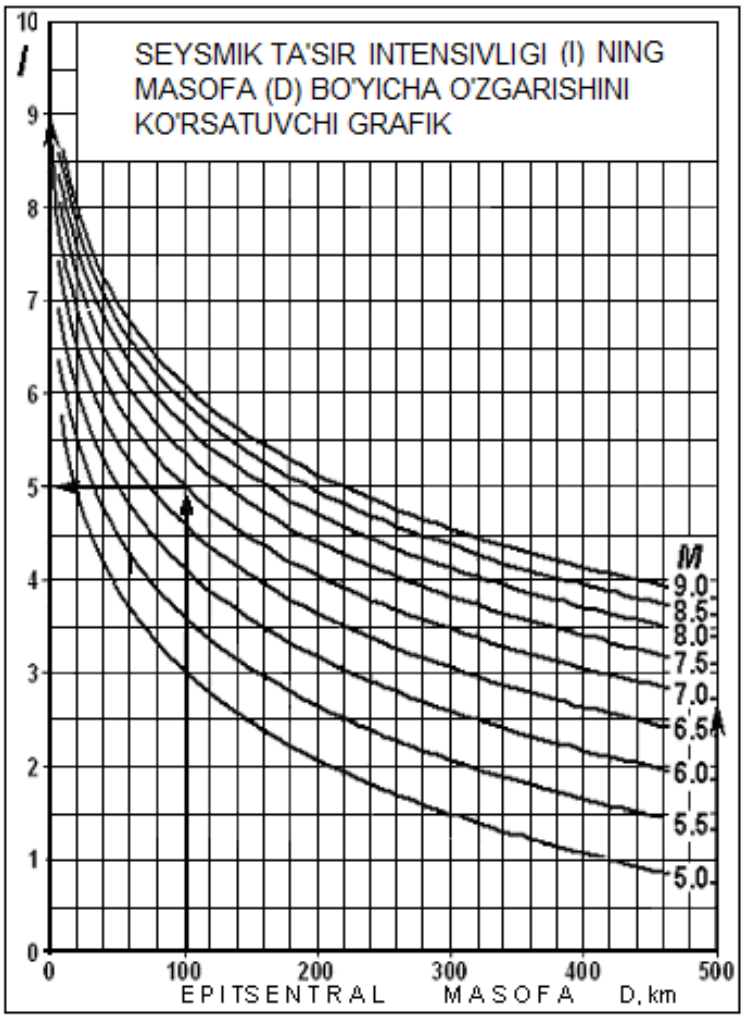
$$I = 1.5M - 3.5\lg\sqrt{\Delta^2 + h^2} + 3 \qquad (1.5)$$

bunda I – zilzilaning epitsentrdan A masofada joylashgan ihtiyoriy punktdagi shiddati, ballda; M – zilzila magnitudasi; h – o‘choq chuqurligi, km; b,v,C – regional koeffitsientlar, o‘rtacha hisobda b=1,5; v = 3,5; C=3,0.

(1.3) - tenglama bo‘yicha turlicha magnituda M va o‘choq chuqurligi h uchun balligi I ni epitsentrgacha bo‘lgan masofa A ga bog‘liqlik grafigini qurish mumkin.

1.15-rasmda seysmik ta’sir intensivligi (I) ning epitsentral masofa (D) bo‘yicha so‘nishini ko‘rsatuvchi grafik keltirilgan.

Bu grafikdan *D* masofaning kichik qiymatlarida seysmik ta’sir intensivligi (*I*) ning so‘nishi yuqori bo‘lishi ko‘rinib turibdi. Ushbu grafik asosida o’choqdan istalgan masofadagi seysmik ta'sir intensivligini aniqlash mumkin. Masalan, magnitudasi M=7.0 bo’lgan zilzila epitsentridan 100km. masofada zilzila ta'siri 5 ball sezilishini, 500km. masofada esa 3 balldan kamroq bo’lishini grafikdan aniqlash mumkin.



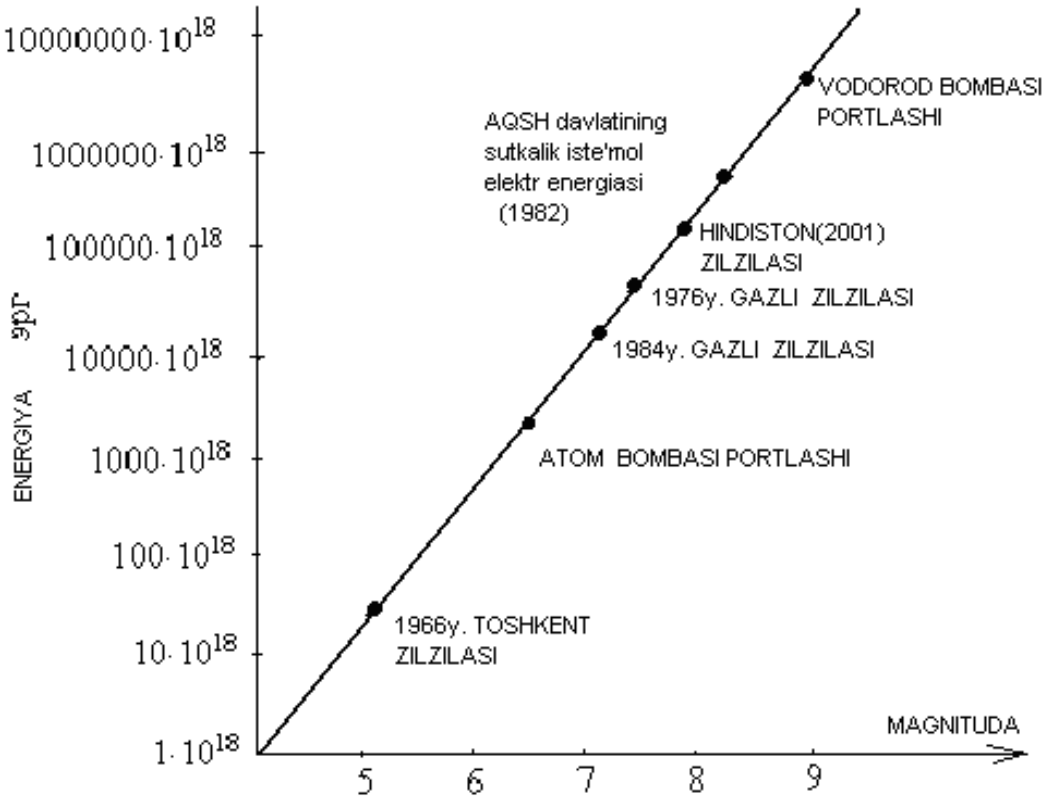
1.15-rasm. Seysmik ta’sir intensivligining epitsentral masofa bo‘yicha so‘nishi

Magnitudasi birga teng deb qabul qilingan eng kuchsiz (etalon) zilzilaning energiyasi taxminan 10^{12} erg. ga teng kuchli zilzila energiyasi (M=8,5) esa taxminan 10^{27} erg.

Zilzilaning yer sirtidagi (yuzasidagi) titratish kuchi (intensivligi) ballarda (*I*) baholanadi. Zilzila energiyasi va magnitudasi orasidagi bog‘liqlik grafigi 1.16-

rasmda keltirilgan (energiya shkalasi logarifmik masshtabda keltirilgan) [14].

Zilzilalar energiyasi va magnitudasi bo‘yicha ma’lumotlar 1.1-jadvalda keltirilgan.



1.16-rasm. Zilzila energiyasi va magnitudasi orasidagi bog‘liqligi

1.1-jadval

Zilzila magnitudasi	Seysmik energiya miqdori, 10^{20}erg	Magnituda bir birlikka oshganda energiya ortishi	Magnitudasi M=4,0 bo‘lgan zilzila energiyasiga nisbatan
4,0	0,0013	48 marta	148
5,0	0,063	43 marta	210080500
6,0	2,7	39 marta	2800000
7,0	110	35 marta	
8,0	3700		

12 balli MSK-64 shkalasi bo‘yicha zilzilaning intensivligi va Rixter shkalasi bo‘yicha magnituda orasidagi bog‘liqligi 1.2-jadvalda keltirilgan.

1.2-jadval

12 balli MSK-64 shkalasi bo‘yicha zilzilaning intensivligi va Rixter shkalasi bo‘yicha magnituda orasidagi bog‘liqligi

Rixter shkalasi bo‘yicha magnituda	**12 balli MSK-64 shkalasi bo‘yicha zilzilaning intensivligi**
2.0 va undan kichik	I-II
3,0	III
4,0	IV-V
5,0	VI-VII
6,0	VIII
7,0	IX-X
8,0 va undan katta	XI-XII

XX asrda sodir bo‘lgan kuchli zilzilalarning magnitudasini 1.3-jadvalda keltirilgan.

1.3-jadval

XX asrdagi kuchli zilzilalar magnitudasi

№	**Vaqti**	**Davlat**	**Rixter shkalasi**
1	22 may 1960 y.	Valdiviya (Chili)	9,5
2	26 dekabr 2004 y.	Hind okeani, Sumatra (Indoneziya)	9,3
3	27 mart 1964 y.	Alyaska (AQSh)	9,2
4	4 noyabr 1952 y.	Kamchatka i Kurili (SSSR)	9,0
5	11 mart 2011 y.	Senday (Yaponiya)	9,0
6	31 yanvar 1906 y.	Kolumbiya va Ekvador	8,8
7	27 fevral 2010 y.	Maule (Chili)	8,8
8	4 fevral 1965 y.	Kris oroli, Alyaska (AQSh)	8,7
9	28 mart 2005 y.	Sumatra (Indoneziya)	8,6-8,7
10	15 avgust 1950 y.	Assam (Hindiston), Tibet (Xitoy)	8,6
11	26 aprel 1966 y.	Toshkent (O‘zbekiston)	5,2
12	8 aprel, 17 may 1976 y. 20 mart 1984 y.	Gazli (O‘zbekiston)	7,0 7,2

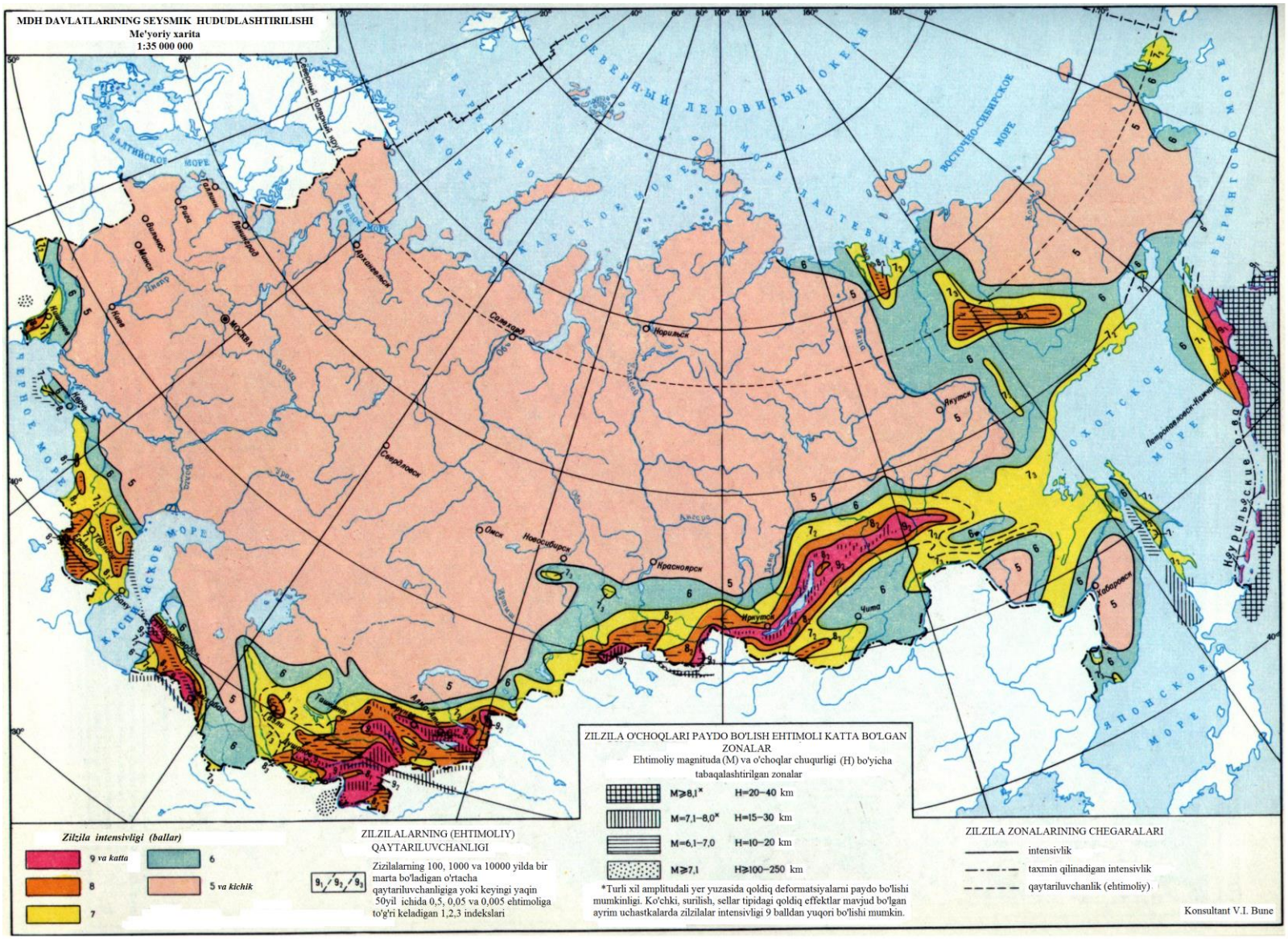
1.6. MDH davlatlari hududining seysmikligi

1978 yilda tugatilgan seysmik hududlashtirish ishlari natijasida CP–78 xaritasi tuzilgan va seysmik hududlarda joylashgan MDH davlatlari aholi punktlari ro‘yxati tuzilgan. CP–78 xaritasida 7, 8 va 9 ball seysmiklikka ega hududlarda joylashgan aholi punktlarida zilzilalarning qaytarilishi haqidagi ma’lumotlar keltiriladi. Zilzilalarning qaytariluvchanligi hududning seysmikligini ko‘rsatuvchi son yonidagi 1, 2 va 3 indekslari bilan belgilanadi. Bu indekslar xaritada ko‘rsatilgan ballga ko‘ra aholi punktlarida har 100, 1000 va 10000 yilda bir marta bo‘ladigan zilzilalarning o‘rtacha qaytariluvchanligiga to‘g‘ri keladi. Bundan tashqari, CP–78 xaritasida bo‘lishi mumkin bo‘lgan magnitudalari M>7,1 bo‘lgan zilzilalar o‘choqlarining zonalari 1.17-rasmda ko‘rsatilgan.

Intensivligi bo‘yicha 7 va undan ortiq bo‘lgan hududlarga Rossiya Federatsiyasining Oltoy o‘lkasi, Uzoq Sharq (Saxalin oroli), Kavkaz va Markaziy Osiyo kiradi.

O‘zbekiston hududi uchun 838 yildan boshlab magnitudasi M > 5,0 bo‘lgan zilzilalar haqida ma’lumotlar mavjud. Eng katta seysmik faollik Farg‘ona vodiysini o‘rab turgan Chotqol, Farg‘ona, Oltoy tizma tog‘ etaklarida kuzatilgan. Xalokatli zilzilalar 1902 y. (epitsentr Andijon shahri yaqinida) va 1927 y. (epitsentri Namangan shahri yaqinida), juda kuchli zilzila 1976 y. Qizilqum sahrosida gaz konchilari shaharchasi Gazlidan 30km shimoli-sharqda bo‘lib o‘tgan.

Gazli zilzilasi 8 aprel kuni ertalab mahalliy vaqt bo‘yicha soat 7 dan 40 daqiqa o‘tganda, magnitudasi M=7,0 ga teng bo‘lgan seysmik silkinishdan boshlangan. Gruntning birinchi sust silkinishlaridan keyin odamlar uylaridan chiqib ketishga ulgirganlar. 17 may kuni sodir bo‘lgan bundan ham kuchliroq silkinish (M=7,2) poselkani butunlay vayronaga aylantirdi. Gazlidagi ikkinchi silkinish kuchi 9 ballga yaqin edi [13].



1.17-rasm. MDH davlatlari hududlari seysmikligi xaritasi

1.7. Zilzilalar o‘choqlari mintaqasi

Seysmik hududlashtirish xaritasida xalokatli zilzilalar o‘choqlarini hosil bo‘lish ehtimolligi bo‘lgan mintaqalar ko‘rsatiladi (ZO‘ mintaqalari). Seysmikligi 8-9 ballga teng bunday mintaqalar yo‘llar qurilayotgan Markaziy Osiyo, Baykalorti va boshqa joylarda bo‘lishi mumkin.

Zilzila vaqtida ZO‘ larda ulkan yer qulashlari, o‘pirilishlari, ko‘chkilari paydo bo‘ladi, yer yuzida tektonik uzilishlar, tushib ketish va ko‘tarilishlar hosil bo‘ladi.

Seysmik jihatdan faol hududlarni, hamda o‘pirilishga, siljishga moyil va ko‘chkilar bo‘lishi xavfi mavjud hududlarni batafsil va mikroseysmik hududlashtirish (BSX va MSX) bo‘yicha ishlar yo‘l trassalari, yirik inshootlarini qurilish maydonchalarini to‘g‘ri tanlash uchun zarur. Bunday ishlarning ahamiyati ayniqsa ZO‘ mintaqalarida juda katta, chunki seysmogravitatsion va seysmotektonik ta’sirlar har qanday muhandislik inshootini ishdan chiqarishi mumkin.

1970 yili Peruda bo‘lib o‘tgan fojiali zilzila natijasida 50 mingdan ortiq odam halok bo‘lgan. Yer surilishi va ko‘chkilari And tog‘laridagi yo‘llarni berkitib qo‘ygan, 50 mln m^3 hajmga ega ko‘chki esa Yungay shahridan 15 km uzoqlikda 3 daqiqa ichida yo‘l-yo‘lakay balandligi 140 metrgacha bo‘lgan tog‘ qirrasini kesib o‘tib toshlar tagida 18 mingdan ortiq odamni ko‘mib tashlagan.

AQSh dagi Janubiy Tinch okean temir yo‘liga tektonik uzilishlar xalokatli ta’sir etgan, seysmotektonik ta’sirlar esa yer to‘kilmalari, yo‘lning ustki qismi, avtoblokirovkalarga va to‘rtta tonnelga juda katta shikast yetkazgan. Tonnellardan birining obdelkasi gorizontal tekislikda bo‘rtib chiqqan relsning siljish imkoniyati paydo bo‘lgan devoriga uloqtirib tashlangan. Yo‘lni vaqtincha tiklash maqsadida buzilib ketgan tonnellardan birini aylanib o‘tish uchun maxsus inshoot qurish, hamda qolgan tonnellarni ma’lum qismini ochish kerak bo‘ldi.

O‘rta Osiyo respublikalarida 1885 yildan 1975 yilgacha bo‘lgan davr ichida 14 zilzila natijasida ko‘zga ko‘rinadigan yorilishlar va tektonik buzilishlar kuzatilgan. BAM mintaqasida yoshi bir necha ming yildan ortiq bo‘lmagan 20 ta yirik

seysmotektonik dislokatsiyalar aniqlangan.

Yerning seysmogen yoriqlari (разрыв) tog‘ jinslarni qulatuvchi (сбрасыватель) joydan yuqorida joylashadigan osma qanoti 1 ga, hamda undan pastroqda joylashadigan yotuvchi qanot 2 larga ajratuvchi yassi qiya yuza (qulatuvchi) ga ega (1.18,a-rasm) [13, 15].

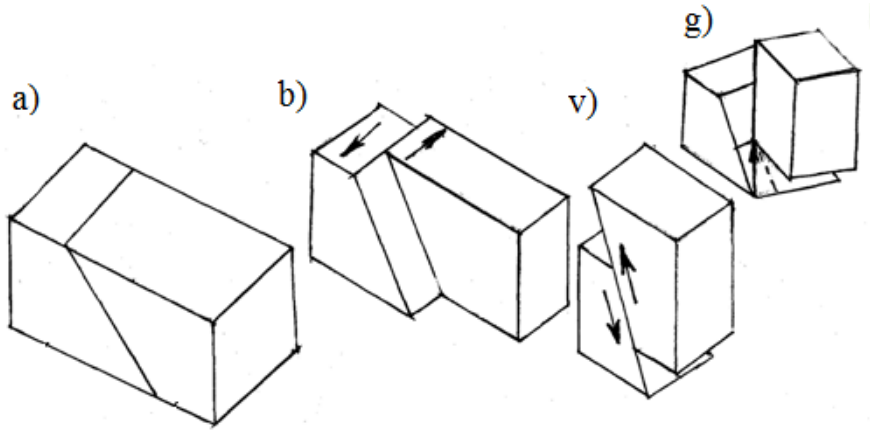
Yorilishlarning quyidagi asosiy turlari mavjud:

1. Qulatuvchining tarqalish maydoni bo‘yicha surilishga olib kelgan yorilishlar – ularning surilish vektori yorilishni tarqalish maydoni yo‘nalishiga parallel bo‘ladi. Bunday yorilishlar surilish (сдвиг) deyiladi. Chap va o‘ng surilishlarga ajratiladi (1.18,b-rasm);

2. Qulatuvchining tushib ketish tomoniga siljishiga olib keladigan yorilishlar – ularni surilish vektori yorilishni tushib ketish yo‘nalishiga parallel bo‘ladi. Bunday yorilishlar uzilma deb nomlanadi. Normal uzilma va teskari uzilmalar (yuqoriga qarab uzilishlar) (1.18,v-rasm) ajratiladi. Qiyalama va teskari uzilmalar ustma-ust surilish deyiladi.

3. Qiya surilishlarga olib keladigan yorilishlar – ularning surilish vektorining yo‘nalishi yorilishning tarqalish maydoni va tushib ketish yo‘nalishiga nisbatan bir oz og‘gan bo‘ladi. Og‘gan yorilishlar uzilib-surilishli yoki ko‘tarib tashlab-surilishli deb ataladi (1.18,g-rasm). O‘rta Osiyoning seysmik hududlari uchun tektonik strukturalarga nisbatan bo‘ylama joylashgan, o‘yiq joylar va jarlardan iborat seysmotektonik dislokatsiyalar xosdir. Bunday tuzilmalarning uzunligi bir necha kilometrdan, kengligi bir necha o‘n metr, balandligi esa bir necha metrdan ortmaydi. Tik yonbag‘irlarda yorilishlar natijasida o‘pirilish va uzilishlar hosil bo‘ladi.

4. Grunt tebranishlarining tezlanishlari tektonik yorilmalar atrofida eng katta qiymatga teng. 1965 yili amerikalik seysmolog G. Xauzner nazariy mulohazalardan kelib chiqqan holda 0,5g kuchga ega zilzilalar vaqtida grunt tebranishlarining maksimal tezlanishini baholagan. Bunday tezlanishlar taxminan yorilmalarga yaqin mintaqa doirasida, o‘choq chuqurligiga mos keladigan masofada hosil bo‘lishi mumkin.



1.18–rasm. Tektonik uzilishlar turlari

MDH davlatlarida, Hindiston, Italiya va AQSh da G. Xauzner bashorat qilgan tezliklarga nisbatan kattaroq tezliklarga ega tebranishlar yozilgan ma’lumotlar olingan. Xususan, 1971 yili Kaliforniya (AQSh) da 9,81m/s dan ortiq tezlanishga ega kuchli zilzila va 1976 yili Gazli zilzilasi epitsentrida (1,3g) qayd etilgan.

Gazli zilzilasi epitsentrida olingan kartogrammalarning qiziqarli tomoni shundaki, grunt tebranishlarining 1,3g ga teng eng katta amplituda tezlanishi uning vertikal tebranishlariga mos kelar edi. Gorizontal tebranishlarning intensivligi esa 1,5…2 barobar kichik bo‘lgan. Odatda vertikal va gorizontal tezlanishlar orasida teskari nisbat kuzatiladi. Bu misol shuni ko‘rsatadiki, qulatuvchining tushib ketish holatiga yaqin bo‘lgan surilishlar bilan bog‘liq uzilishlarda ko‘chish hamda ankerlanmagan konstruksiyalarni ag‘darilish xavfi paydo bo‘ladi [15].

Seysmotektonik va seysmogravitatsion ta’sirlar bilan kurashish choralari katta ahamiyatga ega inshootlarni qurish joyini to‘g‘ri tanlashdan iborat. Amalda tektonik uzilishlarga bevosita yaqin yoki ularni kesib o‘tish joylarda ko‘plab yirik ko‘priklar qurilish misollari mavjud. Bunday inshootlarni uzilish bo‘ylab tektonik surilish holatlarida to‘liq buzilib ketishi xavfi bor.

Tektonik zilzilalar joyi va vaqtini ilmiy bashorati seysmik faollikni o‘zgarishi qonuniyatlariga, tog‘ jinslarida egiluvchan to‘lqinlarni tezligiga, gruntlarni elektrik o‘tkazuvchanligiga, yer osti suvlari kimyoviy tarkibiga, atmosferadagi elektrik va magnit maydonlari kuchlanishiga asoslanadi. Zilzila darakchilarini dala kuzatishlari juda yirik seysmik hodisalarni ma’lum ehtimollik darajasi bilan

zilziladan bir necha yil, kun, soat oldin bashorat qilish imkonini beradi. Darakchilarni kuzatish uchun geofiziklar seysmograf, qiyalik o‘lchagich, gruntni elektr o‘tkazuvchanligini o‘lchash asbobi va boshqalardan tashkil topgan bashorat tizimining namunaviy kuzatish markazini yaratishgan.

1.8. Qurilish maydonchalarini seysmikligi, hamda ko‘prik va tonnellarning hisobiy seysmikligi

Loyihalashning boshlang‘ich shartlari. Inshoot loyihalashning mahalliy seysmik sharoitlari qurilish maydonchasini seysmikligi bilan belgilanadi. Bunda qurilish maydonchasi chegarasidagi mavjud geologik, gidrogeologik va relef sharoitlarini hisobga olgan holda aniqlashtirilgan qurilish maydonchasida kutiladigan zilzilaning maksimal kuchi nazarda tutiladi. Hozirgi kunga qadar zilzila kuchi asosan binolar buzilish darajasi bo‘yicha aniqlanadi. Seysmik hududlashtirish xaritasida ko‘rsatilgan ballar qiymati uzilishdan uzoq joylashgan aholi punktlari uchun tektonik, geomorfologik, gidrogeologik va grunt sharoitlari uchastkalariga tegishli. Dastlab seysmik hududlashtirish xaritalaridan yoki aholi punktlari ro‘yxati bo‘yicha qurilish hududi seysmikligi aniqlanadi. So‘ng seysmik mikrohududlashtirish xaritalari yoki umumiy muhandis-geologik qidiruv ishlari materiallari asosida qurilish maydonchasining aniqlashtirilgan seysmikligi belgilanadi.

Umumiy muhandis-geologik qidiruv ishlari materiallari asosida belgilangan qurilish maydonchasining seysmikligi tasdiqlovchi muassasa bilan muvofiqlashtirilgan bo‘lishi kerak. Murakkab muhandis–geologik sharoitlarda quriladigan o‘ta ahamiyatli inshootlar (sinflashtirilmaydigan, yirik ko‘prik va tonnellar) uchun asboblarni qo‘llash usuli bilan hududni maxsus mikroseysmik hududlashtirishni amalga oshirish haqida masala qo‘yilishi mumkin.

Ko‘pchilik hollarda mikroseysmik hududlashtirish anchagina mablag‘ va vaqt talab qilishiga qaramasdan alohida mikro zonalar ball ko‘rsatkichlarini kamaytirilishi, joyda inshootlarni yanada oqilona joylashtirish, ob’ektlarni qurish

narxini kamaytirish hisobiga katta iqtisodiy samara beradi.

Umumiy muhandis-geologik qidiruv ishlari materiallari bo‘yicha qurilish maydonchasi seysmikligini yanada aniqlashtirish uchun QMQ 2.01.03-96 [12] da gruntlar turiga ko‘ra zilzila kuchini o‘zgarishi 1.1-jadvalda keltirilgan. Ammo jadvalda aniq bir ko‘rinishda hisobga olinmaydigan bir qator omillar mavjud. Bularga relefga oid, tektonik, stratigrafik va boshqa jadval izohida ko‘rsatilgan sharoitlar kiradi. Bundan tashqari, jadvalning o‘zi ma’lum darajada shartli ravishda tuzilgan, shuning uchun undan ehtiyotlik bilan foydalanish zarur [15].

Ko‘prik va tonnellarning hisobiy seysmikligi.

Qurilish maydonchasi seysmikligini keltirilgan shartlarni barchasini hisobga olgan holda aniqlashtirish, murakkab hollarda esa masalani uzil-kesil hal qilish uchun maxsus tashkilotlarni jalb qilish tavsiya etiladi. Ayrim hollarda qurilish maydonchalari bo‘ylamasiga keskin darajada farqlanadigan muhandis-geologik sharoitlarga ega bo‘lishi mumkin (katta ko‘priklar, yirik tonnellar). Bunday hollarda qurilish maydonchasini alohida mikro zonalar (ko‘prikning o‘zan qismi, yaqinlashish estakadalari) ga ajratish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Shunda katta uzunlikka ega bo‘lgan uchastkalar haqida so‘z yuritilayotganini ham ta’kidlab o‘tish kerak. Albatta, ko‘prikning qo‘shni tayanchlari (tuzilishi keskin farqlanadigan gruntlarda joylashgan bo‘lsa) uchun turli seysmiklik darajasini qabul qilib bo‘lmaydi.

Odatda sun’iy inshoot qurilish maydonchasining butun yuzasi bo‘yicha seysmikligining qiymati bir xil olinadi. Inshootning hisobiy seysmikligi inshoot loyihalanadigan joyda zilzilaning ballarda olingan hisobiy (maksimal) kuchini belgilaydi.

Oddiy turdagi inshootlar uchun hisobiy seysmiklik qurilish maydonchasining seysmikligi bilan bir xil qabul qilinadi. O‘ta muhim inshootlar uchun uning qiymati kattaroq, ahamiyati kichikroqlar uchun esa qurilish maydonchasi seysmikligidan kamroq olinadi. Ko‘prik va tonnellarning hisobiy seysmikligi 1.4-1.5-jadvallarda keltirilgan.

Hisobiy seysmiklik antiseysmik choralar xususiyatlari va hajmini, ularning

qiymatini, hamda inshoot xavfsizligini kafolatlash darajasini belgilovchi asosiy dastlabki miqdor deb hisoblanadi. Shuning uchun hisobiy seysmiklikni belgilashga o‘ta jiddiy yondashish zarur.

Hozirgi vaqtga qadar inshootlarni 9 balldan ortiq seysmiklikka moslashtirib loyihalash usullari yetarli darajada ishlab chiqilmagan. 9 ball seysmiklikka ega maydonchalarda inshootlar zilzilaga qarshi (antiseysmik) qo‘shimcha choralar belgilangan alohida loyihalar bo‘yicha qurilishi kerak. Jumladan, 8 va 9 ball seysmiklikka ega maydonlarda joylashadigan, xalq xo‘jaligi yoki mudofaa uchun katta ahamiyatga ega o‘ta muhim (sinflashtirilmaydigan) ko‘prik va tonnellarni ham xuddi shunday loyihalash zarur.

1.4-jadval

Ko‘priklarning hisobiy seysmikligi

Inshoot turlari	Qurilish maydonining seysmikligi, ball			
	6	7	8	9
1. I-III kategoriyali umumiy avtomobil va temir yo‘llari tarmog‘idagi uzunligi 500m gacha bo‘lgan katta ko‘priklar; umumshahar ahamiyatidagi magistral va tezyurar shahar yo‘llarida	6	7	8	9
2. Uzunligi 500 m dan ortiq ko‘priklar	Maxsus muhandis-seysmologik tadqiqotlar materiallarini hisobga olib, loyiha tashkilotlari kelishuvi bo‘yicha qaror qabul qilinadi			
3. IV-V kategoriyali umumiy avtomobil va temir yo‘llari tarmog‘idagi o‘rta ko‘priklar; III_p-IV_p kategoriyali tuman miqyosidagi magistral va sanoat korxonalari yo‘llari; barcha kategoriyali yo‘llardagi kichik ko‘priklar, quvurlar, tirkov devorlar va yog‘och ko‘priklar	<6	6	7	8

Antiseysmik choralarni asoslab berish maqsadida maxsus nazariy va amaliy tadqiqotlar (andozalarda) o‘tkazilishi tavsiya etiladi. Inshootning alohida yirik uchastkalari uchun (ko‘prikning o‘zan qismi, kirish estakadalar uchun) turli

hisobiy zilzilabardoshlik qiymatlari olinishi mumkin.

500 metrgacha uzunlikka ega ko‘priklarni loyihalashda qurilish maydonchalari seysmikligi odatda umumiy muhandis-geologik qidiruvlari materiallari asosida belgilanadi. Bunda qurilish maydonchasi gruntining seysmik tebranishlari intensivligiga gruntning seysmik bikirligi, yer osti suvlari joylanishi, joy relefi va xususiyatlari ta’sirini e’tiborga oluvchi tahminiy bo‘lsa ham, ammo soddaroq usullardan foydalaniladi.

Qoyali va yirik bo‘lakli gruntlar seysmik bikirligiga ko‘ra tegishlicha I va II kategoriyaga mansub. 1.6-jadvalda gruntning seysmik bikirligini ta’siri keltirilgan [16].

1.5-jadval

Tonnellarning hisobiy seysmikligi

Inshoot turlari	Qurilish maydonining seysmikligida tonnel konstruksiyalarining hisobiy seysmikligi, ball			
	6	7	8	9
1. I-II kategoriyali avtomobil va temir yo‘llaridagi uzunligi 500m dan ortiq tonnellar, bundan tashqari, mas’uliyati yuqori bo‘lgan tonnellar va tonnel inshootlari	7	8	9	9
2. I-II kategoriyali avtomobil va temir yo‘llaridagi uzunligi 500m va undan kichik, hamda boshqa yo‘llardagi uzunligi 500m dan ortiq tonnellar, bundan tashqari, mas’uliyati yuqori tonnel inshootlari (tonnel va tonnel inshootlari uchun qo‘llaniladigan shaxta stvollari va yaqinlashuv ungurlari)	–	7	8	9
3. 1 va 2 punktlarda ko‘rsatilgandek, asosiy inshootlarni butligiga va buzilishiga ta’sir etmaydigan trassadan tashqarida joylashgan portalning tirkov devorlar va tonnel inshootlari (shtolnya va sh.o‘.),	–	–	7	8

Qum, qumli loy, loyli qum va loylarning ayrim turlari, xususan, yumshoq qumlar va loysimon (глинистый) gruntlar oquvchanlik ko‘rsatkichi I_L>0.5 da III

kategoriyaga tegishli (ballik orttirmasi 2 dan ortiq). Ammo, suv bilan to‘yingan gruntlarning ko‘pchilik turlari uchun seysmiklik orttirmalari 2 balldan oshmaydi.

1.6-jadval

Grunt seysmik bikirligining ta’siri

Gruntlar	Zichligi ρ_i , t/m^3	Ko‘ndalang to‘lqinlar tezligi V_i, m/s	Ballik orttirmalari ΔI
1. Qoya toshli	2,4...2,6	1200...2700	0...0,60
2. Yirik chaqiqli	2,0...2,4	400...800	0,9...1,6
3. Qumli	1,8...2,1	200...600	1,2...2,2
4. Loysimon	1,7...2,2	130...700	1,1...2,5

Sh.G. Napetvaridze tadqiqotlariga ko‘ra yer osti suvlari zilzila kuchiga (grunt yuzasi tebranishlari tezlanishiga) deyarli ta’sir etmaydi, faqat tezlanishi ballning kichik miqdoriga ortishi mumkin bo‘lgan qumli va loyli, qalinligi kichik qatlamli gruntlar bundan mustasno. Yaponiya va AQSh da ham qurilish maydonchalari seysmikligini baholashda gruntni suv bilan to‘yinganligi e’tiborga olinmaydi.

Zilzila paytida joy relefini gruntlarning tebranishiga bo‘lgan ta’siri katta. Shunday qilib, yozuvlar ishlab chiqilganda aniqlandiki, tepaliklar yon bag‘irlarining yuqori qismida tebranishlar amplitudasi etagidagiga nisbatan 2 barobar katta bo‘ladi.

Maxsus muhandis-geologik sharoitlar (murakkab relef va geologiyaga ega bo‘lgan sharoitdagi maydonlar, daryo qayir va o‘zanlari va sh.o‘)larga ega bo‘lgan joylarda qurilgan transport inshootlari (ko‘priklar va tonnellar) 30% gacha qum-loyli to‘ldiruvchilardan tashkil topgan magmatik jinslardan hosil bo‘lgan, kam namlangan yirik bo‘lakli gruntlar, hamda shag‘alsimon zich va o‘rtacha zichlikka ega suv bilan to‘yingan gruntlarni seysmik xususiyatlariga ko‘ra II kategoriyaga; oquvchanlik ko‘rsatkichi $0,25 < I_L \leq 0,5$ bo‘lgan gilli tuproqlar va suglinoklar uchun g‘ovaklik koeffitsienti $e < 0,9$, supeslar uchun esa $e < 0,7$ bo‘lgan gruntlar seysmik xususiyatlariga ko‘ra III kategoriyaga kiritiladi [13].

Sayoz joylashgan poydevorga ega tirkov devorlari va ko‘prik tayanchlari quriladigan maydonchalar seysmikligi poydevorni joylanish sathidagi gruntlarning

seysmik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda aniqlanadi. Chuqur joylashgan poydevorli ko‘prik tayanchlari quriladigan maydonchalari seysmikligi odatda gruntning tabiiy sathidan boshlab, gruntning ustki qatlami kesib tashlanadigan hollarda esa kesilgandan keyingi sathdan boshlab yuqori 10 metr qatlamdagi gruntni seysmiklik xususiyatlariga ko‘ra aniqlanadi. Poydevor kesib o‘tadigan grunt massalarining inersiya kuchlari inshootni hisoblashda e’tiborga olingan hollarda qurilish maydonchasining seysmikligi poydevorni joylanish sathidagi gruntlarning seysmik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda aniqlanadi.

Seysmikligi 9 balldan ortiq bo‘lgan maydonlarda inshootlarni qurish man etiladi. Bunday maydonlarda faqat O‘zbekiston Respublikasi Davarxitektqurilishi bilan kelishilgan holda qurilishga ruxsat berilishi mumkin.

1.9. Gruntning seysmik tebranishlarini son miqdori bo‘yicha baholash

Zilzilaning eng to‘liq tavsifi sifatida gruntning seysmik tebranishlari qonuni hizmat qilishi mumkin. Bu qonun gruntning siljishlarini (yoki tezlanishini, tezliklarini) vaqt bo‘yicha o‘zgarishini ko‘rsatadi. Ammo gruntning seysmik tebranishlari murakkab va xilma-xil xususiyatlarga ega bo‘lishi bu qonunni determinantlashtirilgan shaklini analitik usulda ifodalashni qiyinlashtiradi.

Zilzila vaqtida grunt tebranishlari davomiyligi 10…40 sekund oralig‘ida va undan ortiq o‘zgarishi mumkin. Ko‘pincha tebranishlar davri 0,2…0,7 sekund oralig‘ida davom etadi. Pastki chegara nisbatan qisqa epitsentral masofaga va qoyali, zich gruntlarga to‘g‘ri keladi. Epitsentral masofa ortgan sari va yumshoq gruntlarda spektral maksimum uzun davriylik tomoniga qarab o‘zgaradi. Kuchli zilzilalarga sust tebranishlarga nisbatan uzun davrli tebranishlar mos keladi deb hisoblash mumkin.

XX asr boshidan zilzilani miqdor jihatdan baholashda seysmiklik koeffitsient qo‘llanadi. Bu koeffitsient gruntni gorizontal tebranishlarining maksimal tezlanishini og‘irlik kuchi tezlanishiga nisbati sifatida quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$K_s = \max W_0 / g\,. \qquad (1.7)$$

Seysmiklik koeffitsientning soniy miqdori 7, 8, 9 balli zilzilalar uchun mos ravishda K_s = 0,025; 0,05; 0,10 ga teng deb qabul qilinadi. Ammo o‘lchashlar natijasida olingan gruntning haqiqiy maksimal tezlanishlari yuqorida keltirilgan K_s ning qiymatlariga nisbatan bir necha barobar ortiq. Shuning uchun bizning me’yorlar bo‘yicha seysmiklik koeffitsient mazmuni yuqorida berilgan ta’rifga to‘g‘ri kelmaydi. Uni quyidagi ifodadan topiladigan, zilzila kuchi (balligi) ni ortishi bilan tebranishlar intensivligini aniqlovchi shartli miqyosiy ko‘paytuvchi sifatida qabul qilish mumkin [13].

$$K_s = K_1 A\ , \qquad (1.8)$$

bunda K_1 – ko‘prikni yo‘l qo‘yarli darajadagi shikastlanishlarini hisobga oluvchi koeffitsient, K_1 = 0,25;

A – 7, 8, 9 balli hisobiy seysmiklikda tegishlicha 0,1; 0,2; 0,4 ga teng koeffitsient.

Rossiya Fanlar Akademiyasining Yer fizikasi instituti shkalasi bo‘yicha zilzilaning soniy tavsifi sifatida xususiy tebranish davri 0,25 sek va logarifmik dekrementi 0,5 ga teng bo‘lgan seysmometr СБМ mayatnigini nisbiy siljish miqdori qabul qilingan.

1.10. Zilzilabardosh ko‘priksozlik tarixi haqida qisqacha ma’lumot

Kuchli zilzilalar vaqtidagi insonlarning qurbon bo‘lishi va moddiy talafotlar fuqaro qurilishi sifatiga bog‘liq bo‘ladi, shuning uchun zilzilabardosh qurilish sohasidagi tadqiqotlarda ayni shunga katta e’tibor qaratilardi. Ammo, bu muammo ko‘prik qurilishida ham o‘ta muhim hisoblanadi, chunki ko‘priklar bunday hollarda chegaralovchi to‘siq sifatidagi inshoot bo‘lib, zilziladan zarar ko‘rgan

hududlarning hayotini ta’minlash inshootlari qatoriga kiradi va ularni tiklashga katta mablag‘, ko‘p kuch talab etiladi.

Ko‘priklar zilzilabardoshligi nazariyasining paydo bo‘lishi XIX asrning oxiri XX asrning boshlariga to‘g‘ri keladi, bunda 1891 yili Yaponiyaning Mino-Ovari shahrida ulkan vayronagarchiliklarga olib kelgan zilzila oqibatlarini yapon olimlari tekshirishi natijasida ilk marotaba gruntning maksimal seysmik tezlanishlari haqida ma’lumotlar olingan va bu zilzila vaqtida inshootga ta’sir etuvchi seysmik kuchlarni aniqlash masalasini yechish muammosini olimlar oldiga qo‘ygan.

Zamonaviy zilzilabardoshlik nazariyasiga A.D. Abakarov, Ya.M.Ayzenberg, A.A. Amosov, T.A. Belash, V.A. Bixovskiy, I.I. Goldenblat, T.J. Junusov, K.S.Zavriyev, V.A. Ilichev, K.N. Karsivadze, B.G. Korenev, E.V. Kosterin, I.L. Korchinskiy, E.N. Kurbatsskiy, A.I. Martemyanov, S.V. Medvedev, A.G.Nazarov, Sh.G. Napetvaridze, V.S. Polyakov, V.T. Rasskazovskiy, T.R.Rashidov, N.A. Krasin, L.M. Reznikov, O.A. Savinov, A.P. Sinitsin, Yu.M.Silnitskiy, A.M. Uzdin, M.T. Urazbaev, G.S.Shestoperov, I.O. Kuznetsova, shu jumladan xorijiy olimlardan M. Bio, D.Kelli, K.Kubo, M. Mikoshiba, Nishiki, Omori, V. Robinson, R.Skinner, Xauzner va b. o‘zining salmoqli hissalarini qo‘shganlar.

Bir qancha vaqt davomida ko‘priklarga juda katta va og‘ir tayanchlar qurilgan, bu bir muncha konstruksiyaning zilzilabardoshligini oshirar edi. Shu maqsadda 1906 yil Omori gorizontal garmonik tebranishlarga yo‘liquvchi platformalarda joylashgan g‘isht ustunchalarda hosil bo‘ladigan seysmik kuchlarni aniqlash maqsadida bir qator tajribalar o‘tkazgan. Omori nazariyasiga ko‘ra, seysmik kuchlarning maksimal qiymatlari quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$S = K_c \cdot Q, \tag{1.9}$$

bu yerda Q – inshoot bir qismining vazni;

K_c – seysmik koeffitsient, u asos tezlanishining maksimal miqdorini erkin tushish tezlanishiga bo‘lgan nisbatiga teng.

Bu nazariyada seysmik koeffitsient miqdori zilzilaning kutilgan kuchiga (hududning balligi) mos ravishda katta vayronalarga olib keladigan zilzilalar haqidagi makroseysmik ma’lumotlari asosida qabul qilingan. Bunday talqin hozirgi vaqtgacha saqlanib kelgan.

XX asr boshida AQSh ning Kaliforniya shtatida 1906 yil katta vayronagarchilikka olib kelgan va 1923 yil Yaponiyada bir qancha inshootlarni buzilishiga olib kelgan zilzilalar bo‘lgan. Alyaska (1964 y.) va Kaliforniyadagi (1971 y.) zilzilalardan so‘ng o‘ta shiddatli va uzoq vaqt davom etadigan seysmik ta’sirlarga qarshi tura oladigan ko‘priklar qurishning choralari ishlab chiqilgan.

Shuni ta’kidlash kerakki, bundan keyingi ko‘priklarni zilzilabardoshligi bo‘yicha tadqiqot ishlari Yaponiyada olib borilgan. AQSh, Yangi Zelandiya, Hindiston, Kanada, Yaponiya va boshqa davlatlarda sun’iy transport inshootlarining seysmik shikastlanishlarining ko‘pchiligi joyning o‘zida tekshirilgan.

1923 yilga kelib Yapon olimi Mononobe birinchi bo‘lib zilzilabardoshlikning ***dinamik nazariyasini*** taklif etgan. Bu nazariyaga ko‘ra inshoot asosga nuqtalar bo‘yicha tayanadigan konsolli sterjen ko‘rinishida modellashtirilgan bo‘lib, uning asosiga seysmik ta’sirni modellashtiruvchi garmonik ko‘chish kuchlari bilan ta’sir etadi. Bunday model asosida inshootning elastiklik xususiyatlarini hisobga olish imkonini beradi. Shu bilan birga Mononobe seysmik yuklarni baholash formulasiga dinamiklik koeffitsientini kiritgan va quyidagi ko‘rinishda ifodalangan yechim topilgan [102]:

$$S = K_c \beta \cdot Q\,, \tag{1.10}$$

bu yerda β – dinamiklik koeffitsienti quyidagicha topiladi.

Zilzilabardoshlikni dinamik nazariyasi hali yetarli darajada ishlanmaganligi sababli, 1939 yilda Narkomstroy tomonidan chiqarilgan zilzilabardosh qurilish bo‘yicha yagona me’yorlar asosini yapon olimi Omori tomonidan ishlab chiqilgan konstruksiyaning dinamik xususiyatlarini hisobga olmaydigan statik nazariyasi

tashkil etgan [17].

XX asrning 30-yillaridan boshlab yirik ko‘priklar qurilishi boshlanishi sababli AQSh, Yangi Zelandiya, Yaponiya va boshqa davlatlarda tayanchlar va oraliq qurilmalarning zilzilabardoshligi bo‘yicha tadqiqot ishlari amalga oshirilgan. Sobiq Ittifoqda zilzilabardosh qurilish muammolari bo‘yicha tadqiqotlar o‘tgan asrning 20-yillarida boshlangan. Turkiston-Sibir temir yo‘l magistralini qurilishi munosabati bilan K.S. Zavriyev tomonidan tadqiqot ishlari olib borildi.

Keyinchalik 1927 yil K.S. Zavriyev Mononobe nazariyasining o‘zgarmas (statsionar) tebranishlardan foydalanish kabi asosiy kamchiligiga barham berib, o‘tish jarayonlarini inobatga olish zarurligini asoslab bergan. Bu rasman asos harakati uchun qabul qilingan kosinusoidal qonun ko‘rinishida ifodalangan, bu esa seysmik ta’sir boshlanishining tasodifiylik xususiyatini bartaraf etishga imkon yaratgan. A.G. Nazarovning keyingi ishlarida seysmik ta’sirni impuls ko‘rinishida qabul qilish mumkinligini taqozo etuvchi seysmik zarbaning konsepsiyasi rivojlantirilgan.

Seysmik ta’sirni impuls ko‘rinishida berilishini takomillashtirgan olimlar M.T. O‘rozboev, V.Q. Qobilov, V.T. Rasskazovskiy va T.R.Rashidovlarning ishlarida dinamik nazariyani rivojiga salmoqli ta’sir ko‘rsatishdi. Akademik M.T. O‘rozboev, prof. V.T. Rasskazovskiy va V.Q. Qobilovlar rahbarligida egiluvchan va qattiq binolarga diskret va taqsimlangan sxemali impulsli yuklarni ta’siri tadqiq qilingan. Seysmik yuklarni aniqlash va baxolash usullari, turli konstruktiv echimli binolarning hisoblash modellari, plastina tipidagi to‘g‘onlarning seysmik ta’sirlarga hisoblash usullari taklif qilindi, bu esa zilzilabardosh bino va inshootlarni qurish va loyihalash bo‘yicha talablarni aniqlashga imkon berdi.

Ammo, zilzilalar jarayonida gruntlarni harakatlanishining o‘ziga xosliklari haqidagi 50-yillargacha to‘plangan statik material konstruksiyaning dinamik xususiyatlarini seysmik yuklanish miqdoriga ta’siri ancha katta ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu yo‘nalishlar bo‘yicha M. Bio, Xauzner [18] va boshqalar tomonidan o‘tkazilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar natijasida bino va inshootlarni seysmik ta’sirlarga hisoblashni **spektral usuli** taklif etildi. Mazkur usulga binoan

konstruksiyaning dinamik xususiyatlari inersion seysmik yuklanishlarga dinamiklik koeffitsient β kiritish yo‘li bilan hisobga olinadi. Seysmik yuklanishning tebranishlarning *j*-shakli bo‘yicha m_i massaga ta’sir etuvchi miqdori quyidagi formuladan topiladi:

$$S_{ij} = K_i A g m \beta_i(T_j, \gamma_j)\eta_{ij} \qquad (1.11)$$

bunda $\beta_i(T_j,\gamma_j)$ - umumiy hollarda T_j ning *j*-shakli bo‘yicha tebranishlar davriga, noelastik qarshilik koeffitsienti γ_j hamda ta’sir turi (asosning hisobiy akselerogrammasi y_0 *(t)*)ga bog‘liq bo‘lgan dinamiklik koeffitsienti; η_{ij} - tebranishlar shakllari bo‘yicha inersion yuklanishlarni hisobga oluvchi shakl koeffitsienti.

Sobiq Ittifoqda spektral uslub dastlab I.L. Korchinskiy [19, 20], A.G. Nazarov [21], Sh.G.Napetvaridze [22] va boshqa mutaxassislar ishlarida rivojlantirilgan edi. Spektral uslub Sobiq Ittifoqda me’yor sifatida 1957 yilda qabul qilingan bo‘lib, o‘z aksini CH 8-57da topgan.

Ushbu me’yorlarni asoslab berish jarayonida I.L. Korchinskiy so‘nayotgan sinusoida ko‘rinishida ta’sir etadigan γ=0.1 noelastik koeffitsientli ossillyator uchun qurilgan nazariy spektral egri chiziq *β(T)* ni taklif etgan.

Bu egri chiziq me’yorlar uchun zilzila vaqtida turar joy binolarining shikastlanishini tahlili natijalariga binoan to‘g‘rilangan [20]. Bunda ko‘priklarni hisoblash uchun mo‘ljallangan BCH 8-57 me’yorlari uchun zilzilabardoshlik statik nazariyasining hisobiy formulalari saqlab qolingan. Bu esa mazkur inshootlarning zilzilabardoshligi sohasida olib borilgan tadqiqotlarni yetarli emasligidan, xususan, ko‘priklaring hisobiy sxemalari bo‘yicha tavsiyalarni, hamda ularni chastotalari va tebranish shakllarini aniqlash metodikasini yo‘qligidan kelib chiqqan edi. Zilzila vaqtida ko‘priklarning o‘ziga xos tebranishlari mavjudligi bu masalani hal qilinishi qiyinlashtiradi.

Bunday o‘ziga xosliklarni birinchi bo‘lib G.N. Karsivadze [23] ta’riflab berilgan bo‘lib, ko‘priklarning zilzilabardoshligiga doir masalalar inshootlar zilzilabardoshdigi nazariyasining alohida bo‘limiga ajratilgan edi. 1958 yildan boshlab Tbilisi temir yo‘l transporti institutida ko‘priklarning seysmik tebranishlarini nazariy va modelli tadqiqotlari o‘tkazilib, ko‘priklarni hisobiy sxemalarini tayinlash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan, hamda ko‘prikning eng o‘ziga xos konstruksiyalari tebranish chastotasi va shakllarini aniqlash usullari tavsiya etilgan. Ushbu tadqiqotlar natijalariga asosan 1962 yilda СНиП II-12-62 qabul qilindi, va unda spektral uslub ko‘priklar zilzilabardoshligini hisoblash uchun ham asosiy usul sifatida qabul qilingan.

Fukuya (1948) va Alyaska (1964) zilzilalarning xalokatli oqibatlari natijasida zarar ko‘rgan hududlar bilan temir yo‘l aloqalari bir oydan ortiq muddatga uzilib qolishi [23], va yuzlab million dollarli moddiy ziyon ko‘rilishi ko‘priklarning zilzilabardoshligi bo‘yicha tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmaganligini va loyihalash jarayonida tug‘iladigan ko‘pchilik masalalarga javob bermasligini ko‘rsatdi.

Shuning uchun 60-yillardan boshlab, ushbu sohadagi tadqiqot ishlari jadal ravishda rivojlana boshladi. Bunga tabiiy sharoitda va modellarni sinashlarni olib borish uchun elektron hisoblash texnikasi va instrumental bazani rivojlanishi juda katta yordam berdi.

Sobiq Ittifoqda ko‘priklarni zilzilabardoshligi masalalari bilan ayniqsa 1974 y. Baykal-Amur magistrali (BAM) qurilishi boshlanishi bilan faol shug‘ullana boshlashdi. Bunda ko‘priklarni hisoblash va loyihalash bo‘yicha me’yoriy hujjatlarni yanada aniqlashtirish zarurati paydo bo‘ldi.

O‘zbekistonda transport inshootlari zilzilabardoshligi nazariyasiga Akademik T.R. Rashidov o‘zining beqiyos hissasini qo‘shgan. Uning [47-49] ishlari, kuchli zilzilalar natijasida yer osti va yer usti sun’iy inshootlari shikastlanishlariga, yer osti seysmodinamikasi rivojiga, sun’iy inshootlarni seysmik tebranishlari nazariyasiga, seysmik hududlarda yer osti va yer usti inshootlarni loyihalashning asosiy qoidalariga, tonnellar, quvurlar va metropolitenlarni loyihalash, yer osti va

yer usti sun’iy inshootlarga seysmik ta’sirlarni hisoblash asoslariga bag‘ishlangan.

Zilzila vaqtida ko‘priklar shikastlanishiga oid umumiy tahlil [16, 22, 23] monografiyalarda keltirilgan.

G.N. Karsivadze [23], Yu.V. Slovinskiy [24], Yaroxno [25], A.M. Uzdin [26], I.O.Kuznetsova [27, 28] larning ishlari qo’zg’aluvcan tayanch qismlarida ishqalanish kuchlari hisobga olingan ko‘priklarning hisobiy sxemalarini aniqlashtirishga bag‘ishlangan.

1965 yildan boshlab Sobiq Ittifoqda N.G.Bondar, I.I.Kazey, Yu.G.Kozmin va B.F.Lesoxin [29], G.N.Karsivadze [23], B.E.Pak, M.M. Serdyukov va V.P. Chudnetsov [30], Yaponiyada – M.Mikoshiba, K. Kubo, T. Nishiki [31, 32] va boshqa olimlar tomonidan tabiiy sharoitda ko‘priklar tebranishlarini, ularning chastotalari va so‘nish tavsiflarini aniqlashga bag‘ishlangan tadqiqot ishlari olib borildi.

Ko‘priklarni zilzilabardosh qurilishini me’yorlash masalalariga G.N. Karsivadze [23], A.M.Uzdin [33-35], G.C. Shestoperov [16], Sh. Okamoto [11], O.Bayrak [36], D.Lee [37], Yu. Zaslavskiy, A.Shapiro, M.Kengsberg [38] v.b. ishlari bag‘ishlangan.

Yuqorida aytib o‘tilgan ishlar asosida ko‘priklarni zilzilabardosh qurilishining me’yoriy bazasi takomillashtirib borildi, xususan, СНиП II-12-69, СНиП II-7-81 lar tayyorlanib nashrdan chiqarildi.

Ammo, ko‘priklar bo‘yicha keltirilgan ilmiy izlanishlar natijalari oxiriga yetkazilmaganligi sababli ushbu me’yorlarda to‘liq o‘z aksini topmagan.

Masalan, mavjud adabiyotlarda [29] ko‘priklarni ko‘ndalang tebranishlariga oid tadqiqotlar ancha batafsil o‘rganilgan, ammo bo‘ylama tebranishlar uchun aniq ma’lumotlar faqat $18<1_x<88$ m oraliq qurilmali ko‘priklar uchun keltirilgan. Ko‘priklar oraliq qurilmalarining vertikal tebranishlari haqida ma’lumotlar bo‘lib, me’yoriy hisoblashlarni bajarish uchun dinamiklikning hisobiy koeffitsientini belgilash bo‘yicha me’yoriy tavsiyalar yo‘q. Ko‘priklarning oraliq qurilmalarini gorizontal tebranishlari bo‘yicha nazariy izlanishlar deyarli amalga oshirilmagan, eksperimental ma’lumotlar esa [23, 29 va b.] juda ham tarqoq holda berilgan.

Keyingi yillarda zilzilabardosh ko‘prik qurilishining eng muhim o‘ziga xos tomoni ko‘priklarni maxsus seysmohimoyalash tizimlariga o‘tishdan iborat. Xorijda ko‘priklar zilzilabardoshligini oshirishning bunday usullari asosiy o‘rin egallashi sababli, bu masala maxsus o‘rganilishi lozim.

Umuman zilzilabardoshlik nazariyasining va xususan, ko‘priklar zilzilabardoshligini ta’minlash masalasining rivojlanishini belgilovchi eng muhim masala seysmik yuklanishni hisobiy darajasini hamda shu yuklanishga mos bo‘lgan chegaraviy holatni tayinlash masalasidir. Bu masala ko‘pchilik mualliflar tomonidan o‘rganilib, oxirgi yillar ichida yechimi topilgan. Shuni alohida ta’kidlash kerakki, masalani yechish natijasida zilzilabardoshlik qurilish sohasida faoliyat yurituvchi muhandislar tasavvurini o‘zgartirgan zilzilabardosh ko‘priklarni loyihalashda sifatiy o‘zgarishlar sodir bo‘ldi. Bu loyihalashda inshootning bir tekis mustahkamligi tamoyilidan uning buzilishi ssenariylarini loyihalashga o‘tish bilan bog‘liq [39].

Chegaraviy hisobiy holatlar muammosi zilzilabardoshlik nazariyasida uni tiklanish vaqtidan boshlab paydo bo‘lgan. Natijada, zilzilabardosh qurilish nazariyasini yuz yildan ortiq rivojlanish davrida inshootlarni loyihalash amaliyotida ularni seysmik ta’sirlarga hisoblashda ikki pog‘onali yondashish yuzaga kelgan. Ushbu yondashuv 1976 yilda I.I.Goldenblat, S.V.Polyakov va N.A.Nikolaenko [40] lar maqolasida eng aniq va ravshan tarzda yoritib berilgan. Ushbu yondashuvga binoan ta’sirning ikki sathini, hamda ularga mos ikki xil chegaraviy holatlarni ko‘rib chiqish zarur.

Ta’sirning birinchi darajasi – ***loyihaviy zilzila (LZ).*** Bu nisbatan sust, tez-tez (200-500 yilda bir marta) qaytariluvchi zilzilalar. Bunday zilzila ta’sir etganda, inshoot o‘z ekspluatatsion xususiyatlarini yo‘qotmasligi kerak.

Ta’sirning ikkinchi darajasi – ***maksimal hisobiy zilzila (MHZ).*** Bu kam sodir bo‘ladigan kuchli zilzilalar, ular 2000-5000 yilda bir marta qaytariladi. MHZ bo‘lganda, insonlar hayotini va qimmatbaho jihozlarni saqlab qolish kerak.

Ko‘priklarni zilzilabardosh loyihalash masalasiga ikki pog‘onali yondashishlarni 6-bo‘limda batafsil yoritilgan.

Ko‘priklarni zilzilabardosh qurilishi nazariyasining hozirgi vaqtdagi holati zilzilabardosh qurilish bo‘yicha 12-Yevropa anjumanida taqdim etilgan I.O.Kuznetsova va A.M.Uzdinlar maqolasida [41] to‘liqroq tavsiflangan.

Yirik unikal ko‘priklarni loyihalashda seysmik va boshqa maxsus yuk yoki ta’sirlarni birgalikda e’tiborga olish zarurati ro‘yobga keladi. Masalan, Bangladeshda ko‘prikni loyihalash jarayonida cho’kindi qatlamlarni siljishi natijasida grunt sharoitlarini o‘zgarishini hamda zilzila vaqtida qirg‘oq qiyaliklarining o‘pirilishi mumkinligini hisobga olish kerak bo‘lgan edi [42].

Mavjud tadqiqotlarda temir yo‘l ko‘priklariga kam e’tibor qaratiladi. [41]da ta’kidlanganidek, yagona va o‘ta batafsil ish [43] seysmoizolyatsiyani Yaponiya temir yo‘llari ko‘priklarida qo‘llanishiga bag‘ishlangan. Yaponiya mutaxassislari tomonidan seysmoizolyatsiyalovchi tayanch elementlarga ega temir yo‘l ko‘priklarni zilzilabardosh qilib qurish me’yorlari ko‘rib chiqilgan. Bunda zilzila vaqtida yo‘lning ustki qurilmasi bilan harakatlanuvchi sostavni ko‘prik ustidagi holati o‘rganilgan. Bularning ahamiyati cheksiz va ko‘priklarni zilzila vaqtidagi holati aniq bo‘lmaganligi sababli temir yo‘l transportida seysmoizolyatsiyadan kam foydalaniladi.

Zilzilabardosh qurilish sohasidagi tadqiqotlar keng hajmda olib borilganiga qaramay, ko‘priklarni zilzilabardosh qurilishi nazariyasi fuqaro va sanoat qurilishiga tegishli nazariyadan orqada qolgan. Bu ko‘p jihatdan mavjud usullar doirasida hisobga olinishi mushkul bo‘lgan ko‘priklarning seysmik tebranishlarini o‘ziga xosligi bilan bog‘liq. Ko‘rsatilgan masalalar majmuini o‘rganish tahlillari darslikning keyingi bo‘limlarida ko‘rib chiqiladi.

1.11. O‘zbekiston Respublikasi hududining seysmik xavfliligini tahlili. O’zbekiston olimlarining hissasi. Zilzila oqibatlarini o’rganishga o’zbek olimlarining qo’shgan hissasi

O‘zbekiston hududida zilzilalar sodir bo‘lishi anchadan beri ma’lum. Ammo ular haqida muntazam ma’lumotlarni to‘plash ishlari faqat XIX asrning ikkinchi

yarmidan boshlangan edi. Undan avvalgi davrlarda bo‘lib o‘tgan zilzilalar o‘choqlarini joylanishi haqidagi ma’lumotlar Turkiston o‘lkasida aholi paydo bo‘lishi tarixi bilan bog‘liq. Bu yerlarda sodir bo‘lgan zilzila xaqida ilk bor I.V. Mushketov va A.A.Orlovlarning “Katalogi” da (1893) “Transoksiandagi (hozirgi Buxoro) yetmish kunlik zilzila (818y.)”, deb aytib o‘tilgan. O‘zbekiston hududining barcha seraholi qismi 7, 8 va 9 balli zilzilalar ehtimoli mavjud zonada joylashgan.

A.A. Semenovning “Zilzilalar ro‘yxati” ga binoan (1958), “838y. Farg‘onada sodir bo‘lgan kuchli zilzila natijasida ko‘plab binolar vayronaga aylangan”.

1208-1209yy. Xorazmda, 1490 yilda Samarqandda kuchli zilzilalar bo‘lib o‘tgan. 1602 yilda Farg‘ona vodiysining shimoliy qismidagi kuchli zilzila epitsentral zonada joylashgan Axsi qal’asini butunlay vayron qilgan (Gorshkov, 1949y.). Muxammad Toxir-bin-Abdul Qosim mazkur zilzila haqida shunday bayon etadi: “...Sirdaryo suvlari qirg‘oqlaridan oshib, daryo bo‘yi yerlarni bosgan... Ulkan daraxtlar yerdan qo‘porilib ketib ag‘darilgan. Uylar butunlay vayron bo‘lgan, ko‘plab odamlar vayronalar ostida qolib, halok bo‘lgan”. 1797-1798 yy. “Movaraunnaxrda hali qadim zamonlardan buyon bo‘lmagan o‘ta kuchli zilzila bo‘lgan. Samarqand yaqinidagi Urgut qal’asida barcha binolar ag‘darilib, devor loyining bo‘lagini ham topishning iloji yo‘q edi” [44].

O‘zbekiston hududida sodir bo‘lgan zilzilalar haqidagi ancha tartiblashtirilgan ma’lumotlarni V.N. Spesivseva, G.P. Gorshkov, V.V. Popov, N.A. Xalfin, E.M. Butovskaya va G.P. Gorshkovlarning ishlarida topish mumkin. Ushbu ishlar O‘zbekiston hududidagi kuchli zilzilalar xaritasini tuzishda asos bo‘lib xizmat qilgan. Hozirgi vaqtgacha aniqlangan ma’lumotlarga ko‘ra O‘zbekiston hududida eng kuchli 9 balli zilzilalar 1209y. Xorazmda, 1821y. Farg‘onada, 1902y. Andijonda va 1907y. Qoratog‘da bo‘lgan.

Farg‘ona vodiysi Markaziy Osiyodagi eng seysmik hududlardan biridir. Farg‘ona vodiysi hududida kuchli zilzilalar tez-tez uchraydi. Tarixiy va instrumental ma’lumotlarga ko‘ra, XX asrda 30dan ortiq bunday voqealar sodir bo‘ldi, ularning ikkitasi 9 ballni tashkil etdi.

XIX asr boshlarida Farg‘onada (Qo‘qon okrugida ayniqsa sezilgan) o‘ta kuchli zilzila sodir bo‘lgan. Bu zilzila shu darajada vahimali hamda aholi boshidan kechirgan falokatlar shuncha ulkan ediki, o‘z ko‘zi bilan ko‘rganlarning so‘ziga ko‘ra: ”Xech qachon va xech kim bunga o‘xshash narsalarni ko‘rmagan va boshidan kechirmagan. Ko‘plab minora va uylar vayron bo‘lgan. Yer yorilib, undan shovqin-suron birla qora bug‘ chiqa boshlagan; soy va daryolarning suvlari qaynab chiqib yerlar uzra oqib ketar edi. Yer silkinishi va tebranishlari sanoqsiz kunlarda olti oy davomida qaytalayvergan” [44, 45].

Farg‘ona vodiysining tarixiy seysmikligi haqidagi to‘plangan ma’lumotlar 1.7-jadvalda keltirilgan.

1.7-jadval

Farg‘ona vodiysi va uning atrofidagi kuchli zilzilalar parametrlari

Nomlanishi	Sanasi	Epitsentrlar koordinatasi		Magnituda	Epitsentrdagi zilzila kuchi, ball
		φ^0	λ^0		
Axsi	1620	49,9	71,4	6,5	8-9
Qo‘qon	1822-1923	-	-	-	7-8
Andijon	3.12.1902	40,75	72,37	6,5	9
Qurshob	06.07.1924	40,5	73,0	6,5	7-8
Qurshob	12.07.1924	40,5	73,2	6,5	8
Namangan	12.08.1927	41.0	71.6	5,3/4	8
Chotqol	02.08.1926	41,8	71,8	7,5	9
Qoraqalpoq	02.06.1947	41,1	72,2	5,5	7-8
Marxamat	04.03.1957	40,5	72,3	5,0	5-6
Djambul	10.02.1972	43,0	71,3	5,7	7
Leninobod	17.03.1972	40,28	69,65	5,0	6-7
Qadamjoy	22.01.1974	40,2	71,6	5,0	6-7
Qurshob	20.02.1974	40,7	73,3	5,5	6-7
Oloy	11.07.1974	39,3	73,7	6,0	6
Gazli	08.04.1976	40,2	63,54	7,0	8
Gazli	17.05.1976	40,6	63,4	7,3	9

7-8 balli zilzilalarning aksariyati Farg‘ona vodiysida sodir bo‘lgan. Bu

zilzilalar epitsentri asosan Qurshob – Andijon – Namangan liniyasida Qoradaryo bo‘yidagi tor yer polosasida joylashgan, o‘chog‘i esa ozmi-ko‘pmi ma’lum qonuniyatga asoslanib vaqt davomida o‘zgarib, sharqdan g‘arbga va teskari tomonga siljib boradi, buni muallif ushbu hududdagi tektonik choklarni harakatlanishi bilan bog‘laydi.

Qadimdan Toshkentdagi 7-8 balli kuchli zilzilalar haqidagi ma’lumotlar mavjud: 1868 y. fevralida (7 balli), 1868 y. aprelida (7-8 balli), 1924 y. iyunida (7-ball), 1938y. (6-7 ball), 1966 y. aprelida (8 ball). Ularning epitsentri seysmikligi kuchliroq qo‘shni viloyatlarda ham, shaharning o‘zida ham joylashgan. O‘rganilayotgan hududni instrumental kuzatuvi XX asr boshlariga to‘g‘ri kelib, bu vaqtda O‘rta Osiyodagi eng birinchi “Toshkent” seysmik stansiyasida B.B.Golitsin tizimiga oid seysmograflar o‘rnatilgan.

Bir qator hududlar uchun zilzila o‘choqlari joyini aniqlash aniqligini bir necha barobarga oshirishga imkon beradigan yangi godograflar ishlab chiqildi. 1911 yildan boshlab O‘zbekiston hududi bo‘yicha seysmik kuzatuvlarga oid juda katta hajmdagi materiallarni tizimlashtirish va tahlil qilish ishlari 1960-1962yy. O‘zbekistonni seysmik hududlashtirish xaritasini tuzish jarayonida amalga oshirildi [44].

1966 y. 26 aprel kuni mahalliy vaqt bilan soat 5 22 daq 52 sek odamlarni magnitudasi 5.3 teng bo‘lgan yer osti silkinishi uyg‘otib yubordi. Tektonik zilzila o‘chog‘i shaharning qoq markazi ostida 8 km chuqurlikda joylashgan edi, Toshkent markazida silkinishlar kuchi taxminan 8 ballni tashkil etdi. Bu ma’lumotlarni O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi X.A.Abdullaev nomidagi Geologiya va geofizika institutining “Toshkent” Markaziy seysmik stansiyasi ma’lum qilgan. Asosiy silkinishlar 1966 – 1968 yy. davomida qaytarilib borgan ko‘p sonli aftershoklar bilan birgalikda yuz berib kelgan edi. 1969y. 31 dekabrga qadar qayd etilgan silkinishlar soni 1102 etgan edi. Eng kuchli aftershoklar (7 balli) 1966y. davomida qayd etilgan.

Zilzila eski tipdagi uylarning katta qismini (300 mingdan ortiq kishi boshpanasiz qoldi), bir nechta maktab, kasalxona, fabrika, davlat va jamoa

muassasalari binolarini vayron qildi. Zilziladan talofot ko‘rgan minglab oilalar palatkali shaharchalarga va maxsus tashkil etilgan yotoqxonalarga joylashtirildi.

O‘sha vaqtlarda shaharning umumiy maydoni – 400 km^2, aholisi esa 1.3mln kishini tashkil etar edi. Shahar Chirchiq daryosi (Sirdaryoning o‘ng irmog‘i) vodiysidagi sharqdan va shimoliy-sharqdan G‘arbiy Tyan-shan tog‘lari bilan o‘ralgan tekisliklarda joylashgan.

1966 y. 26 aprelida Toshkentda ro‘y bergan zilzila ayni hudud uchun noodatiy hodisa bo‘lmagan. Bundan avvallari turli xil adabiy manbalarda kamida to‘rtta shunga o‘xshash zilzilalar qayd etilgan edi.

Kuchli zilzilalar turli sohalarga mansub tadqiqotchilar e’tiborini o‘ziga jalb qiladi, chunki ularning oqibatlari seraholi hududlarda juda katta talofotlarga olib keladi. Toshkent zilzilasidan keyin seysmik jihatdan xavfli hududlarning chuqurlikdagi tuzilishini, zilzilalarning geologik sabablarini kompleks tadqiqotlari o‘tkazildi, hamda bino va inshootlar buzilishlari tahlil qilindi. Shu vaqtlarda 1971y. hozirgi kunda ham o‘z dolzarbligini yo‘qotmagan Toshkent zilzilasini o‘rganish bo‘yicha maxsus monografik ilmiy ish chop etildi [46].

To‘plangan materialni umumlashtirish va tizimlashtirish bo‘yicha amalga oshirilgan ulkan ishlar asosida grunt sharoitlarini hisobga olgan holda shaharning katta qismini 9-ballik seysmik zonalar qatoriga kiritish zarurligi haqida ko‘rsatma berildi, bundan tashqari shu hududda zilzilalar vujudga kelishini belgilovchi geologik sabab va qonuniyatlarni aniqlashga qaratilgan birinchi navbatdagi choralar belgilandi.

Zilzilani bino va inshootlarga ta’siriga oid katta ko‘lamdagi materiallar to‘plangan edi. Bu materiallarni o‘rganib chiqish natijasida binolarning epitsentral zonada zilzilabardoshligi va shikastlangan binolarda tiklash ishlari uslublari haqida xulosalar keltirilgan, ko‘p sonli tosh binolarni shikastlanish sabablari aniqlangan, zilzilabardosh qurilish sohasida joriy normalarni takomillashtirish va o‘zgartirishga oid takliflar shakllantirilgan, yangi Toshkentni qurish uchun asosiy konstruktiv yechimlar ishlab chiqilgan (osmono‘par binolarni qurish mumkinligi isbotlangan). Boshqa tashkilotlar bilan hamkorlikda shikastlangan binolarni tiklashga oid

ko‘rsatmalar tuzildi.

Ilk bor yer osti inshootlarni shikastlanishi va buzilishlari haqida haqiqiy ma’lumotlar to‘plangan va umumlashtirilgan. Bu ma’lumotlar hozirgi kunda dunyo miqyosidagi ahamiyatga ega bo‘lgan yer osti inshootlar zilzilabardoshligi nazariyasini umumlashtirishda va rivojlantirishda qo‘llanildi.

Zilzila oqibatlarini o‘rganish hamda Toshkent sh. tiklash va qayta qurish choralarini ishlab chiqishning dastlabki bosqichida zilzilalar intensivligini ballarda aniqlash ekspeditsiyasining amalga oshirilgan ishlari katta ahamiyatga ega.

Buzilishlarning darajasi va xususiyatlari bo‘yicha seysmik ta’sir intensivligini aniqlashni maxsus uslubi ishlab chiqilgan. Shunda ayrim hollarda zilzila intensivligi 8 balldan ortiq bo‘lishi mumkinligi aniqlandi. Bundan tashqari, epitsentr hududida joylashgan va seysmikligi 8 ballga hisoblangan yangi qurilgan binolarning aksariyati anchagina shikastlanganligi aniqlandi.

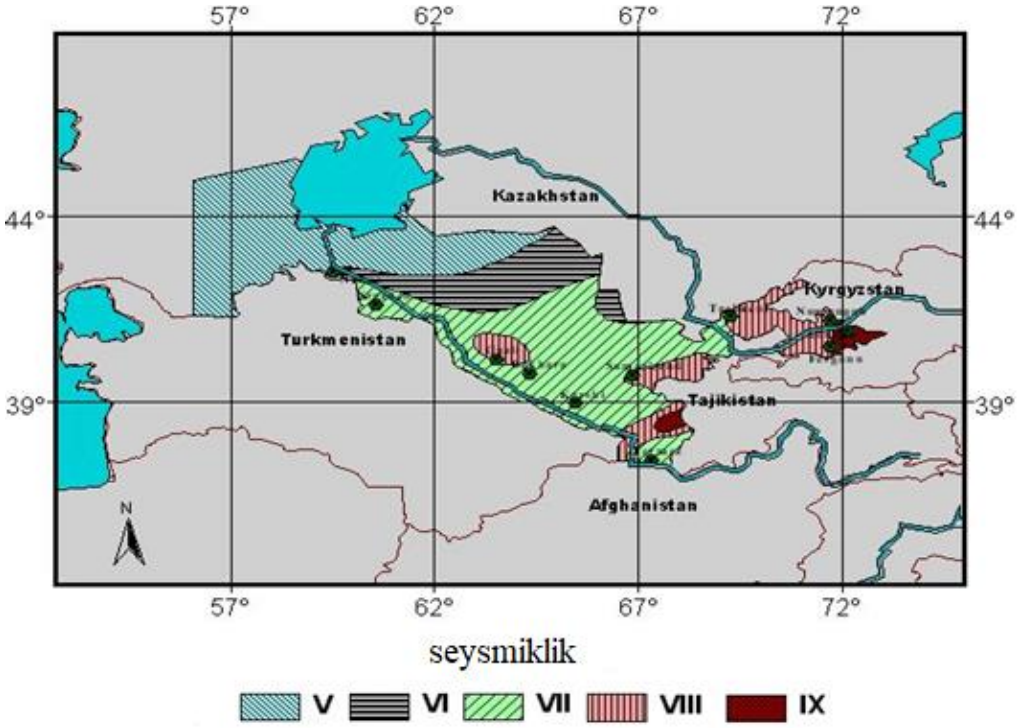
Sodir bo‘lgan zilzila Toshkentda amalga oshirilgan seysmologik va geologik-geofizik tadqiqotlar natijalariga asosan shaharning katta hududi 9 ballik seysmik zonaga kiritilgan, shuning uchun seysmik jihatdan aktiv yoriqlar kesishgan hududda joylashgan qismida turar-joy qurilishini cheklashga qaror qilindi.

Hozirgi kunga qadar Surxondaryo, Samarqand, Qarshi, Buxoro, Sirdaryo va Xorazm viloyatlari seysmikligi kam o‘rganilgan. Bu viloyatlarda sodir bo‘lgan vayronali zilzilalar haqida faqat umumiy ma’lumotlar mavjud. Andijon, Samarqand, Namangan, Buxoro va Urganch atroflaridagi kuchli zilzilalar bo‘lgani ma’lum. Seysmik hududlashtirish xaritasiga muvofiq Buxoro, Urganch sh. olib borilgan qurilishlarda seysmiklik umuman hisobga olinmaydigan zonada joylashgan.

Hozirgi kunda qurilayotgan inshootlarni mustahkamlikka hisoblashda qo‘llanadigan seysmik hududlashtirish xaritalari umumlashtirilgan, shuning uchun ma’lum bir sharoitlarda ehtimoliy silkinishlarni baholash uchun yetarli emas. O‘zbekistonning seysmik jihatdan xavfli hududlarida qurilish templari yildan yilga o‘sib borayotganligi sababli seysmologlardan mikrohududlarni va alohida qurilish maydonchalarining seysmik xavfliligi haqida ishonchli ma’lumotlar talab

etilmoqda. 1.19-rasmda O‘zbekiston Respublikasi hududini umumiy seysmik hududlashtirish xaritasi keltirilgan.

O‘zbekiston Respublikasida bino va inshootlarning seysmik turg‘unligi va mustahkamligi yo‘nalishidagi ko‘p yillik tadqiqotlar va ishlanmalar rivojiga yetakchi olimlar A.A. Ilyushin, M.T. O‘rozboyev, X.A. Raxmatulin, V.T.Rasskazovskiy, V.Q. Qobilov, T.R. Rashidov, K.S.Abdurashidov, U.Sh.,Shamsiev, T.Buriev, G.X.Xojmetov, A.X.Abdujabarov, A.A. Ishanxodjaev, Ya.N. Muborakov, B.M.Mardonov, T.M. Mavlonov, M.Mirsaidov, T.Sultanov, K.S.Sultanov, T.M.Mavlyanov, A.A. Matkarimov, K.Dj.Salyamova, Sh.S.Yuldashev, M.K.Usarov, B.E.Xusanov, P.J.Matkarimov, M.X. Miralimov, N.A. Krasin, O‘.Raxmanov, E.V.Rojkova va boshqalar katta hissa qo‘shganlar.



1.19-rasm. O‘zbekiston Respublikasi hududining umumiy seysmik hududlashtirish xaritasi

Akademik M.T. O‘rozboev rahbarligida Chotqol (1946 y.) va Ashxobod (1948 y.) zilzilalarining oqibatlari tahlil qilingan va toshli inshootlarga seysmik ta’sir ТУ-58-48 me’yoriy xujjat (standartlar) bo‘yicha aniqlanadigan yuklamaga nisbatan bir necha barobar kattaligi aniqlangan. Ushbu holat seysmik ta’sirlarni aniqlash bo‘yicha qabul qilingan usullarni sezilarli darajada qayta ko‘rib chiqish zarurligiga

olib keldi va seysmik yuklamalarga tuzatish koeffitsenti taklif qilindi. Zilzilalarning oqibatlari O‘rta Osiy hududini seysmik rayonlashtirish bo‘yicha tavsiyalarni ishlab chiqishda, mahalliy materiallarni zilzilabardosh qurilishda qo‘llashda, shuningdek ТУ-58-48 muhim me’yoriy xujjatni tuzish va aniqlik kiritishda keng qo‘llanildi.

1966 yil 26 apreldagi Toshkentdagi vayron qiluvchi zilzila zilzilabardosh bino va inshootlarni fundamental nazariyasi va amaliy tadqiqotlarini rivojlantirishga turtki berdi. 1966 yildan 1970 yillargacha akademik M.T. O‘rozboev rahbarligida epitsentral zonalardagi binolarga seysmik ta’sir tahlil qilindi, zilzilaning intensivligi va makroseysmik ta’sir bo‘yicha seysmik zona chegaralari aniqlandi. O‘zbekiston hududining asosiy qismini sakkiz-to‘qqiz ballik zonaga o‘tkazish, ommaviy qurilishdagi mavjud turdagi loyihalarni seysmik ballik shkalasiga qo‘shimcha qilib to‘qqiz ballik zonalar sharoitiga moslashtirish masalasi hal qilingan. To‘qqiz ballik zonalar uchun dinamik koeffitsentlarning regional grafigi tuzilgan, seysmik tezlanish spektori tadqiq qilingan, zilzilaning dinamik xarakteristikalari o‘rganilgan. Shikastlangan binolarni tiklash va yangilarini loyihalash bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Boshqa tashkilotlar bilan hamkorlikda СНиП II-А.12-69 tuzilgan, bunda zilzila ta’sirini hisobga olgan holda inshootlar seysmik mustahkamligi bo‘yicha tadqiqotlar natijalari hisobga olingan. Zilzila vaqtida bino va inshootlarning hatti-harakati bo‘yicha aniq ma’lumotlarni to‘plash uchun injener-seysmometrik xizmatini tashkil etish bo‘yicha ishlar qilingan. Binolarni tiklashda foydalaniladigan konstruksiyalarning laboratoriya va tabiiy sharoitda tadqiqotlari olib borildi. Eksperimental-nazariy usulda “struktur” tipidagi bino va inshootlarning, GRESning bosh korpuslarining, rama konstruksiyali baland binolarning tutib turuvchi imkoniyatlari va dinamik xarakteristikalari aniqlangan. Bu tadqiqotlarning ma’lum bosqichlari V.T. Rasskazovskiy, T.R. Rashidov, K.S. Abdurashidovlarning “Последствия Ташкентского землетрясения” (“Toshkent zilzilasining oqibatlari”) nomli monografiyada aks ettirilgan.

1960 yillar oxirida olimlar va mutaxassislar murakkab gruntli, yuqori seysmik hudud sharoitida Toshkent metropolitenini loyihalash va qurish masalasiga duch kelishdi. “Toshmetroproekt” instituti bilan birgalikda muhandislik-geologik qidiruv ishlari, nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalari bo‘yicha metropoliten trassasi yo‘nalishini, ochiq va yopiq usulda ishlaganda inshootning joylashish chuqurligini, deformatsion choklar orasidagi masofani ularning geometrik o‘lchamlari va grunt sharoitiga bog‘liq holda tanlash kabi muhim muammolar yechilgan. Metro qurilishi amaliyotida birinchi marta yig‘ma temirbeton elementlardan iborat dumaloq tonnel va ochiq va yopiq usulda ishlash uchun to‘g‘ri to‘rtburchakli yaxlit seksiyali qoplamalar, yirik bloklardan iborat kolonna tipidagi metropoliten stansiyalari va bir gumbazli metropoliten stansiyalarining seysmik mustahkam konstruksiyalari ishlab chiqildi va joriy qilindi. Akademik T.R. Rashidov va prof. A.A. Ishanxodjaevlar rahbarligida ishlab chiqilgan yuza va chuqur joylashgan tonnellarni seysmik mustahkamlikka hisoblash metodikasi va nizomi Toshkent metropolitenini, shuningdek BAM tonnellarini loyihalashda va qurishda keng qo‘llanildi.

Yer osti inshootlarining grunt bilan o‘zaro ta’siri katta ahamiyatga ega bo‘lgan nazariy ishlar qatoriga kiradi. Yer osti inshootlari dinamikasi muammolari birinchi marta akademik T.R. Rashidov rahbarligida 1950 yillar oxirida tadqiq qilina boshlandi. Kuchli zilzilalar oqibatlari chuqur tahlil qilindi va yetkazilgan zararning asosiy turlari o‘rganildi, joylashish chuqurligini, grunt sharoitlarini, geometrik o‘lchamlarini, ulash turlari va qurilish sifatini turli vazifalarga mo‘ljallangan yer osti quvurlarining seysmik mustahkamligi ta’siri aniqlangan. Bular natijasida yer osti quvurlarining seysmik mustahkamligining dinamik nazariyasi yaratilgan, bunda birinchi marta seysmik to‘lqinlar tarqalishida “quvur – grunt” tizimining nisbiy siljishi hisobga olingan.

1983 y. Akademik T.R. Rashidov rahbarligida G.X. Xojmetov, A.A. Ishanxodjaev, Ya.N. Muborakov, B.M.Mardonov, V.A.Omelyanenkolar “Yer osti inshootlarining seysmodinamik nazariyasini yaratish va qo‘llanilishi” ilmiy

ishlar majmuasi uchun fan va texnika sohasi bo‘yicha O‘zbekiston Respublikasi Abu Rayhon Beruniy nomidagi Davlat mukofoti sovrindori bo‘lishgan.

1989 y. T.R. Rashidov Toshkent metropolitenining O‘zbekiston yo‘lini loyihalash va qurishga bag‘ishlangan ishi uchun Sobiq Ittifoq Vazirlar mahkamasi mukofoti sovrindori bo‘lgan.

Professor G.X. Xojmetov rahbarligida laboratoriya va tabiiy-dala sharoitidagi eksperimental tadqiqotlar asosida birinchi marta yer osti inshootlarini grunt bilan o‘zaro ta’sirining tabiati o‘rnatilgan, elastik-qayishqoq plastik xususiyatga ega bo‘lgan quvurning o‘zaro ta’sirining geologik modeli ishlab chiqilgan. Sobiq Ittifoq FAsining muxbir a’zosi A.A. Ilyushin va O‘zR FA akademigi T.R. Rashidov rahbarligida statsionar to‘lqinlarni yer osti quvuri o‘qi bo‘ylab tarqalishini o‘rganishda shartli ravishda “tovush to‘lqinigacha” va “undan yuqori tovushli” deb nomlangan to‘lqinlarni ikki xil rejimda tarqalishi mavjudligi aniqlandi. Bu effekt yer osti inshootining kuchlanganlik holati tasavvurini sezilarli o‘zgartirdi va kuchli zilzila vaqtida yer osti inshootlarini shikastlanish va buzilish sabablariga oid ko‘pgina savollarga javob berish imkoniyatini berdi. O‘zaro ta’sirning qayishqoq elastik va elastik-plastiklik xususiyatlarini, quvur materiallarini, quvur tizimidagi tutashish tugunlarini, murakkab tugunlarda quvurlarni markaziy bo‘lmagan va ortogonal tutashishni va h.k. hisobga olgan holda yer osti quvurlarining seysmodinamikasi bo‘yicha bir qator masalalar yechilgan.

Keyinchalik Ya.N. Muborakov rahbarligida yer osti inshootlarining seysmodinamik nazariyasi qobiq tipidagi yer osti fazoviy konstruksiyalarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tadqiq qilish orqali rivojlantirildi. Yopiq va ochiq profildagi yer osti silindrik va sferik inshootlarni dinamik hisoblash usullari ishlab chiqilgan, to‘g‘ri to‘rtburchak va dumaloq shakldagi tonnellarning, kolonna va bir gumbazli metropoliten stansiyalarining seysmik ta’sirlarda tebranishi tadqiq qilingan. Toshkent metropolitenining qurilgan qismida tabiiy sharoitda eksperimental tadqiqotlar o‘tkazilgan, inshootlarni metropoliten poyezdlari o‘tishi natijasida hosil bo‘ladigan titrashlardan himoya qilish bo‘yicha

tavsiyalar ishlab chiqilgan. Yer osti fazoviy inshootlarini ularning konstruktiv xususiyatlarini, grunt bilan qayishqoq elastik va elastik-plastik o‘zaro ta’sirini hisobga olgan holda seysmik to‘lqinlar ta’siri ostida tebranishiga oid bir qator masalalar yechilgan. Dala sharoitida seysmoportlash usuli bilan yer osti inshootini grunt bilan o‘zaro ta’siri xarakteri o‘rganilgan.

1992-2002 yillarda determinatsiyalangan, ehtimolli va to‘lqinli metodlar rivojlantirilgan va grunt bilan o‘zaro ta’sirning qayishqoq-elastik-plastik xususiyatlarini hisobga olgan holda elastik va elastik bo‘lmagan to‘lqinlar ta’siridagi yer osti inshootlarining seysmik mustahkamligi tadqiqi qilingan. Tashqi ishqalanishli qayishqoq elastik sterjenda to‘lqinlarni tarqalishi masalalari, inshootni grunt bilan o‘zaro ta’siri masalalarida silindrik elastik-plastik to‘lqinlarni tarqalishi, dinamik ta’sirdagi yer osti quvurlarini grunt bilan o‘zaro ta’sirining nostatsionar masalalari yechilgan. Yer osti quvurlari tizimining grunt bilan o‘zaro ta’sirining chiziqsiz xarakteri, yer osti quvurlari diametrining grunt bilan o‘zaro ta’siri qonuniyatlariga ta’siri o‘rganilgan va yer osti inshootlari uchun dinamik koeffitsentlar aniqlangan. Tadqiqot natijalari 1996 yilda O‘zR Davarxitektqurilishqo‘m tomonidan chiqarilgan seysmik mustahkam qurilish normativ hujjatiga kiritilgan.

N.A. Krasin [50] va boshqa ishlarida poydevor asoslarining zilzilabardoshligini va ko‘prik chetki tayanchlarini buralishda barqarorligini hisoblash, ko‘prik oraliq tayanchlarining sayoz joylashgan poydevor asoslari zilzilabardoshligini hisoblash, hamda temir yo‘l ko‘priklari tayanchlarining qoziq poydevorlarini zilzilabardoshligini hisoblash ishlari ko‘rib chiqilgan.

O‘zbekistonda mustaqillik e’lon qilingandan so‘ng Rossiyaning zilzilabardosh qurilishlar bo‘yicha СНиП II-7-81 ga asoslangan QMQ 2.01.03-96 [12] me’yorlari ishlab chiqilgan, ammo bu me’yorlarda transport inshootlarini, shu jumladan ko‘priklarning zilzilabardoshligiga oid bo‘lim kiritilmagan. Shuning uchun O‘zbekistonda ko‘priklarni loyihalash ishlarida shu kunga qadar MDH bo‘yicha eng ishonchli va asoslanganlardan biri sifatida Rossiya me’yorlaridan foydalaniladi.

1-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

1. Zilzila sabablari va zilzila turlarini aytib bering.
2. Yer haqida umumiy ma’lumotlar.
3. Injenerlik seysmologiyasi nimani o‘rganadi?
4. Tektonik yorilishlar turlarini aytib bering.
5. Seysmik to‘lqinlar, shu jumladan, Reley va Lyav to‘lqinlari haqida ma’lumot bering.
6. Zilzilaning intensivligi va magnitudasi nima?
7. Zilzilani qayd qiluvchi asboblarga misollar keltiring.
8. Seysmogramma, velosigramma va akselogrammaga ta’rif bering?
9. Qurilish maydonchalarini seysmikligi, hamda ko‘prik va tonnellarning hisobiy seysmikligi haqida ma’lumot bering.
10. Gruntning seysmik tebranishlarini son miqdori bo‘yicha baholash haqida ma’lumot bering.
11. Gipotsentr va epitsentr nima?
12. Zilzilabardosh ko‘priksozlik tarixi haqida qisqacha ma’lumot bering.
13. Seysmik shkalalarni tushuntirib bering.
14. Makrohududlashtirish va mikrohududlashtirish tushunchalariga izoh bering.
15. O‘zbekistonda qaysi olimlar zilzilabardoshlik nazariyasiga salmoqli hissa qo‘shishgan?
16. O‘zbekistondagi kuchli zilzilalar oqibatlarini aytib bering?
17. Dunyoda qaysi olimlar zilzilabardoshlik nazariyasiga salmoqli hissa qo‘shishgan?
18. O‘zbekiston Respublikasida seysmik mustahkam qurilish uchun qaysi me’yoriy hujjatdan foydalaniladi?
19. Zilzila energiyasi va magnitudasi orasidagi bog‘liqlik grafigini tushuntirib bering?

2-BOB. KUCHLI ZILZILALARDA TRANSPORT INSHOOTLARINI SHIKASTLANISHI

2.1. Sun’iy inshootlarni seysmik shikastlanish sabablari

Seysmik shikastlanishlarning eng muhim sabablariga quyidagilar kiradi:

1. Zamin gruntlari tebranishi natijasida kelib chiqadigan inshootlar tebranma harakatlaridan hosil bo‘luvchi gorizontal seysmik kuchlar. Bu kuchlar inshootlarda seysmik kuchlanishlarni keltirib chiqaradi va ko‘p hollarda ularni shikastlanishini asosiy sababi bo‘ladi. Ko‘priklarning oraliq qurilmalarini siljishi va tayanchlardan tushib ketishi, oraliq tayanchlarni qulashi yoki siljib ketishi gorizontal seysmik kuchlar ta’sirining natijasidir;

2. Gruntning seysmik tebranishlarini vertikal tashkil etuvchisi tomonidan yuzaga keltiriladigan vertikal seysmik kuchlar. Bu kuchlar odatda asosiy yuklanishlar kuchiga nisbatan kichik bo‘lib, shikastlanishga kamdan-kam sabab bo‘la oladi. Ammo ular ishqalanish kuchlarining foydali samarasini kamaytiradi, butun inshootni yoki uni alohida qismlarini turg‘unlik zahirasini qisqartiradi va buning natijasida gorizontal seysmik yuklardan hosil bo‘ladigan shikastlanishlarni ortishiga yo‘l qo‘yadi.

Gorizontal va vertikal yo‘nalgan seysmik kuchlar – bu vaqt bo‘yicha qiymati va kattaligi murakkab qonunlarga asosan o‘zgaruvchi aniq dinamik yukdir;

3. Tirkov devorlar va tayanchlarga gruntning seysmik gorizontal bosimini inshootlardagi qo‘shimcha seysmik kuchlanishlar keltirib chiqaradi. Ularning ko‘priklar tayanchlari va tirkama devorlarini shikastlanishidagi roli hal etuvchidir;

4. Zilzila sharoitida tonnellar obdelkasiga tog‘ bosimini ortishi;

5. Ko‘priklarni oraliq tayanchlariga suvning seysmik (gidrodinamik) bosimi;

6. Zilzila vaqtida ayrim gruntlarning yuk ko‘tarish qobiliyatini pasayishi.

Seysmik tebranishlar jarayonida suv bilan to‘yingan bo‘sh gruntlar suyulib yumshaydi va oquvchan holatga o‘tadi. Bunday hodisalar ko‘plab qator zilzilalar vaqtida kuzatilgan. 1964 y. Niigata (Yaponiya) zilzilasi natijasida yer yuzidagi

qum “vulqonlari” ni o‘zgarishi bilan birga ro‘y beradigan suv bilan to‘yingan mayda qumlarni zichligi va qo‘zg‘aluvchanligini o‘zgarishi binolarni juda katta miqdorda cho‘kishiga olib kelgan. Keltirilgan hodisalar tabiiy asosdagi yoki osma qoziqlarda o‘rnatilgan tayanchlarning yon qirralarida gruntlarning ko‘taruvchanlik qobiliyatini pasayishi gorizontal seysmik kuchlarni ta’siri ostida ularni gorizontal siljishi va og‘ishini osonlashtiradi;

7. Zilzila jarayonida gruntlarda qoldiq deformatsiyalarni rivojlanishi. Bularga zilzila natijasida kelib chiqadigan qiyalama va mustahkam bo‘lmagan yonbag‘irlarda surilish va o‘pirilishlar, suv bilan to‘yingan massivlarni oqib tushishi va yoyilishi, grunt qatlamlarini chuqurliklardagi surilishlari va h.k. lar kabi ikkilamchi hodisalar kiradi.

Bunday hodisalar ko‘plab 9 balli va undan ortiq zilzilalarda, hamda 1964 yili Alyaskada bo‘lib o‘tgan zilzila vaqtida kuzatilgan. Ular qiyalama uchastkalarda qurilgan tonnellarning tirkov devorlarini buzilishiga sabab bo‘lishi, ko‘prik tayanchlarini ko‘tarilib ketishiga ham olib kelshi mumkin.

Ko‘priklarga xos bo‘lgan deformatsiyalarga grunt massalarini daryo tomoniga surilishi kiradi. Bunda ustunlarni tayanchlar oralig‘i tomoniga sirpanib, oraliqlar va ko‘prikning umumiy uzunligi qisqaradi.

Shunga o‘xshash shikastlanishlar 1964 y. Alyaskada bo‘lib o‘tgan zilzila vaqtida ko‘plab kuzatilgan. Tayanchlar oralig‘i 51sm gacha qisqarib ketgan. Daryo oqimiga burchak ostida joylashgan ko‘priklarda grunt massalarini bu oqimga perpendikulyar siljishi ko‘prikning o‘q chizig‘ini tarh (plan) bo‘yicha qo‘shimcha qiyshayishiga olib kelgan.

8. Zilzilalar jarayonida tektonik hodisalar.

Zilzila jarayonida tektonik buzilishlar tekisliklari bo‘ylab harakatlanishlar o‘n va undan ortiq metrgacha boradigan o‘pirilish va siljishlarni keltirib chiqaradi. Bunday hodisalar ko‘priklar va tonnellarni ham shikastlanishiga olib keladi. Aniqki, bunday shikastlanishlarni ko‘payishida inshootning qarshiligini deyarli ahamiyati yo‘q. Ko‘p hollarda inshootlar shikastlanishi yuqorida ko‘rsatilgan sabablarning birgalikdagi ta’siri natijasidir.

Ko‘priklarni zilzilabardoshligi sohasida olib borilgan tajribalarning soni ko‘p bo‘lishiga qaramay, turli davlatlarda kuchli zilzilalar vaqtida ko‘plab ko‘priklarni shikastlanish holatlari kuzatilgan.

2.2. Kuchli zilzilalarda ko‘priklarni shikastlanishi

Talafotli zilzilalar oqibatini o‘rganish zilzilabardoshlik nazariyasiga tegishli bo‘lgan seysmik ta’sirga oid ma’lumotlarni asosiy manbalaridan biri bo‘lib xizmat qiladi. Savodli muhandislik yechimlarni qabul qilish uchun, zilzilalar vaqtida ko‘priklardagi shikastlanishlarni tahlil qilinishi kerak. Ushbu tahlil natijasida yuk ko‘taruvchi konstruksiyalardagi zaif tugunlarini aniqlash, konstruktiv antiseysmik choralarni belgilash hamda nazariy hisobiy tasavvurlarni aniqlab olish imkoniyatlari paydo bo‘ladi. Zilzilabardosh qurilishida to‘plangan tajribadan kelib chiqib, ko‘priklarning hisobiy modellari qabul qilinadi.

Kuchli zilzila natijasida ko‘priklar shikastlanishini tahliliga bag‘ishlangan ishlarda [8, 11, 16, 39 va b.] ularni xarakteri va sur’ati bo‘yicha xilma-xilligiga e’tibor qaratiladi. Shikastlanishlarni keltirib chiqaruvchi asosiy omillar sifatida inshoot massasi asosining tebranishi natijasida tebranma harakatlari jarayonida vujudga keladigan ***gorizontal seysmik kuchlar*** deb tan olingan.

XX asrning 2-yarmidan so‘ng Mexiko (1957 y.), Agadir (Marokko, 1960 y.), Skople (Yugoslaviya, 1963 y.); Niigata (Yaponiya, 1964 y.); Toshkent (O‘zbekiston, 1966 y.), Karakas (Venesuela, 1967 y.), San-Fransisko (AQSh, 1971 y.); Spitak (Armaniston, 1987 y.), Kobe (Yaponiya, 1996 y.) shaharlari, Kaliforniya shtati (AQSh, 1994 y.), Tayvan oroli (1999 y.), Sumatra (Indoneziya, 2005 y., 2009 y.), Xitoy (2008 y.), Gaiti oroli (2010 y.), Senday (Yaponiya, 2011 y.), Elyazig (Turkiya, 2020 y.)da sodir bo‘lgan zilzilalarni keltirib o‘tish mumkin. Yaponiya, AQSh va Rossiya muhandislari tomonidan zilzilalar oqibatlari o‘rganilib, ancha katta kuchga ega bo‘lgan yer osti silkinishlarga bardosh beradigan mustahkam bino va inshootlarni qurish usullari taklif etildi.

A.A. Gelfer, G.N. Karsivadze, A.M. Uzdin, G.S. Shestoperov va bir qator

boshqa mualliflar ishlarida yetti balli zilzilalarda ko‘priklarni faqat ayrim hollardagina shikastlanishi kuzatiladi deb o‘tilgan. Bu asosan tirkov devorlarni buzilishi (asosan quruq taxlamli), ko‘priklarni yaqinlashuv yo‘llari bilan tutashmalari va h.k. ishdan chiqishidir. Ammo ko‘prik konstruksiyalari ham ayrim shikastlanishlariga duchor bo‘lishi mumkin. Masalan, 1966 y. Parkfild (Kaliforniya) da sodir bo‘lgan yetti balli zilziladan so‘ng estakada tipidagi to‘sinli ko‘priklar tayanchlarining beton ustunlarida yoriqlar hamda metall ustun tayanchlaridagi ko‘ndalang bog‘lamlarda deformatsiyalanish kuzatilgan.

Sakkiz balli zilzilalarda tayanchlarda shikastlanishlar, armaturalanmagan beton va tosh ogolovkalarda sinib tushgan joylari (skol) kuzatiladi. To‘qqiz balli zilzilalarda esa juda ko‘p tayanchlar shikastlanadi, qirg‘oq tayanchlar oraliqlarga qarab surilib qoladi, hamda oraliq qurilmalarni tayanchlardan qulash holatlari kuzatiladi. Oraliq qurilmalarning (tayanchlardan qulamagan bo‘lsa) yuk ko‘taruvchanlik qobiliyati saqlanib qoladi.

Transport inshootlarining seysmik shikastlanishlari haqidagi ko‘plab ma’lumotlarni tahliliga ko‘ra ko‘prik inshootlari orasida eng ko‘p uchraydigan to‘sinli ko‘priklardagi shikastlanishlarni uch guruhga ajratish mumkin:

1) nisbatan kam shikastlangan ***oraliq qurilmalarni surilishi*** yoki ***tayanchlaridan qulashi***;

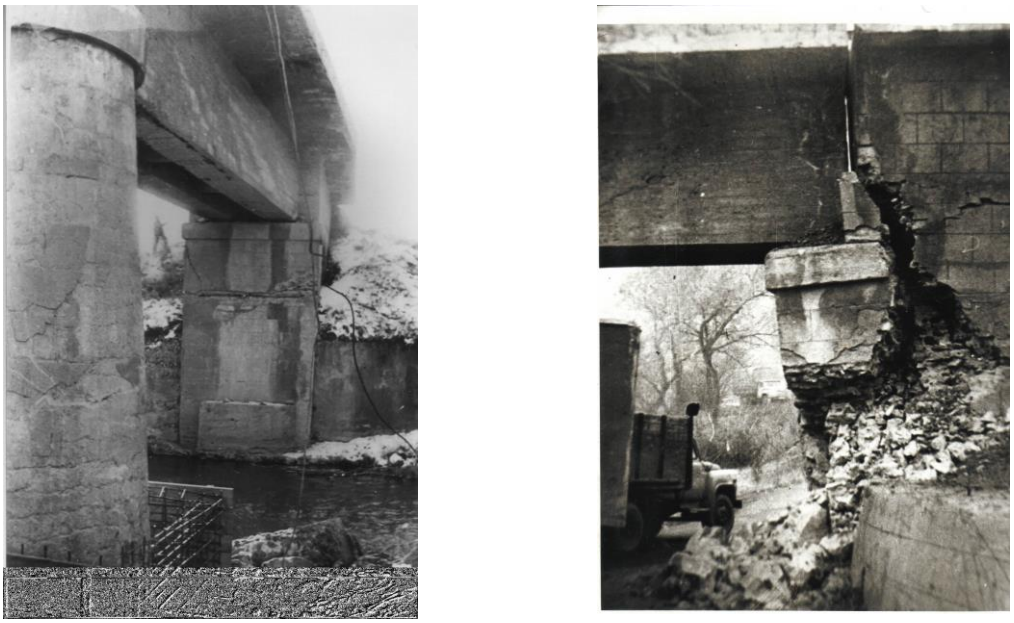
2) ko‘prikni to‘liq yoki qisman qulashiga olib keladigan ***tayanch va tayanch qurilmalarni buzilishi*** yoki ***kuchli shikastlanishi***;

3) eng ko‘p uchraydigan shikastlanishlardan bo‘lgan ko‘priklar ***tayanchlarini siljishi*** va ***cho‘kishi***.

Zilzilalarga qarshi choralarni ishlab chiqishda inshootlarning ayrim turlariga xos bo‘lgan va juda ko‘p kuzatiladigan bir xildagi shikastlanishlar katta qiziqish uyg‘otadi. Aksariyat hollarda poydevorlarni shikastlanishi, hamda oraliq qurilmalarni butunlay yoki qisman qulashini keltirib chiqaruvchi tosh va beton tayanchlarni buzilishi o‘ziga xos shikastlanishlardan hisoblanadi.

Ko‘prik tayanchlarining zilzilalar natijasida o‘ziga xos shikastlanishlariga ularning butunligini barbod bo‘lishi, siljishlar (choklarni ochilib qolishi) va

yoriqlarni paydo bo‘lishi kiradi. 2.1-2.4-rasmlarda zilzila natijasida ko‘prik tayanchlarida hosil bo‘lgan ayrim shikastlanishlar ko‘rsatilgan.



2.1-rasm. 1987 y. Spitak zilzilasi natijasida ko‘prik tayanchlarining shikastlanishi



2.2-rasm. 1999 y. Tayvan zilzilasi natijasida tayanchlarining shikastlanishi

Tayanch qismlarini shikastlanishi kuchli zilzilalarda yoki impulsiv turdagi zilzilalarda kuzatiladi. 7 ballik zilzilalar ta’siri ostida qo‘zg‘aluvchan tayanch qismlarining konstruksiyasi juda ishonchli tarzda ishlaydi. Qo‘zg‘almas tayanch qismlar shikastlanganida, anker boltlari sinib ketadi, ular cho‘zilib va qiyshayib

qoladi, boltlar atrofida betonda yoriqlar paydo bo‘ladi. Shuning uchun beton uchastkalari anker boltlari yaqinidagi joylarda tayanch kallaklari armaturalanishi shart. Tajriba shuni ko‘rsatdiki, anker boltlarini hisoblashda seysmik yuk koeffitsienti qiymati oraliq qurilmalarga nisbatan kattaroq olinishi lozim [16].



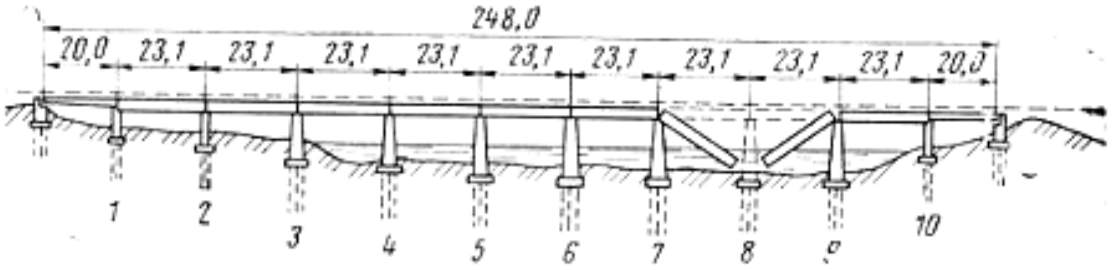
2.3-rasm. 1995 y. Kobo zilzilasi natijasida ko‘prik tayanchlarining shikastlanishi



2.4-rasm. Venchuan viloyatidagi zilzila (Xitoy, 2008 y.) natijasida ko‘prik tayanchlari konstruksiyasini buzilishi va shikastlanishi

Seysmik ta’sirlar natijasida ***oraliq qurilmalarni tayanchlardan qulashi*** ko‘priklarning eng ko‘p uchraydigan shikastlanishlaridan biridir. Buning sababi ko‘prikni bo‘ylama tebranishlari natijasida tayanchlarni o‘zaro siljishida. Oraliq qurilmalarni tayanch maydonchalarida siljishi va ularni qulashi ko‘prik bo‘ylama yo‘nalishida ham, ko‘ndalang yo‘nalishda ham sodir bo‘lishi mumkin. Odatda ko‘prik bo‘ylama yo‘nalishida qirqilgan oraliq qurilmalarning bir uchi qulaydi.

T.M. Azayev, I.O. Kuznetsova va A.M. Uzdinlarning [51] ishlarida oraliq qurilmalarni tayanchlardan qulash masalasi ko‘rilgan. Bunday buzilishlarga ko‘plab misollar keltirish mumkin. 2.5-rasmda Yaponiyada 1948 y. Kudzuryu daryosi ustidagi ko‘p oraliqli to‘sinli ko‘prikning buzilishi ko‘rsatilgan. Zilzila vaqtida ikkita oraliq qurilma tayanchlardan chiqib ketib ularning orasiga qulagan.



2.5-rasm. Kudzuryu daryosi ustidan o‘tgan ko‘prikni buzilishi (Yaponiya, 1948 y.)

2.6-rasmda Niigatadagi (Yaponiya, 1964y.) 9-10 balli zilzila vaqtida Shova-Ogashi ko‘prigini buzilish sxemasi keltirilgan. Ko‘prik bir qator bo‘yicha joylashgan qoziqli tayanchlar, ikki tavrli po‘lat to‘sinli harakat qismi temirbeton plitali uzlukli oraliq qurilmalardan iborat bo‘lgan. O‘rtadagi oraliq qurilma tayanchlarni buzilishi natijasida butunlay qulagan, unga tutashgan oraliq qurilmalar esa erkin uchlari tomonidan ko‘prik uzunasi bo‘ylab tushib ketgan. AQSh (Alyaska, 1964y.) va Yaponiyadagi (Fukuy, 1948y.) zilzilalar vaqtida ko‘priklarni shikastlanishi natijasida temir yo‘llar ishi deyarli bir oyga to‘xtab qolgan [8].

Oraliq qurilmalarni tayanchlardan tushib ketish hollari kuchli zilzilalarda ko‘plab uchraydi. Bunaqa shikastlanishlar deyarli barcha kuchli zilzilalar jarayonida kuzatiladi. 2.7-rasmda 1964 yili Alyaskadagi 10 balli zilzila natijasida shikastlangan avtomobil harakati tagidan o‘tadigan katta ko‘prikning umumiy ko‘rinishi keltirilgan. 120 metr uzunlikdagi po‘latdan yasalgan qirg‘oq oraliq qurilmasi bir uchi tushib ketib, oraliq tayanch tanasining tosh termasi va bosh qismini shikastlagan.



2.6-rasm. Shova-Ogashi (Niigata, 1964 y.) ko‘prigini buzilishi



2.7-rasm. Kopper daryosi o‘stidagi ko‘prik oraliq qurilmasini qulashi (Alyaska, 1964 y.)

Yaqin orada bo‘lib o‘tgan eng vayronali zilzilalar qatorida ko‘priklarning oraliq qurilmalari qulagan Kobadagi (Yaponiya, 1996 y.) va Tayvandagi (1999 y.)

zilzilalarni keltirish mumkin (2.8-2.10-rasmlar).



2.8-rasm. Kobadagi (Yaponiya, 1996 y.) zilzila vaqtida avtomobil yo‘llari ko‘prigining oraliq qurilmalalarini qulashi



2.9-rasm. Kobadagi (Yaponiya, 1996 y.) transport kesishmalari oraliq qurilmalarini qulashi

Ko‘prik tayanchlari ko‘proq ***cho‘kish va siljish*** kabi shikastlanishlarga

chalinadi. Poydevor ostidagi grunt ma’lum darajada yumshoq bo‘lganda, bunday shikastlanishga birinchi navbatda e’tibor qaratish zarur. Ko‘prik har bir tayanchini cho‘kish yoki siljish miqdori daryo o‘zanining turli joylarida turlicha bo‘lishi mumkin. Shuning uchun har bir joyda gruntlarning o‘ziga xos xususiyatlarini e’tiborga olish kerak. Hatto bir qismi qattiq zaminda, ikkinchi qismi esa yumshoq zaminda turgan yakka tayanch bo‘lganda ham inshoot anchagina og‘ishiga olib keladigan notekis cho‘kishga chalinishi mumkin. Misol tariqasida 2.10-rasmda zilzila vaqtida yirik ko‘priklarning oraliq qurilmalarini qulashi va tayanchlarini shikastlanishi ko‘rsatilgan.

Ko‘prik tayanchlarining katta miqdorda cho‘kishi va siljishiga ko‘pincha zilzila vaqtida daryo o‘zanida gruntlarni suyulishi sabab bo‘ladi. Gruntlar surilishining oqibatlariga yaqqol misol bo‘lib, Banyu avtomobil ko‘prigining Kant shahrida o‘tgan zilzila vaqtida (1969 y.) shikastlanishi, Shova-Ogashi ko‘prigining Niigata shahridagi zilzila vaqtida (1964 y.) shikastlanishi [8], hamda 1960 yil may oyida Janubiy Amerikaning Tinch okeani qirg‘oqlari (Chili) da bir nechta kuchli va ko‘plab kuchsiz zilzilalar bo‘lib o‘tgan.

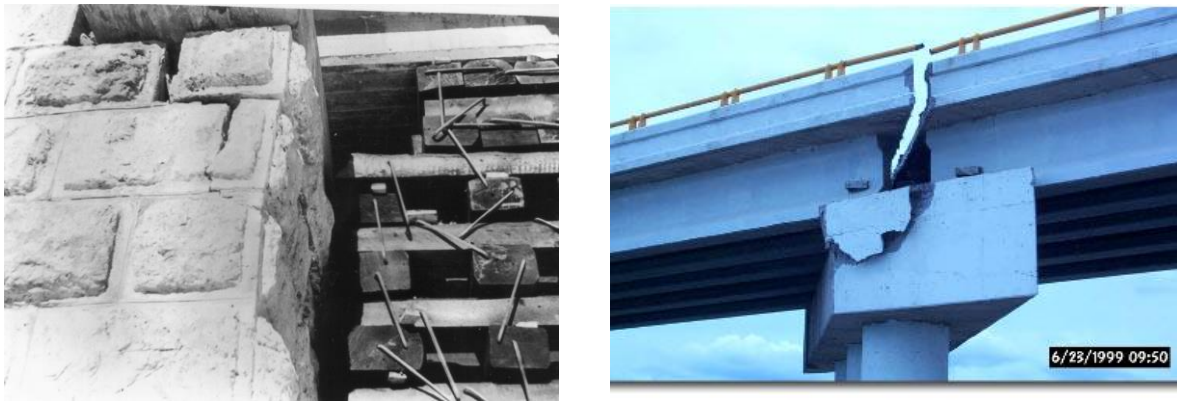


2.10-rasm. Tayvandagi zilzila oqibatlari (1999 y.)

Tayanchlarning ko‘prikka ko‘ndalang yo‘nalishda tayanchlar kengligi katta bo‘lgani bois oraliq qurilmalarni bu yo‘nalish bo‘yicha qulashi kamroq kuzatiladi. Oraliq qurilmalarni ko‘prik o‘qiga ko‘ndalang yo‘nalishda tushib ketganda, odatda ular ag‘darilib tushadi. Bu ayniqsa ko‘prik fermalariga xos. Fukuyadagi 1948 y. sodir bo‘lgan zilzilada (Yaponiya, 9-10 ball) ketma-ket uch marta siljish natijasida uzunligi 14 m va kengligi 5 m temirbeton oraliq qurilma yonlamasiga qulagan. U tayanchlarga mahkamlab qo‘yilmagan edi.

Ko‘priklar shikastlanishlarini tahlili shuni ko‘rsatadiki, oraliq qurilmalar qulashi 9 balldan ziyod zilzilalar natijasida sodir bo‘ladi.

Tosh kallaklarini buzilishi eski konstruktiv shakllardan foydalanilgan eski ko‘priklarga juda xos bo‘ladi. Bunday buzilishlar Buynoq (1975 y.) va Spitak (1986 y.) zilzilalari vaqtida ko‘plab sodir bo‘lgan. Ekspluatatsiyadagi ko‘priklarda toshli tayanchlarning eski kallaklarini kuchaytirish zarur. Hozirgi vaqtda tayanchlarni qurish uchun plastik materiallar (po‘lat, temirbeton) dan foydalaniladi, ko‘prik tayanchlari borgan sari egiluvchan, oraliqlari uzunroq bo‘lmoqda, bu esa, afsuski, kuchli zilzilalar vaqtida turli xil buzilish va shikastlanishlarni mustasno etmaydi. 2.11-rasmda tayanch kallaklari bo‘laklarini sinib tushib ketishiga misollar keltirilgan.



2.11-rasm. Tayanch kallaklari bo‘laklarini sinib tushib ketishiga misollar

To‘sinli oraliq qurilmalarning shikastlanishiga yana bir sabab tayanchlarni bir-biriga nisbatan siljishi hamda asoslarning qoldiq deformatsiyalari natijasida

vujudga keladigan qo‘shimcha kuchlanishlar bo‘lishi mumkin. Qirg‘oq tayanchlarini tez-tez kuzatib turiladigan oraliq tomoniga siljishi oraliq qurilmalarning bo‘ylama elementlarida siquv kuchlanishlarini keltirib chiqaradi. Bunday shikastlanishlarga ko‘plab misollar keltirish mumkin. Shularning natijasida metall oraliq qurilmalari bosh fermalarining gorizontal bog‘lami diagonallari va belbog‘larini shikastlanishi 1929 y. Yangi Zelandiya va 1958 y. Chilidagi zilzilalarda, temirbeton oraliq qurilmalarning bosh to‘sinlarining tayanch qismlarini shikastlanishi esa 1954 y. Chilidagi va 1948 y. Ashxoboddagi zilzilalarda kuzatilgan edi [16].

Ko‘priklarning seysmik tebranishlarini asosiy xususiyati ularning davomiyligida. L.N. Dmitrovskaya tomonidan bajarilgan [52] ishda uzun, ko‘p tayanchli inshootlar shikastlanishlari tahlili amalga oshirilgan va shikastlanishlarning o‘ziga xos tomonlari aniqlangan.

Shikastlanishlar tahlili tayanch va tayanch qis mlarining zilzilabardoshligini ta’minlanishiga diqqat bilan yondashishni tavsiya etadi. Ular batafsil hisoblab chiqilishi zarur. Tayanchlar kallaklarini armaturalanishi hamda oraliq qurilmalarni qulashi va ag‘darilishiga qarshi stoporli qurilmalar bilan ta’minlanishi darkor. Tayanch qismlarining harakati seysmik tebranishlar jarayonida tayanchlarni bir-biriga nisbatan sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan siljishlarini ta’minlab berishi lozim. Ramali, arkali va osma ko‘priklar, hamda ramali-konsolli va arkali-konsolli tizimlari seysmik tebranishlarining qo‘shimcha tadqiqotlari amalga oshirilishi darkor.

Hozirgi vaqtga kelib A.M. Uzdin, G.N. Karsivadze, Sh. Okamoto, G.S. Shestoperov [8, 11, 15, 16 va 26] va boshqa olimlar tomonidan kuchli zilzilalarda ko‘priklarning shikastlanishlari batafsil o‘rganib chiqilgan va ko‘priklarni seysmik tebranishlarining asosiy xususiyatlari aniqlangan.

Bunday xususiyatlariga quyidagilar kiradi:

– *inshoot uzunligining kattaligi;*

– *oraliq qurilmalarning o‘zaro va tayanchlarga bo‘lgan ta’sirining nochiziqli xususiyatga egaligi;*

– *turar–joy binolariga nisbatan farqli bo‘ladigan vaqtincha harakatlanuvchi yukning mavjudligi*, zamin bilan o‘zaro ta’sirning xususiyatlari (poydevor maydonining kichikligi bilan etagi bo‘ylab tushadigan katta bosimlar) va b.

Ko‘pchilik tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ko‘priklarning tayanch qismlari tayanchlarda oraliq qurilmalarni deyarli siqib qo‘ymaydi. Shuning uchun, ko‘priklarni ko‘ndalang tebranishlari uchun hisoblash sxemasi sifatida tayanchlarga sharnirlar orqali tayanadigan ko‘p oraliqli rama qo‘llaniladi.

Odatda, inshootni tayanish usuli uni loyihalash jarayonida belgilanadi. Bu sohada bilimlarni yetishmasligi keyinchalik inshootning shikastlanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Inshootlarni noto‘g‘ri tayanishi bilan bog‘liq bo‘lgan shikastlanishlarini bartaraf etish har yili katta miqdorda sarf–xarajatlarni talab etadi.

Ramali, arkali va osma ko‘priklar, hamda rama-konsolli va arka-konsolli tizimlarlarning seysmik tebranishlari juda kam o‘rganilgan. Ramali ko‘priklar, yo‘l o‘tkazgichlar hamda kichik va o‘rtacha oraliqli estakadalar uzunasiga odatda deformatsiya choklari bilan 40-50 m li qismlarga ajratiladi. Shuning uchun tayanchlari asosini tebranishlari sinxron emasligining ahamiyati deyarli yo‘q va bo‘ylama seysmik kuchlarni aniqlashda to‘sinli ko‘priklar uchun qo‘llaniladigan uslubdan ham foydalanish mumkin. Bunda qator hollarda tayanchlar asosi tebranishlarining sinxronmasligi uchun qo‘shimcha kuchlarni hisobga olish kerak [11].

Jahon tajribasi shuni ko‘rsatadiki, ko‘priklarning zilzilabardoshligi sohasida bugungi kungacha ko‘plab muammoli masalalar hal etilmagan. Mavjud me’yoriy xujjatlarda ko‘priklarni seysmik kuchaytirishni hisoblash usullari ularning zilzilabardoshligini, chidamliligini va ishonchliligini to‘liq ta’minlamaydi.

2.3. Zilzilalar natijasida tonnellarning o‘ziga xos shikastlanishlari

Tadqiqotlarga ko‘ra yer osti inshootlarning aksariyati (shu jumladan, temir yo‘l, avtomobil yo‘llari va gidrotexnik tonnellari, hamda turli maqsadlar uchun

mo‘ljallangan quvurlar) kuchli zilzilalar (San-Fransisko, 1906 y.; Yaponiya, 1923 y.; Janubiy Kaliforniya, 1952 y. va b.) natijasida shikastlanib buziladi. Yaponiya va AQSh da sodir bo‘lgan kuchli zilzilalar natijasida tonnellarning buzilishlari va shikastlanishlari [48, 53, 54] ishlarda ta’riflab ko‘rsatilgan. Tonnellar holatini asboblar yordamida kuzatuv natijalarining tahlili [53-55] ishlarda berilgan.

1977 yil 31 yanvarida Tojikistonda Grinvich bo‘yicha magnitudasi M=6,3 va o‘chog‘ining chuqurligi h=25,0km li kuchli Isfara-Batken zilzilasi sodir bo‘ldi [54]. Epitsentrida (Isfara shahridan sharqda) zilzila kuchi 8 ballga yetdi. Ushbu zilziladan so‘ng, Sho‘rob shahar ko‘mir shaxtalarining yer osti konstruksiyalarini [54, 56] ishlarda batafsil o‘rganib chiqilgan.

Ko‘p hollarda shikastlanishlar inersiya kuchlarini, tog‘ bosimlarni ko‘tarilishini, noturg‘un grunt massalari siljishini va boshqa ikkilamchi hodisalarni keltirib chiqaruvchi yerning yuqori qatlamlarini seysmik tebranishlari natijasida hosil bo‘ladi. Bunday shikastlanishlar chuqur joylashmagan tonnellarga ko‘proq xosdir; ular asosan yer yuzasiga yaqin joylashgan uchastkalarda, ko‘proq yumshoq gruntlarda paydo bo‘ladi. Shikastlanishlarni kam uchraydigan sabablaridan biri – bu tonnelni kesib o‘tadigan gruntni tektonik buzilish-uzilishlaridir (нарушения-сбросы). Bunday hollarda shikastlanishlar ham katta chuqurlikda, ham yuzaroqda joylashgan zich gruntlarda ham kuzatilishi mumkin.

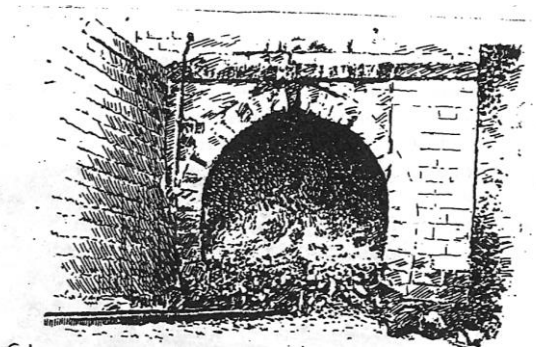
Tonnellarda eng zaif joylari – bu portallar, portal oldi uchastkalar va kirish oldi xandaqlar (transheyalar). Deyarli barcha tonnellarda portallarning turli xil shikastlanishlari kuzatilgan.

1923 yili Yaponiyadagi zilzila natijasida portallarning paydo bo‘lgan shunga o‘xshash deformatsiyalari 2.12-rasmda (temir yo‘l tonneli) va 2.13-rasmda (avtomobil tonneli) ko‘rsatilgan.

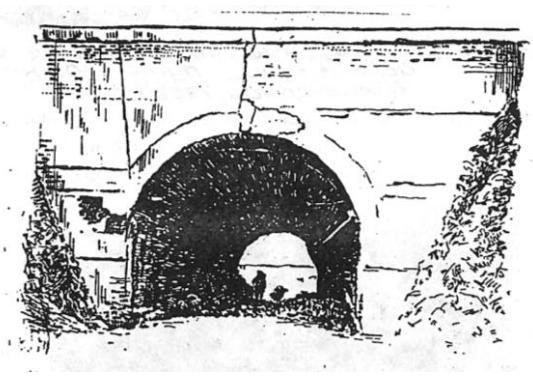
Ramali konstruksiyali tonnellarning temirbeton portalidagi buzilishlar (Yaponiya, 1923 y.) 2.14-rasmda ko‘rsatilgan.

Buzilishlar sodir bo‘lgan vaqtda portal hali qurib bitirilmagan edi. Portal usti qiyaliklarini o‘pirilishi portallar deformatsiyasini yanada oshiradi. Tonnellarning kirish oldi xandaqlari qiyaliklarni hamda ularni ushlab turgan tirkov devorlarni

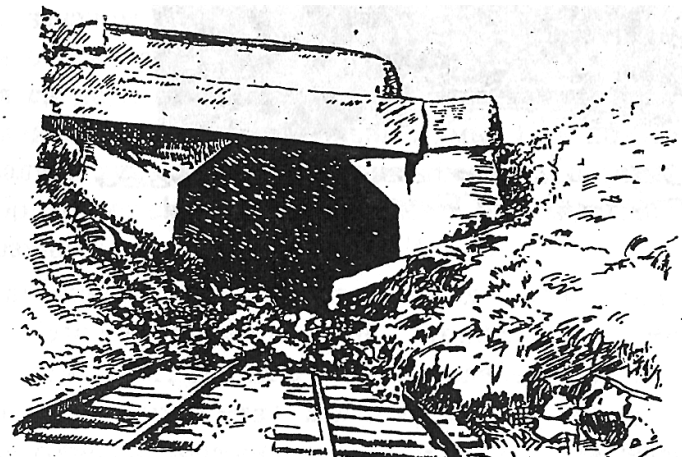
o‘pirilishi natijasida shikastlanadi. Katta hajmdagi grunt massalari tonnelga kirish joyini to‘sib qo‘yadi.



2.12–rasm. Tonnelning tosh portalini shikastlanishi (Yaponiya, 1923 y.)



2.13–rasm. Tonnel toshli portalining shikastlanishi (Yaponiya, 1923 y.)



2.14–rasm. Tonnelning temirbeton portalini shikastlanishi (Yaponiya, 1923 y.)

Sayoz joylashgan tonnellarda nafaqat portal oldi, balki ichkaridagi uchastkalarga ham ziyon etadi. Tonnel ustidagi tog‘ jinslari qatlami qancha yupqa bo‘lsa, odatda shikastlanishlar hajmi shuncha katta bo‘ladi. Ayniqsa yumshoq, siljuvchan yoki suvga to‘yingan gruntlarda joylashgan tonnellarda, hamda qiya yonbag‘irlarni kesib o‘tadigan tonnellarda shikastlanishlar ko‘proq bo‘ladi.

Ichkaridagi uchastkalarda shikastlanishlar quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi: alohida bo‘laklarining siljishi, ko‘ndalang kesimini deformatsiyasi, uzilish va yoriqlarni paydo bo‘lishi, shipni o‘pirilib tushishi yoki gruntlar uyumlari hosil bo‘lish bilan bog‘liq obdelkani butunlay buzilib ketishi.

Bu hodisalar seysmik ta’sir sharoitida tog‘ bosimini ortishi yoki jami grunt qatlamlarini surilishi (masalan, qiyaliklarda) natijasida kelib chiqadi. 1952 yili Janubiy Kaliforniyada (AQSh) bo‘lib o‘tgan zilzila vaqtida №3-temir yo‘l tonnelida surilishga doir bir misol kuzatilgan (2.15-rasm). Relslar gorizontal yo‘nalish bo‘yicha qattiq egilib surilgan va obdelka devori tagiga kirib ketgan. Bunday holat tonnel bo‘ylab uzilish yuzasidan kelib chiqqan (uzilish tonnel ichi ochilgandan so‘ng topilgan) devorlarni temir yo‘l polotnosiga nisbatan ikki marotaba siljishi (oldiga va orqaga harakatlanishi) natijasida deformatsiyalanishidan hosil bo‘lgan.

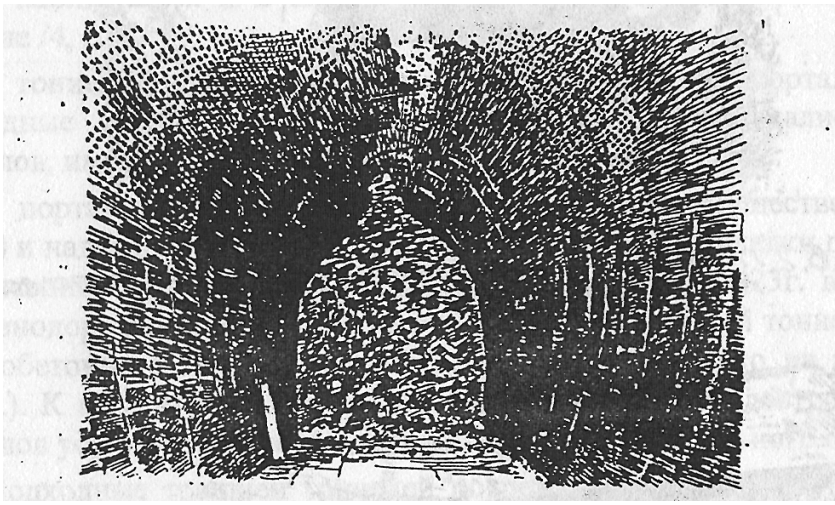
Yaponiyadagi 1923 y. sodir bo‘lgan zilzila vaqtida Xakone №3 tonnelida obdelkaning chap devori bir tomonga og‘ib qolgan va tirqish toraygan. Bu holat Xokone №7 tonnelida ham kuzatilgan, Kekokaniyame tonnelida esa, aksincha, portal qismidagi tirqishni kengayishi kuzatilgan.

Obdelkadagi yoriqlar gorizontal, vertikal va qiya bo‘lishi mumkin. Tonnelning to‘liq kesimini kesib o‘tuvchi vertikal (tonnelning bo‘ylama o‘qiga perpendikulyar) yoriqlar gorizontal cho‘zish kuchlari ta’sirida obdelkani surilish (kesilish) yoki uzilish ko‘rinishida bo‘ladi. Goho perpendikulyar yoriqlar faqat shipni kesib o‘tadi, tonnel bo‘ylab cho‘zilgan gorizontal bo‘ylama yoriqlar ko‘proq shiplarda joylashadi. Tonnel obdelkalaridagi siljishlar 30-45sm gacha boradi.



2.15–rasm. Tonnel devorlarini siljishi va temir yo‘l izini qiyshayishi (Janubiy Kaliforniya, 1952 y.)

Obdelka shipini o‘pirilib tushishi eng katta shikastlanish hisoblanadi. 22...24m chuqurlikda joylashgan Kekokaniyame tonnelida (Yaponiya, 1923 y.) portaldan 7,5m ichkarida sement qorishma bilan mahkamlangan silliqlangan toshdan iborat gumbaz o‘pirilib tushgan. 9 – 25m gacha chuqurlikda suv bilan to‘yingan gruntda joylashgan tonnelda 60m masofada ship tushib ketgan. Shipning qalinligi 45 – 67sm teng bo‘lib, obdelka sement qorishmada mahkamlangan g‘isht termasidan iborat edi. O‘pirilishlar boshqa tonnellarda ham kuzatilgan. Yumshoq gruntda 9m chuqurlikda joylashgan Namuya tonnelida shikastlanishlar ko‘proq tepaliklar orasidagi egarsimon joylarda kuzatiladi. Tonnel shipi o‘pirilgan joyi tuproq uyumlari bilan 2.16-rasmda ko‘rsatilgan. Shunga o‘xshash shikastlanishlar boshqa temir yo‘l tonnellarida ham kuzatiladi. Ko‘pchiligida shiplar tushib ketib, tuproq uyumlari hosil bo‘ladi; shiplar o‘pirilgan joylarda yer yuzida chuqurliklar paydo bo‘ladi. Shikastlangan tonnellar ustidagi gruntda chuqur va keng yoriqlar hosil bo‘lgan. Eng og‘ir hollarda shipning o‘pirilishi bilan birga tirkov devorlar va butun obdelka ham buzilib ketadi.



2.16–rasm. Shipni o‘pirilishi va tonnelni ko‘milib ketishi (Yaponiya, 1923 y.)

Afsuski, yig‘ma obdelkali tonnellardagi holat haqida deyarli ma’lumotlar yo‘q. Bunga misol sifatida 1958 y. zilzilasida shikastlangan Chilidagi gidrotexnik tonnelni keltirish mumkin. Tonnel bo‘sh gruntlarda joylashgan bo‘lib, devorlari beton bloklardan, shipi esa tavr kesimli temirbeton to‘sinlardan iborat edi. Zilzila

jarayonida tog‘ bosimini ortishi tonnelni gruntdan bo‘rtib chiqishiga va devorlarni buzilishiga olib kelgan.

Zich mustahkam gruntlarda seysmik ta’sirlar natijasida shikastlanishlar kamroq bo‘lishi kerak. Tonnelni chuqur joylashishi ham qulay omillardan hisoblanadi, chunki chuqurlik oshgan sari seysmik tebranishlar intensivligi kamayib boradi.

Alohida ahamiyatga ega ***yer osti inshootlari (metropolitenlar)*** dagi shikastlanish va buzilishlar yuqori seysmiklikka ega hududlarda inshootlarni qurish va loyihalash jarayoni uchun kompleks zilzilabardoshlik choralarini ishlab chiqish zarurligini ko‘rsatadi.

Bunday choralarga quyidagilar kiradi [15]:

– grunt sharoitlari bilan keskin farqlanuvchi uchastkalarda tonnellarni ko‘ndalang va bo‘ylama siljishlariga imkon beruvchi maxsus konstruksiyalangan zilzilabardoshlik choklari;

– tonnel hamda tonnel oldi inshootlarini monolit konstruksiyalarni qo‘llab kuchaytirilishi; ham tonnellar va stansiyalarni, hamda turli maqsadlar uchun mo‘ljallangan tonnel oldi inshootlarini zilzila vaqtida mustaqil harakatlanishini ta’minlash;

– iloji boricha trassa bo‘ylab tonnel tag qismi otmetkasini keskin o‘zgarishiga, gorizontal tekislik bo‘yicha keskin burilishlarga yo‘l qo‘ymaslik.

Tonnellar va turli maqsadlar uchun mo‘ljallangan tonnel oldi inshootlarning tutashgan joylarida, metropolitenning peregon tonnellari trassasi bo‘ylab grunt sharoitlari keskin o‘zgargan joylarda, hamda bo‘ylama va ko‘ndalang kuchlanishlarni kompensatsiya qilish maqsadida peregon tonnellari bo‘ylab ma’lum masofada zilzilabardoshlik choklari o‘rnatilishi kerak [54].

Metropoliten stansiyalarida hamda murakkab uzellar yaqinida zilzilabardoshlik choklari ham bekatlar, ham metropoliten ishini hisobga olgan holda o‘rnatiladi. Uzel yaqinida choklar orasidagi masofa grunt xususiyatlariga; murakkab uzel va tonnellar gabaritlarini o‘zaro nisbatiga, grunt sharoitlariga, hamda stansiya va tonnellar konstruksiyasiga bog‘liq.

2.4. Zilzilalar ta’sirida quvurlarning shikastlanishi

Quvurlarning zilzila vaqtida shikastlanganlik darajasi seysmik ta’sir intensivligi, geologik va gidrogeologik sharoitlar, ekspluatatsion-texnologik yuklar va ta’sirlar, quvur konstruksiyasi, quvurlar materialining xususiyatlari, ekspluatatsiya muddatlari kabi bir qator omillarga bog‘liq.

Yer osti quvurlarining atrofidagi grunt nafaqat seysmik ta’sir manbai bo‘lib, balki quvur bilan birgalikda tebranish jarayonida ishtirok etadilar. Zilzilaning namoyon bo‘lish intensivligi hamda quvur atrofidagi grunt muhitining bir jinsliligiga va zichligiga, gruntlarni suv bilan to‘yinganlik darajasiga ko‘ra inshootning grunt bilan o‘zaro ta’siri har xil bo‘ladi. Shu bois, yer osti va yer usti quvurlarning seysmik ta’sir ostida o‘zini tutishi haqidagi haqiqiy ma’lumotlarini tahliliga oid empirik va eksperimental tadqiqotlarning ahamiyati o‘ta muhim bo‘lib qoladi.

Ashxobod sh. hududida (1948 y.) yuz bergan zilzilaning kuchi MSK-64 shkalasi bo‘yicha 9 ballga tenglashtirilgan. Quvurlarning aksariyati shaharning grunt sharoitlari eng yomon bo‘lgan hamda seysmik ta’sir natijasida grunt qatlamlarida ancha katta deformatsiyalar vujudga kelgan shimoliy qismida shikastlangan. Zilzila oqibatlarining tahlili shuni ko‘rsatadiki, asosan trassasi seysmik to‘lqinlar tarqalish yo‘nalishiga (janubiy g‘arb – shimoliy sharq) ga to‘g‘ri kelgan quvurlar shikastlangan. Shikastlanishlar ko‘proq taqsimlanish tarmoqlarining bosh magistrallar bilan tutashish joylarida, hamda quvurlarni boshqa inshoot va quduqlarga ulanish joylarida sodir bo‘lgan. Ko‘pincha quvurlar zilzila vaqtida yerda katta-katta yoriqlar paydo bo‘lgan joylarda buzilgan edi. Eng ko‘p uchraydigan ***shikastlanishlarga*** quyidagilar kiradi:

po‘lat quvurlarda – chok muftalari va flanetsli birikmalardagi buzilishlar, rezbali birikmalarda rezbani uzilishi;

beton quvurlarda – uzilishning ko‘ndalang yoriqlari, devor va shiplari tutashgan joylarida yoriqlari paydo bo‘ladi, kallaklari (ogolovok) buzilishi;

cho‘yan quvurlarda – chok birikmalarini buzilishi;

asbest–sement quvurlarda – choklarni ishdan chiqishi va sinishi.

Eng katta solishtirma shikastlanish (1 km uzunlikda quvurlarning buzilishlari soni) – 3.82 temirbeton quvurlarda kuzatilgan. Cho‘yan hamda asbest–sement quvurlardagi shikastlanish darajasi 1 km. ga – 0.30, po‘lat quvurlarda esa – 0.07 teng.

Toshkent zilzilasi natijasida (1966 y.) quvurlarning shikastlanishi va buzilish holatlari aksariyat zilzila kuchi 7–8 ballni tashkil etgan maydonlarda sodir bo‘lganligi aniqlangan. Shu bilan birga, ayrim shikastlanishlar 6 balli tebranishlar bo‘lgan mintaqalarda ham kuzatilgan.

Toshkent zilzilasida yer osti suv ta’minoti tarmoqlari va kanalizatsiyaning holatlari batafsil tekshirib chiqilgan [46]. Eng katta talofotlar diametri 900 mm va chuqurligi 3,35 m quvurlardan tashkil topgan Qibray suv yetkazish tarmoqlarida uchragan. Zilzila vaqtida bu tarmoqdagi quvurlarda choklari rastrubli biriktirilgan tutashmalar buzilib ketgan. Shunga o‘xshash shikastlanishlar cho‘yan quvurlarda ham kuzatilgan edi. Quvur tanasidagi yoriq va teshiklar diametri 150 va 200 mm quvurlardan iborat, po‘latdan ishlangan suv ta’minotining ayrilish liniyalarida paydo bo‘lgan. Ammo, bu quvurlar 15 yildan ortiq muddat davomida ekspluatatsiya qilinganligini, hamda o‘ta zanglaganligini qayd etish lozim. Epitsentral zonada diametri 150–200 mm cho‘yan va asbest-sementdan ishlab chiqilgan quvurlar buzilgan (chok birikmalarni ishdan chiqishi). Bundan tashqari, buzilish holatlari epitsentral zonadan tashqarida ham kuzatilgan.

Quvurlarning aniqlangan shikastlanishlarini tahlili yer osti quvurlari, birinchi navbatda, kuchi 7 ballgacha bo‘lgan zilzilalarda po‘lat quvurlar buzilmasligi haqidagi xulosani tasdiqlab berdi. Cho‘yan va nometall quvurlardagi avariyalar gorizontal hamda vertikal kuchlar ta’siri natijasida chok birikmalarini shikastlanishlari sababli sodir bo‘lgan. Ushbu masalalar [46] ishda batafsil bayon etilgan.

Gazli zilzilalari (1976 y., 1984y.) ta’sirini o‘rganish uchun Gazli posyolkasi, Buxoro sh., hamda Buxoro viloyatining ayrim tumanlaridagi yer osti inshootlarining holati tekshirib chiqildi. Bir qator hollarda Buxoro sh. kichik

diametrli po‘lat quvurlarning sinib ketish holatlari, cho‘yan va asbest-sement quvurlardagi yoriqlar, cho‘yan quvurlar choklari atrofida ko‘chish holatlari kuzatilgan. Buxoro sh. yaqinida joylashgan Xor-Xor suv chiqarish inshooti (ombori) hududidagi suv uzatish tarmog‘i bilan diametri 1020 mm po‘lat quvurlar uchastkasida payvandlash choki shikastlangan. Buxoro sh. kommunikatsiyalarini tekshirish jarayonida g‘isht va temirbeton quduqlarning devorlarida ko‘plab yoriqlar, flanetsli birikmalar va zulfinlar (zadvijka) yaqinidagi linzali kompensatorlardagi buzilishlar aniqlangan. Buning sababi gruntlar tarkibi bir xil emasligi va suvga o‘ta to‘yinganligida, bundan tashqari 1976 y. qadar mavjud bo‘lgan drenaj tizim yo‘q qilingan edi va bu grunt suvlarini 1976 y. nisbatan ko‘tarilishiga olib kelgan [57-59]. Natijada, ortiqcha suv bosgan mintaqalarda gruntni quyqalanib ketishi hamda cho‘kish hodisalari kuzatilgan edi.

1988 y. Spitak zilzilasi o‘ta xalokatli bo‘lgan. Leninakan sh. tomon beshta suv ta’minoti liniyalari o‘tkazilgan edi. Ulardan birinchisi – Zuychagbyur liniyasi, ta’minoti inshooti – ikkinchi va uchinchi liniyalarni tashkil etadi. Bunda diametri 600 mm li po‘latdan ishlangan quvurlar qo‘llangan. Suv chiqarish inshootidan Leninakan shahrigacha nisbiy balandlik 700 m. Liniya bo‘ylab joylashgan suv payvandlangan choklar ochilib ketgan, quvurlarga tuproq ag‘darilgan va ular to‘lib qolgan, tosh uyumi bosib qolishi natijasida quvurlar teshilgan, shahardan boshlab 30 km masofagacha suv ta’minoti liniyasi bo‘ylab har 50–100 m oraliqda ko‘zga ko‘rinmas yer osti shikastlanishlar sodir bo‘lgan. Shaharda suv ta’minoti tizimi ishga tushirilganidan so‘ng ko‘p sonli avariya joylari aniqlangan. Bunda tuproq uyumlar tagida qolgan cho‘yan quvurlarning chok tutashmalaridagi uzilishlar, quduqlarning qopqoq armaturasidagi yoriqlar, quduqlarni buzilishi va tuproq bilan to‘lib qolishi, ko‘plab ko‘zga ko‘rinmas buzilgan va shikastlangan joylar bo‘lgan [64].

1923 y. Yaponiyada epitsentri Kanto sh. joylashgan vayronali zilzila bo‘lib o‘tgan. Bu yerda gruntlarning vertikal va gorizontal holatda siljishlari kuzatilgan edi. Tokio sh. po‘lat quvurlarning uzunligi 977 km teng bo‘lib, bundan 212 km zilziladan sal oldinroq qurilgan ekan. Professor Sh. Okamotoning ko‘rsatishicha,

binolarga qaraganda ko‘proq suv ta’minoti tarmog‘ida 224 shikastlanishlar aniqlangan, shu jumladan diametri 1100 mm quvurlarda 5 ta, diametri 200 mm quvurlarda 19 ta, diametri 150 mm quvurlarda 74 ta va diametri 100 mm quvurlarda 101 ta shikastlangan joylar aniqlangan [11]. Asosiy shikastlanishlar yoriqlar paydo bo‘lishi bilan bog‘liq, nometall quvurlar sinish holatlari anchagina kam kuzatilgan, va eng ko‘p buzilishlar kichik diametrga ega asbestotsementli quvurlarda kuzatilgan. Yer osti quvurlardagi shikastlar asosan shaharning past-baland relefli joylarining zich gruntlaridan, tekislik hududlaridagi yumshoq gruntlarga o‘tish joylarida jamlangan. Shunga qaramay, bir jinsli yumshoq grunt, zich va yumshoq qismlari almashinadigan gruntlarga nisbatan yaxshiroq hisoblanadi, chunki bunday gruntlarning har xil joylaridagi tebranishlarning farqlanishi quvurlarni yirik shikastlariga sabab bo‘ladi. Zilzila vaqtida paydo bo‘lgan shikastlanishlar darajasi quvurlarni yotqizish chuqurligiga ham bevosita bog‘liq. Suv ta’minoti tarmoqlari hamda yumaloq shakldagi temirbeton quvurlar tahlili 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadval

Yumaloq shakldagi temirbeton quvurlardagi shikastlanishlar haqida ma’lumotlar

Chuqurligi, m	Uzunligi, km		Shikastlanishlar soni		Solishtirma shikastlanish (1 km. dagi buzilishlar soni)
		Umumiy uzunligidan foiz hisobida	soni	umumiy sonidan foiz hisobida	
1.5	44.40	45.20	3	6.8	0.07
1.8	24.70	24.90	19	43.2	0.77
2.4	21.45	21.60	21	47.7	0.98
3.0	6.86	6.70	1	2.3	0.15
3.6	1.52	1.53	0	0	0
4.5	0.06	0.07	0	0	0

Zilzilabardoshlikni ta’minlanishi uchun talab etiladigan joylashish chuqurligi quvur diametriga bog‘liq, va ko‘p hollarda joylashish chuqurligini yanada oshirmasdan turib, quvur diametrini oshirib ham kerakli samaraga erishish qiyin.

Kanto sh. zilzila vaqtida kanalizatsiya quvurlarini shikastlanishlari tahlilidan aniqlandiki, agar joylashish chuqurligi 3m ortiq bo‘lsa shikastlanishlar darajasi ancha kamayadi, bu quvurlarning uni o‘rab turgan grunt bilan siqilishining kuchayganligi bilan bog‘liq.

Bunda po‘lat quvurlar choklarini sinishi va rezbali chok tutashmalarining buzilishi kabi shikastlanishlar qayd etilgan. Sement qorishmasi bilan bekitish jarayonida quvurlarning o‘zida ham, muftali tutashmalarda ham juda ko‘p yoriqlar va sinish joylari topilgan. Cho‘yan quvurlarda ham bo‘ylama, ham ko‘ndalang yoriqlar hosil bo‘lgan. Kichik diametrli asbest-sement quvurlarda chok birikmalarida ko‘plab buzilish va sinish holatlari kuzatilgan. Plastmass quvurlarning fason qismlari o‘rnatilgan joylaridagi buzilishlar, turli xil materialli quvurlarning tutashish joylarida ancha katta shikastlanishlar qayd etilgan.

1964 y. Niagata sh. atrofida sodir bo‘lgan zilzila vaqtida grunt massivi qatlamlari ichida katta-katta deformatsiyalar aniqlangan. Yer yuzida yoriqlar paydo bo‘lib, gruntlarni suyulishi natijasida kuzatilgan. Seysmik to‘lqinlarni tarqalish yo‘nalishiga parallel holatda yotgan quvurlardagi uchtalik tutashmalar, burilish burchaklari va suvlarni chetlatish inshootlari joylashgan joylarda kattagina deformatsiyalar ko‘rinishidagi ko‘plab shikastlanishlar qayd etilgan.

Qattiq, hamda zichdan to yumshoqqacha almashinib boruvchi gruntlarda quvurlarni shikastlanishiga trassa bo‘ylab gruntlarni notekis siljishida, hamda yumshoq yuvilib olib kelingan gruntlarda, daryoning eski o‘zanida suv ta’minoti tizimining quvurlarini bo‘rtib chiqishi, hamda trassa atrofidagi binolarni cho‘kishi asosiy sabab bo‘lgan.

Quvurlardagi asosiy (yarmidan ortiq) buzilishlar gruntlari yumshoq, suv oqizib keltirgan o‘tirindi gruntlarda joylashgan hududlarda sodir bo‘lgan. Barcha grunt sharoitlarida ham bo‘ylama seysmik kuchlar ta’siri natijasida quvurlarni, ayniqsa seysmik to‘lqinlarni tarqalish yo‘nalishiga parallel yotqizilgan quvurlarda (52%) halqa kesimi bo‘ylab buzilish holatlari aniqlangan. Yumshoq, suv oqizib keltirgan o‘tirindi gruntlarda hamma shikastlanishlarning 75%, kattagina notekis cho‘kishlar, qumli asosda joylashgan quduqlarni bo‘rtib chiqishi natijasida

quvurlarni egilib ketishi sababli ro‘y bergan. Yaponiyaning Xeugo prefekturasida (1995 y.) epitsentri Avadji orolining shimoliy qismida joylashgan vayronali zilzila sodir bo‘lgan. Bu zilzila natijasida ko‘pchilik bino va inshootlar zamonaviy standartlarga asoslanib qurilganiga qaramasdan, ularning aksariyati buzilib ketgan. Shu jumladan, yuqori tezlikdagi avtotrassa, yuqori tezlikdagi temir yo‘llari ko‘prigi, portdagi binolar, hamda hayotni ta’minlash tizimlarining ko‘pchiligi zarar ko‘rgan (2.17,a,b,v,g-rasm).

Zilzila natijasida ko‘plab hududlarda elektr energiyasi, gaz va suv ta’minoti to‘xtatilgan. Vayronali Xansin-Avadji zilzilasi minglab insonlarning hayotdan ko‘z yumishiga sabab bo‘lgan.

Zilzila quyidagi hayot uchun muhim kommunikatsiyalarni shikastlanishiga olib kelgan [48]:

1. *Suv ta’minoti tizimlari.* Zilzila natijasida Xeugo prefekturasining 9 shaharida suv ta’minoti tizimi shikastlangan. 3.4 mln aholidan tahminan 80% suv ta’minoti tizimidan uzilib qolgan, 1.27 mln nafariga esa suv yetkazib berilmay qo‘yilgan edi. Suv ta’minoti tizimidagi buzilishlar yong‘inga qarshi kurashda, insonlarning kundalik hayotida, hamda boshqa hayotni ta’minlash tizimlarini tiklashda ham katta qiyinchiliklarni keltirib chiqargan. Suv ta’minoti quvurlarining o‘rtacha solishtirma avariyaviyligi 3.2 tashkil etdi. Kobe shahri uzunligi deyarli 4 km teng suv ta’minoti tizimlarida 1000 ziyod buzilgan va shikastlangan joylari aniqlangan.

2. *Kanalizatsiya tizimi*. Kobe sh. kanalizatsiya tizimining umumiy uzunligi 3300 km tashkil etgan. Kanalizatsiya tizimining quvurlarida 10 000 ziyod buzilgan va shikastlangan joylar aniqlangan. 102 suv tozalash inshootlaridan 43 tasi shikastlangan. Aksariyat shikastlanishlar asos gruntini suyuqlanib ketishi va deformatsiyalanishi natijasida sodir bo‘lgan. 260 km quvurlar va 23 nasos stansiyalari zarar ko‘rgan.

3. Gaz ta’minoti tizimi. Xansin zilzilasi ro‘y berganda, po‘lat va boltli tutashmalardan ishlab chiqilgan gaz quvurlarning ko‘pchiligiga zarar yetgan (2.18-rasm). Bu zilzila barcha uchun katta saboq bo‘ldi: bundan keyin quvur ishlab chiquvchilarning barchasi korroziyaga chalinmaydigan, zilzilaga qarshi chidamli

polietilen quvurlar tayyorlashga o‘tgan (2.19-rasm). Xansin-Avadji zilzilasidan so‘ng 1994 y.ga nisbatan polietilen quvurlar uzunligi besh barobar oshgan. Quvurlarda o‘rtacha bosimni tiklashga kirishgan mutaxassislar to‘qnash kelgan asosiy muammo klapanlarning bo‘shab qolgan chekanlari bo‘lgan (2.2-jadval).



a *b* *v*



g *d*

2.17-rasm. Yer osti quvurlaridagi shikastlanishlar



2.18-rasm. Po‘lat quvur



2.19-rasm. Boltli biriktirgichli polietilen quvur

2.2-jadval

Avariyalar soni

Avariya joyi	Gaz uzatilishi to‘xtatilgan holatlar soni	Hodisalar soni, uzatish davom ettirilgan joylar soni	Avariyalarning umumiy soni
Quvuro‘	17	0	17
Xomut	78	11	89
Umumiy soni	95	11	106

Xansin-Avadjida bo‘lib o‘tgan zilzilalar tajribasi polimer quvurlar metall quvurlarga nisbatan ancha kam zararlanishini ko‘rsatdi. Bu seysmik hududlarda polimer materiallardan ishlangan quvurlardan foydalanish tavsiya etishga asos bo‘la oladi. Hozirgi vaqtda ushbu masala alohida dolzarb ahamiyatga ega.

Polimer quvurlarni ishlab chiqish va ularni qurish texnologiyasiga rioya etilishi polimer quvurlarni avariyalarga moyilligi kam bo‘lishiga ko‘plab isbotlar mavjud [60].

1906 y. San-Fransisko shahrida vayronali zilzila sodir bo‘lgan. O’sha vaqtlarda bu hududda diametri 750, 925 va 1100 mm va uzunligi 270 km ortiq bo‘lgan 3 ta bosh suv ta’minoti magistrallari mavjud edi. Tarqatuvchi suv ta’minoti tarmoqlarining umumiy uzunligi 555 km tashkil etgan, shu jumladan diametri 326–1100 mm li po‘lat quvurlar uzunligi – 19 km. Qolganlarini rastrubli birikkan cho‘yan quvurlar tashkil etgan.

Zilzila vaqtida diametri 750 va 1100 mm po‘lat quvurlar shikastlangan va

bunda ayrim uchastkalardagi ko‘tarmalar balandligi 6 m dan ortiq bo‘lgan to‘kilma gruntli hududlarni kesib o‘tgan quvurlar jiddiy shikastlanishlarga chalingan. Bunday sharoitda cho‘yan quvurlar eng ko‘p zarar ko‘rgan.

Quvur trassasi bo‘ylab yer yuzining ayrim joylarida 60–150 sm gacha yetgan ancha katta cho‘kishlar sodir bo‘lgan edi. Bunday sharoitda cho‘yan quvurlar ancha katta zarar ko‘rgan.

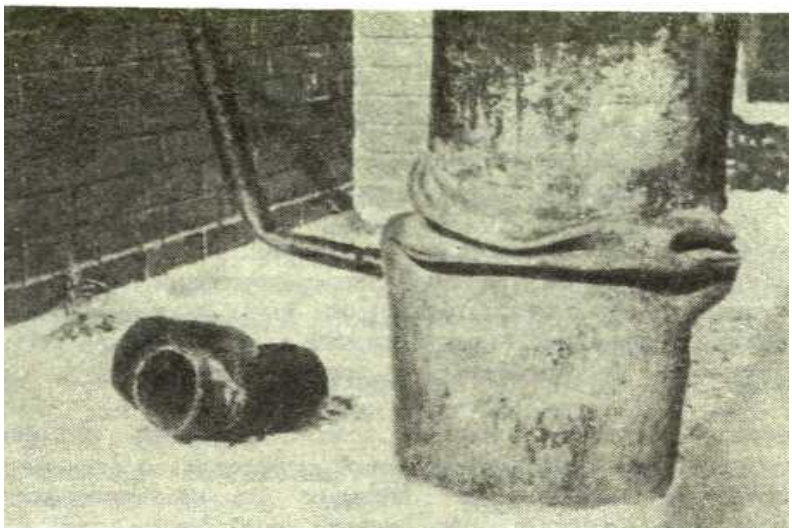
1952 y. Kaliforniyada magnitudasi 7,7 teng bo‘lgan zilzila yuz bergan. Diametri 850 mm gaz quvuri egilib qolgan va bu uchastkada yer yuzida yoriqlar paydo bo‘lib, gruntlar ko‘tarilib qolgan. Quvurning ikki uchastkasida 49 va 394 m li transheyalar qazilgandan so‘ng, to‘lqinlarining maksimal balandliklari tegishlicha 11 va 25.8 sm bo‘lgan bo‘rtib chiqqan uchastkalarda quvurlar topilgan. Quvurlar bo‘rtib chiqqan joylarda grunt massivi qatlamida katta-katta deformatsiyalar hamda quvurning bo‘ylama o‘qi bo‘yicha ancha katta siqish kuchlanishlari aniqlangan.

Yurek sh. atrofida va 1954 y. bo‘lib o‘tgan zilzila natijasida daryoning o‘zan qismidagi botqoqlashgan joylaridan o‘tgan po‘lat quvur uzilib ketgan. Gaz taqsimlash tarmog‘ida ham ko‘p sonli shikastlanishlar qayd etilgan. Asosiy shikastlanishlar uchtalik (quvurlarni uch tomonga ajratish qismi) va rezbali birikmalarni buzilishi, quvurlarni uzilishlari bilan bog‘liq edi.

1971 y. magnitudasi 6,7 teng va epitsentri San-Fernandodan shimol tomonga 5 km uzoqlikda joylashgan vayronali zilzila yuz berdi. Silmor va San-Fernando shaharlarida gaz va suv ta’minoti tarmoqlariga zilzila ta’siri oqibatlari puxta ko‘rikdan o‘tkazib chiqilib, yer osti va yer usti quvurlarida ko‘plab buzilish holatlari aniqlangan.

San-Fernando vodiysidagi taqsimlovchi quvurlarida ko‘p shikastlanishlar ro‘y bergan. Taqsimlash (ayirish) tarmog‘i kollektorlari 50, 75 va 200 mm diametrli payvandlangan po‘lat quvurlardan iborat edi. Taqsimlash (ayirish) tizimi diametri 18 mm po‘lat quvurlardan qurilgan. Chok tutashmalari konstruksiyalarining xilma-xilligi hamda trassalar yo‘nalishlarini o‘zgarib qolganligi cho‘zilish kuchlari ta’siri natijasida quvurlarining chok tutashmalari bo‘yicha ko‘p sonli shikastlanishlar,

kattagina siqish kuchlari ta’siri natijasida quvur devorlarida gofralarni hosil bo‘lishi (2.20-rasm), quvur uchastkalarida buralish va egilish natijasida hosil bo‘lgan katta-katta deformatsiyalar va buzilishlar kabi shikastlarning xarakterini oldindan belgilab bergan. Kollektorda 181 shikastlanishlar aniqlangan, 137 ta shikastlanishlar taqsimlash quvur o‘tkazgichlarida, 62 tasi esa gaz taqsimlash quvurlarini kollektorlarga ulanish joylarida topilgan.



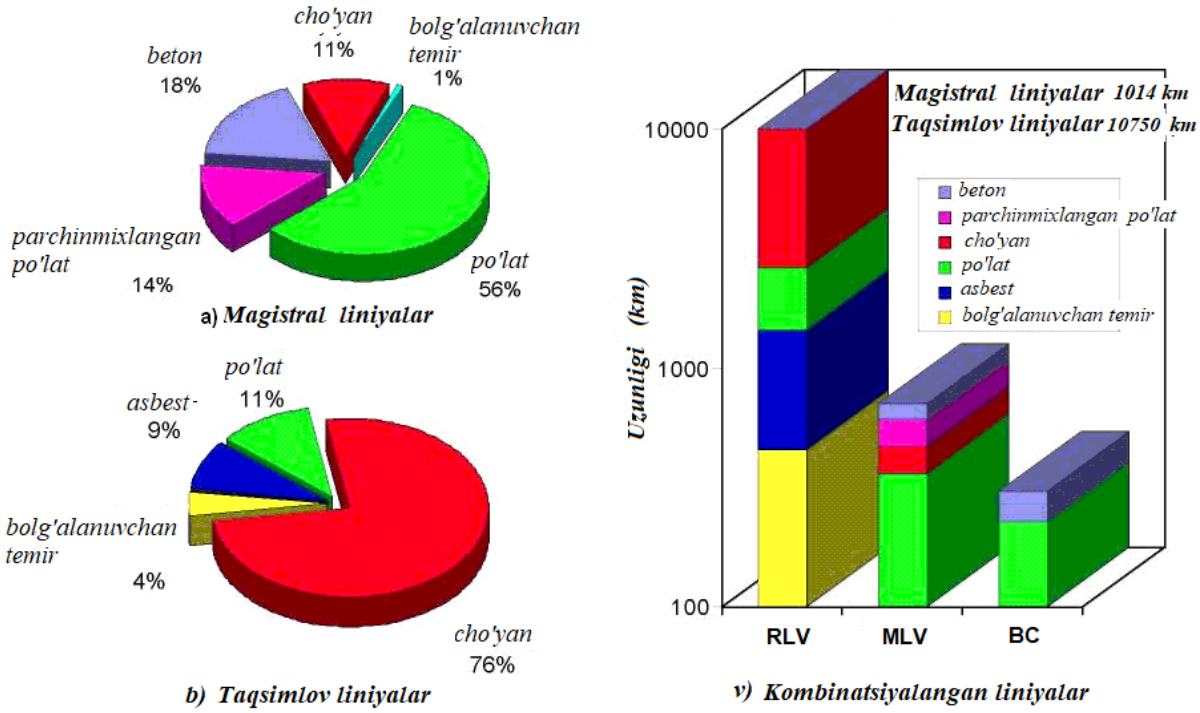
2.20-rasm. Quvur devorlarida gofrlarni hosil bo‘lishi (San-Fernando, AQSh)

Zilzila oqibatlarini quvurlarga ko‘rsatgan ta’sirini tahlili shuni ko‘rsatdiki, yo‘nalishi asosiy seysmik ta’sirlar vektori yo‘nalishi (N-S)ga to‘g‘ri kelgan quvurlarning avariyaviyligi sharqdan g‘arbga yo‘nalgan quvurlardagiga nisbatan 2 barobar ortiq ekan. Solishtirma avariyaviylik ko‘rsatkichi tegishli ravishda 3.58 va 1.48 teng bo‘lgan. Ankoridj shahar quvur tarmog‘ida 200 yaqin avariyalar sodir bo‘lgan (Alyaska, 1964 y.). Quvurlar asosan zilzila natijasida gruntda hosil bo‘lgan yoriqlar yo‘nalishi seysmik to‘lqinlarni tarqalish yo‘nalishiga to‘g‘ri keladigan uchastkalarda buzilgan.

Tahlilni yanada aniqlashtirish uchun, 1994 y. bo‘lib o‘tgan Nortrij zilzilasi bevosita ta’sir ko‘rsatgan Los-Andjeles sh. suv ta’minoti tizimi olindi [61]. Bu yerda magistral quvurlar uzunligi 1014 km, taqsimlov quvurlarniki –10 750 km tashkil etgan.

Materiallarning qo‘llangan turlari 2.21,*a*,*b*-rasmda keltirilgan. Magistral

quvuro‘tkazgichlarda umumiy uzunligiga nisbatan qo‘llangan materiallar quyidagicha taqsimlangan: po‘lat – 56%, bolg‘alanuvchan temir – 1%, cho‘yan – 11%, beton – 18%, parchinmixlangan po‘lat – 14%. Taqsimlash tarmoqlarida esa: cho‘yan – 76%, po‘lat – 11%, asbest – 9%, bolg‘alanuvchan temir – 4%.



2.21-rasm. Los- Andjeles sh. magistral va taqsimlov suv ta’minoti liniyalari tarkibining statistikasi

Diagrammada ko‘rsatilganidek, Los-Andjeles shahrining taqsimlov tizimida eng ko‘p qo‘llangan material – bu jami uzunligi deyarli 7800 km teng quyma temir ekan.

1999y. 21 sentyabr kuni Djey-Djeyda bo‘lib o‘tgan zilzila hudud bo‘ylab ekstensiv va juda katta shikastlanishlarni keltirib chiqargan. Shosse, ko‘priklar, telekommunikatsiyalar, gaz va suv ta’minoti tizimi quvurlari kabi hayotni ta’minlash tizimlari ayrim hollarda o‘ta og‘ir shikastlar va buzilishlarga chalingan. Aniqlanganidek, gaz ta’minoti quvurlarining deyarli to‘rtdan bir qismi epitsentr atrofida shikastlangan [64].

Bu ma’lumotlarga hamda shikastlanishlarni joylanishi haqidagi batafsil hisobotga asoslangan holda yer osti gaz quvurlari o‘zini tutishi baholab chiqilgan.

Mazkur ma’lumotlar kelajakda xalokatlarni kamaytirish hamda quvurlar avariyalarining oldini olishda foydasi bo‘ladigan seysmik rayonlashtirish maqsadlari uchun yuqori darajada zarar ko‘rgan regionlarni aniqlashga xizmat qiladi.

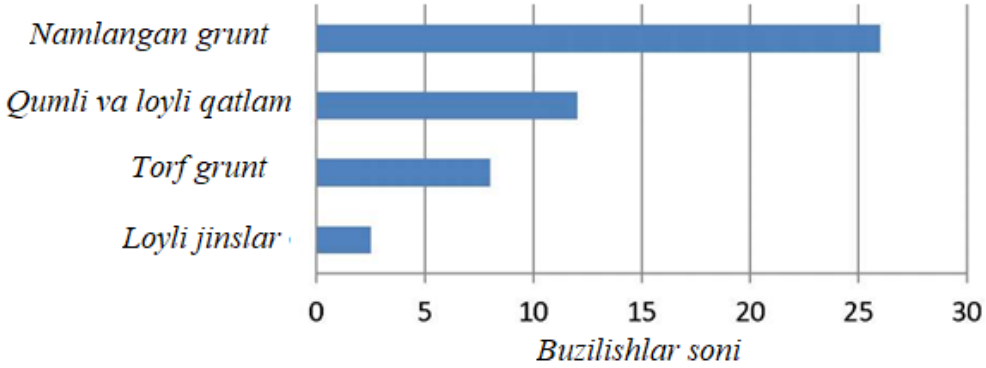
2010 y. sentyabridan 2011 y. dekabrigacha bo‘lgan davrda, Yangi Zelandiyaning kattaligi bo‘yicha ikkinchi o‘rinda turadigan Kraystcherch sh. kuchli zilzilalar ketma-ketligi kuzatilgan [62, 63].

2011 y. 22 fevraldagi zilzila vaqtida asosda ishlab gruntlarni keng ko‘lamda suyuqlanib ketishi va aynan shunga bog‘liq yonlama siljishlar Kraystcherch suv ta’minoti tizimiga juda katta talofotlar etkazgan. Bunda suyuqlanish darajasi bilan quvur tarmog‘ining shikastlanishlari orasida aniq bog‘lanish kuzatilgan, chunki shikastlangan suv ta’minoti quvurlarining deyarli 80% gruntning suyuqlashib ketgan hududlarda joylashgan. PVX va PE kabi sifatli ishlab chiqilgan quvur tizimlarining plastik va egiluvchan materiallari boshqa materialli quvurlarga (ya’ni asbest-sementli, rux yuritilgan temir quvurlar) nisbatan bir necha marotaba kamroq shikastlangan. Va buzilishlar soni katta bo‘lgan holda ham, quvurlar tizimi qisqa vaqtda tiklangan va oqova suvlarni tozalash tizimidan ham ancha chidamliroq bo‘lgan.

Zilzilalarda quvurlarni shikastlanishi haqidagi ma’lumotlar, zilzila intensivligi kichik bo‘lgan bo‘sh gruntlarda joylashgan quvurlardagi buzilishlarga qaraganda, mustahkam asosda joylashgan yuqori intensivlikdagi zilzila ta’siridagi buzilishlarga nisbatan kam bo‘lishini ko‘rsatmoqda. Zilzilalar natijasida quvurlarning zararlanishiga grunt sharoiti katta ta’sir ko‘rsatadi. Quvur atrofidagi gruntning turli xil xarakteristikalari turli buzilishlarni keltirib chiqaradi (2.22-rasm), hamda aktiv yer yorig‘i, gruntning quyqalanishi va ko‘chishlarni yuzaga keltiradi [64].

Yer osti quvurlarining solishtirma buzilishlari va seysmik ta’sirlar orasidagi bog‘liqlikning o‘rnatilishi hududning seysmik rayonlashtirish ma’lumotlari bilan mos keladi va quvurlar xarakteristikalarini belgilab, bo‘lishi mumkin bo‘lgan holatlarni o‘z vaqtida prognozlash imkonini beradi hamda bo‘lishi mumkin

bo‘lgan xavf darajasi baholanadi va seysmik xavfni boshqarish rejalari ishlab chiqiladi.



2.22-rasm. Turli grunt sharoitlarida ko‘milgan quvurlarning zararlanishi

Oxirgi yillardagi kuchli zilzilalar oqibatlarining tahlili shuni ko‘rsatdiki, yer osti quvurlari asosan quyqalanadigan bo‘sh gruntlarda zararlanadi. Kraystcherch shahridagi suv ta’minotidagi buzilishlarning 80% quyqalanadigan gruntlarda joylashgan. Shunday grunt sharoitlarida ham polivinilxlorid (PVX) va polietilen (PE) quvurlaridagi buzilishlar boshqa quvurlardagi buzilishlarga nisbatan bir necha marta kam.

Buzilishlarning ko‘rinishi grunt sharoitiga, quvur materialiga, konstruktiv xususiyatiga va boshqa omillarga bog‘liq. Eng ko‘p zararlanishlar burilish joylarida, quduq va rezervuarlarga birikishlarida bo‘lib, darz ketish, birikish joylarini chiqib ketishi, quduqlarni bo‘rtib chiqish va boshqa ko‘rinishlarda namoyon bo‘ladi.

2.5. Ko‘priklarning seysmik tebranishlarini asosiy o‘ziga xos xususiyatlari va ularni loyihaviy hisoblashlarda hisobga olish

Ko‘priklarni zilzilabardoshligiga oid izlanishlar umumiy zilzilabardoshlik nazariyasida o‘ziga xos o‘rin egallaydi. Bu ham transport inshootlarini ahamiyatiga, ham ularni zilzila vaqtida o‘zini tutishdagi o‘ziga xos xususiyatlariga ham ko‘p jihatdan bog‘liq. Ko‘priklarni seysmik tebranishlarining o‘ziga

xosliklarini birinchi bo‘lib prof. G.N.Karsivadze [23] ta’riflab bergan. Aynan u o‘tkazgan izlanishlar natijasida ko‘priklarni zilzilabardoshligi zilzilabardoshlik nazariyasining mustaqil bo‘limiga aylantirilgan edi. Ko‘priklarni zilzilabardoshligini ta’minlashga doir o‘ziga xos masalalarni rivojlanishi haqida ma’lumotlar G.S.Shestoperov [16], A.M.Uzdin [26, 65-67], I.O.Kuznetsova [27, 28, 41, 68, 69], E.N.Kurbatskiy [31] larning ilmiy izlanish ishlarida bor.

Ko‘priklarni muhim inshoot ekanligi zilziladan talofot ko‘rgan hududda hayotni ta’minlash inshootlar qatoriga kirishi, hamda ularni tiklashga katta miqdorda sarf-xarajatlar va kuch talab etilishi bilan bog‘liq.

Ko‘rilayotgan masala bo‘yicha ko‘plab texnik takliflar va ilmiy nashrlar borligiga qaramasdan, qurilayotgan yangi va ekspluatatsiyadagi ko‘priklarni hisoblash usullarini belgilab beruvchi davlatimizdagi va Rossiyaning me’yoriy hujjatlari ularning zilzilabardoshligini to‘liq ta’minlash masalasini hal etib bermaydi. Bu ko‘priklar seysmik tebranishlarini o‘ziga xos tomonlarining ko‘pchiligini yetarli darajada o‘rganilmaganligi bilan bog‘liq. Bunday o‘ziga xosliklarga quyidagilar kiradi:

- *yo‘lning ustki qurilmasi, oraliq qurilmalar va tayanchlarni tebranish jarayonida birgalikda friksion ishlashi;*

- *konstruksiyaning turli xilligi.* Ko‘prikni zilzilabardoshlikka hisoblashda harakatdagi tarkibni, yo‘lning ustki qismini, oraliq qurilmalarini, tayanch va asos gruntlarini hisobga olish zarur. Bunday elementlarning hammasi bikirlik va dempferlash tavsiflari bilan bir-biridan juda ham farqlanadi, bu esa ularning zilzilabardoshligini baholanishiga katta ta’sir ko‘rsatadi;

-*vaqtincha harakatdagi yuk mavjudligi;*

-*inshoot uzunligi.* Ko‘prik tayanchlari bir-biridan uzoq joylashgan bo‘lib, har xil seysmogeologik sharoitlarda joylashishi mumkin;

-*ko‘priklarni seysmoizoyalatsiyalashning maxsus tizimlaridan foydalanish* [70].

Yuqorida sanab o‘tilgan o‘ziga xos xususiyatlarni 3 qismga ajratish mumkin:

1. Hisoblash sxemasini belgilashda ko‘prik tebranishlarining o‘ziga xos

tomonlarini hisobga olish. Hisoblash sxemalarini belgilash doirasida ko‘priklarning seysmik tebranishlarini aksariyat jihatlarini hisobga olish mumkin. Bunda hisoblashlar joriy QMQ bo‘yicha olib boriladi va quyidagi faktorlarni e’tiborga olishga imkon beradi:

• *qo’zg’aluvchan tayanch qismlarida ishqalanish kuchlari hisobiga tayanchlarni birgalikda ishlashini;*

• *yo‘lning ustki qismi yoki qatnov qismlari uzatadigan kuchlar hisobiga tayanchlarni birgalikda ishlashini;*

• *oraliq qurilmalarning burilish inersiyasi hisobiga tayanchlarni birgalikda ishlashini.*

2. Akselerogrammalar bo‘yicha hisoblash.

Akselerogrammalar bo‘yicha hisoblashlar joriy QMQga ko‘ra yo‘l qo‘yiladi va qo‘llanilishi mumkin:

• ko‘prik elementlarining barqarorligi va mustahkamligini nisbatan sust, ammo tez-tez sodir bo‘lib turadigan zilzilalar (LZ – loyihaviy zilzilalar) ta’sir etishidagi dastlabki chegaraviy holat bo‘yicha baholash uchun;

• hisobiy kuchga ega zilzilalarni (MHZ – maksimal hisobiy zilzilalar) ta’sir etishida ikkinchi chegaraviy holat bo‘yicha inshootlarni kinematik hisoblash uchun; tayanch qismlarini yurishini aniqlash va stoporlarni joylashtirish uchun ko‘prikni hisoblash bajarilishi shart deb hisoblanadi;

• ko‘priklarni LZ va MHZ ta’siridan maxsus seysmohimoyalash tizimini hisoblash uchun;

• MHZ ta’siri ostida asosiy yuk ko‘taruvchi konstruksiyalar zilzilabardoshligini baholash uchun.

Bu holda, QMQ doirasidan chiqmasdan hisoblash, akselerogrammalar paketini shakllantirish hamda hisoblash uchun zarur bo‘lgan dastlabki ma’lumotlarni berish bo‘yicha qo‘shimcha talablarni e’tiborga olish zarur.

3. Me’yoriy uslublarni takomillashtirish.

Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, ko‘priklar zilzilabardoshligini hisoblashda quyidagilar hisobga olinishi kerak:

• oraliq qurilmalari va tayanchlarni hisoblashda dempferlanishni;

• inshoot uzunligini.

Dempferlanishni hisobga olinishi ko‘prik elementlariga seysmik yuklarni baholashda prinsipial ahamiyatga ega. Ammo dempferlanishni baholash uchun me’yorlarda kam qavatli turar-joy binolari uchun aniqlangan dinamik koeffitsienti qabul qilingan [70].

Ko‘priklar – katta uzunlikdagi diskret tayanchli inshootlardir. Tayanchlar orasidagi masofa bir necha o‘n metrga, yirik ko‘priklarda esa bir necha yuz metrga etadi. Shu bilan birga, alohida tayanchlar har xil seysmogeologik sharoitlarda joylashgan bo‘lishi mumkin. Shuning uchun QMQdagi konstruksiya tayanish nuqtalarini sinxron tebranishi haqidagi asosiy gipotezasini ko‘priklarni hisoblash uchun qabul qilib bo‘lmaydi.

Ko‘priklar tayanchlari tebranishini nosinxronligini hisobga olish va ko‘prik konstruksiyalarini dempferlanish xarakteristikalarini aniqlashtirilishi QMQ qoidalari bilan ma’lum bir ziddiyatlarga olib keladi va ularni takomillashtirilishini talab etadi.

Yuqorida qayd etib o‘tilganlardan kelib chiqadiki, ko‘priklarni zilzilabardosh qurilishini me’yoriy ta’minlovi alohida yondashuvni talab etadi. Loyihalash va qurishga oid me’yoriy talablarni mavjud emasligi zilzilalar oqibatida ko‘priklarda juda katta hajmli buzilishlarga olib kelishi muqarrar. Kuchli zilzilalar natijasida transport inshootlarining turli xildagi shikastlanishlarini sabablarini batafsil o‘rganib, ularning oldini olish chora-tadbirlarini ko‘rish uchun, 4-bobda seysmik hududlarda transport inshootlari zilzilabardoshligining nazariy asoslarini tahlil qilamiz.

2.6. O‘zbekiston Respublikasi temir va avtomobil yo‘llaridagi ko‘priklarni holati va monitoringi masalalari

Hozirgi globallashgan dunyo iqtisodiyotida transport logistikasi tizimining ahamiyati juda ham kattadir. Alohida olingan bir davlatning yoki dunyo miqyosida

olingan logistika tizimini tovarlar yoki xizmatlar harakatlanayotgan qon tomirlariga qiyoslasa bo‘ladi. Hozirgi zamon talablariga javob beradigan, zamonaviy logistika tizimining qanchalik rivojlanganligi mamlakat rivojining belgilaridan biridir.

Logistika tizimining asosiy qismi sifatida temir va avtomobil yo‘llarini, bu yo‘llarda qurilgan ko‘priklarni, tonnellarni va boshqa sun’iy inshootlarni ko‘rsatib o‘tishimiz mumkin. O‘zbekiston temir yo‘llari ancha rivojlangan. Shuni bilish kerakki, O‘zbekiston temir yo‘llarni qurish ishlari keng ko‘lamda amalga oshirilgan Markaziy Osiyodagi davlatlardan deyarli yagonasidir. O‘zbekiston hukumati temir yo‘l tizimini tiklashga katta moddiy mablag‘lar ajratgan. Nukus, Urganch va Uchquduq shaharlari o‘zaro yangi temir yo‘llar bilan bog‘langan. Asosiy temir yo‘llarimizning jami uzunligi deyarli 7000 kilometrni tashkil etadi. 2019 yil ma’lumotlariga ko‘ra “O‘zbekiston temir yo‘llari” aksiyadorlik jamiyati tasarrufidagi sun’iy inshootlar quyidagicha: asosiy yo‘llar bo‘yicha 1380 ta ko‘prik (temirbeton – 1307 ta; metall – 48 ta va aralash – 25 ta)ni tashkil etadi. Temir yo‘l tonnellari 26 ta (40314,8 p.m.), piyodalar tonneli 10 ta, piyodalar ko‘priklari – 39 ta, galereyalar 5 ta, akveduklar 4 ta, quvurlar 4420 ta (metall – 485 ta, temirbeton – 3755 ta, tosh-betonli – 77 ta, aralash – 101 ta, asbestli – 2 ta), lotoklar – 386 ta, dyukerlar – 245 tani tashkil etadi. Ko‘priklarning umumiy uzunligi 41 km yaqin. Uzunligi 23,6 m gacha bo‘lgan to‘sinli uzlukli oraliq qurilmalar eng katta guruhni (96%) tashkil etadi, ularning 24 foizidan 55-85 yillar davomida foydalanilmoqda [6].

2017 y. Toshkent shahridagi yangi qurilgan ob’ektlar (Farg‘ona yo‘li ko‘chasidagi yo‘lo‘tkazgich) bilan tanishish jarayonida Prezidentimiz tomonidan ekspluatatsiyadagi avtomobil yo‘llari ko‘priklarini rekonstruksiyasi va kapital ta’mirlovlari soni va navbatini qisqa muddatlarda aniqlash masalasi qo‘yilgan edi.

Ushbu vazifalarni bajarish maqsadida 2019 yil boshida O‘zbekiston Respublikasi avtomobil yo‘llaridagi ko‘prik inshootlari inventarizatsiyadan o‘tkazilgan edi. Inventarizatsiya jarayonida avtomobil yo‘llari ko‘priklari, yo‘lo‘tkazgichlar, shaharlardagi avtoyo‘l tonnellari, ko‘chalar va avtomobil yo‘llari

tagidagi piyodalarni yer osti o‘tish joylari, o‘lchami 4,0x2,5 m bo‘lgan to‘g‘riburchak kesimli suv o‘tkazish quvurlari, ustida avtotransport vositalar qatnovi tashkillashtirilgan gidrotexnik inshootlar hisobga olingandi.

Hozirgi vaqtga kelib O‘zbekiston Respublikasining umumfoydalanish yo‘llarida 7000 dan ortiq avtomobil yo‘llari ko‘priklari ekspluatatsiya qilinmoqda. Avtomobil yo‘llaridagi ko‘prik inshootlarining umumiy soni 14331 tani tashkil qiladi, jumladan xalqaro ahamiyatdagi – 604 ta, davlat ahamiyatidagi – 2722 ta, mahalliy ahamiyatdagi – 4302 ta, Shahar va qishloq ichki yo’llari – 6703 tani tashkil etadi. Ma’lum bo‘lganidek, Respublikamizda ko‘priklarning aksariyati temirbeton ko‘priklardir [7].

Ta’kildlab o‘tish joizki, ekspluatatsiya qilinayotgan ko‘prik inshootlarining ko‘pchiligi 1960-1970 yillarda qurilganligini aytib o‘tish lozim. Shu davrda Sirdaryo, Jizzax, Navoiy, Buxoro viloyatlarida va Respublikamizning boshqa regionlarida yuqori jadallik bilan ekin yerlarini o‘zlashtirish ishlari olib borilgan edi. Taxminan shu davr mobaynida ikkinchi jahon urushidan avval yoki bevosita urushdan so‘ng qurilgan ko‘priklar qayta qurildi. Ya’ni umumiy foydalanish yo‘llarida ekspluatatsiya qilinayotgan ko‘priklarni deyarli 70 % ning xizmat muddati 40 yildan ortiq, va ularning holati asosan qoniqarli darajada emas.

O‘zbekiston Respublikasi avtomobil yo‘llaridagi ko‘prik inshootlarining ko‘pchiligi (36% ortig‘i) qoniqarsiz (avariyaviy yoki avariya oldidagi) holatdadir. Avtomobil yo‘llaridagi ko‘prik inshootlarning bunday fojiali holatining sababi ko‘priklarning xizmat muddati juda kattaligida va ko‘priklarni ekspluatatsiyasi tizimidagi kamchiliklar mavjudligidadir.

2019 y. sodir bo‘lgan suv toshqinlarining natijasida Qashqadaryo, Jizzax, Buxoro va Navoiy viloyatlarida 57 ta ko‘prik inshootlari buzilib ketgan edi. Bu ko‘priklarning aksariyatini tiklab bo‘lmaydi, demak, ular yangidan qurilishi lozim. O‘z vaqtida amalga oshirilgan diagnostika, mavjud nuqsonlarni aniqlanishi va ularni bartaraf etilishi buzilishlarning ko‘p qismini oldini olishga imkon berar edi.

30-40 yil va undan ham oldin qurilgan ko‘prik inshootlarining zilzilabardoshligini aniqlash bo‘yicha juda katta hajmdagi ishlarni amalga oshirish

lozim. Koʻprikning roʻy berishi mumkin boʻlgan zilzila natijasida ishdan chiqishi nafaqat uni tiklash yoki yangi inshootni qurish sarf-harajatlarini keltirib chiqarishi mumkin. Avariya holatida transport aloqasining boʻlmasligi qutqaruvchilar ishini qiyinlashtiradi, va oʻz vaqtida koʻrsatilmagan yordam sababli aholi orasidagi qurbonlar sonini ortishiga olib kelishi mumkin.

Keyingi yillarda qurilgan barcha koʻprik inshootlari 1970-1975yy. ishlab chiqilgan tipovoy loyihalarga muvofiq loyihalangan. Ya'ni yigʻma temirbeton toʻsinlar va plitalar qoziqli yoki ustunsimon, goho katta hajmli monolit tayanchlarga oʻrnatilgan.

Bunday koʻprik inshootlarini loyihalashda zilzilabardoshlik masalalari seysmik tirgaklarni (upor) oʻrnatishdan iborat edi. Shunda ham koʻpriklarning koʻp qismida bu talabga amal qilinmas edi. 2013-2018yy. Avtomobil yoʻllari ilmiy-tekshirish instituti UK tomonidan oʻtkazilgan koʻprik inshootlarini diagnostikasi natijalariga koʻra ekspluatatsiyadagi koʻpriklarning oraliq qurilmalarini yarmidan koʻpida seysmik tirgaklar yoʻqligi aniqlandi.

Demak, seysmik jihatdan zaifligini baholash zarurligi va shu koʻpriklarni seysmik ta'sirga qarshi kuchaytirish choralarini koʻrish masalalari koʻtariladi. Bundan tashqari, eski koʻpriklarni kuchaytirilishi va kengaytirilishi zamonaviy avtotransport vositalarini oʻtkazish uchun ham zarurdir. Koʻprik qurilishi uchastkasida grunt sharoitlarini va mikroseysmikrayonlashtirishni yetarli darajada oʻrganilmagani ham kamchiliklardan yana biri boʻladi. Bundan tashqari, koʻprik inshootlarini pasportlashtirishda ushbu koʻrstakichlardan foydalanilmaydi. Koʻpriklar pasportiga ushbu koʻrsatkichlarni kiritishda koʻprik inshootlarini seysmik jihatdan zaifligini baholash ancha oson kechadi.

Barcha koʻprik inshootlarining texnik holatini bir vaqtning oʻzida yaxshilashni iloji yoʻq. Bunga katta miqdorda sarf-xarajat va vaqt talab etiladi.

2.7. Antiseysmik choralar

Zilzilabardosh qurilish uchun kuchli zilzilalar vaqtida inshootlar holatini

tavsiflovchi mavjud ma’lumotlarning ahamiyati juda katta. Bunday ma’lumotlarni tahlili konstruksiyalarning nozik joylarini va zilzilalar ta’siriga xos shikastlanishlarni, inshootlarning zilzilabardoshligini aniqlashga, hamda loyihalashga doir tavsiyalarni va antiseysmik choralarni ishlab chiqishga imkon beradi. Kuchli zilzilalar oqibatlarini o‘rganish inshootlarning zilzilabardoshligining amaliy masalalarini ishlab chiqish uchun zarur bo‘lib, zilzilabardoshlikning umumiy nazariyasi uchun ahamiyati katta, chunki inshootlarda seysmik kuchlanishlar taqsimlanishini aniqlashga, nazariy hisoblash qoidalarini baholash me’zoni bo‘lish uchun xizmat qiladi. Yo‘l va boshqa maxsus inshootlarning zilzilabardoshlik masalalari hali ham yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Shuning uchun yo‘l inshootlarini kuchli zilzilalar vaqtidagi holatini o‘rganish inshootlarni loyihalash va qurish amaliyoti talablariga javob beradi. Yo‘l inshootlarini zilzilalar vaqtidagi holatini o‘rganish zilzilabardoshlik nazariyasining umumiy qoidalarini qo‘llanish sohalarini kengaytiradi hamda e’tiborga olinmay qolgan ayrim o‘ziga xos qonuniyatlarini ochishga imkon beradi [15].

Bular sun’iy inshootlarning seysmik shikastlanishlari haqida mavjud ma’lumotlarni batafsil o‘rganish zaruratini belgilaydi. Seysmik talafotlar haqidagi ma’lumotlar tahlili 7...9 ball kuchiga ega zilzilalar ko‘pgina inshootlarni katta zarar ko‘rishiga hamda transport harakatini izdan chiqishiga, ya’ni bir necha kundan to bir necha haftagacha butunlay to‘xtab qolishigacha olib kelishini ko‘rsatdi.

Transport harakatini buzilishi qutqaruv, favqulodda va tiklash ishlarini olib borishda qiyinchiliklarga olib keladi. Temir yo‘llarni uzoq muddatga ishdan chiqishi sanoat va qishloq xo‘jalik ishlarini murakkablashtiradi, chunki bitta dona zavodning mahsulotini o‘z vaqtida yetkazib berilmasligi o‘zaro bog‘liq korxonalar tizimining ishlab chiqarish ritmini buzilishiga olib keladi, ishlab chiqarish samaradorligini tushirib yuboradi.

Xalokatli zilzilalar hududida suv toshqini xavfi bor joylardan aholini ko‘chirish, muhim halq xo‘jaligi yuklarini olib ketish ishlarini bajarish zarur. Bu masalalarni amalga oshirish uchun seysmik hududlarda, avvalambor, ko‘priklarni zilzilalarga qarshi himoyasiga e’tibor qaratiladi.

Antiseysmik choralar S.V. Medvedev, N.V. Shebalin va ko‘pgina boshqa olimlarning seysmologiya ma’lumotlarini K.S. Zavriyev, I.L. Korchinskiy, Sh.G. Napetvaridze, S.V. Polyakov va boshqalarning zilzilabardoshlik nazariyasi bilan birgalikda qo‘llashga asoslangan. Ko‘priklarning zilzilabardoshligi bo‘yicha olib borilgan maxsus tadqiqotlar G.N. Karsivadze, V.A. Slovinskiy, V.P. Chudnetsov va boshqalar tomonidan olib borilgan.

2-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

1. Kuchli zilzilalarda ko‘priklarni shikastlanishiga misollar keltiring.
2. Sun’iy inshootlarni seysmik shikastlanish sabablarini tushuntiring.
3. Zilzilalar natijasida quvurlarning o‘ziga xos shikastlanishlariga misollar keltiring.
4. Zilzilalar natijasida tonnellarning o‘ziga xos shikastlanishlari sabablarini tushuntiring.
5. Kuchli zilzilalarda ko‘priklarni shikastlanish nazariyasiga xorijdagi qaysi olimlar hissa qo‘shishgan?
6. To‘sinli ko‘priklardagi shikastlanishlarni nechta guruhga ajratiladi?
7. Zilzilalar oqibatida ko‘prik tayanchlari va poydevorlarining xarakterli shikastlanishlari.
8. Poydevorlarning cho‘kishi va siljishi qaysi omillar bo‘yicha sodir bo‘ladi?
9. Ankerli boltlar va kallaklarning shikastlanishi.
10. Antiseysmik chora-tadbirlarga misollar keltiring.
11. Ko‘priklarning seysmik tebranishlarini asosiy o‘ziga xos xususiyatlarini aytib bering.
12. O‘zbekiston Respublikasidagi temir va avtomobil yo‘llari ko‘priklarini holati va monitoring jarayonini tushuntiring.

3-BOB. INSHOOTLAR DINAMIKASI

3.1. Inshootlar dinamik tahlilining asosiy maqsadi

Ushbu bobning asosiy maqsadi ihtiyoriy inshoot konstruksiyalarida dinamik yuklar ta’siri natijasida kelib chiqadigan kuchlanish va egilishlarni tahlil qilish uslublarini bayon etishdan iborat. Ma’lum ma’noda, bu masalaga odatda dinamik yuklarga muvofiq statik yuklanishga tegishli bo‘lgan standart hisoblash usullarini rivojlantirilishi deb qarash mumkin.

Ammo, elastik tizimlarni tahlil qilish jarayonida yukning har bir turiga bog‘liq reaksiyani ayrim-ayrim holda aniqlash uchun, qo‘yilgan yukning statik va dinamik komponentalarini alohida ko‘rib chiqish, so‘ng esa umumiy reaksiyani baholash maqsadida ikkala komponentasini birlashtirish qulaydir. Ushbu yondashuvga asoslanib, statik va dinamik hisoblash usullari xususiyatlariga ko‘ra prinsipial jihatdan bir-biridan farqlanadi deb qabul qilish, hamda ***dinamik*** degan tushunchani vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi deb ta’riflash mumkin. Shunda dinamik yukning kattaligi, qo‘llash joyi va yo‘nalishi vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi har qanday yukni ifodalaydi. Shunga o‘xshash, dinamik yukdagi tizimning reaksiyasi (natijalovchi egilish va zo‘riqishlar) ham vaqt bo‘yicha o‘zgaradi va dinamik bo‘ladi [71].

Dinamik yuklarda tizimlarning reaksiyasini hisoblash uchun prinsipial bir-biridan farqlanuvchi ikki xil ***determinallashtirilgan*** va ***nodeterminallashtirilgan*** yondashuvlar qo‘llanadi. Har bir ma’lum holda qo‘llanayotgan uslub yukni aniqlash usuliga ko‘ra tanlanadi. Yukni vaqt bo‘yicha o‘zgarishi aniq ma’lum bo‘lganda (u o‘ta o‘zgaruvchan va tabiatan nomuntazam bo‘lsa ham), uni ***(determinallashtirilgan) dinamik*** deb atashadi. Dinamik yuklanishda har qanday tizim reaksiyasini tahlili determinallashtirilgan deb hisoblanadi. Ikkinchi tomondan, yuklanishning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi to‘la-to‘kis ma’lum bo‘lmasada, ammo ehtimoliy ma’noda aniqlangan bo‘lishi mumkin bo‘lsa, bunday yuklanish ***tasodifiy dinamik yuklanish*** deb ataladi. Inshootlar reaksiyasining nodeterminallashtirilgan tahlili, mos ravishda, tasodifiy dinamik yuklanishlari

tahlili kabi bo‘ladi.

Odatda, har qanday dinamik yuklanishda inshootlar reaksiyasi konstruksiyalarning ko‘chishi ko‘rinishida namoyon bo‘ladi. Shuning uchun, determinallashtirilgan tahlil yuklanishning belgilangan jarayoniga mos ko‘chishlarni vaqtga ko‘ra o‘zgarishini aniqlashga imkon yaratadi. Inshootlarning zo‘riqish, deformatsiya, ichki kuchlanishlar va shu kabi determinallashgan reaksiyaning boshqa parametrlari avvalroq hisoblab topilgan ko‘chishlarning taqsimlanishidan kelib chiqqan holda hisob-kitoblarni ikkinchi bosqichida aniqlanadi. Nodeterminallashgan hisob-kitob statistik usulda aniqlangan yuklanishdagi ko‘chishlarni ehtimoliy nuqtai nazardan ifodalanishiga olib keladi. Bu holda reaksiyaning ko‘chishlarni vaqt bo‘yicha o‘zgarishi hisoblanmaydi, va uning boshqa (zo‘riqish, ichki kuchlanish va sh.k.) parametrlari ko‘chishlarni aniqlash natijalaridan emas, balki bevosita determinallashgan hisoblashlar bo‘yicha aniqlanishi kerak [71].

3.2. Dinamik yuk turlari

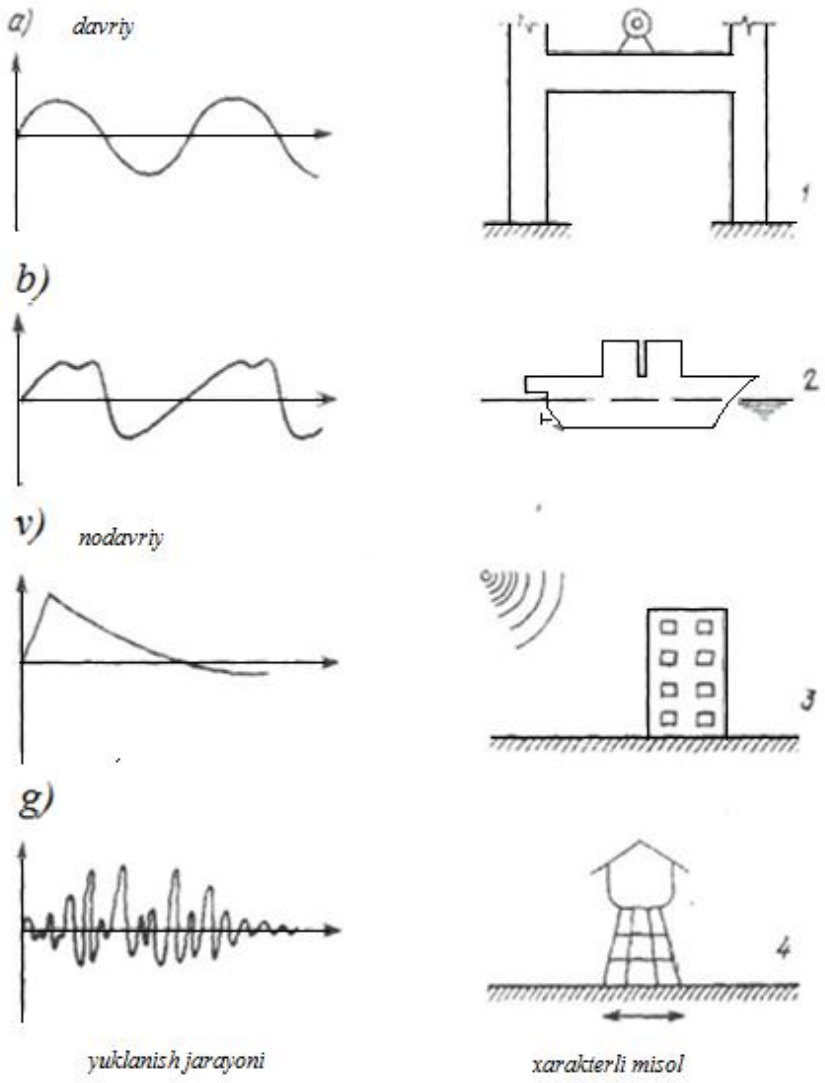
Har qanday qurilish konstruksiyasi ekspluatatsiya jarayonida u yoki bu dinamik yuklarga duch kelishi mumkin. Hisoblashlarni amalga oshirish uchun determinallashgan yuklanishlarni ***davriy*** va ***nodavriy***larga ajratgan ma’qul.

Yuklanishlarning ayrim o‘ziga xos turlari hamda ularni kelib chiqish manbalari 3.1-rasmda keltirilgan.

Davriy yuklar – bu ko‘p sonli sikllardagi takrorlanishning vaqt oralig‘i bir xil bo‘lgan takroriy yuklanishlardir (3.1, *a*,*b*-rasm). Eng oddiy davriy yuklanish – bu ***oddiy garmonika*** deb ataluvchi sinusoidal ta’sirdir (3.1, *a*–rasmga q.).

Bunday yuklar massasi notekis taqsimlangan vibratsion mashinalarga xos. Davriy yuklarning boshqa turlari odatda murakkabroq bo‘ladi, masalan, kema vintlaridan tushadigan gidrodinamik bosim yoki qaytish-olg‘a yurish harakatli jihozlardan tushadigan inersion yuklanishlar. Ammo Fur’e tahlili yordamida har qanday davriy yuk oddiy garmonik tashkil etuvchilarning yig‘indisi ko‘rinishida

ifodalangan. Shunda har qanday davriy yukdagi reaksiyaning tahlili umuman olganda, umumiy bir xildagi uslublarda amalga oshiriladi [9, 71].



3.1-rasm. Tipik dinamik yuklar tavsifi va manbasi: a – oddiy garmonik; b – murakkab; v – impulsiv; g – uzoq muddatli; 1–binodagi vibratsiyalash uskunalari; 2 – kema vintlarini aylanishidan kelib chiquvchi yuklanish; 3 – bomba portlashi natijasida binoga ta'sir etuvchi yuklanish; 4 – suv minorasiga seysmik ta'sir

Nodavriy yuklar qisqa muddatli impulsiv, yoki umumiy tipdagi uzoq muddatli bo‘lishi mumkin.

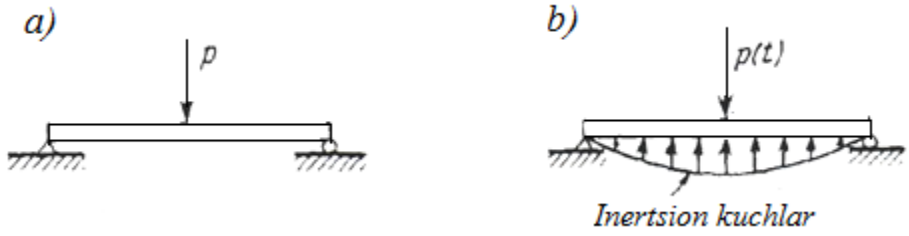
Portlash – impulsiv yuklanishning o‘ziga xos manbasi. Shunga o‘xshash qisqa muddatli yuklanishlar uchun maxsus soddalashtirilgan hisoblash usullaridan

foydalanish mumkin. Boshqa tomondan, har qanday uzoq davom etuvchi yuklanish, masalan, zilzila ta’siri, faqat umumiy dinamik tahlil usullari yordamida o‘rganib chiqilishi mumkin.

3.3. Inshootlar dinamikasi masalalarining asosiy tavsiflari

Inshootlarni dinamik hisoblanishi statik hisoblashdan ikkita muhim jihatlari bilan farqlanadi. Birinchidan, yuklanish va reaksiya vaqt bo‘yicha o‘zgarib boradi. Shu bois, dinamik masala statik masala kabi bitta yagona yechimga ega bo‘lmaydi.

Shuning uchun, inshoot reaksiyasini aniqlashda e’tiborga loyiq barcha vaqt momentlariga (lahzalariga) mos yechimlarning ketma-ketligini tanlab olish darkor. Shunday qilib, dinamik hisoblash statik hisoblashlarga nisbatan ancha murakkab va mehnattalab. Statik va dinamik masalalar orasidagi boshqa yanada kattaroq tafovut 3.2-rasmda tasvirlangan.



3.2-rasm. Statik (a) va dinamik (b) yuklanishlar orasidagi asosiy tafovut

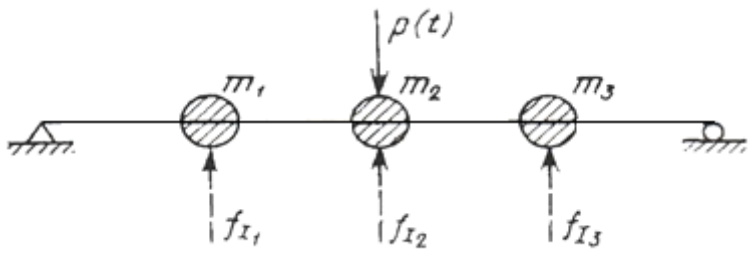
Agar sharnir orqali tiralgan to‘sin statik kuch *p* bilan yuklangan bo‘lsa (3.2,a-rasm), uning ichki momentlari hamda kesuvchi kuchlari, egilish shakli faqat berilgan kuchga bog‘liq bo‘lib, kuchlanishlar muvozanati tamoyillaridan kelib chiqqan holda hisoblanishi mumkin. Agar yuklanish *p(t)* dinamik bo‘lsa (3.2,*b*-rasmga q.*)*, to‘sin ko‘chishlari inersiya kuchlari keltirib chiqargan tezlanishlar orqali topiladi. Shunday qilib, to‘sindagi ichki momentlar va kesuvchi kuchlar (3.2,*b*-rasm) nafaqat qo‘yilgan tashqi yuklanishni, balki to‘sin tezlanishida vujudga keladigan inersiya kuchlarini muvozanat holatga keltirishi lozim. Tizim tezlanishlariga qarshilik qiluvchi inersiya kuchlari inshootlar dinamikasi

masalalarining boshqalardan ajratib turadigan juda muhim ko‘rsatkichidir. Odatda, agar inshoot ichki elastiklik kuchlari bilan muvozanatlanuvchi inersiya yuklanishlari umumiy yuklanishlarning ancha katta qismini tashkil etsa, masalaning dinamik xususiyati uni yechish jarayonida hisobga olinishi kerak. Agar tizimning harakati inersiya kuchlari e’tiborga olinmaydigan darajada sust bo‘lsa, inshootning yuklanishi bilan reaksiyasi vaqt davomida o‘zgaruvchan bo‘lsa ham, vaqtning ihtiyoriy momenti (payti yoki lahzasi) uchun statik hisoblash usulini qo‘llash mumkin [71].

3.4. Diskretlash usullari

Mujassamlashgan massalar usuli.

Dinamik tizimni (3.2,b-rasm) hisoblash ishlari inersiya kuchlari konstruksiyalarning ko‘chishiga bog‘liq bo‘lgani sababli ancha murakkablashadi, bu ko‘chishlar esa, o‘z navbatida, inersiya yuklanishlari kattaligi bilan belgilanadi. Ushbu sabab va oqibatlarning yopiq sikli faqatgina bevosita differensial tenglamalar shaklidagi masalani ko‘rib chiqish orqali yechilishi mumkin. Bundan tashqari, to‘sin massasi uzluksiz ravishda uning uzunasi bo‘ylab taqsimlanganligi sababli, inersiya kuchlarini hisoblash uchun to‘sin o‘qining har bir nuqtasi uchun ko‘chish va tezlanishlar aniqlanishi kerak. Oraliq bo‘ylab joylashgan koordinata va vaqt o‘zaro bog‘liq emas o‘zgaruvchan sonlar deb qabul qilinishi bois, masala xususiy hosilali differensial tenglamalar ko‘rinishida ifodalanadi.



3.3-rasm. Massalari bir joyga mujassamlashgan model ko‘rinishida keltirilgan oddiy to‘sin

Agar to‘sin massasi bir nechta diskret nuqtalarda jamlangan bo‘lsa (3.3-rasm), masala ancha oson yechiladi, chunki inersiya kuchlari faqat massalar jamlangan nuqtalar uchun hisoblanishi mumkin. Bunda tizim ko‘chish va tezlanishlarini ham faqat ushbu diskret nuqtalar uchun ko‘rib chiqilishi mumkin bo‘ladi. Inshootning barcha inersiya kuchlarini tasvirlash uchun hisobga olinishi zarur bo‘lgan ko‘chish komponentalari soni ***erkinlikning dinamik darajalari soni***, deb ataladi. Masalan, uchchala massasi ham faqat vertikal yo‘nalishda siljiy oladigan qilib qistirib qo‘yilgan tizim (3.3-rasm) uchta erkinlik darajasiga ega. Agarda ushbu massalar bir joyda jamlanmagan, ammo burilishda oxirgi inersiyaga ega bo‘lsa, uchta nuqtada burilish joyidagi ko‘chishlarni ham e’tiborga olish kerak, shunda to‘sin oltita erkinlik darajasiga ega bo‘lgan tizimga aylanadi. Agar shunda to‘sinning o‘q bo‘yicha va unga parallel joylashgan deformatsiyalari hisobga olinsa, to‘sinni to‘qqizta erkinlik darajasiga ega tizim deb qabul qilish lozim. Inshoot uch o‘lchamli fazoviy deformatsiyalanishi mumkin bo‘ladigan umumiy hollarda har bir massa oltita erkinlik darajasiga, butun inshoot esa – o‘n sakkizta erkinlik darajasiga ega bo‘ladi. Agar massalar nuqtalarda burilish inersiya momentlarini e’tiborga olmasa ham bo‘ladigan holatda jamlanadigan bo‘lsa, uch o‘lchamli tizim to‘qqizta erkinlik darajasiga ega bo‘ladi. Yuqoridagilardan ko‘rinadiki, taqsimlangan massali tizim (3.2,*b*-rasm) cheksiz sonli erkinlik darajalariga ega bo‘ladi [71, 72].

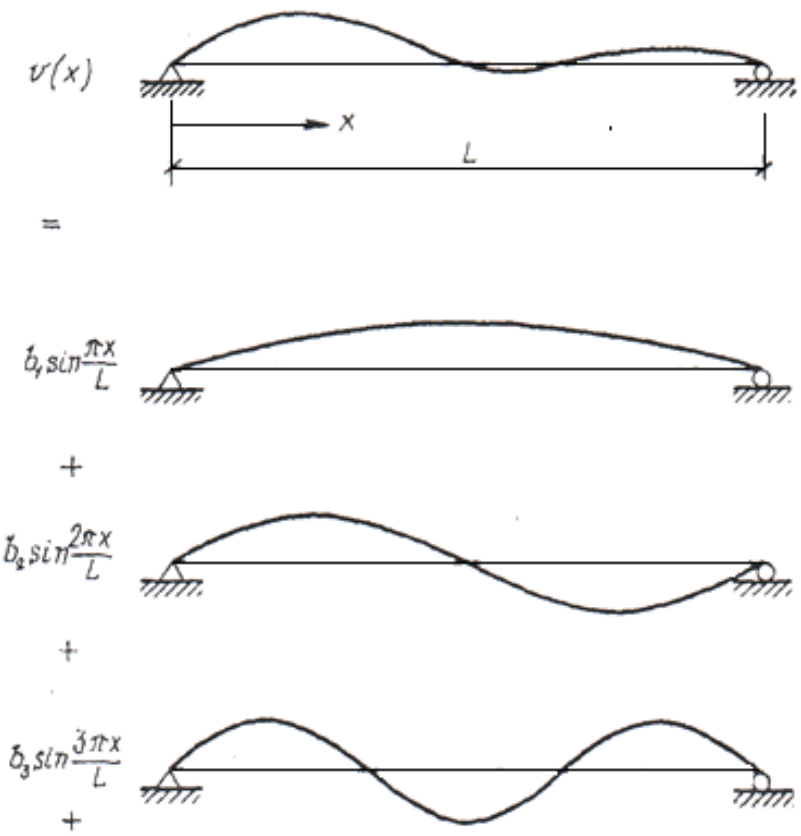
Umumlashtirilgan ko‘chishlar.

Yuqorida keltirilgan bir joyda jamlangan massali model, inshootlar dinamikasi masalalarini yechish jarayonida ko‘rib chiqilishi zarur bo‘lgan oddiy erkinlik darajalari sonini cheklash usulidir. Massalari bir joyga jamlangan model, butun massaning aksariyat qismi haqiqatan ham bir nechta diskret nuqtalarida jamlangan tizimlarni tahlil qilishda eng muvofiqlaridandir. Shunda inshoot massasini ham ushbu diskret massalarga kiritilgan deb faraz qilish mumkin, inshootning o‘zini esa vaznsiz deb qabul qilinadi.

Tizim massasi bir tekisda taqsimlanganida, erkinlik darajalari sonini

cheklashga oid alternativ yondashuv afzalroqdir. Bu usul inshootning egilish shakli ko‘chishlarning oddiy shakllar yig‘indisi ko‘rinishida ifodalanishi mumkin degan tahminga asoslanadi. Shunda bunday shakllar inshootning ko‘chish koordinatalari bo‘lib qoladi. Bunday yondashuvga oddiy misol sifatida sharnirli tiralgan to‘sinning egilishini trigonometrik funksiyalar bilan ifodalaymiz. Bunda egilish 3.4-rasmda ko‘rsatilgan mustaqil sinusoidalar yig‘indisi shaklida yoki quyidagi matematik shaklda ifodalanadi:

$$\upsilon(x) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin\frac{n\pi x}{L}, \tag{3.1}$$



3.4-rasm. Sinusoidalar qatori ko‘rinishida keltirilgan sharnirli tayangan to‘sinning egilishi

Egilishning belgilangan chegaraviy shartlarga bog‘liq bo‘lgan har qanday shakli bunday sinusoidalarning cheksiz qatori bilan ifodalanadi. Ushbu sinusoidalar amplitudasi tizim koordinatalari sifatida qabul qilinishi mumkin,

haqiqiy to‘sinni erkinlik darajalarining cheksiz soni esa qator hadlarining cheksiz soni sifatida taqdim etiladi. Bunday yondashuvning ustunligi haqiqiy to‘sinning egilish shaklini garmonik qator hadlarini cheklash yo‘li bilan yaxshiroq approksimatsiyalash mumkinligida. Shunday qilib, erkinlik darajasi uchga teng bo‘lgan tizim qatorning faqat uchta hadi bilan ifodalanadi.

Agar ko‘chishlarning sinusoidal shakllari mazkur misol uchun ihtiyoriy tanlash natijasi deb qabul qilinsa, bunday yondashuv keyinchalik umumlashtirilishi mumkin. Umumiy holda $\psi_n(x)$ larning geometrik chegaralanish shartlariga javob beruvchi har qanday shakllari qabul qilinishi mumkin, agar ular qo‘sh ko‘chishlarni ta’minlay olsa. Shunda har qanday bir o‘lchamli tizimning ko‘chishlari uchun umumiy ifoda quyidagi ko‘rinishga keltirilishi mumkin [72]:

$$\upsilon(x) = \sum_n Z_n \psi_n(x) . \qquad (3.2)$$

Ko‘chish funksiyalari $\psi_n(x)$ ning ihtiyoriy berilgan tizimi uchun inshoot tebranishlarining umumiy shakli ***umumlashtirilgan koordinatalar*** deb qabul qilish mumkin bo‘lgan Z_n amplitudalarga bog‘liq. Tahminiy shakllar soni ayni model uchun hisobga olinuvchi erkinlik darajalari sonini tavsiflaydi.

Odatda, bir joyga jamlangan massalar usulini qo‘llashdan ko‘ra, deformatsiya shakllari usulidan foydalanish yo‘li bilan dinamik hisoblashda erkinlik darajalarining belgilangan soni uchun yuqoriroq aniqlik darajasiga erishish mumkin. Ammo, har bir qo‘shimcha erkinlik darajasini kiritib umumlashtirilgan koordinatalarni qo‘llaganda, hisoblash hajmi ortib borishini unutmaslik kerak.

Chekli elementlar usuli.

Hozirgi kunda har qanday inshootning ko‘chishlarini ko‘chish koordinatalarining chekli soni orqali ifodalashning uchinchi usuli qo‘llanmoqda. Bu usul, ham mujassamlashgan massalar usuli, ham umumlashtirilgan koordinatalar usuli xususiyatlarini birlashtirgan. Chekli elementlar usuli (ChEU) asosida ishlab chiqilgan mazkur usul tizimning qulay va asoslangan modelini

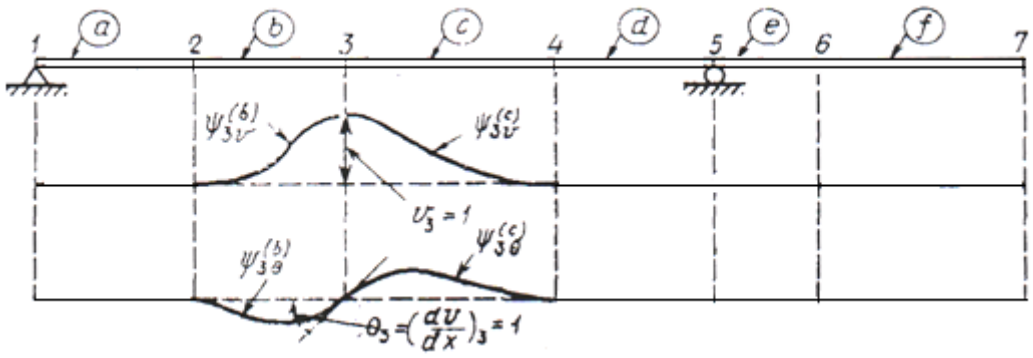
yaratishga imkon beradi, hamda EHM da bajariladigan hisoblashlarda ayniqsa samaralidir.

Chekli elementlar ko‘rinishidagi model barcha turdagi inshootlarda (tarkibiga bir o‘lchamli elementlar birikmalari (to‘sinlar, ustunlar va h.k.)) kiritilgan ramali konstruksiyalarda, ikki o‘lchamli komponentalardan iborat plita va qobiq tipidagi tizimlarda, hamda umumiy turdagi uch o‘lchamli jismlarda qo‘llanishi mumkin. Oson bo‘lishi uchun chekli elementning faqat bir o‘lchamli modelini ko‘rib chiqamiz. Ammo bunday yondashuv ikki yoki uch o‘lchamli tizimlarni tahlil qilish uchun rivojlantirilishi mumkin.

Har qanday inshootni, masalan, 3.5-rasmdagi to‘sinni chekli elementlar tizimi ko‘rinishida ifodalashning dastlabki bosqichi inshootni tegishli elementlar soniga ajratishdan iborat. Ularning o‘lchamlari ihtiyoriy bo‘lishi muumkin. Elementlar bir xil yoki har xil o‘lchamlarga ega bo‘lishi mumkin [71].

Elementlarni bir-biriga bog‘lovchi uchlari *tugun nuqtalar* deb ataladi. Ushbu tugun nuqtalarning ko‘chishlari inshootni umumlashtirilgan koordinatalari sifatida qabul qilinadi.

Inshootning umumiy ko‘chishini umumlashtirilgan koordinatalar orqali ko‘chish funksiyalarining tegishli to‘plami yordamida, hamda (3.2)-ifodalardan foydalanib shakllantiramiz, bunda ko‘chish funksiyalari ***interpolyatsiyali*** deb ataladi, chunki ular qayd etilgan tugun ko‘chishlar orasidagi deformatsiyalar shaklini belgilab beradi.



3.5-rasm. To‘sin uchun tipovoy chekli element koordinatalari

3.5-rasmda misol tariqasida rasm tekisligida ko‘ndalang ko‘chishlarni hosil qiladigan 3-nuqtaning ikkita erkinlik darajasi bilan bog‘liq interpolyasiya funksiyalari ko‘rsatilgan. Umuman olganda, ushbu interpolyatsiya funksiyalari tugunlardagi ko‘chishlar keltirib chiqaradigan va ko‘chishlar geometriyasiga javob beruvchi har qanday uzluksiz egrilikka taqdim etilishi mumkin. Bir o‘lchamli elementlar uchun bir jinsli to‘sindagi tugun ko‘chishlarni keltirib chiqaradigan to‘sin funksiyalari ko‘rinishidagi tebranishlar shaklini qabul qilsa bo‘ladi (ular Ermit kubik polinomi bo‘lib, 3.5-rasmda ko‘rsatilgan). Ushbu usulda qo‘llangan ko‘chish funksiyalari oldindan belgilangan talablarga javob bergani bois, ChEU usulidagi koordinatalar maxsus umumlashtirilgan koordinata tizimi ekanligiga shubha yo‘q. Bunaqa yondashuvning afzalliklari quyidagilardan iborat [71]:

1. Umumlashtirilgan koordinatalarning ihtiyoriy istalgan sonini inshootni chekli elementlarning tegishlicha soniga ajratish orqali qo‘llash mumkin.
2. Chekli elementlar uchun ko‘chish funksiyalari bir xil bo‘lishi mumkinligi sababli hisoblash jarayoni ancha soddalashadi.
3. Ushbu yondashuv jarayonida qo‘llanadigan tenglamalar o‘zaro uncha ko‘p bog‘lanmagan, chunki har biri tugundagi ko‘chishlar faqat qo‘shni elementga ta’sir ko‘rsatadi, buning natijasida esa hisoblashlar yanada soddalashadi.

Umuman olganda, ChEU usuli – har qanday qurilish konstruksiyasining ko‘chishlarini diskret koordinatalar tizimi yordamida ifodalashning eng samarali usulidir.

3.5. Dinamik harakat tenglamalarni keltirib chiqarish usullari

Yuqorida qayd etib o‘tilganidek, inshootlar dinamikasining determinallashgan tahlilining asosiy vazifasi belgilangangan o‘zgaruvchan yuklanish ostida berilgan tizim ko‘chishlarini vaqt davomida o‘zgarishining o‘ziga xos tomonlarini aniqlashdan iborat. Ko‘p hollarda erkinlik darajalarini chegaralangan sonini hisobga olib amalga oshirilgan tahlilining aniqligi yetarlicha bo‘ladi, shuning uchun vazifa faqat ko‘chishlarning tanlab olingan komponentlarining vaqtinchalik

funksiyalarini tahlil qilishdan iborat bo‘ladi. Dinamik ko‘chishlarni hisoblashga oid matematik ifodalar inshoot ***dinamik harakati tenglamalari*** deyiladi. Bu tenglamalarni yechish natijasida ko‘chishlarni izlanayotgan vaqt bo‘yicha o‘zgarish funksiyalarini aniqlash mumkin [72].

Dinamik tizimning harakat tenglamalarini ishlab chiqish jarayoni, nazarimizda, butun tahlilning eng muhim (goho eng qiyin) bosqichidir. Mazkur ishda tenglamani yechishda uchta har xil usuldan foydalaniladi, shu bilan birga usullarning har biri ma’lum turkumga oid masalalarni yechishda bir qancha afzalliklarga ega. Keltirilgan usullarning har birini asosiy prinsiplari quyida ko‘rib chiqiladi.

Dalamber prinsipiga asoslangan muvozanat usuli

Ihtiyoriy dinamik tizimning harakat tenglamalari Nyutonning ikkinchi qonuni ifodalaydi, bunda ihtiyoriy massa impulsining o‘zgarish tezligi shu massaga ta’sir etuvchi kuchga teng deb aytilgan. Matematik ko‘rinishda ushbu ta’rif quyidagi differensial tenglama shaklida ko‘rsatiladi:

$$p(t) = \frac{d}{dt}\left(m\frac{dv}{dt} \right), \tag{3.3}$$

bunda *p (t)* – qo‘yilgan kuch vektori; *v (t)* – massa koordinatalari vektori, *t.*

Inshootlar dinamikasining aksariyat masalalari uchun massani vaqt bo‘yicha o‘zgarmas deb qabul qilish mumkin. Shunda (3.3)-tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$p(t) = m\frac{d^2v}{dt^2} = m\ddot{v}(t), \tag{3.4}$$

bu yerda nuqtalar vaqt bo‘yicha differensialini belgilaydi.

(3.4)-tenglama jismga ta’sir etayotgan kuch massaning tezlanishga ko‘paytmasiga teng ekanligini ifodalaydi, ya’ni:

$$p(t) - m\ddot{v}(t) = 0. \qquad (3.5)$$

Ushbu tenglamada ikkinchi qo‘shiluvchi $m\ddot{v}(t)$ ***inersiya kuchi*** deb ataladi va massa tezlanishiga qarshilik ko‘rsatadi.

Massaning o‘z tezlanishiga mutanosib va yo‘nalishiga qarama-qarshi bo‘lgan inersiya kuchini keltirib chiqaradi degan ***Dalamber prinsipidan*** inshootlar dinamikasi masalalarida keng ko‘lamda foydalaniladi, chunki u dinamik muvozanat shartlariga asosan harakat tenglamalarini ishlab chiqishga imkon yaratadi. Kuch *p(t)* tarkibida massaga qo‘yilgan turli xil kuchlar: ko‘chishlarga qarama-qarshi yo‘nalgan elastik qarshilik; ko‘chish tezliklariga qarshilik ko‘rsatuvchi so‘ndiruvchi kuchlar, hamda mustaqil belgilangan tashqi kuchlar bo‘lishi mumkin. Shunday qilib, tizim tezlanishlariga qarshilik ko‘rsatuvchi inersiya kuchi kiritilsa, harakat tenglamasi massaga qo‘yilgan barcha kuchlarning muvozanat shartini ifodalaydi. Aksariyat sodda masalalar uchun harakat tenglamalarini ishlab chiqishga oid keltirilgan usul eng sodda va qulay usuldir.

Mumkin bo‘lgan ko‘chishlar prinsipi.

Inshootning konstruktiv sxemasi ancha murakkab bo‘lib, tarkibida massalar yoki chekli o‘lchamga ega jismlar jamlangan bir nechta o‘zaro bog‘langan bir qator nuqtalardan tashkil topgan bo‘lsa, kuchlar tizimiga ta’sir etuvchi barcha kuchlarning muvozanat shartlarini bevosita aniqlash jarayoni qiyinroq kechadi. O‘zgaruvchan kuchlar ko‘pincha erkinlik darajasi bo‘yicha ko‘chishlar orqali ifodalashga imkon beradi, ammo ularning muvozanat shartlarini qayd etilishi o‘ta murakkabdir. Bunda harakat tenglamalarini yechish uchun muvozanat shartlari o‘rniga mumkin bo‘lgan (virtual) ko‘chishlar prinsipini qo‘llash mumkin.

Mumkin bo‘lgan ko‘chishlar prinsipi quyidagicha ta’riflanadi. Agar bir nechta kuchlar ta’siri ostida bo‘lgan tizim mumkin bo‘lgan ko‘chishga, ya’ni chegaraviy shartlarga muvofiq ihtiyoriy har qanday ko‘chishga duchor bo‘lsa, shu ko‘chishda ishtirok etuvchi barcha kuchlarning ishi nolga teng bo‘ladi. Shubhasiz, mazkur prinsipga ko‘ra, tizimni mumkin bo‘lgan ko‘chishidagi kuchlar ishi nolga teng bo‘lishi muvozanat shartiga ekvivalentdir. Shuning uchun, dinamik tizim

tenglamalarini quyidagi yo‘llar bilan hosil qilish mumkin:

1) tizim massalariga qo‘yilgan barcha kuchlarni, jumladan, Dalamber prinsipiga asosan topiladigan inersiya kuchlarini aniqlash;

2) har bir erkinlik darajasiga mos bo‘lgan mumkin bo‘lgan (virtual) ko‘chishlarni kiritish, hamda barcha kuchlar ishini nolga tenglash.

Bunday **yondashuvning eng afzal tomoni** mumkin bo‘lgan ko‘chishlardagi kuchlarning qo‘shiluvchilari – skalyar kattaliklar bo‘lishida, va ularning algebraik yig‘indisini olish mumkinligida, shu bilan birga inshootga ta’sir etuvchi kuchlar vektor bo‘ladi va ular ham jamlanishi mumkin, faqat vektor tahlili qoidalariga binoan [71].

Gamilton prinsipi. Muvozanatning vektor tenglamalarini ishlab chiqilishini talab etmaydigan yana bir usul mavjud. Masalaning variatsion qo‘yilishida energiyaning skalyar miqdorlaridan foydalanishdan iborat. Eng ko‘p tarqalgan ***variatsiya usuli*** – quyidagicha ifodalanishi mumkin bo‘lgan ***Gamilton prinsipidir***:

$$\int_{t_1}^{t_2} \delta(T - V)dt + \int_{t_1}^{t_2} \delta W_{nc} dt = 0 \quad , \qquad (3.6)$$

bunda T – tizimning umumiy kinetik energiyasi; V – tizimning potensial energiyasi, uning tarkibida ham deformatsiya energiyasi, ham ihtiyoriy tashqi konservativ kuchlar potensiali mavjud; W_{nc} – tizimga ta’sir etuvchi nokonservativ kuchlar, shu jumladan so‘nish va boshqa ihtiyoriy tashqi yuklanishlar bajargan ish; δ – ma’lum vaqt oralig‘i uchun variatsiya.

Gamilton prinsipi kinetik va potensial energiyasi bilan nokonservativ kuchlar ishining variatsiyasi t_1 dan t_2 gacha bo‘lgan har qanday vaqt oralig‘ida nolga teng bo‘lishi kerakligini ta’kidlaydi. Ushbu usuldan foydalanishda ihtiyoriy berilgan tizim uchun bevosita harakat tenglamasini keltirib chiqarishga imkon yaratiladi. Mazkur usul mumkin bo‘lgan ko‘chishlar prinsipidan farqi shundaki, uning ta’rifiga inersiya va elastik kuchlar kiritilmaydi. Ularning o‘rniga tegishli ravishda kinetik va potensial kuchlar qiymati hisobga olinadi. Shunday qilib, bu usulning

afzalligi shundaki, u energiyalarning faqat sof skalyar kattaliklarini ko‘rib chiqadi, mumkin bo‘lgan ko‘chishlar usulida esa barcha kuch va ko‘chishlar skalyar kattaliklar bilan tavsiflanganda ham xususiyatiga ko‘ra vektorli bo‘ladi.

Gamilton prinsipi inshootlar statikasiga oid masalalarni yechishda ham qo‘llanishi mumkin. Bunda kinetik energiya qiymati T e’tiborga olinmaydi, (3.7) tenglamaning qolgan hadlaridagi integral osti ifodalari esa vaqt bo‘yicha invariantli bo‘ladi. Shunday qilib, tenglama quyidagi shaklga

$$\delta(V - W_{nc}) = 0, \tag{3.7}$$

ya’ni statik tahlillarda keng foydalaniladigan hammaga ma’lum potensial energiya minimumi prinsipining shakliga keltiriladi.

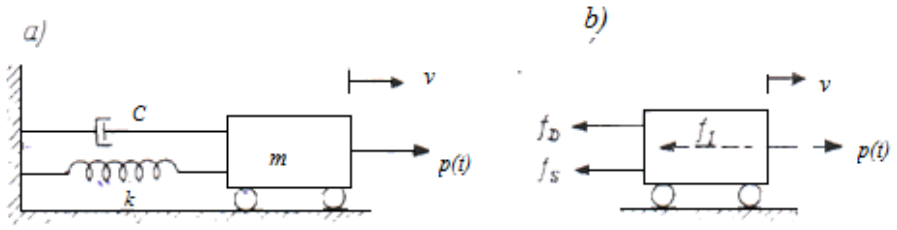
Shunday qilib, dinamik tizim harakati tenglamalari uchchala usulning har biri yordamida shakllantirilishi mumkin. Tizimdagi barcha kuchlarning, shu jumladan Dalamber prinsipi bo‘yicha topiladigan inersiya kuchlarining dinamik muvozanati usuli ulardan eng oddiysidir. Ammo, yanada murakkabroq, ayniqsa massalari taqsimlangan va elastik kuchga ega tizimlar uchun, vektor kattaliklarining muvozanat shartlarini bevosita qayd etilishi oson bo‘lmasligi mumkin, shunda ish va energiyaning skalyar kattaliklarini aniqlash qulayroq. Yanada oqilona usul mumkin bo‘lgan (virtual) ko‘chishlar prinsipiga asoslangan bo‘lib, unga ko‘ra tizimga ta’sir etuvchi kuchlar bevosita hisoblab topiladi, harakat tenglamalari esa bu kuchlarning mumkin bo‘lgan ko‘chishlarda bajaradigan ishlarining ifodasidan chiqariladi. Ikkinchi tarafdan, Gamilton prinsipi bo‘yicha energiya uchun topilgan ifodalarda tizimdagi inersiya va konservativ kuchlardan bevosita foydalanilmaydi, ularning o‘rniga tizimning kinetik va potensial energiya variatsiyalari hisobga olinadi [71].

Uchchala usullarning hammasi ham bir xil qiymatga ega bo‘lib, bir xil dinamik harakat tenglamalarini keltirib chiqarishga imkon beradi. Odatda, aniq bir holat uchun usulni tanlash dinamik tizim tipiga bog‘liq va uni tadqiqotchining o‘zi shaxsan tanlab oladi.

3.6. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimlar. Harakat tenglamalarini keltirib chiqarish

3.6.1. Asosiy dinamik tizimning tarkibiy qismlari

Dinamik yuklar berilgan har qanday chiziqli-elastik konstruktiv tizimning asosiy fizik parametrlari – bu ularning *massasi*, *elastiklik xususiyatlari* (elastiklik yoki bikirlik), *energiya sarflash mexanizmi* yoki *so‘nish va qo‘zg‘atish* yoki ta’sir etishlarning tashqi manbalaridir. Parametrlarining har biri mujassamlashgan model erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimning eng sodda modeli deb hisoblanadi (3.6, *a*-rasm) [71].



3.6-rasm. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizim modeli:
a – asosiy elementlar; b – tenglashtirilgan kuchlar

Ushbu tizimning butun massasi ***t*** qattiq blokda jamlangan. Roliklar blokni faqat olg‘a tomon harakatlana oladigan qilib chegaralab qo‘yadilar, shunda birgina ko‘chish koordinatasi *v* massa holatini to‘liq belgilab beradi. Ko‘chishga elastik qarshilikni bikirligi ***k*** ga teng vaznsiz prujina ta’minlab beradi, energiyani yo‘qotish mexanizmi bo‘lib dempfer ***c*** xizmat qiladi. Mazkur tizimda dinamik reaksiyani keltirib chiqaruvchi tashqi ta’sir vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi yuklanish *p(t)* ko‘rinishida qabul qilingan.

3.6.2. Harakat tenglamalarini keltirib chiqarish usullari

Muvozanat usuli. 3.6,a-rasmda ko‘rsatilgan tizimning harakat tenglamasi 3.5-

bo‘limda ko‘rib chiqilgan uchchala usulning ihtiyoriysidan foydalanib chiqarilishi mumkin. Ammo, aynan shu eng sodda hol uchun tenglamani ishlab chiqishning eng sodda yo‘li – bevosita massaga ta’sir etuvchi barcha kuchlar muvozanatini ifodasidan foydalanishdan iborat. 3.6,*b*-rasmdan ko‘rinadiki, erkinlik darajasi bo‘ylab ko‘chish yo‘nalishida ta’sir etuvchi kuchlar berilgan yuklanish *p(t)* hamda harakat keltirib chiqaruvchi uchta kuch: inersiya kuchi f_i, dissipativ kuch f_D va elastik prujina kuchi f_s lardan tashkil topgan. Shunday qilib, ushbu kuchlar muvozanatining harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$f_i + f_D + f_s = p(t). \tag{3.8}$$

Tenglamaning chap tomonidagi har bir kuch ko‘chish funksiyasi *v* yoki uning hosilalari bilan ifodalanadi. Bu kuchlarning musbat yo‘nalishi ko‘chish yo‘nalishiga qarama-qarshi joylashgan, chunki ular qo‘yilgan tashqi yuklanishlarga qarshilik ko‘rsatadi. Dastlab elastik kuchlarni ko‘rib chiqamiz. U prujina bikirligini ko‘chishga ko‘paytmasi bilan tavsiflanadi, ya’ni

$$f_s = k\upsilon. \tag{3.9,a}$$

Shunga o‘xshash Dalamber prinsipiga asosan inersiya kuchi – bu massani tezlanishga ko‘paytmasi bo‘ladi.

$$f_I = m\ddot{\upsilon}. \tag{3.9,b}$$

Va, nihoyat, yopishqoq so‘nishda so‘nish kuchi so‘nishning o‘zgarmas soni *s* ni tizim tezligiga bo‘lgan ko‘paytmasiga teng

$$f_D = c\dot{\upsilon}. \tag{3.9,v}$$

(3.9, *a*, *b*, *v*) ifodalarni (3.8) tenglamaga qo‘ygandan so‘ng, ko‘rilayotgan erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimning harakat tenglamasiga ega bo‘lamiz.

$$m\ddot{\upsilon}+c\dot{\upsilon}+k\upsilon=p(t). \qquad (3.10)$$

Mumkin bo‘lgan ko‘chishlar prinsipi. Bu harakat tenglamani olish uchun mumkin bo‘lgan ko‘chishlar prinsipini qo‘llanishini ko‘rib chiqamiz. Massaga ta’sir etuvchi kuchlar 3.7,*b*-rasmda ko‘rsatilgan. Agar massa virtual (mumkin bo‘lgan) ko‘chish $\delta\upsilon$ ga chalinsa (tizimga qo‘yilgan bog‘lanishlarga mos keluvchi yagona ko‘chish), bu kuchlarning har biri ishlaydi. Shunda umumiy ishni quyidagi formula orqali ifodalash mumkin

$$-f_I\delta\upsilon-f_D\delta\upsilon-f_s\delta\upsilon+p(t)\delta\upsilon=0, \qquad (3.11)$$

Bunda, manfiy belgilar kuchning mumkin bo‘lgan ko‘chishga qarama-qarshi yo‘nalganligini bildiradi.

(3.9, a, b, v) tenglamani (3.11) qo‘ysak, va $\delta\upsilon$ qovus tashqarisiga chiqarsak, quyidagiga erishamiz:

$$[m\ddot{\upsilon}-c\dot{\upsilon}-k\upsilon+p(t)]\delta\upsilon=0, \qquad (3.12)$$

$\delta\upsilon$ nolga teng bo‘lmagani bois, (3.12) ifodadan (3.10) keltirib chiqarish mumkin.

Gamilton prinsipini qo‘llash. Natijada mazkur tizimning harakat tenglamasini Gamilton prinsipi yordamida chiqarish mumkin (3.14-tenglama). Ta’rifga ko‘ra tizimning kinetik energiyasi:

$$T=\frac{1}{2}m\dot{\upsilon}^2, \qquad (3.13,a)$$

formula orqali ifodalanadi, faqatgina prujinaning deformatsiya energiyasi *U* ni ifodalovchi potensial energiya esa quyidagicha ifodalanadi

$$V = U = \frac{1}{2} k \upsilon^2 . \qquad (3.13,b)$$

3.13,b-rasmda ko‘rsatilgan tizimdagi nokonservativ kuchlar – bu so‘nish kuchi f_D va qo‘yilgan yuklanish kuchlari *p(t).* Bu kuchlar ishining variatsiyasi quyidagi ko‘rinishda yoziladi

$$\delta W_{nc} = p(t)\delta\upsilon - c\dot{\upsilon}\delta\upsilon, \qquad (3.13,v)$$

bu esa (3.12)-shakldagi yozilgan kabi, mumkin bo‘lgan ko‘chishlarda shu kuchlarning ish tenglamasiga ekvivalent ko‘rinishida ifodalanadi.

(3.13, a,b,v) ifodalarni (3.14) tenglamaga qo‘ygandan so‘ng u variatsiyalar shaklida ifodalanib, tenglama o‘zgartirilgandan so‘ng quyidagini olamiz.

$$\int_{t_1}^{t_2} \left[m\dot{\upsilon}\delta\dot{\upsilon} - c\dot{\upsilon}\delta\upsilon - k\upsilon\delta\upsilon + p(t)\delta\upsilon \right] = 0 \qquad (3.14)$$

Endi (3.14) tenglamaning birinchi hadini qismlarga ajratib integrallash mumkin bo‘ladi, va bundan

$$\int_{t_1}^{t_2} m\dot{\upsilon}\delta\dot{\upsilon}dt = m\dot{\upsilon}\delta\upsilon\Big|_{t_1}^{t_2} - \int_{t_1}^{t_2} m\dot{\upsilon}\delta\upsilon dt, \qquad (3.15)$$

bu yerda, $\delta\dot{\upsilon} = d(\delta\upsilon)/dt.$

Gamilton prinsipiga muvofiq bo‘lgani sababli $\delta\upsilon$ variatsiyasi t_1 va t_2 integrallash chegaralarida nolga teng, (3.15)-tenglamaning o‘ng tarafidagi birinchi hadi ham nolga teng. Shuning uchun, agar (3.15)- tenglamani (3.14)-tenglamaga qo‘ysak, quyidagini chiqaramiz:

$$\int_{t_1}^{t_2}\left[-m\ddot{\upsilon}-c\upsilon-k\ddot{\upsilon}+p(t)\right]\delta\upsilon dt=0 \qquad (3.16)$$

Variatsiya $\delta\upsilon$ ihtiyoriy bo‘lgani uchun, (3.16) tenglama faqat qavs ichidagi ifoda nolga teng bo‘lgandagina umumiy holda qoniqtiradi. Shunda uni (3.10) tenglama ko‘rinishida ifodalash mumkin bo‘ladi [9, 72].

Bu misol asosiy bo‘lgan har bir usulda bir xil harakat tenglamasini chiqarish mumkinligini ko‘rsatadi. Ushbu oddiy tizimni tahlil qilishda teng kuchlar usulini afzal ko‘rish lozimligi shubhasiz.

3.7. Vertikal yuklar ta’siri

3.7,*a*-rasmda berilgan tizimni ko‘rib chiqamiz. 3.6,*a*-rasmda keltirilgan bu tizim og‘irlik kuchi ko‘chish yo‘nalishi bo‘ylab ta’sir etadigan qilib 90° ga o‘girilgan tizimdir. Massaga ta’sir etuvchi kuchlar tizimi 3.7,b-rasmda ko‘rsatilgan. (3.9,a,b,v) ifodalarni qo‘llab, kuchlar muvozanat tenglamasini keltirib chiqaramiz.

$$m\ddot{\upsilon}+c\dot{\upsilon}+k\upsilon=p(t)+W, \qquad (3.17)$$

bunda W – bikir blok vazni.

Ammo, agar umumiy ko‘chish υ ni W vazn keltirib chiqargan statik ko‘chish Δ_{st}, hamda qo‘shimcha dinamik ko‘chish $\bar{\upsilon}$ yig‘indisi

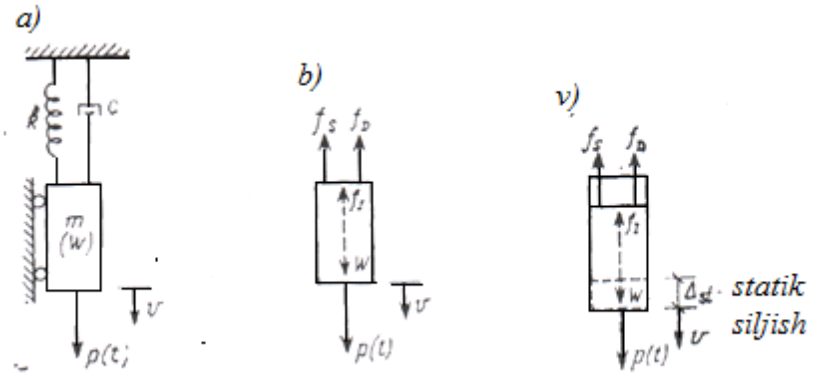
$$\upsilon=\Delta_{st}+\bar{\upsilon}, \qquad (3.18)$$

ko‘rinishida ifodalansa (3.7-rasmga q.), prujinaning elastiklik kuchi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$f_s = k\upsilon = k\Delta_{st} + k\upsilon. \qquad (3.19)$$

(3.19) tenglamani (3.17) ga qo‘yib:

$$m\ddot{\upsilon} + c\dot{\upsilon} + k\Delta_{st} + k\upsilon = p(t) + W, \qquad (3.20)$$



3.7-rasm. Og‘irlik kuchlarini erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizim muvozanatiga ko‘rsatadigan ta’siri

hamda $k\Delta_{st} = W$ hisobga olib quyidagini keltirib chiqaramiz:

$$m\ddot{\upsilon} + c\dot{\upsilon} + k\upsilon = p(t). \qquad (3.21)$$

Δ_{st} vaqt bo‘yicha o‘zgarmasligini hisobga olib, (3.18) tenglama differensiallanganidan so‘ng $\dot{\upsilon} = \ddot{\upsilon}$ va h.k. erishamiz, shunda (3.21) tenglamani quyidagi ko‘rinishga keltirishimiz mumkin:

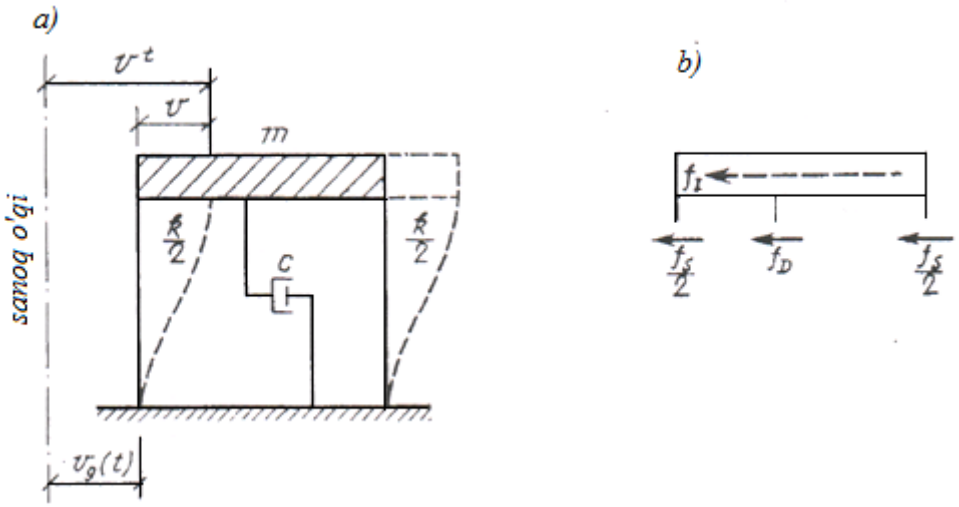
$$m\ddot{\upsilon} + c\dot{\upsilon} + k\upsilon = p(t). \qquad (3.22)$$

(3.22) va (3.20) tenglamalar solishtirilganda, dinamik tizimning statik muvozanat shartiga ko‘ra topilgan harakat tenglamasiga og‘irlik kuchlari ta’sir etmasligi ko‘rinadi. Shuning uchun bundan keyin ko‘chishlar ayrim-ayrim holatda statik muvozanat shartiga asosan aniqlanadi, dinamik tahlildan topiladigan

ko‘chishlarga esa dinamik reaksiya sifatida qaraladi. Demak, umumiy egilish, kuchlanish va h.k.larni tegishli statik miqdorlarni dinamik tahlil natijalariga qo‘shish yo‘li bilan aniqlash mumkin [71].

3.8. Asosning kinematik qo‘zg‘alishlarini ta’sirida dinamik tizimlarning harakat tenglamalari

Konstruksiyadagi dinamik kuchlanishlar va egilishlar nafaqat vaqt davomida o‘zgaruvchi yuklanish (3.6 va 3.7-rasmga q.), balki asosning ko‘chishi natijasida kelib chiqishi mumkin. Bunday harakatlarga zilzila natijasida binolar asoslarining tebranishlari, yoki binoning tebranishi natijasida unda o‘rnatilgan jihozlar qismlarining tebranishlari yaqqol misol bo‘la oladi. Seysmik ta’sir ostida bino tebranishlarining soddalashtirilgan modeli 3.8-rasmda keltirilgan, bunda zilzila vaqtida gruntlarning gorizontal harakati ihtiyoriy sanoq boshi bo‘lgan nuqtaga nisbatan υ_g ko‘chish bilan tavsiflanadi.



3.8-rasm. Asos qo‘zg‘alishini erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimning muvozanatiga ta’siri: a – tizim harakati; b – tenglashtirilgan kuchlar

Rama gorizontal rigelining absolyut tarzda bikirligi va uning sathida konstruksiyaning butun massasi jamlanishi taqozo etiladi. Vertikal ustunlari vaznsiz hamda bo‘ylama yo‘nalishda siqilmaydigan deb hisoblanadi, har bir

ustunning rigelni ko‘chishiga ko‘rsatadigan qarshiligi esa, uni modellashtiruvchi prujinaning elastikligi *k/2* ga bog‘liq. Shunday qilib, massaning erkinlik darajasi υ birga teng bo‘lib, u ustunlarning egilishi orqali aniqlanadi. Dempfer ***c*** esa ko‘chish tezligiga proporsional qarshilik ko‘rsatadi.

3.8,*b*-rasmda ko‘rsatilganidek, tizimning muvozanat tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$f_I + f_D + f_s = 0, \tag{3.23}$$

bu yerda (3.9, a, v) nisbatlardagi kabi ifodalanuvchi so‘nish va elastiklik kuchlar.

Shunda inersiya kuchi quyidagiga teng deb qabul qilinadi:

$$f_I = m\ddot{\upsilon}^t, \tag{3.24}$$

bunda υ^t – massaning sanoq o‘qidan jami og‘ishi.

Inersiya, so‘nish va elastiklik kuchlarini (3.23) tenglamaga qo‘yib, quyidagi ifodani olamiz:

$$m\ddot{\upsilon}^t + c\dot{\upsilon} + k\upsilon = 0. \tag{3.25}$$

Bu tenglamani yechishdan avval massaning umumiy ko‘chishi, asos ko‘chishlari va egilishlar yig‘indisi ekanligini hisobga olib, tenglamaning barcha hadlarini yagona o‘zgaruvchanli funksiya bilan ifodalash kerak, ya’ni

$$\upsilon^t = \upsilon + \upsilon_g. \tag{3.26}$$

Inersiya kuchini (3.26) tenglamani differensiallash orqali topilgan ikki tezlanish komponentasi yordamida ifodalab, natijani (3.25) tenglamaga qo‘ysak, quyidagi ifodani keltirib chiqaramiz:

$$m\ddot{\upsilon} + m\ddot{\upsilon}_g + c\dot{\upsilon} + k\upsilon = 0. \qquad (3.27)$$

Yoki grunt tezlanishi konstruksiyaga o‘ziga xos dinamik ta’sirni tavsiflashi bois, tebranishlar tenglamasini quyidagi ko‘rinishda ifodalash qulay:

$$m\ddot{\upsilon} + c\dot{\upsilon} + k\upsilon = -m\ddot{\upsilon}_g(t) \equiv p_{eff}(t). \qquad (3.28)$$

Bu tenglamadagi $p_{eff}(t)$ – ramaga ta’sir etib tebranishlarni keltirib chiqaruvchi samarali yuklanish; boshqacha aytganda, konstruksiya massa bilan grunt tezlanishi ko‘paytmasiga teng bo‘lgan tashqi yuklanish *p(t)* ni qanday sezadigan bo‘lsa, gruntning tezlanishi $\ddot{\upsilon}_g(t)$ ni ham xuddi shunday sezadi.

(3.28) nisbatdagi manfiy ishora samarali yuklanish grunt tezlanishiga qarama-qarshi yo‘nalganligini bildiradi. Amalda bunday ishoraning ahamiyati uncha katta emas, chunki poydevorga bo‘lgan kirish ta’siri ihtiyoriy yo‘nalgan bo‘ladi deb qabul qilinadi [71].

3.9. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan umumlashtirilgan tizimlar. Bikir jism tizimlari

Shu vaqtga qadar ko‘rib chiqilgan barcha masalalar o‘ta sodda edi, chunki tizimning fizik parametrlarini har biri (massa, so‘nish, elastiklik) yagona diskret element ko‘rinishida ifodalangan. Ammo haqiqiy inshoot konstruksiyalarining hisoblashlari konstruksiyalarni erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimlar sifatida qabul qilish mumkin bo‘lgan hollarda ham yanada murakkabroq modellardan foydalanishni talab etadi.

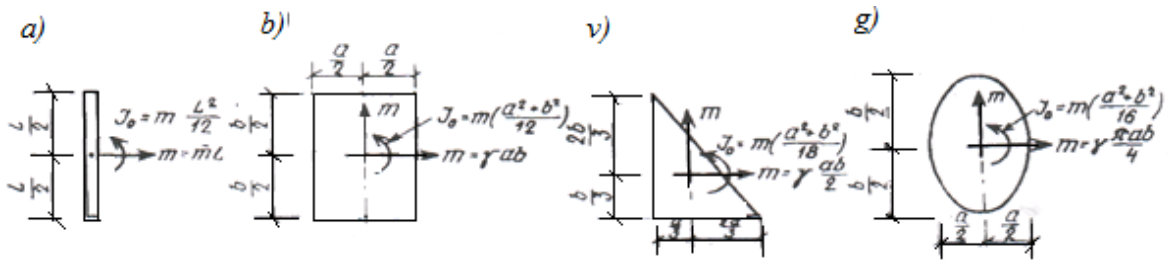
Mavzu bayonini qulaylashtirish uchun mazkur darslikda erkinlik darajasi birga teng umumlashtirilgan tizimlar ikki sinfi keltirilgan: elastik deformatsiyalari jismlar orasidagi prujinalar chegarasida bo‘ladigan bikir jismlar tizimlari, hamda deformatsiyalari butun konstruksiya bo‘yicha yoki uning ayrim elementlari

chegarasida taqsimlanadigan elastik parametrli tizimlarga ajratilgan.

Ikkala sinfda ham konstruksiya erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizim kabi ishlaydi, chunki ko‘chishlar faqat bitta shaklda bo‘lishiga yo‘l qo‘yiladi.

Ushbu bobda ko‘rilayotgan bikir jismlar ko‘rinishidagi tizimlar sinfi uchun, ko‘chishlarni faqat bitta shakl bo‘yicha chegaralanishi biriktirilgan jismlar geometriyasiga asoslanadi, ya’ni bikir jinslar ko‘chishi faqat bir tomonlama ko‘chishga imkon beruvchi bog‘lanish va sharnirlar bilan chegaralab qo‘yiladi.

Bikir jismlar tizimining harakat tenglamalarini chiqarishda erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimning ko‘chishlarida vujudga keluvchi elastik kuchlarni ko‘chishlar amplitudasi orqali osongina ifodalash mumkin, chunki har bir elastik element belgilangan miqdorda deformatsiyalanuvchi diskret prujinadir. Shunga o‘xshash, so‘nish kuchlarini ham diskret dempferlarning mahkamlash nuqtalarining belgilangan tezliklari funksiyasida ifodalash mumkin. Bikir jismlar massasini jamlangan deb qabul qilmaslik kerak, taqsimlangan inersiya kuchlari esa belgilangan tezlanishlar bo‘yicha aniqlanadi. Ammo, dinamik tahlilda bikir jismlarning inersiya kuchlarini massalar va buralish inersiya momentlari massalar markazida jamlanganligi sharti bilan ko‘rib chiqish maqsadga muvofiqdir. Shunday yo‘l bilan topilgan teng ta’sir etuvchi inersiya kuchi tizim ishining tavsifiga oid dastlabki shartlarni qabul qilingani sababli, taqsimlangan inersiya kuchlariga ekvivalent bo‘ladi (shunga o‘xshash, bikir jismlarga ta’sir etuvchi har qanday taqsimlangan yuklanishlarni teng ta’sir etuvchi kuchlar yordamida tavsiflash maqsadga muvofiqdir). Bir jinsli o‘zak va har xil shakldagi plastinalar massasi va buralish inersiya momentining ifodalanishi 3.9-rasmda keltirilgan.



3.9-rasm. Bikir jism massasi va inersiya momenti: (ṁ – pogon massasi; ɣ– maydon birligiga to‘g‘ri keladigan massa): a – bir jinsli sterjen b, v – tegishlicha to‘g‘riburchakli va uchburchakli bir jinsli plitalar; g –ellips shaklidagi plita

3.1-misol. Tizim *B* va *C* nuqtalarda sharnirlar bilan biriktirilgan, A nuqtada qo‘zg‘almas holatda tayangan ikkita bikir sterjenlardan iborat (3.10-rasm).

Dinamik ta’sir chiziqli qonunga asosan *AB* o‘q bo‘ylab o‘zgarib boruvchi ko‘ndalang yuklanish *p (x, t)* bilan belgilanadi. Bundan tashqari, butun tizimga doimiy o‘qiy kuch *N* ta’sir etib turadi. Tizim harakatini, rasmda ko‘rsatilganidek, sterjenlar uzunligi bo‘ylab joylashgan diskret prujina va dempferlar cheklaydi. Massa *AB* sterjeni bo‘ylab teng taqsimlangan, vaznsiz sterjen *BC* esa jamlangan massa t_2 ni ko‘taradi.

Ikkala sterjen mutlaqo bikir deb qabul qilingani sababli, tizim faqat erkinlik darajasi birga teng va uning dinamik reaksiyasi harakat tenglamasi orqali ifodalanishi mumkin. Bu tenglamani muvozanat shartidan keltirib chiqarish mumkin, ammo tizimning murakkabligi bois ish va energiya ta’riflaridan foydalangan ma’qul. Mumkin bo‘lgan ko‘chishlar prinsipidan foydalanamiz, vaholanki Gamilton prinsipini ham qo‘llasa bo‘lar edi.

Ko‘rilayotgan erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimni ko‘chishida (3.11-rasm) asosiy parametr sifatida sharnir harakati *Z(t)* ni qabul qilib, qolgan ko‘chishlarni esa u orqali ifodalash mumkin. Masalan, *DD' = Z/4*, *EE' = 3Z/4*, *FF' = 2Z/3*.

Tizimga ta’sir etuvchi kuchlar ham (keyinroq ko‘riladigan o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi yuk *N* dan tashqari) rasmda ko‘rsatilgan. Har bir qarshilik kuchi *Z* ko‘chish orqali yoki uning vaqt bo‘yicha hosilalari orqali quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$f_{s1} = k_1(EE') = k_1 \tfrac{3}{4} Z(t);$$

$$f_{s2} = k_2(EE') = k_2 \tfrac{1}{3} Z(t);$$

$$f_{D1} = c_1(\frac{d}{dt} DD') = c_1 \tfrac{1}{4} \dot{Z}(t);$$

$$f_{D1} = c_2 \dot{Z}(t);$$

$$f_{I1} = m_1 \tfrac{1}{2} \ddot{Z}(t) = mL \tfrac{1}{2} \ddot{Z}(t) = 2am\ddot{Z}(t);$$

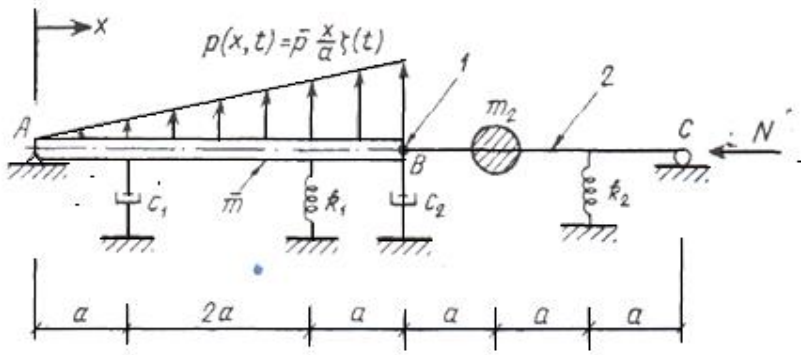
$$M_{I1} = I_0 \frac{1}{4a}\ddot{Z} = \frac{mL}{4a} \cdot \frac{L^2}{12}\ddot{Z}(t) = \frac{4}{3}a^2 m\ddot{Z}(t);$$

$$f_{I2} = m_2 \frac{2}{3}\ddot{Z}(t);$$

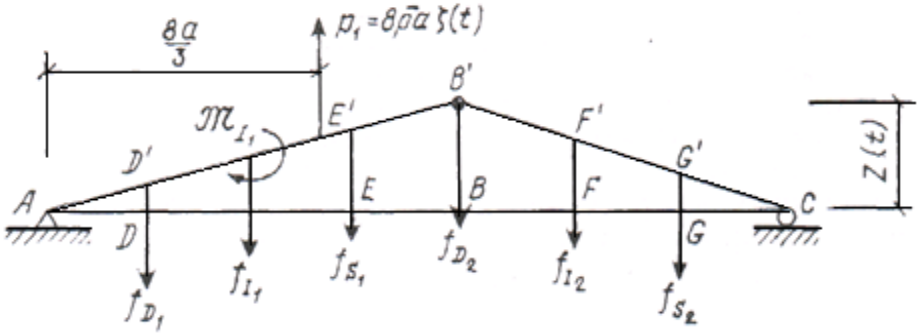
Qo‘yilgan barcha tashqi kuchlarning teng ta’sir etuvchisi teng:

$$p_1 = 8\,\bar{p}\,a\zeta(t);$$

Bu tenglamalarda $\bar{m}$ (yoki $\bar{p}$) orqali uzunlik birligiga to‘g‘ri keladigan massa (yoki kuch) (uning yordamida tegishli parametrlar aniqlanadi), $\zeta(t)$ orqali esa dinamik yuklanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi belgilanadi.



3.10-rasm. Bikir jismga tayanadigan shakldagi erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimning namunasi



3.11-rasm. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimning ko‘chishlari va yuklanishlar

Tizimning harakat tenglamasini ihtiyoriy mumkin bo‘lgan ko‘chish δZ da shu

kuchlarning to‘liq ishini nolga tenglab chiqarsa bo‘ladi. Kuchlar komponentasini siljituvchi mumkin bo‘lgan ko‘chish 3.12-rasmda ko‘rsatilganidek Z ga mutanosibdir. Shunday qilib, mumkin bo‘lgan ko‘chishlardagi to‘liq ish quyidagi ko‘rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\begin{aligned}\delta W = &-k_1 \tfrac{3}{4} Z(t) \tfrac{3}{4} \delta Z - k_2 \frac{Z(t)}{3} \cdot \frac{\delta Z}{3} - c_1 \frac{\dot{Z}(t)}{4} \cdot \frac{\delta Z}{3} - \\ &- c_2 \dot{Z}(t) \delta Z - 2a\bar{m} \ddot{Z}(t) \frac{\delta Z}{2} - \tfrac{4}{3} a^2 \bar{m} \ddot{Z}(t) \frac{\delta Z}{4a} - \\ &- m_2 \frac{2\ddot{Z}(t)}{3} \tfrac{2}{3} \delta Z + 8\bar{p} a \zeta(t) \tfrac{2}{3} \delta Z,\end{aligned} \qquad \text{(a)}$$

shunda soddalashtirilgandan so‘ng

$$\left[(a\bar{m} + \frac{a\bar{m}}{3} + 4/9 m_2) \ddot{Z}(t) + (\frac{c_1}{16} + c_2) \dot{Z}(t) + (9/16 k_1 + \frac{k_2}{9}) Z(t) - 16/3 \bar{p} a \zeta(t) \right] \delta Z = 0 \qquad \text{(b)}$$

Sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan δZ ko‘chish ihtiyoriy bo‘lgani bois kvadrat qavsdagi ifoda nolga teng. Nihoyat, harakat tenglamasiga erishamiz:

$$\left(\tfrac{4}{3} \bar{m} a + \tfrac{4}{9} m_2 \right) \ddot{Z}(t) + (\frac{c_1}{16} + c_2) \dot{Z}(t) + (\tfrac{9}{16} k_1 + k_2 / 9) z(t) = 16/3 \bar{p} a \zeta(t) \qquad \text{(v)}$$

Uni soddalashtirib quyidagicha ifodalash mumkin:

$$m^* \ddot{Z}(t) + c^* \dot{Z}(t) + k^* Z(t) = p(t) \qquad (3.29)$$

agar quyidagi qiymatlar uchun yangi belgilar kiritilsa:

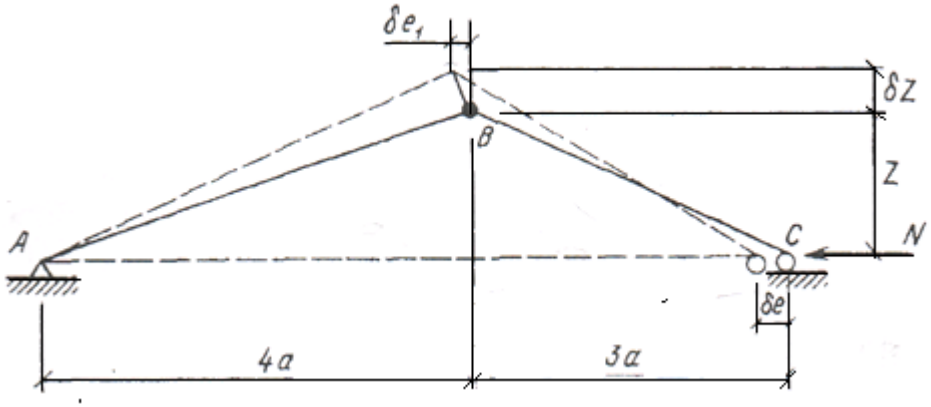
$$\begin{aligned} m^* &= (\tfrac{4}{3} \bar{m} a + \tfrac{4}{9} m_2); \\ k^* &= (\tfrac{9}{16} k_1 + \tfrac{1}{9} k_2); \\ c^* &= (\tfrac{1}{16} c_1 + c_2); \\ p^* &= \tfrac{16}{3} p a \zeta(t), \end{aligned}$$

qaysilar ushbu tizim uchun tegishlicha ***massa, so‘nish, bikirlik va yuk orqali umumlashtirilgan*** deb ataladi. Ular tizim ko‘chishlarini tavsiflovchi umumlashtirilgan koordinata *Z(t)* orqali topiladi.

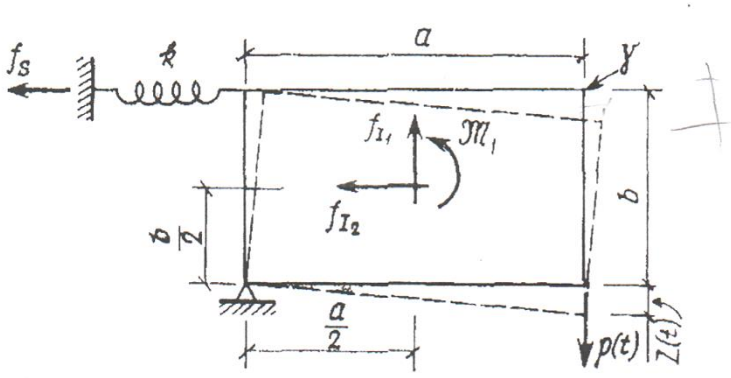
Endi 3.10-rasmdagi o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi kuch *N* ko‘rib chiqamiz. 3.12-rasmda ko‘rsatilganidek, bu kuchning ehtimoliy mumkin bo‘lgan ko‘chish *δZ* dagi ishi *Nδe* teng. Ko‘chish *δe* ikkita sterjenning buralishiga bog‘liq bo‘lgan ikki qism δe_1 va δe_2 dan iborat. Faqat *AB* sterjen ta’sirini ko‘rib chiqishda, rasmda keltirilgan uchburchaklarning o‘xshashligidan $\delta e_1 = (Z/4a)\delta Z$ topamiz (uncha katta bo‘lmagan egilishlar mavjudligi nazarda tutilgan holda). Xuddi shunday δe_2 = (Z/3a) δ*Z* bo‘ladi.

Shunday qilib, jami ko‘chish teng:

$$\delta e_1 + \delta e_2 = \frac{7}{12} \cdot \frac{Z}{a} \delta Z .$$



3.12-rasm. O‘q bo’ylab ta’sir etuvchi yuk ko‘chish komponentalari



3.13-rasm. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizim ko‘rinishida ko‘rsatilgan dinamik

Va o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi kuchning ehtimoliy ko‘chishdagi ishi

$$\delta W_N = \frac{7}{12} \cdot \frac{NZ}{a} \delta Z \quad . \tag{g}$$

*(g) t*englamani (a) tenglamaga qo‘ysak, va (v) tenglamani chiqarishda qo‘llangan soddalashtirishlarni amalga oshirsak, o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi kuch faqat umumlashtirilgan bikirlikka ta’sir etishini ko‘rsatuvchi tenglamaga ega bo‘lamiz. O‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi kuch ta’siri hisobga olinganda, tizimning keltirilgan umumlashtirilgan bikirligi $\bar{k}^*$ quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\bar{k}^* = k^* \frac{7}{12}\frac{N}{a} = 9/16k_1 + 1/9\, k_2 - 7/12\frac{N}{a}. \tag{d}$$

Ishlab chiqilgan umumlashtirilgan bikirlik ifodasida butun tizimning harakat tenglamasi (3.13-rasm) o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi kuchni hisobga olib (3.29) kabi tenglamadan topiladi.

Shunisi e’tiborliki, nolga teng umumlashtirilgan bikirlik sharti tizimning loqayd muvozanat holatini yoki tizim barqarorligi yo‘qolishi shartini tavsiflaydi. Shunday qilib, o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi kuch N_{cr} ning shu konstruksiya bardoshliligini yo‘q bo‘lishiga olib keluvchi qiymatini (d) tenglamada $\bar{k}^*$ ni nolga tenglab topish mumkin:

Shunday qilib,

$$0 = 9/16k_1 + 1/9\, k_2 - 7/12\frac{N_{cr}}{a}.$$

$$N_{cr} = (27/28)k_1 + 4/21\, k_2)a. \tag{e}$$

Umumiy holda siquvchi o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi yuklar qurilish konstruksiyaning bikirligini kamaytirishga intiladi, shu vaqtda esa cho‘zuvchi o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi yuklar bikirlikni ortishiga olib keladi. Bunday yuklar dinamik yuklanishda konstruksiyaning reaksiyasiga katta ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun aniq masala ko‘rib chiqilayotganda bikirlikning ahamiyatini baholash maqsadida uning o‘zgarishini har doim aniqlash lozim. Keltirilgan hamda kelgusida taqdim etiladigan materiallarda o‘q bo‘ylab ta’sir etuvchi yuk tushunchasi elementning egilmagan boshlang‘ich o‘qiga ta’sir etuvchi kuchga tegishli. Bu kuch konstruksiya harakatlanganida o‘z yo‘nalishini o‘zgartirmaydi deb hisoblanadi [71].

3.2-misol. Bikir jismlarni biriktirish uchun harakat tenglamasini chiqarishga ikkinchi misol sifatida 3.13-rasmda keltirilgan tizimni ko‘rib chiqamiz. Tizim kichik amplituda bilan harakatlanishida *Z (t)* yuk qo‘yiladigan nuqta vertikal ko‘chish xususiyatiga ega bo‘ladi, va tizimning barcha qarshilik kuchlari shu ko‘chish orqali ifodalanadi:

$$f_s = k\frac{b}{a}Z(t); \qquad f_{I1} = \gamma ab\,1\!\!/\!\!_2\,\ddot{Z}(t)$$

$$f_{I2} = \gamma ab\frac{b}{2a}\ddot{Z}(t); \qquad M_{I2} = \gamma ab\frac{a^2+b^2}{12}\cdot\frac{1}{2}\ddot{Z}(t).$$

Ushbu oddiy tizim uchun tebranish tenglamasini bevosita momentlarni sharnirga nisbatan muvozanatlik shartidan keltirib chiqarish mumkin.

$$f_s b + f_{I1}\frac{a}{2} + f_{I2}\frac{b}{2} + M_1 = p(t)a;$$

a ga bo‘lib kuchlar uchun tegishli ifodalarni qo‘ygandan so‘ng quyidagini keltirib chiqaramiz:

$$\gamma ab\left[\frac{1}{12}\left(\frac{b^2}{a^2}+1\right)+\frac{1}{4}+\frac{b^2}{4a^2}\right]\ddot{Z}(t)+k\frac{b^2}{a^2}Z(t)=p(t).$$

Va, nihoyat,

$$m^*\ddot{Z}(t)+k^*Z(t)=p^*(t)$$

bunda

$$m^*=\frac{\gamma ab}{3}(1+\frac{b^2}{a^2});$$

$$k^*=k\frac{b^2}{a^2}; \qquad p^*(t)=p(t).$$

3.10. Erkin tebranishlarda dinamik tizimlar reaksiyasi

3.10.1. Erkin tebranishlar tenglamalarining yechilishi

3.6-bo‘limda erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan ihtiyoriy tizimning harakat tenglamalarini quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkinligi ta’kidlangan edi:

$$m^*\ddot{Z}(t)+c^*\dot{Z}(t)+\bar{k}^*Z(t)=p^*(t).$$

Ushbu shakl 3.14-rasmda ko‘rsatilgan massa, prujinaga ega va so‘nuvchi tizimning tebranishlar tenglamalariga to‘liq ekvivalent bo‘ladi va quyidagi ko‘rinishga keltiriladi:

$$m\ddot{v}(t)+c\dot{v}(t)+kv(t)=p(t). \qquad (3.30)$$

Bundan keyin (3.30) tenglamadan foydalanib, bu kabi sodda tizim reaksiyasini aniq ko‘rsatish qulay. Ammo, bunday natijalar bitta umumlashtirilgan erkinlik darajasiga ega tizim sifatida qabul qilinadigan murakkab tizim modeli reaksiyasiga

to‘liq qo‘llanishi mumkinligini yodda tutish lozim.

(3.30) tenglamani ishlash uchun, dastlab o‘ng tomoni nolga teng bo‘lgan bir jinsli tenglamani ko‘rib chiqamiz:

$$m\ddot{\upsilon}(t) + c\dot{\upsilon}(t) + k\upsilon(t) = 0. \qquad (3.31)$$

Tashqi yuklanishi nolga teng bo‘lganda, tizimning tebranishlari *erkin* yoki *xususiy tebranishlar*, deb ataladi. Bundan so‘ng tizimning erkin tebranishlardagi reaksiyasining tahliliga o‘tamiz.

(3.31) tenglama yechimi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\upsilon(t) = Ge^{st.}. \qquad (3.32)$$

Ushbu ifoda (3.31) tenglamaga kiritilganda, (3.33) keltirib chiqarish mumkin:

$$(ms^2 + cs + k)Ge^{st} = 0, \qquad (3.33)$$

va mGe^{st} ga bo‘lib,

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \qquad (3.34)$$

belgi kiritilganidan so‘ng (3.33) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$s^2 + \frac{c}{m}s + \omega^2 = 0. \qquad (3.35)$$

Bu tenglamadan topilishi mumkin bo‘lgan S qiymati c ga bog‘liq. Shunday qilib, (3.32) tenglama bilan ifodalangan tebranishlar shakli tizimdagi so‘nishlarga bog‘liq bo‘ladi [72].

3.10.2. So‘nishlarni hisobga olinmaganda tizimlarning erkin tebranishlari

Agar tizim dempferlanmagan, ya’ni, c = 0 bo‘lsa, (3.35) tenglamada

$$s = \pm i\omega. \tag{3.36}$$

Shunday qilib, (3.32) tenglama yordamida tavsiflanuvchi tizimning reaksiyasi quyidagi ifoda ko‘rinishida berilishi mumkin:

$$\upsilon(t) = G_1 e^{i\omega t} + G_2 e^{-i\omega t}. \tag{3.37}$$

Bu ifodada ikki qo‘shiluvchi s ning ikki ildiziga mos kelib, integrallash o‘zgarmas sonlari G_1 va G_2 esa tebranishlarning hozircha erkin amplitudalarini tavsiflaydilar.

(3.37) tenglamani Eyler tenglamasini qo‘llab, yanada qulay shaklga keltirish mumkin:

$$e^{\pm i\omega t} = \cos\omega t \pm i\sin\omega t. \tag{3.38}$$

Natijada quyidagiga erishamiz:

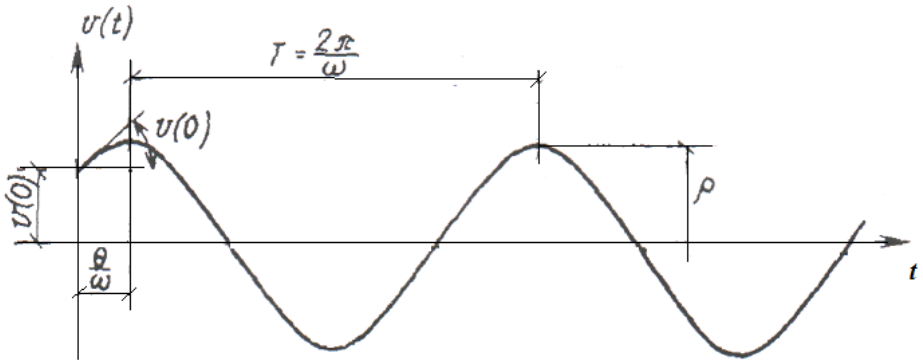
$$\upsilon(t) = A\sin\omega t + B\cos\omega t. \tag{3.39}$$

Bunda A va B konstantalari tizimning erkin tebranishlarini keltirib chiqaruvchi $t=0$ vaqtdagi ko‘chish $\upsilon(0)$ va tezlik $\dot{\upsilon}(0)$ kabi boshlang‘ich shartlar bilan belgilanadi.

Aniqki, $\upsilon(0) = B$, $a\dot{\upsilon}(0) = A\omega$. Shunday qilib, (3.39) tenglama quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\upsilon(t) = \frac{\dot{\upsilon}(0)}{\omega}\sin\omega t + \upsilon(0)\cos\omega t. \tag{3.40}$$

Bu oddiy garmonik harakatni tavsiflaydigan yechim 3.14-rasmda grafik tarzda ifodalangan. ω – harakatning doiraviy chastotasi yoki burchak tezligidir. U vaqt birligi uchun radianda o‘lchanadi.



3.14-rasm. So‘nish hisobga olinmagan erkin tebranishlar

Tebranishlarning sikl bo‘yicha chastotasi

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{nisbat bilan ifodalanadi,} \tag{3.41}$$

unga teskari bo‘lgan kattalik – tebranish davri esa

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}. \tag{3.42}$$

(3.40)-tenglama bilan ifodalangan harakatni quyidagi ko‘rinishda berish mumkin:

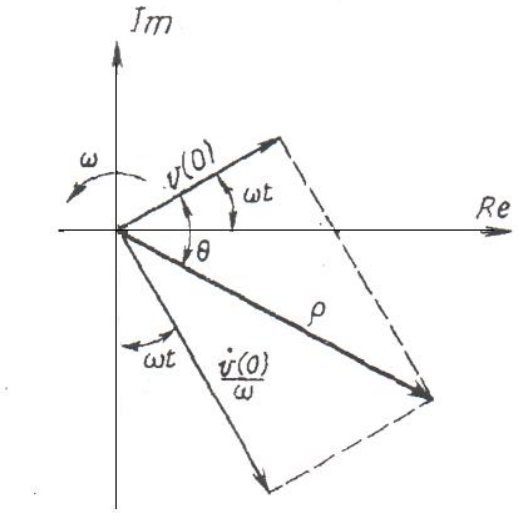
$$\upsilon(t) = p\cos(\omega t - \theta). \tag{3.43}$$

Argand diagrammasiga yoki 3.14-rasmdagi vektorli taqdimotga ko‘ra reaksiya ikki nafar aylanuvchi vektorlarning haqiqiy qismi yoki ularning gorizontal proeksiyasi bilan belgilanadi. Shunday qilib, tebranishlar amplitudasi ikki

vektorlarning quyidagi teng ta’sir etuvchisi orqali tavsiflanadi:

$$p = \sqrt{\left[\upsilon(0)\right]^2 + \left[\frac{\dot{\upsilon}(0)}{\omega}\right]^2} \quad . \tag{3.44}$$

$$\theta = tg^{-1}\frac{\dot{\upsilon}(0)}{\omega\upsilon(0)}. \tag{3.45}$$



qiymatga ega fazaviy burchak

3.15-rasm. Aylanish vektori ko‘rinishida keltirilgan erkin tebranishlar

3.15-rasmdan kelib chiqadiki, teng ta’sir etuvchining harakati faza burchagi θ tizim reaksiyasi ifodasining kosinusidagi haddan orqada qolib ketadigan burchak masofasini tavsiflar ekan [9].

3.10.3. Tizimlarning so‘nishlarini hisobga olgan holdagi erkin tebranishlari

Agar tizimda so‘nish mavjud bo‘lsa, tizim reaksiyasini belgilovchi (3.35) tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$s = -\frac{c}{2m} \pm \sqrt{(\frac{c}{2m})^2 - \omega^2}. \tag{3.46}$$

Bu formula kvadrat ildiz ostidagi ifodaning ishorasiga ko‘ra uchta harakat turini tavsiflaydi, ya’ni, agar bu qiymat musbat, manfiy yoki nolga teng bo‘lsa. Dastlab kvadrat ildiz ostidagi ifoda nolga teng bo‘lgan chekli holatni ko‘rib chiqqan ma’qul. Bu holat ***kritik so‘nish sharti***ni belgilab beradi [9].

Kritik so‘nish. Agar (3.46) formulada kvadrat ildiz ostidagi ifoda nolga teng bo‘lib qolsa, shubhasiz $c/2m=\omega$ bo‘ladi. Shunday qilib, kritik so‘nish qiymati C_c quyidagiga teng:

$$c_c = 2m\omega. \tag{3.47}$$

Bu holda, (3.46) ifodadagi s quyidagiga teng

$$s = -\frac{c}{2m} = -\omega, \tag{3.48}$$

(3.32) tenglamaga muvofiq holda reaksiya esa quyidagiga teng bo‘lib qoladi:

$$\upsilon(t) = (G_1 + G_2 t)e^{-\omega t}, \tag{3.49}$$

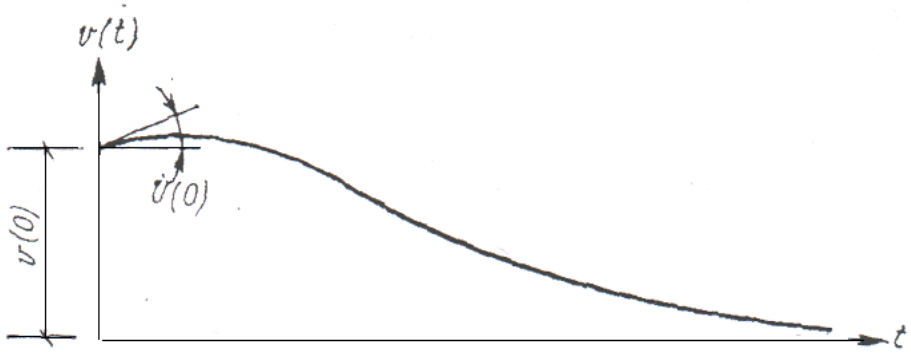
bunda ikkinchi had t ga ko‘paytiriladi, chunki tenglama yechimida s (3.48)ning faqat bitta qiymati mavjud.

Tenglamaga boshlang‘ich shartlarni kiritilishi 3.16-rasmda grafik ko‘rinishida ifodalangan kritik so‘nish holati uchun reaksiya tenglamasining oxirgi shakliga olib keladi.

$$\upsilon(t) = \left[\upsilon(0)(1+\omega t) + \dot{\upsilon}(0)t\right]e^{-\omega t}. \tag{3.50}$$

3.16-rasmdan ko‘rinadiki, kritik so‘nishli tizimning erkin tebranishlaridagi reaksiyasi tarkibida nolinchi ko‘chish holatiga nisbatan tebranishlar bo‘lmaydi. Aksincha, (3.50) tenglamaning tebranishlarni eksponenta bo‘yicha so‘nishini

tavsiflovchi hadiga muvofiq ko‘chish nolga intiladi.



3.16-rasm. So‘nishi kritik darajada bo‘lgan tizimning erkin tebranishlari

Kritik so‘nishli tizim holatini aniq ifoda qilish ahamiyati tizim reaksiyasining erkin tebranishlar bosqichida tebranishlar sodir bo‘lmaydigan so‘nishning eng kichik miqdorini belgilab berishida.

Oxirigacha dempferlanmagan tizimlar (so‘nishi kritik miqdordan kam). So‘nish miqdori kritik miqdordan kam bo‘lgan hollarda (3.47) tenglamadan ko‘rinadiki, $c<2/m\omega$, va, shu bois, (3.46) formulada ildiz ostidagi ifoda manfiy bo‘lishi kerak. Erkin tebranishlarda reaksiyani aniqlash uchun bu holda so‘nishni c ning kritik so‘nish miqdori C_c, ga bo‘lgan nisbati sifatida ifodalash qulay, ya’ni

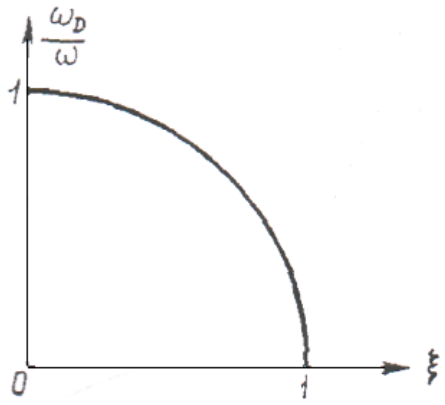
$$\xi = \frac{c}{c_c} = \frac{c}{2m\omega}, \tag{3.51}$$

bu yerda ξ *so‘nish parametri*, deb nomlanadi. (3.51) ifodani (3.46) ga qo‘yib, $s = -\xi\omega \pm \sqrt{(\xi\omega)^2 - \omega^2}$ olamiz yoki ildiz osti ifoda ishorasini o‘zgartirib va yangi ω_D belgisini kiritib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$s = -\xi\omega \pm i\omega_D, \tag{3.52}$$

bunda

$$\omega_D = \omega\sqrt{1-\xi^2}. \tag{3.53}$$



3.17-rasm. So‘nishi hisobga olingan va olinmagan hollarda xususiy tebranishlar chastotalarini so‘nish parametriga nisbati orasidagi bog‘lanish

ω_D kattaligi *dempferlangan tebranishlar chastotasi* yoki *so‘nishlar hisobga olingan tebranish chastotasi*, deb nomlanadi. Odatiy qurilish konstruksiyalarga xos bo‘lgan so‘nish parametrlari ($\xi < 20\%$) uchun chastota ω_D (3.53) ko‘ra dempferlanmagan tebranishlar chastotasidan kam farq qiladi. So‘nishning chastotaga ta’sirini aniqlash uchun, so‘nishi hisobga olingan tebranishlar chastotasini so‘nmas tebranishlar chastotasiga nisbati ω_D / ω ni so‘nish parametri ξ ga bog‘lanish grafigi, 3.18-rasmda ko‘rsatilganidek, radiusi birga teng aylana ekanligini yodda tutish kerak.

(3.52) ifodani (3.32) ifodaga qo‘yish yo‘li bilan erkin tebranishlarda dempferlanmagan tizim reaksiyasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\upsilon(t) = G_1 e^{\xi\omega t + i\omega_D t} + G_2 e^{-\xi\omega\tau - i\omega_D t} = e^{-\xi\omega t}(G_1 e^{i\omega_D t} + G_2 e^{-i\omega_D t}).$$

Bu tenglamada kichik qavsdagi had oddiy garmonik harakatni tavsiflaydi ((3.37) ifoda bilan solishtiring); shunday qilib, bu tenglamani yanada qulayroq ko‘rinishda berish mumkin:

$$\upsilon(t) = e^{-\xi\omega t}(A\sin\omega_D t + B\cos\omega_D t). \qquad (3.54)$$

Va, nihoyat, boshlang‘ich shartlar $\upsilon(0)$ va $\dot{\upsilon}(0)$ ni kiritishda (3.54) dagi

o‘zgarmas sonlarni aniqlash mumkin. Shunda

$$\upsilon(t) = e^{-\xi\omega t}\left[\frac{\dot{\upsilon}(0) + \upsilon(0)\xi\omega}{\omega_D}\sin\omega_D t + \upsilon(0)\cos\omega_D t\right]. \qquad (3.55)$$

Tizim reaksiyasining bunday ifodasini aylanish vektori shaklida quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$\upsilon(t) = pe^{-\xi\omega t}\cos(\omega_D t - 0). \qquad (3.56)$$

Bunda

$$p = \left\{\left[\frac{\dot{\upsilon}(0) + v(0)\xi\omega}{\omega_D}\right]^2 + [\upsilon(0)]^2\right\}^{1/2};$$

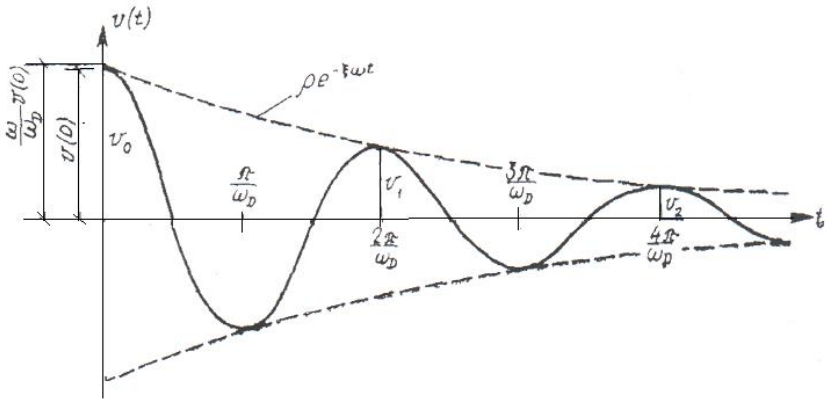
$$\theta = tg^{-1}\frac{\dot{\upsilon}(0) + \upsilon(0)\xi\omega}{\omega_D\upsilon(0)}. \qquad (3.57)$$

3.18-rasmda oxirigacha dempferlanmagan tizimning boshlang‘ich ko‘chish $\upsilon(0)$ va nolinchi tezlik $[\dot{\upsilon}(0) = 0]$dagi, yoki, boshqacha aytganda, agar massa statsionar siljigan holatdan qo‘yib yuborilgandagi reaksiyasi ko‘rsatilgan.

Oxirigacha dempferlanmagan tizim nisbiy muvozanat holati ω_D chastotasi bilan tebranishini alohida ta’kidlash joiz. Aylanish vektori ko‘rinishida keltirilgan (3.56) ifoda 3.15-rasmdagi grafikka ekvivalentdir (reaksiya so‘nib borishi bilan vektor uzunligini eksponenta bo‘yicha kamayib borishidan tashqari).

Oddiy qurilish tizimlarining so‘nish parametrlari tabiati o‘ta murakkabdir, va ularni aniqlash ham o‘ta mushkul. Ammo haqiqiy mavjud tizimlarning so‘nishi qovushoq so‘nishning ekvivalent koeffitsientlari ξ ko‘rinishida ifodalanadi, bunday koeffitsientlar erkin tebranishlar amplitudasining so‘nish tezligini tavsiflaydilar. Shuning uchun qovushoq so‘nish koeffitsienti ξ bilan erkin

tebranishlardagi 3.18-rasmda ko‘rsatilgan reaksiya orasidagi yanada aniqroq bog‘lanishni topamiz [9].



3.18-rasm. Oxirigacha dempferlanmagan tizimning erkin tebranishlari

3.18-rasmdagi ikki ihtiyoriy ketma-ket musbat maksimum υ_n va υ_{n+1} larni ko‘rib chiqamiz. (3.56) ifodaga ko‘ra bu ikkala ketma-ket joylashgan miqdorlarning nisbati

$$\frac{\upsilon_n}{\upsilon_{n+1}} = \exp(2\pi\xi\frac{\omega}{\omega_D}). \tag{3.58}$$

(3.58) ikkala qismini logarifmlagandan so‘ng logarifmik dekrement δ ni topamiz.

$$\delta \equiv \ln\frac{\upsilon_n}{\upsilon_{n+1}} = 2\pi\xi\frac{\omega}{\omega_D}. \tag{3.59}$$

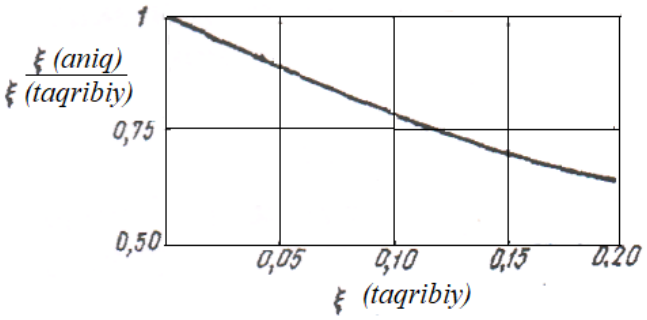
(3.53) ifodani hisobga olganda,

$$\delta = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}. \tag{3.60}$$

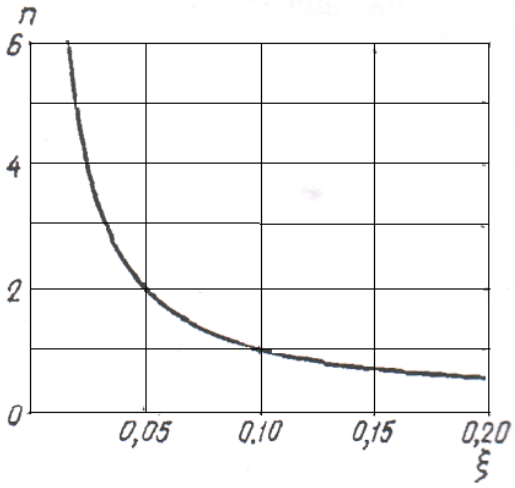
Kichik so‘nishlarda (3.60) formula taqriban

$$\delta \approx 2\pi\xi. \qquad (3.61)$$

ga almashtirilishi mumkin.



3.19-rasm. (3.63) tenglama bo'yicha hisoblaganda so'nishga kiritish lozim bo'lgan tuzatish koeffitsienti



3.20-rasm. So'nish parametri ξ ni tebranishlar amplitudasini 50% kamaytirish uchun zarur bo'lgan sikllar soni n ga bog'liqligi

Bunda (3.58) bog'lanish quyidagi qator ko'rinishida ifodalanishi mumkin:

$$\frac{v_n}{v_{n+1}} = e^{\delta} \approx e^{2\pi\xi} = 1 + 2\pi\xi + \frac{(2\pi\xi)^2}{2!} + \ldots \qquad (3.62)$$

Faqat qatorning birinchi ikki hadini saqlagan holda ξ ning kichik miqdorlari uchun etarli darajadagi aniqlikka erishish mumkin. Bunda

$$\xi \approx \frac{\upsilon_n - \upsilon_{n+1}}{2\pi\upsilon_{n+1}}. \qquad (3.63)$$

(3.63) ifoda aniqligini ko'rsatish uchun, (3.59) formuladan topilgan ξ aniq miqdorini uning taqribiy miqdoriga nisbati (3.63) muvofiq holda taqribiy miqdor

3.19-rasmdagi funksiyasida ifodalangan. Ushbu grafik taqribiy yo‘l bilan topilgan so‘nish koeffitsientini tuzatishga imkon beradi.

So‘nish parametrini hisoblashda, bir-biridan bir qancha davr, masalan *m* davr uzoqlikda joylashgan reaksiyaning eng yuqori nuqtalarini ko‘rib chiqib, sust dempferlangan tizimlar uchun yuqori aniqlikka erishish mumkin. Bunda

$$\ln \frac{\upsilon_n}{\upsilon_n + m} = 2\pi\xi \frac{\omega}{\omega_D} \ , \tag{3.64}$$

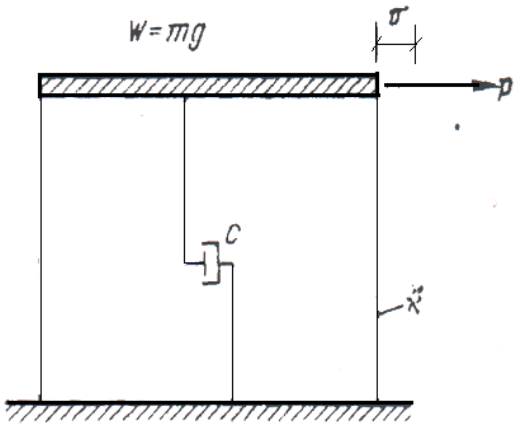
va u juda kichik so‘nishlar uchun quyidagi taqribiy nisbat orqali ifodalanishi mumkin.

$$\xi = \frac{\upsilon_n - \upsilon_{n+m}}{2m\pi\upsilon_{n+m}} \ . \tag{3.65}$$

Dempferlangan tizimlarning erkin tebranishlari bo‘yicha so‘nish parametrlarini eksperimental tarzda baholashda tebranishlar amplitudasi ikki barobar kamayuvchi sikllar sonini aniqlashdan iborat usuldan foydalanish qulayroq. Bunda foydalaniladigan bog‘lanish 3.20-rasmda ko‘rsatilgan. Taqribiy baholashlar uchun quyidagi: bitta sikl davomida so‘nish kritik miqdorga nisbatan 10% bo‘lganda tebranishlar amplitudasini 50% ga kamayadi, degan empirik qoidasidan foydalanish qulay.

Qayta dempferlangan tizimlar (kritik miqdordan ortiq so‘nish bilan). So‘nishi kritik miqdordan katta bo‘lgan qurilish tizimlari oddiy sharoitlarda uchramasa ham, tadqiqotlar to‘liq bo‘lishi uchun qayta dempferlangan tizim reaksiyasini ko‘rib chiqish foydadan holi emas. Bu holda $\xi > 1$, va (3.46) ifodani quyidagi ko‘rinishda berish mumkin:

$$\begin{aligned} &s = -\xi\omega \pm \omega\sqrt{\xi^2 - 1} = -\xi\omega \pm \hat{\omega} \\ &bunda \\ &\hat{\omega} = \sqrt{\xi^2 - 1}. \end{aligned} \tag{3.66}$$



3.21-rasm. Bir qavatli binoning vibratsiya yordamida sinash (p – domkratdan tushadigan yuklanish; k – umumiy bikirlik)

(3.66) ifodani (3.32) ifodaga qo‘yib, o‘zgartirishlar amalga oshirilgandan so‘ng quyidagini keltirib chiqarish mumkin:

$$\upsilon(t) = e^{-\xi\omega t}(Ash\hat{\omega}t + Bch\hat{\omega}t). \qquad (3.67)$$

Bunda A va B konstantalar boshlang‘ich ma’lumotlar e’tiborga olingan holda hisoblab chiqiladi. (3.67) formuladan ko‘rinadiki, qayta dempferlangan tizim harakati tebranma harakat bo‘lmaydi. U kritik so‘nishli tizim reaksiyasiga o‘xshash (3.15-rasmga q.), ammo so‘nish parametrini o‘sishi bilan neytral holatga qaytish susayib boradi [71].

3.3-misol. Bir qavatli binoning hisoblash sxemasi vaznsiz ustunlar (kolonnalar)dagi bikir rigelni ifodalaydi (3.21-rasm). Ushbu konstruksiyaning dinamik tavsiflarini aniqlash maqsadida gorizontal domkrat yordamida modelning yuqori qismini birdaniga bo‘shatib turib og‘ishtirish bilan erkin tebranishlarni eksperimental tarzda tekshirish amalga oshirilgan.

Domkrat yordamida yuklanish vaqtida rigel 9,06 tk bilan yuklanganda 0,51 sm ko‘chishi qayd etildi. Bu dastlabki ko‘chishda yuklanish bir zumda olib tashlangandan so‘ng maksimal surilish teskari yo‘nalish bo‘yicha faqat taxminan 0.41smni, bu surilish siklning davri T esa – 1,4 soatni tashkil etadi.

Bu ma’lumotlardan tizimning quyidagi dinamik tavsiflarini aniqlash lozim:

1. Rigelning keltirilgan vaznidan tushadigan yuklanishni –

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{W}{kg}} = 1.4.s\,,$$

bundan

$$W = \left(\frac{1.4}{2\pi}\right)^2 kg = 0496\frac{9{,}06}{0{,}51}980 = 870tk\,.$$

2. Tebranish chastotalarini –

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}4} = 0{,}714Hz$$
$$\omega = 2\pi f = 4{,}48rad/s.\,.$$

3. So‘nish tavsiflari: – logarifmik dekrement

$$\delta = \begin{cases} 1n\dfrac{0{,}2}{0{,}16} = 0{,}223 \\ 1n\dfrac{0{,}51}{0{,}41} = 0{,}223 \end{cases}$$

$$\xi \approx \delta / 2л = 3{,}55\%;$$

– so‘nish parametri – so‘nish koeffitsienti

$$c = \xi c_c = \xi 2m\omega = 0{,}0355\frac{2\cdot 870}{980}4{,}48 = 0{,}282tk/(sm\cdot s)\,;$$

– so‘nishi hisobga olingan tebranish chastotasi

$$\omega_D = \omega\sqrt{1-\xi^2} = \omega(0{,}999)^{1/2} \approx \omega\,.$$

4.Olti sikldan so‘ng amplitudani

$$\upsilon_6 = \left(\frac{\upsilon_1}{\upsilon_0}\right)^6 \upsilon_0 = (4/5)^6 0{,}51 = 0{,}133sm.$$

3.11. Garmonik yuklarda tizimlar reaksiyasi

3.11.1. Dempferlanmagan tizim

Bir jinsli tenglamani yechish. Endi, tizimga (3,1,a–rasmga q.) amplitudasi p_0 va aylana chastotasi $\bar{\omega}$ teng bo‘lgan o‘zgaruvchan yuk $p\ (t)$ ta’sir etmoqda deb faraz qilamiz. Bu holda harakatning differensial tenglamasi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$m\ddot{\upsilon}(t) + c\dot{\upsilon}(t) + k\upsilon(t) = P_0 \sin \bar{\omega} t. \qquad (3.68)$$

So‘nish bilan bog‘liq umumiy holni ko‘rishdan avval garmonik yuklanishda dempferlanmagan tizimning reaksiyasida batafsil to‘xtalishimiz maqsadga muvofiqdir. Bunday tizim uchun tebranishlar tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$m\ddot{\upsilon}(t) + k\upsilon(t) = P_0 \sin \bar{\omega} t. \qquad (3.69)$$

Erkin tebranishlarga bo‘lgan inshoot reaksiyasi – bir jinsli tenglamaning echimidir

$$\upsilon_c(t) = A\sin \omega t + B\cos \omega t. \qquad (3.70)$$

Xususiy yechim. Umumiy echim o‘zida bir jinsli tenglamaning xususiy echimini, ya’ni dinamik yuk ta’siri natijasi bo‘lgan tizim reaksiyasini ham mujassamlaydi. Garmonik yuk ta’sirida reaksiya yuk bilan bir xil bo‘lgan fazaga ega deb qabul qilish mumkin. Shunday qilib,

$$\upsilon_\rho(t) = G\sin \bar{\omega} t. \qquad (3.71)$$

bunda G – aniqlanadigan amplituda.

(3.71) ifodani (3.69) tenglamaga qo‘ysak, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$-m\bar{\omega}^2 G\sin\bar{\omega}t + kG\sin\bar{\omega}t = p_o\sin\bar{\omega}t. \qquad (3.72)$$

Odatda nolga teng bo‘lmaydigan $\sin\omega t$ va $k/m = \omega^2$ bo‘lib, ayrim o‘zgartirishlar amalga oshirilgandan so‘ng quyidagiga ega bo‘lish mumkin:

$$G\left(1-\frac{\bar{\omega}^2}{\omega^2}\right) = \frac{p_0}{k}. \qquad (3.73)$$

Demak, reaksiya amplitudasi teng:

$$G = \frac{p_0}{k}\cdot\frac{1}{1-\beta^2}, \qquad (3.74)$$

bunda β – qo‘yilgan yuk chastotasini tizimning xususiy (erkin) tebranishlari chastotasiga nisbati, ya’ni:

$$\beta \equiv \frac{\bar{\omega}}{\omega}. \qquad (3.75)$$

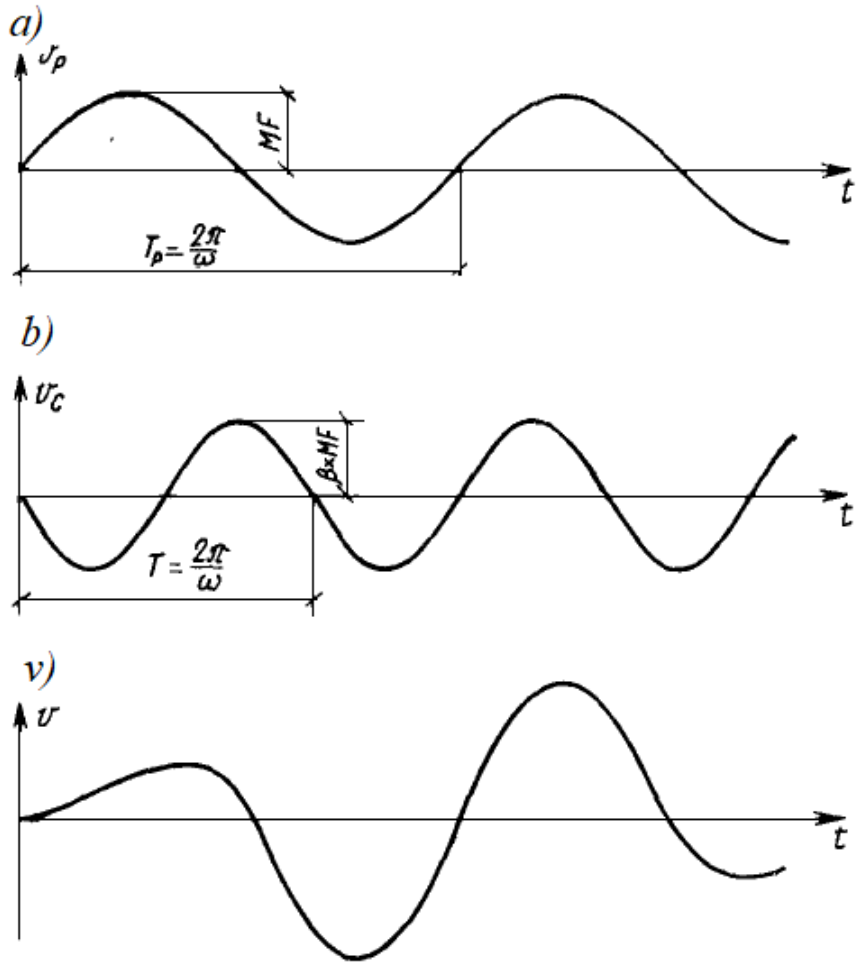
Umumiy yechim. Dempferlanmagan tizimga garmonik ta’sir vaqtidagi tenglamaning umumiy yechimi bir jinsli tenglama echimini (3.74) tenglamadan topilgan bir jinsli bo‘lmagan tenglamaning G dagi xususiy yechimi bilan birlashtirish orqali amalga oshiriladi.

Shunday qilib,

$$\upsilon(t) = \upsilon_c(t) + \upsilon_\rho(t) = A\sin\omega t + B\cos\omega t + \frac{p_0}{k}\frac{1}{1-\beta^2}\sin\bar{\omega}t\ . \qquad (3.76)$$

Bu tenglamada A va B qiymatlari hali ham boshlang‘ich shartlarga bog‘liq bo‘ladi. Tebranishlari harakatsizlik holatidan, ya’ni boshlang‘ich shartlari nol ($\upsilon(0)=\dot{\upsilon}(0)=0$)dan boshlalanadigan tizim uchun o‘zgarmaslari quyidagi qiymatga ega bo‘lishlarini ko‘rsatish juda oson:

$$A=-\frac{\rho_0\beta}{k}\frac{1}{1-\beta^2},\ B=0 \quad . \tag{3.77}$$



chastotalar nisbati β = 2/3

3.22-rasm. Garmonik yuklanishlarda va boshlang‘ich shartlar nolga teng bo‘lganda tizim reaksiyasining nisbiy parametri: a – turg‘un rejim; b – reaksiyaning umumiy parametri

Shunda (3.76) tenglama yordamida aniqlanadigan reaksiya quyidagi shaklga kiradi:

$$\upsilon(t) = \frac{\rho_0}{k}\frac{1}{1-\beta^2}(\sin\bar{\omega}t - \beta\sin\omega t), \qquad (3.78)$$

bunda $\rho_0 / k = \upsilon_{st}$ – statik ko‘chish, ya’ni p_0 yuklanish statik qo‘yilishi natijasida kelib chiquvchi ko‘chish;

1/(1-β³) – garmonik ta’sirni dinamik kuchaytirish samarasi (*MF*)ni tavsiflovchi *kuchaytirish koeffitsienti*;

$\sin\bar{\omega}t$ – qo‘yilgan yuk chastotasiga ega reaksiyaning tashkil etuvchisi, ya’ni bevosita yukdan aniqlanadigan o‘rnashgan reaksiya; $\beta\sin\omega t$ – xususiy tebranishlari chastotasiga ega bo‘lgan reaksiyaning tashkil etuvchisi, ya’ni boshlang‘ich shartlar keltirib chiqargan erkin tebranishlar natijasi [71].

Amaldagi holatlarda so‘nish tenglamasining oxirgi hadini izchillik bilan kamayib borishiga olib kelishi bois, uni *o‘tish reaksiyasi* deb atashadi. Albatta, gipotetik dempferlanmagan tizim uchun reaksiyaning bu tashkil etuvchisi yo‘q bo‘lib keta olmaydi va cheksiz uzoq vaqt mavjud bo‘ladi.

Reaksiyaning nisbiy parametri. Yuklanishning dinamik xarakteri ta’sirini aks ettiruvchi qulay miqdor – bu dinamik reaksiyani aynan shu yuklanishni statik qo‘yilishi natijasida vujudga kelgan ko‘chishga nisbatini ifodalaydigan reaksiyaning nisbiy parametri *R(t)*dir:

$$R(t) = \frac{\upsilon(t)}{\upsilon_{st}} = \frac{\upsilon(t)}{\rho_0 / k} \quad . \qquad (3.79)$$

(3.78) ifodadan ko‘rinadiki, boshlang‘ich harakatsiz holatda bo‘lgan dempferlanmagan tizimga garmonik yuklanish ta’sir etganda, reaksiyaning nisbiy parametri quyidagiga teng bo‘ladi:

$$R(t) = \frac{1}{1-\beta^2}(\sin\bar{\omega}t - \beta\sin\omega t) \qquad (3.80)$$

Reaksiyaning aynan shu parametrini grafiklar yordamida yanada batafsil ko‘rib chiqqan ma’qul. 3.22,*a*-rasmda mazkur qaror topgan rejimda reaksiya parametrining tashkil etuvchisi keltirilgan. 3.22,*b*-rasmda o‘tish jarayoni deb ataluvchi – boshlang‘ich shartlar keltirib chiqargan erkin tebranishlar jarayoni ko‘rsatilgan. Mazkur misolda, $\beta = 2/3$ deb qabul qilingan, ya’ni qo‘yilgan yuk chastotasi erkin tebranishlar chastotasining 2/3 qismini tashkil etadi. Reaksiya *R(t)*ning umumiy nisbiy parametri ushbu ikki tashkil etuvchisining yig‘indisi ko‘rinishida 3.22,*v*-rasmda keltirilgan. Ikki jihatga e’tibor qaratish lozim: ushbu ikki tashkil etuvchilarini fazaga kirish, so‘ng esa chiqishga bo‘lgan moyilligini, bu reaksiyada urish (zarba) effektini, hamda o‘tish reaksiyasi hadining tezligi qaror topgan jarayon tezligini o‘chirish uchun yetarli darajada ekanini ko‘rsatuvchi t=0 dagi reaksiyaning nolinchi og‘ish burchagini hosil bo‘lishiga olib keladi, va, shunday qilib berilgan boshlang‘ich shartlar qanoatlantiriladi.

3.11.2. Dempferlangan tizim

So‘nishni hisobga olib, (3.68) harakat tenglamasiga qaytsak, m ga bo‘lgandan so‘ng va $c/m = 2\xi\omega$ ni hisobga olib quyidagiga erishamiz:

$$\ddot{\upsilon}(t) + 2\xi\omega\dot{\upsilon}(t) + \omega^2\upsilon(t) = \frac{\rho_0}{m}\sin\bar{\omega}t. \qquad (3.81)$$

Bir jinsli tenglama yechimi – dempferlangan tizimning erkin tebranishlari bo‘ladi [(3.54 ga q.)]. Barcha mavjud inshootlardagi kabi tizim kritik so‘nishdan past so‘nishlarga ega:

$$\upsilon_c(t) = e^{-\xi\omega t}(A\sin\omega_D t + B\cos\omega_D t). \qquad (3.82)$$

Garmonik yuklanishda xususiy yechim quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\upsilon_p(t) = G_1 \sin \varpi t + G_2 \cos \varpi t, . \tag{3.83}$$

Ushbu ifodaga ikkinchi qushiluvchi kiritilgan, chunki dempferlangan tizim reaksiyasi odatda yuk funksiyasi bilan bir fazada bo‘lmaydi.

(3.83) tenglamani (3.81) ga kiritib, hamda *sin ωt* dagi koeffitsientlarni cos *ωt* dagi koeffitsientlardan ajratib olib, quyidagini chiqaramiz:

$$\left[-G_2\varpi^2 - G_2\varpi(2\xi\omega) + G_1\omega^2\right]\sin\bar{\omega}t = \frac{\rho_0}{m}\sin\bar{\omega}t\,; \tag{3.84a}$$

$$\left[-G_2\,\bar{\omega}^2 + G_1\,\bar{\omega}(2\xi\omega) + G_2\omega^2\right]\cos\bar{\omega}t = 0\,. \tag{3.84b}$$

Ushbu ikki munosabat alohida tarzda qoniqtirilishi lozim, chunki sinus va kosinuslar vaqtning har xil onlarida nolga teng bo‘ladi. Ikkala nisbatni ω^2ga bo‘lib, ularni o‘zgartirgandan va trigonometrik ifodalarni qisqartirgandan so‘ng quyidagini topamiz:

$$G_1(1-\beta^2) - G_2(2\xi\beta) = \frac{\rho_0}{k}; G_2(1-\beta^2) + G_1(2\xi\beta) = 0\,. \tag{3.85}$$

Bu ikkala tenglama birgalikda yechilishi koeffitsientlar uchun quyidagi ifodalarini keltirib chiqaradi:

$$\begin{aligned} G_1 &= \frac{\rho_0}{k}\frac{1-\beta^2}{(1-\beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2}; \\ G_2 &= \frac{\rho_0}{k}\frac{-2\xi\beta}{(1-\beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2} \end{aligned}\,. \tag{3.86}$$

Bu ifodalarni (3.83) tenglamaning xususiy yechimiga kiritib, bir jinsli tenglamani umumiy yechimi bilan qo‘shgandan so‘ng quyidagi ko‘rinishdagi

umumiy yechimga ega bo‘lamiz:

$$\upsilon(t) = e^{-\xi\omega t}(A\sin\omega_D t + B\cos\omega_D t) + \frac{\rho_0}{k}\frac{1}{(1-\beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2}\left[(1-\beta^2)\sin\bar{\omega}t - 2\xi\beta\cos\bar{\omega}t\right] \quad (3.87)$$

(3.87) tenglamaning birinchi hadi tashqi yuklanish vaqtidagi o‘tish jarayonini ko‘rsatadi. *A* va *B* o‘zgarmas sonlar berilgan barcha ihtiyoriy boshlang‘ich shartlar uchun hisoblanishi mumkin. Birinchi had nolga yaqinlashib boradi, va, odatda, uning ahamiyati uncha bo‘lmaydi. Shuning uchun uning ta’rifi bu yerda keltirilmaydi. (3.87) tenglamaning ikkinchi hadi yuk ta’sir etganda faza bo‘yicha reaksiyaga to‘g‘ri kelmaydi. O‘rnashgan jarayonda ko‘chish Argand diagrammasida ikki vektor ko‘rinishida tasvirlanishi mumkin (3.23-rasm). Natijaviy vektor ρ o‘rnashgan jarayon reaksiyasining amplitudasi bo‘ladi.

$$\rho = \frac{\rho_0}{k}\left[(1-\beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2\right]^{-1/2}, \quad (3.88)$$

Fazo burchagi θ esa reaksiya qo‘yilgan yuklanishdan orqada qolgan burchakdir.

$$\theta = tg^{-1}\frac{2\xi\beta}{1-\beta^2}. \quad (3.89)$$

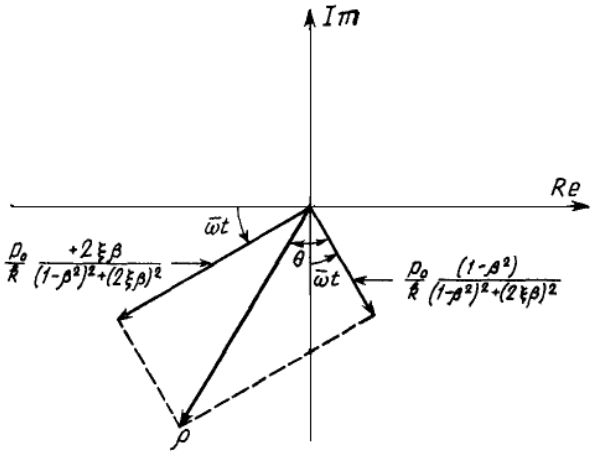
Bunda faza burchagi $0 < \theta < 180°$ chegarada bo‘lishi nazarda tutiladi. Shunday qilib, qaror topgan reaksiya quyidagi ko‘rinishda taqdim etilishi mumkin:

$$\upsilon(t) = \rho\sin(\bar{\omega}t - \theta) \quad . \quad (3.90)$$

Reaksiyaning jamlangan amplitudasini kuch p_0 keltirib chiqargan statik ko‘chishga bo‘lgan nisbati ***dinamik koeffitsient*** yoki ***dinamiklik koeffitsienti D***

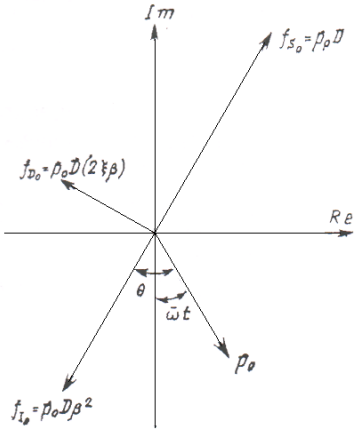
deb nomlanadi.

$$D \equiv \frac{\rho}{\rho_0 / k} = \left[(1-\beta^2)^2 + (2\beta\xi)^2\right]^{-1/2} \tag{3.91}$$

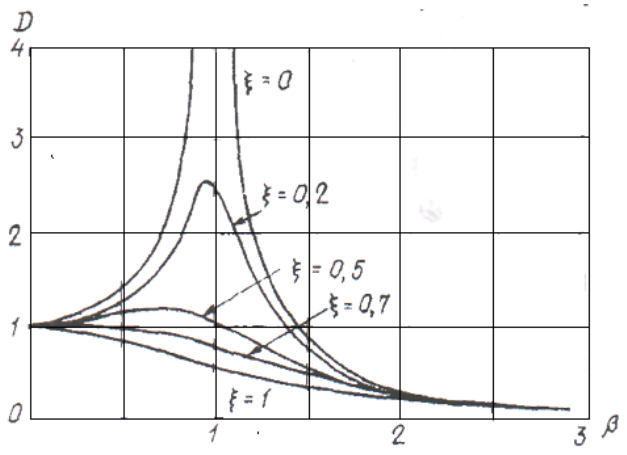


3.23-rasm. Turg‘un rejimdagi tizimning ko‘chishi

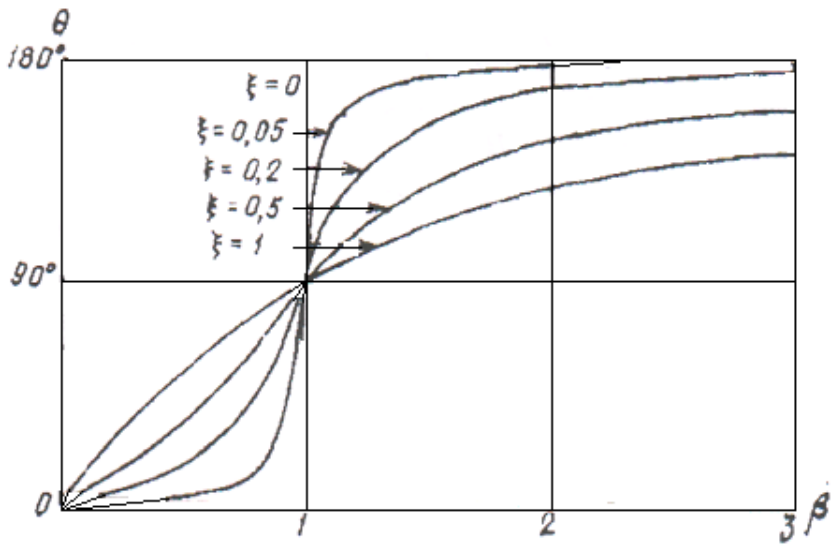
Massaning o‘rnashgan tebranishlarida unga qo‘yilgan kuchlar muvozanatini o‘rganib chiqish ham qiziqarli. Ularning tarkibiy qismlarini dinamik koeffitsient orqali ifodalash hamda Arganda diagrammasida ko‘rsatish juda qulay (3.24-rasm). Elastiklik kuchi natijaviy ko‘chishlar vektoriga qarama-qarshi yo‘nalganligini hiobga olamiz (3.23-rasmga q.). Shunga o‘xshash so‘nish va inersiya kuchlari tegishlicha tezlik va tezlanish vektorlariga qarama-qarshidir. Va, nihoyat, dinamik muvozanat shartiga binoan bu kuchlarning natijalovchisi qo‘yilgan yuklanish p_0 yordamida tenglashtiriladi [72].



3.24-rasm. Turg‘un rejimda kuchlar muvozanati



3.25-rasm.Qo‘zg‘alishlar chastotasi va so‘nishga bog‘liq holda dinamik koeffitsientning o‘zgarishi



3.26-rasm. Qo‘zg‘alish chastotasi va so‘nishga bog‘liq holda faza tugunining o‘zgarishi

(3.91) tenglamadan kelib chiqadiki, dinamik koeffitsient D chastotalar β bilan so‘nish parametri ξ nisbatiga qarab o‘zgarar ekan. Ushbu bog‘lanishlar 3.25-rasmda grafik tarzda ifodalangan. (3.89) ko‘rinishicha, faza burchagi ham shu kattaliklarga bog‘liqligi, va uning o‘zgarishi 3.26-rasmda ko‘rsatilgan.

3.11.3. Rezonans rejimi

3.25-rasmdan ko‘rinib turibdiki, sust dempferlangan tizimlar uchun chastotalarning bir-biriga nisbati birga yaqin bo‘lganda, turg‘un jarayon maksimumga etishi mumkin. Chastotalar nisbati birga teng bo‘lish sharti, ya’ni qo‘yilgan yukning chastotasi xususiy tebranishlar chastotasiga teng bo‘lishi, ***rezonans*** deyiladi. (3.80) tenglamadan yana shu ma’lum bo‘ladiki, so‘nishsiz tizimning turg‘un reaksiyasi rezonansda cheksizlikka intiladi. Yanada umumiyroq natijaga (3.91) tenglamadan erishish mumkin. Bu tenglama rezonans vaqtida ($\beta=1$) dinamik koeffitsient so‘nish parametriga teskari proporsionalligini ko‘rsatadi, ya’ni:

$$D_{\beta=1} = 1/2\xi \,. \qquad (3.92)$$

Ammo, maksimumga yaqin bo‘lgani uchun, u so‘nuvchi tizim reaksiyasining maksimumini tavsiflamaydi. Reaksiya maksimumi uchun chastotalar nisbati (3.91) tenglamani β bo‘yicha hamda hosilani nolga tenglagan holda differensiallash orqali topilishi mumkin. So‘nish parametrlari $\xi < 1\sqrt{2}$ bo‘lgan oddiy inshootlar uchun reaksiyaning maksimumi kuzatiladigan chastotalar nisbati β_{pik} teng

$$\beta_{пик} = \sqrt{1-\xi^2}\ . \qquad (3.93,a)$$

Tegishli dinamiklik koeffitsient esa

$$D_{макс} = \frac{1}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}}\ . \qquad (3.93,b)$$

Oddiy so‘nish parametrlari uchun (3.93,b) ifoda bilan soddaroq bo‘lgan (3.92) ifodalar orasidagi farqlari e’tiborga loyiq bo‘lmagan darajada kichik.

Garmonik yuklanish holatidagi rezonans vaqtida tizimlar reaksiyasi tabiatini yanada to‘liqroq tushunib olish uchun, ham o‘tish rejimini, ham statsionar rejimlarni tavsiflovchi qo‘shiluvchini o‘z ichiga olgan reaksiyaning umumiy reaksiyasini (3.87) ko‘rib chiqish lozim. (β=1) rezonans rejimida bu tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\upsilon(t) = e^{-\xi\omega t}(A\sin\omega_D t + B\cos\omega_D t) - \frac{\rho_0}{k}\frac{\cos\omega t}{2\xi}\ . \qquad (3.94)$$

Boshlang‘ich shartlar nolga teng [$\upsilon(0) = \dot{\upsilon}(0) = 0$] deb tahmin qilib, quyidagini chiqaramiz:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\rho_0}{k}\frac{\omega}{2\omega_D} = \frac{\rho_0}{k}\frac{1}{2\sqrt{1-\xi^2}} \\ B &= \frac{\rho_0}{k}\frac{1}{2\xi} \end{aligned}\ . \qquad (3.95)$$

Shunday qilib,

$$\upsilon(t) = \frac{1}{2\xi}\frac{\rho_0}{k}\left[e^{-\xi\omega t}\left(\frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}\sin\omega_D t + \cos\omega_D t\right) - \cos\omega t\right]. \qquad (3.96)$$

Qurilish konstruksiyalari uchun oddiy so‘nish parametrlari uchun ushbu tenglamaning sinusidagi had reaksiya amplitudasiga uncha katta ta’sir ko‘rsatmaydi. Bundan tashqari, so‘nishni hisobga olgan holda tizim chastotasi deyarli dempferlanmagan tizim chastotasiga teng. Bu holda reaksiyaning nisbiy parametri taqriban teng:

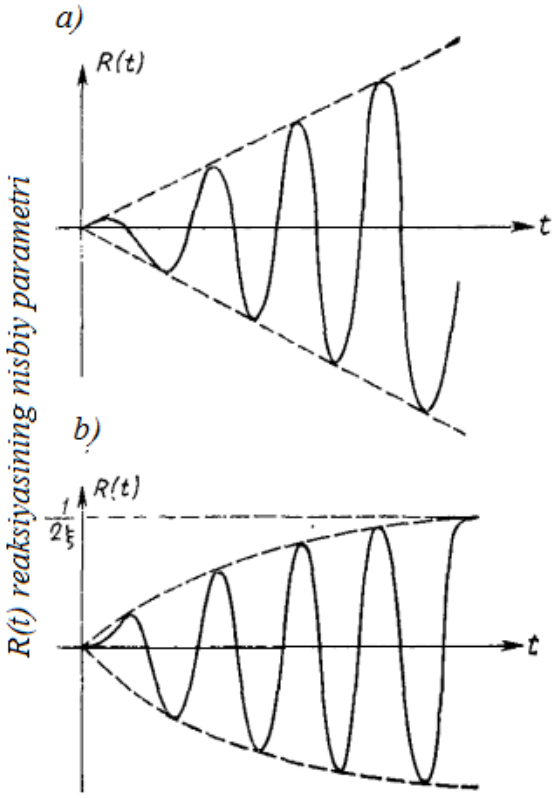
$$R(t) = \frac{\upsilon(t)}{\rho_o / k} \approx \frac{1}{2\xi}\left(e^{-\xi\omega t} - 1\right)\cos\omega t\,. \qquad (3.97)$$

Nolga teng so‘nishda (3.96) tenglama aniq bo‘lmay qoladi, ammo ***Lopital qoidasi*** qo‘llangandan so‘ng dempferlanmagan tizim reaksiyasining parametri u quyidagiga teng bo‘ladi [71]:

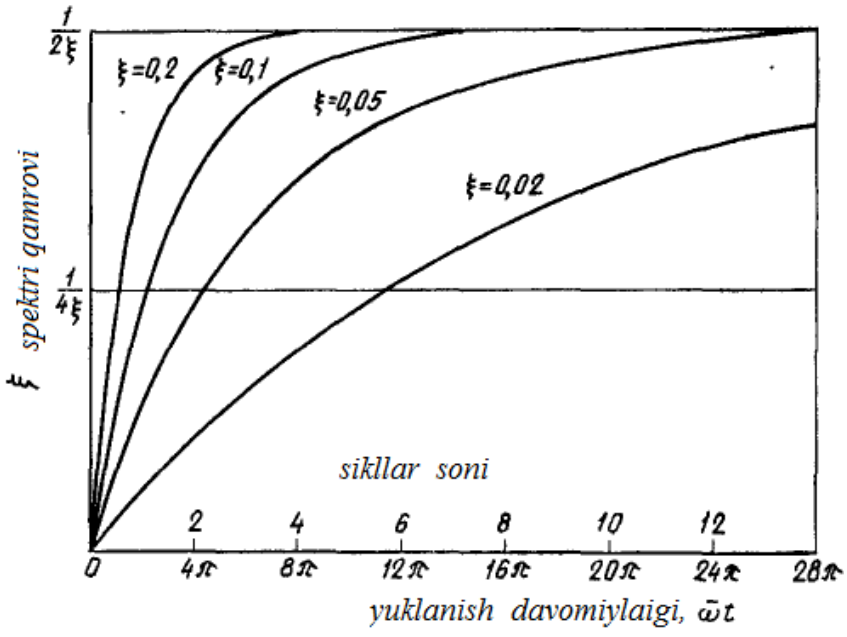
$$R(t) = 1/2(\sin\omega t - \omega t\cos\omega t)\cdot \qquad (3.98)$$

3.27-rasmda ko‘rsatilgan (3.97) va (3.98) bog‘lanishlar tizimlarni so‘nish bilan hamda so‘ndirmasdan rezonansli qo‘zg‘atishdagi reaksiya ortishini tasvirlaydilar.

Ikkala holatda ham rezonans parametrlari asta-sekin o‘sib boradi. Dempferlanmagan tizim uchun har bir tebranishlar sikli uchun π ga ortib boradi. Agar qo‘zg‘atish chastotasi o‘zgarmasa, bu tizimning ishdan chiqishiga olib keladi. Ikkinchi tomondan, so‘nishni rezonans tebranishlar amplitudasi cheklashlarining chegaraviy qiymatiga ko‘rsatadigan ta’siri quyidagi rasmda tasvirlangan. Dempferlangan tizim amplitudasi maksimal qiymatga deyarli etishadigan sikllar soni so‘nish parametriga bog‘liq.



3.27-rasm. Boshlang‘ich shartlari nolga teng bo‘lgan tizimlarda va β=1 rezonans yuklanishda reaksiyalar: a – so‘nishsiz; b – so‘nishni hisobga olgan holda



3.28-rasm. Rezonans egri chizig‘ining o‘sish tezligi (boshlang‘ich shartlari nolga teng bo‘lgan holda R(t) reaksiya parametrlarining qamrovi (огибающей))

Amplitudalar qamrovining ortib borishini ifodalovchi egri chiziqlar (3.27-

rasmdagi punktir chiziqlar) 3.28-rasmda so‘nish parametrining bir necha qiymatlari uchun rezonans sikllar soni funksiyasida ko‘rsatilgan.

Deyarli eng katta rezonans amplitudaga ega bo‘lish uchun faqatgina bir necha qo‘zg‘atish sikllarning o‘zi kifoyaligini qayd etish lozim [71].

3.11.4. Vibroizolyatsiya

Vibroizolyatsiya masalalari mazkur ishda batafsil ko‘rib chiqish uchun anchagina keng bo‘lsa ham, uning asosiy prinsipi seysmik asboblarning ishlash prinsipi bilan chambarchas bog‘liqligini alohida aytib o‘tish lozim. Vibroizolyatsiya vazifalari bilan bog‘liq holda masalalarning ikki tipi paydo bo‘lishi mumkin:

1) ishchi jihozlar ko‘taruvchi konstruksiyaning sezilarli tebranishlarini keltirib chiqaradigan vibratsiya yuklanishlarini hosil qilishi mumkin;

2) sezuvchan asboblar tebranayotgan inshootga o‘rnatilishi mumkin [9, 71].

Birinchi hol 3.29-rasmda ifodalangan. Vibratsiyalash mashinasi o‘zining aylanuvchi qismlarini bir-biriga moslab o‘rnatilmaganligi sababli o‘zgaruvchan vertikal yuklanish $\rho_0 \sin \varpi t$ ni keltirib chiqaradi. Agar vibromashina prujina va dempferli erkinlik darajasi birga teng tizim deb qabul qilingan inshootga o‘rnatilgan bo‘lsa, uning statsionar rejimdagi ko‘chishlari quyidagiga teng:

$$\upsilon(t) = \frac{\rho_0}{k} D \sin(\varpi t - \theta), \tag{3.99}$$

bunda D (3.91) o‘zaro bog‘lanish orqali aniqlanadi.

Shunday qilib, asos prujinasi rivojlantiruvchi qarshi ta’sir kuchi teng:

$$f_s = k\upsilon(t) = \rho_0 D \sin(\varpi t - \theta).$$

Shunda asosga nisbatan ko‘chish tezligi

$$\dot{\upsilon}(t) = \frac{\rho_0}{k} D\overline{\omega} \cos(\overline{\omega}t - \theta);$$

dissipativ kuch esa

$$f_D = c\upsilon(t) = \frac{c\rho_0 D\overline{\omega}}{k} \cos(\overline{\omega}t - \theta) = 2\xi\beta\rho_0 D\cos(\overline{\omega}t - \theta).$$

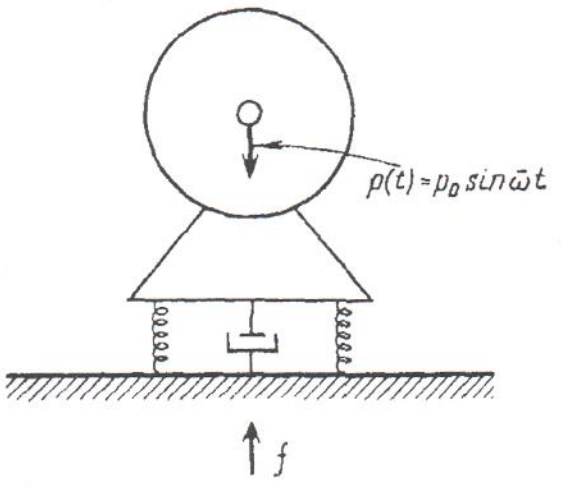
Bu kuch prujinaning elastik kuchiga nisbatan 90° burchak ostida yo‘nalgani bois, asosdagi *f* kuchning amplitudasi quyidagiga teng:

$$f_{maks} = (f_{S,maks}^2 + f_{D,maks}^2)^{1/2} = \rho_0 D\left[1 + (2\xi\beta)^2\right]^{1/2}.$$

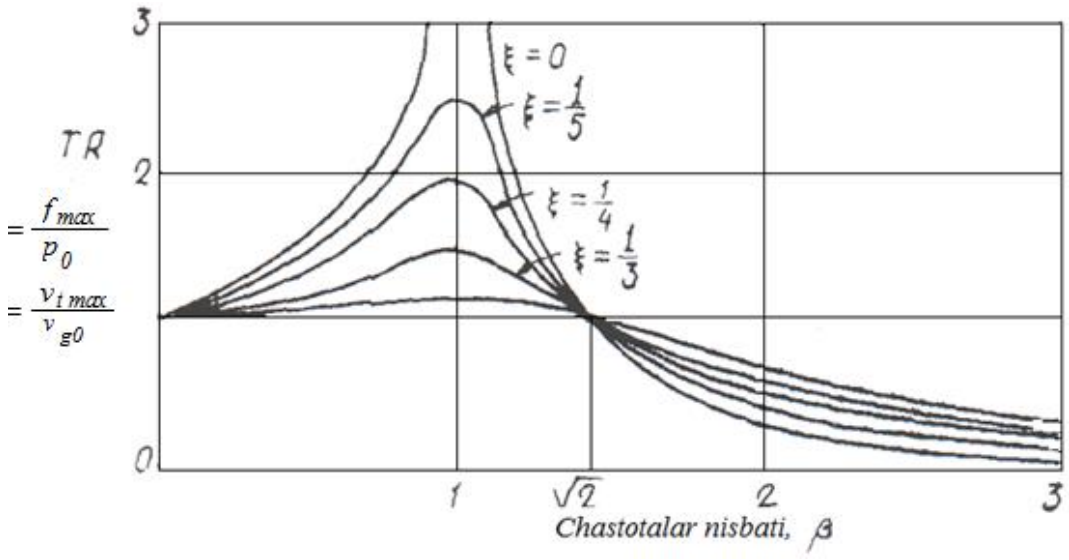
Tutib turuvchi tizimning uzatish soni *TR* sifatida ma’lum bo‘lgan, maksimal kuchni qo‘yilgan yuk amplitudasiga nisbati teng:

$$TR \equiv \frac{f_{maks}}{\rho_0} = D\sqrt{1 + (2\xi\beta)^2}. \qquad (3.100)$$

Uzatish sonini chastotalarni so‘nish parametrlariga bo‘lgan nisbatiga bog‘liqligi 3.30-rasmda ko‘rsatilgan.



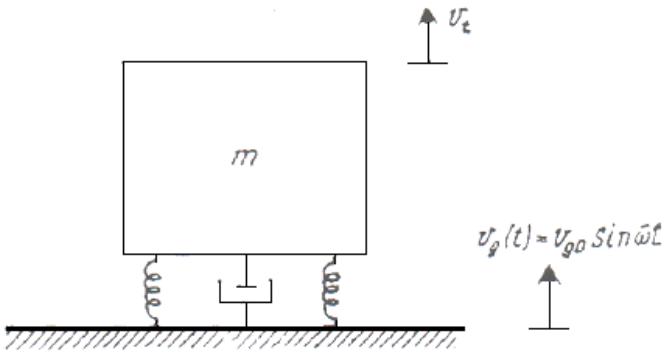
3.29-rasm. Tashqi yuklanishda vibroizolyatsiyaning bir massali tizimi



3.30-rasm. Uzatish soni (qo‘yilgan yuk yoki ko‘chish)

Bu grafik 3.25-rasmdagi grafikni eslatsa ham, barcha egri chiziqlar abssissasi $\beta=\sqrt{2}$ nuqtadan o‘tadi. Ushbu 3.25-rasmdagiga nisbatan farq so‘nish kuchining ta’siri natijasidir. Ayni tavsifga muvofiq so‘nish β ning kritik miqdoridan katta chastotalarda vibroizolyatsiya tizimining samaradorligini kamaytiradi [9].

Vibroizolyatsiya tizimining ikkinchi holi 3.31-rasmda tasvirlangan.



3.31-rasm. Asos qo‘zg‘atilishida bir massali vibroizolyatsiya tizimi

Izolyatsiyalanuvchi massa vertikal tebranishlarga chalinuvchi poydevor plitasidagi prujina va dempferdan iborat tizim yordamida ushlab turiladi. Massaning asosga nisbatan ko‘chishi quyidagiga teng:

$$\upsilon(t) = \upsilon_{go}\beta^2 D\sin(\varpi t - \theta). \qquad (3.101)$$

Asos harakati $\upsilon(t)$ bilan vektorli jamlansa, massaning umumiy ko‘chishi quyidagiga teng:

$$\upsilon^t(t) = \upsilon_{go}\sqrt{1+(2\xi\beta)^2}\,D\sin(\varpi t - \bar{\theta}), \qquad (3.102)$$

bunda faza burchak θ ning amaliy ahamiyati yo‘q.

Shunday qilib, agar bu hol uchun uzatish soni massa tebranishlari amplitudasini asos tebranishlari amplitudasiga nisbati sifatida aniqlansa, uning ifodasi 3.100-ifoda bilan bir xil bo‘ladi. Bundan tashqari, u quyidagi ko‘rinishda ham ifodalanishi mumkin:

$$TR \equiv \frac{\upsilon^t_{maks}}{\upsilon_{go}} = D\sqrt{1+(2\xi\beta)^2}\ . \qquad (3.103)$$

Va 3.30-rasmdagi egri chiziqlar orqali ikkala ko‘rib chiqilgan hollar uchun vibroizolyatsiya tizimlarining samaradorligini aniqlash mumkin.

Vibroizolyatsiya tizimini hisoblash uchun, uning parametrlarini 1–TR ko‘rinishida belgilanadigan samaradorlik ko‘rsatkichi yordamida (uzatish sonidan ko‘ra) ifodalash qulayroq. Agar 3.30-rasmda ko‘rinib turganidek, tizim vibroizolyatsiyatsi faqat $\beta > \sqrt{2}$ chastotalarida samarali bo‘lsa va bu diapazonda tebranishlarning so‘nmagani ma’qul bo‘lsa, shubhasiz, tizim vibroizolyatsiyasi juda kichik so‘nishlarda ortib borar ekan. Shunday qilib, hisoblashlarda uzatish sonini nolga teng so‘nishlarda olish mumkin:

$$TR = \frac{1}{\beta^2 - 1}; \quad 1 - TR = \frac{\beta^2 - 2}{\beta^2 - 1}\ , \qquad (3.104)$$

bunda $\beta \geq \sqrt{2}$ nazarda tutiladi. Nihoyat, quyidagini ko‘rish mumkin:

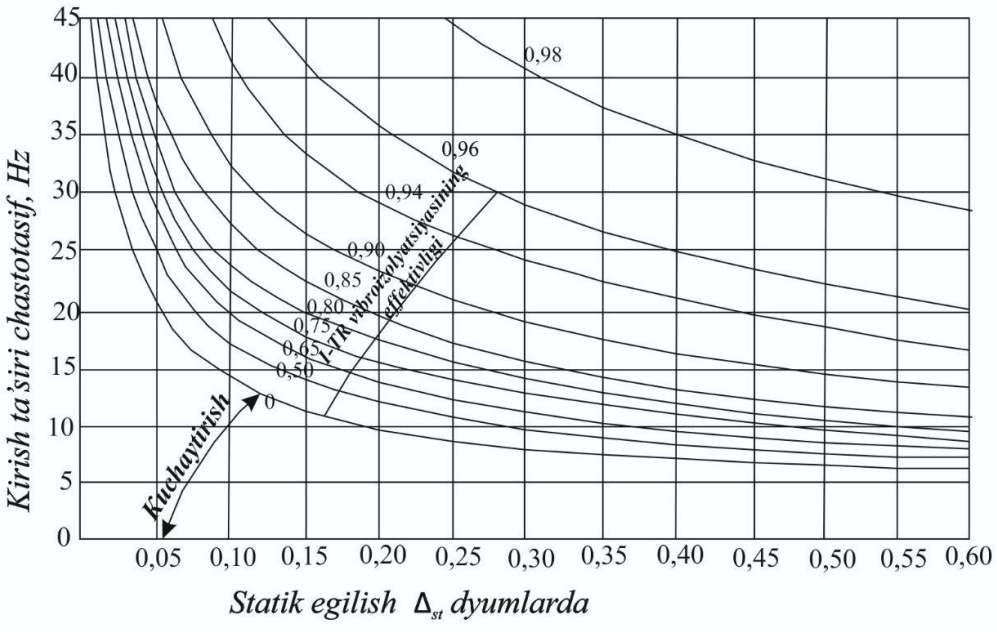
$$\beta^2 = \varpi^2 / \omega^2 = \varpi^2 (m/k) = \varpi^2 (W/kg) = \varpi^2 (\Delta_{st} / g),$$

bunda g – og‘irlik kuchi tezlanishi; $\Delta_{st}=W/k$ – vibroizolyatsiyalangan tizim vazni natijasida hosil bo‘ladigan statik egilish.

Shunday qilib, vibroizolyatsiya tizimidan foydalanish samaradorligi seysmik ta’sir chastotasi hamda statik ko‘chish Δ_{st} funksiyasida ifodalanishi mumkin. (3.104) tenglamani ishlab, chastotalar nisbati $\beta^2 = [2 – (1 – TR)]/[1 -(1 - TR)]$ ni, hamda $\bar{f} = 2\pi\varpi$ hisobga olib, statik egilish Δ_{st} ham topamiz.

$$\bar{f} = 3{,}13\sqrt{\frac{1}{\Delta_{st}} \frac{2-(1-TR)}{1-(1-TR)}} \quad , \qquad (3.105)$$

bunda f – chastota, gersda; Δ_{st} – statik egilish, dyuymda.



3.32-rasm. Vibroizolyatsiya tizimining hisobiy diagrammasi

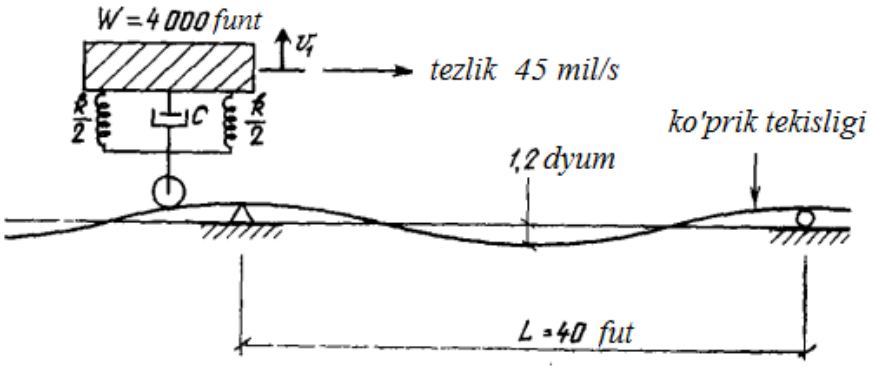
(3.105) tenglamaning grafik tasviri 3.32-rasmda keltirilgan. Mo‘ljallangan qo‘zg‘atish chastotasini bilgan holda, hamda vibroizolyatorlar so‘nishini past deb

tahmin qilib, ushbu grafikdan tizim vibroizolyatsiyasining kerakli darajasini belgilovchi Δ_{st} egilish qiymatini bevosita aniqlash mumkin. Shu grafikning o‘zidan tizim bikirligi katta bo‘lsa, vibroizolyatsiya maqsadga muvofiq emasligi ko‘rinadi.

3.4-misol. Temirbeton ko‘priklar to‘sinlarida temirbetonning siljuvchanligi natijasida juda katta egilishlar vujudga keladi, va, agarda ko‘prik ko‘plab teng oraliqlarga ega bo‘lsa, ko‘prikning qatnov qismidan o‘zgarmas tezlikda transport o‘tganda bu egilishlar garmonik tebranishlarni keltirib chiqarishi mumkin. Avtomobil ressor va amortizatorlariga yo‘lovchilarga uzatiladigan vertikal ko‘chishlarni cheklovchi vibroizolyatsiya tizim sifatida qarash mumkin.

3.33-rasmda bunday tizimning o‘ta ideallashtirilgan modeli ko‘rsatilgan. Avtomobil vazni 4000 funtni (1,812 tk) tashkil etadi, va tajriba natijalariga ko‘ra, ressorlarining bikirligi 100 funt (45,3 kgs) qo‘shimcha yuklanishda 0,08 dyuym (0,203 sm) ga egiladi.

Ko‘prik profili to‘lqin uzunligi 40 fut (12,19 m) sinusoida (ko‘prik oraliq qurilmasi uzunligi) hamda 1,2 dyuym (3,05 sm) amplituda ko‘rinishida ifodalangan. Bunday boshlang‘ich ma’lumotlar uchun so‘nishi kritik kattaligining 40% teng bo‘lgan vaqtda avtomobil soatiga 45 mil (72,4 km/s) tezlik bilan harakatlanishida uning ichidagi statsionar vertikal tebranishlar parametrlarini aniqlash talab etiladi.



3.33-rasm. Yo‘lning notekis qatnov qismida avtomobilning harakatlanish modeli (72,4 km/s)

Bu hol uchun uzatish soni (3.103) ifodadan aniqlanadi, va vertikal tebranishlar amplitudasi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\upsilon_{maks}^{t} = \upsilon_{go}\left[\frac{1+(2\xi\beta)^2}{(1-\beta^2)^2+(2\xi\beta)^2}\right]^{1/2}.$$

Avtomobil soatiga 45 mil (72,4 km/s, bir soniyada 66 fut yoki 20,1 m/s) tezlik bilan harakatlanishida qo‘zg‘alish davri

$$T_{\rho} = \frac{40\,fut}{66\,fut/s} = 0{,}606s,$$

avtomobilning xususiy tebranishlar davri esa

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{\omega}{kg}} = 0{,}572s.$$

Demak, $\beta = T/T_p = 0{,}572/0{,}606 = 0{,}944$ va $\xi = 0{,}4$ amplitudada

$$\upsilon_{maks}^{t} = \begin{cases} 1{,}2\cdot 1{,}642 = 1{,}97dyum \\ 3{,}05\cdot 1{,}642 = 5{,}01sm \end{cases}.$$

Bundan tashqari, so‘nish nolga teng bo‘lganda amplituda quyidagiga teng bo‘lishi kerakligini ham aytib o‘tish lozim:

$$\upsilon_{maks}^{t} = \upsilon_{go}\frac{1}{1-\beta^2} = \begin{cases} \frac{1{,}2}{0{,}11} = 10{,}9dyum \\ \frac{3{,}05}{0{,}11} = 27{,}7sm \end{cases}.$$

Bu qiymat ressoralarni deformatsiyalanish imkoniyatlaridan ham katta bo‘lib, amaliy mohiyati yo‘q, ammo zarba amortizatorlarining yo‘l yuzi notekisligi sababli hosil bo‘ladigan tebranishlarni cheklash qobiliyatini yaqqol ko‘rsatadi.

3.12. Erkinlik darajasi ko‘p bo‘lgan dinamik tizimlar

3.12.1. Erkinlik darajasi ko‘p bo‘lgan dinamik tizimlar harakat tenglamalarini keltirib chiqarish. Erkinlik darajasi sonini tanlash

Avvalgi boblarda ihtiyoriy inshootni dinamik reaksiyasi keyingi vaqtda harakatning bitta differensial tenglamasini ishlash yo‘li bilan aniqlanuvchi yagona erkinlik darajasiga ega tizim sifatida tasavvur qilish mumkinligi ko‘rsatilgan edi. Agar tizimning fizik tavsiflari uni faqat bittagina harakat komponentasi yordamida bayon etish mumkin bo‘ladigan darajada bo‘lsa, boshqa tebranishlar esa sodir bo‘la olmasa, shunda haqiqatan ham u erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizim bo‘lib, tenglamaning yechimi ob’ektni dinamik ta’sir ostida o‘zini tutishini ifodalab beradi. Agar inshootning ko‘chishlar shakli haqiqatda bittadan ortiq bo‘lsa, va u deformatsiyalanish shaklini belgilash orqali matematik ko‘rinishda ifodalanishida erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimga keltirilgan bo‘lsa, bunday harakat tenglamasining yechimi faqatgina inshoot reaksiyasining haqiqiy jarayonini dinamik ta’sir vaqtidagi approksimatsiyasi bo‘ladi.

Tizimni bir massali ossillyator ko‘rinishida taqdim etilishida olingan natijalarning shubhasizligi ko‘p sonli omillarga, birinchi navbatda, yukning fazoviy taqsimlanishi va uning vaqt oralig‘ida o‘zgarishi, hamda tizimning bikirlik va inersiya tavsiflariga bog‘liqdir. Agar tizimning fizik xususiyatlari mo‘ljallangan shakl bo‘yicha tebranishga imkon bersa, hamda aynan shu shaklda ko‘proq tebranishlarni keltirib chiqaradigan yuklanish sxemasi bo‘lsa, erkinlik darajasi birga teng tizim uchun masalaning bunday yechimi yetarli darajada yaqinlashuvini ta’minlaydi. Ikkinchi tarafdan, inshoot ishining haqiqiy xususiyati hisoblash yo‘li bilan aniqlanganga nisbatan umuman boshqacha bo‘lishi mumkin. Erkinlik darajasi birga teng tizimlar ko‘rinishidagi taqribiy modellarning asosiy kamchiliklaridan biri – bu ular yordamida olingan natijalarni baholashning mushkulligida.

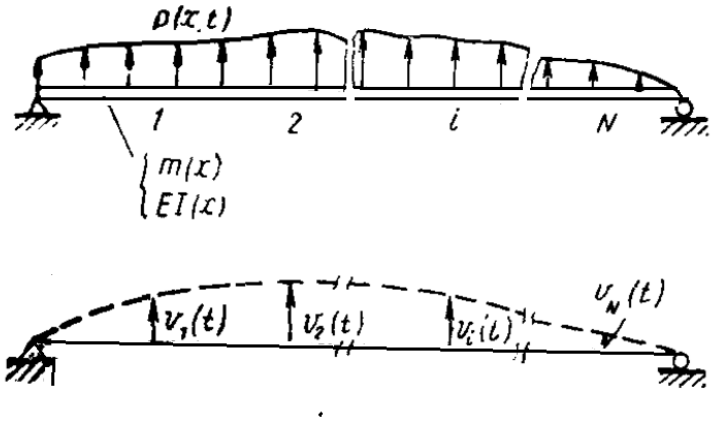
Umumiy holda inshootning dinamik reaksiyasini bir massali model orqali

aynan bir xilda ta’riflashning iloji yo‘q. Odatda, reaksiya tebranishlar shakli va amplitudasini vaqt davomida o‘zgarishi bilan tavsiflanadi.

Bunday jarayon faqat erkinlik darajasi birdan ortiq bo‘lgan tizim yordamida ta’riflab berilishi mumkin. Kirish qismida qayd etilganidek, diskret parametrli tizimlardagi erkinlik darajalari tizimni ma’lum nuqtalarining ko‘chish amplitudalari sifatida qabul qilinishi mumkin.

Bundan tashqari, tanlangan ko‘chish parametrlari tizimining amplitudalari bo‘lgan umumlashtirilgan koordinatalarni ham diskret parametrlar sifatida qabul qilish mumkin. Ushbu bobda birinchi yondashuv qabul qilingan. U ham chekli elementlar usulini, ham bir joyga to‘plangan massalarga ega model usulini o‘z ichiga oladi [72].

Shunga ko‘ra ko‘p sonli erkinlik darajalariga ega etarli darajada umumiy bo‘lgan tizimning tebranish tenglamalarini oddiy to‘sin misolida ko‘rib chiqish qulaydir (3.34-rasm).



3.34-rasm. To‘sin turidagi inshootning umumiylashtirilgan modelini diskretlash

Ko‘rib chiqilayotgan usulni bir xilda ihtiyoriy inshootlarda qo‘llanishi mumkin, ammo fizik parametrlarning ravshanligi, shu jumladan tizimga ta’sir etuvchi barcha yuklanishlarni aniqlanishi bunaqa modelni ko‘rib chiqilishini ancha soddalashtiradi.

Bu tizim tebranishlari to‘sinning diskret nuqtalari tizimining ko‘chishlari

$\upsilon_1(t), \upsilon_2(t), ... \upsilon_i(t), ..., \upsilon_n(t).$ orqali aniqlanadi. Umuman olganda, bunday nuqtalar inshoot uchun ihtiyoriy tarzda tanlab olinishi mumkin. Amalda ular miqdorlariga ko‘ra tanlanishi va tebranishlar shakli yaxshiroq aniqlanadigan qilib taqsimlanishi lozim. Hisoblash uchun zarur bo‘lgan erkinlik darajalari (ko‘chish komponentalari) sonini loyihachi belgilaydi. Erkinlik darajalari soni qancha ko‘p bo‘lsa, dinamik reaksiyaning haqiqiy xususiyatlari shuncha yaxshi approksimatsiyalanadi. Ammo, ko‘p hollarda ikki yoki uchta erkinlik darajalari ko‘rib chiqilganda a’lo darajali natijalarni qo‘lga kiritish mumkin. To‘sin uchun (3.34-rasm) har bir tugun nuqta bilan faqat bitta ko‘chish komponentasi bog‘langan bo‘lishi mumkin. Shuni aytish lozimki, odatda, har bir nuqtaga bir nechta harakat tashkil etuvchilari biriktirilishi mumkin. Masalan, buralish $\partial v / \partial x.$ va bo‘ylama ko‘chishlarga har bir tugun nuqtaning qo‘shimcha erkinlik darajalari sifatida qarash mumkin.

3.12.2. Dinamik muvozanat shartlari

3.34-rasmdagi tizimning harakat tenglamalari kuch tebranishlarining har bir shakliga bog‘liq bo‘lgan kuchlar muvozanati shartidan kelib chiqqan holda yozilishi mumkin. Umumiy hollarda to‘rt xil kuch (tashqi kuchlanish $p_i(t)$ va harakat natijasida vujudga keluvchi kuchlar: inersiya kuchi f_{Ii}, so‘ndirish kuchi f_{Di} va elastiklik kuchi f_{Si}) bilan har bir nuqtaga ta’sir etish mumkin. Erkinlik darajalarining har biri uchun dinamik muvozanat tenglamalari quyidagi ko‘rinishda:

$$\left.\begin{aligned} f_{11} + f_{D1} + f_{S1} &= p_1(t); \\ f_{12} + f_{D2} + f_{S2} &= p_2(t); \\ f_{13} + f_{D3} + f_{S3} &= p_3(t); \end{aligned}\right\} \qquad (3.106)$$

....

yoki vektor-matritsa

$$f_1 + f_D + f_S = p(t), \qquad (3.107)$$

shaklida beriladi.

Bu vektor-matritsa ko‘p sonli erkinlik darajasiga ega tizim uchun (3.106) tenglama ekvivalentidir.

Qarshilik kuchlarining har birini koeffitsientlarning tegishli tizimi orqali ifodalash qulayroq. Misol sifatida 1-nuqtada rivojlantiriladigan elastiklik kuchini ko‘rib chiqamiz. Umumiy holda u tizimning boshqa barcha nuqtalarining ko‘chish komponentalariga bog‘liq bo‘ladi, ya’ni

$$f_{S1} = k_{11}\upsilon_1 + k_{12}\upsilon_2 + k_{13}\upsilon_3 + ... + k_{1N}\upsilon_N. \qquad (3.108a)$$

Shunga o‘xshash tarzda, erkinlik darajasi υ_2 uchun elastiklik kuchi

$$f_{S2} = k_{21}\upsilon_1 + k_{22}\upsilon_2 + k_{23}\upsilon_3 + ... + k_{2N}\upsilon_N, \qquad (3.108b)$$

va umumiy holda

$$f_{Si} = k_{i1}\upsilon_1 + k_{i2}\upsilon_2 + k_{i3}\upsilon_3 + ... + k_{iN}\upsilon_N. \qquad (3.108v)$$

bo‘ladi.

Bu ifodalarda inshoot elastik ishlagani uchun superpozitsiya tamoyili haqqoniydir deb faraz qilingan. k_{ij} koeffitsientlari *bikirliklar ta’siri koeffitsientlari* deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

k_{ij} *– koordinata j ning bir marotaba ko‘chishida i koordinataga muvofiq kuch* (3.109)

Elastik kuchlar o‘zaro bog‘lanishining to‘liq tizimi matritsa ko‘rinishida quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{vmatrix} f_{S1} \\ f_{S2} \\ .... \\ f_{Si} \\ .... \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & ... & k_{1i} & ... & k_{1N} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & ... & k_{2i} & ... & k_{2N} \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \\ k_{i1} & k_{i2} & k_{i3} & ... & k_{ii} & ... & k_{iN} \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \end{bmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \upsilon_1 \\ \upsilon_2 \\ ... \\ \upsilon_i \\ ... \end{vmatrix}, \tag{3.110}$$

yoki ramziy shaklda

$$f_S = k\upsilon. \tag{3.111}$$

Bunda k koeffitsientlar matritsasi inshoot *bikirliklari matritsasi* (tanlangan ko‘chishlar koordinatalari tizimi uchun) va inshootlar deformatsiyasi shaklini tavsiflovchi ko‘chishlarning υ-vektori deb ataladi.

So‘nish tezlikka bog‘liq, deb faraz qilinsa, ya’ni qovushoq so‘nish qabul qilinsa, tanlab olingan erkinlik darajalariga mos so‘nish kuchlar so‘nish ta’siri koeffitsientlari yordamida ifodalanishi mumkin. (3.110) bilan o‘xshashligi asosida so‘nish kuchlarining to‘liq tizimi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\begin{vmatrix} f_{D1} \\ f_{D2} \\ .... \\ f_{Di} \\ .... \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & ... & c_{1i} & ... & c_{1N} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & ... & c_{2i} & ... & c_{2N} \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \\ c_{i1} & c_{i2} & c_{i3} & ... & c_{ii} & ... & c_{iN} \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \end{bmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{\upsilon}_1 \\ \dot{\upsilon}_2 \\ ... \\ \dot{\upsilon}_i \\ ... \end{vmatrix}, \tag{3.112}$$

bunda $\dot{\upsilon}_i$ *–i-ko‘chishni* vaqt davomida o‘zgarishi, ya’ni harakat tezligi;

c_{ij} *– so‘nish ta’siri koeffitsientlari.* Bu koeffitsientlar (3.109) ga mos ravishda aniqlanadi;

c_{ij} – j koordinata tebranishlarining bir birlik tezligida koordinata i ga mos kuch. (3.113)

(3.112) tizimning ramziy shakli

$$f_D = c\dot{\upsilon}, \tag{3.114}$$

bunda c – inshootning so‘nish *matritsasi* (tanlangan erkinlik darajalari uchun) va $\dot{\upsilon}$ – tezlik vektori.

Inersiya kuchlarini ham *massalar koeffitsienti,* deb nomlanuvchi *ta’sir koeffitsientlari tizimi* ko‘rinishida ham ifodalash mumkin. Ular tezlanishlar bilan yakunlovchi inertsion kuchlar orasidagi o‘zaro nisbatni tavsiflaydilar. (3.110) ga o‘xshash tarzda inersiya kuchlari

$$\begin{vmatrix} f_{I1} \\ f_{I2} \\ .... \\ f_{Ii} \\ .... \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & ... & m_{1i} & ... & m_{1N} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & ... & m_{2i} & ... & m_{2N} \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \\ m_{i1} & m_{i2} & m_{i3} & ... & m_{ii} & ... & m_{iN} \\ ... & ... & ... & ... & ... & ... & ... \end{bmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \ddot{\upsilon}_1 \\ \ddot{\upsilon}_2 \\ ... \\ \ddot{\upsilon}_i \\ ... \end{vmatrix}. \qquad (3.115)$$

ko‘rinishda yoziladi.

Bunda $\ddot{\upsilon}_i$ – *i* chi ko‘chishlar komponentasining tezlanishi;

m_{ij} – quyidagicha aniqlanadigan *massalar ta’siri koeffitsientlari*:

m_{ij} – *j* koordinata tebranishlarining bir birlik tezlanishida koordinata *i* ga mos kuch. (3.116)

(3.115) tizimning ramziy shakli quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$f_I = m\ddot{\upsilon}, \qquad (3.117)$$

bunda *m* – inshoot *massalari matritsasi* va $\ddot{\upsilon}$ – tezlanishlar vektori, ular tanlangan koordinatalar tizimi uchun aniqlangan.

(3.111), (3.114) va (3.17) shartlarni (3.107) tenglamaga qo‘yib, barcha erkinlik darajalarini hisobga oluvchi tizimning dinamik muvozanati shartiga ega bo‘lamiz

$$m\ddot{\upsilon} + c\dot{\upsilon} + k\upsilon = p(t). \qquad (3.118)$$

Ko‘p sonli erkinlik darajasiga ega tizim uchun bu tenglama (3.107) ga ekvivalent. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizim uchun tenglamaning har bir hadi (3.118) da matritsa ko‘rinishida berilgan; bu matritsaning tartibi inshoot ko‘chishlarini bayon etishda qo‘llanadigan erkinlik darajalari soniga teng. Shunday qilib, (3.118) tenglama ko‘p erkinlik darajalariga ega tizim reaksiyasini belgilab beruvchi *N* ta harakat tenglamalarini ifodalaydi [71].

3.12.3. O‘q bo‘ylab yo‘nalgan yuklarning ta’siri

Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimni ko‘rib chiqilganda, inshootning bo‘ylama turg‘unligi yo‘qolishiga olib keluvchi o‘q bo‘ylab yo‘nalgan yuklarning yoki har qanday boshqa kuch tizim bikirligiga katta ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi qayd etilgan edi. Bunday holat ko‘p sonli erkinlik darajalariga ega tizimlarda ham kuzatiladi. Elementning boshlang‘ich o‘qiga parallel yo‘naltirilgan kuchning tashkil etuvchisi tugun ko‘chishlari yo‘nalishi bo‘yicha ta’sir etuvchi kuchlarning qo‘shimcha tashkil etuvchilarini keltirib chiqaradi. Ularni f_G deb belgilaymiz. Agar bu kuchlar dinamik muvozanat tenglamasida hisobga olinsa, (3.107) quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$f_1 + f_D + f_S - f_G = p(t), \qquad (3.119)$$

Bunda “minus” ishorasi f_G kuchlarini tizim egilishlariga ko‘rsatuvchi ta’sirni ta’riflaydi (bu kuchlar egilishlarga qarshilik qilmay, aksincha kattalashishiga olib keladi). O‘q bo‘ylab yo‘nalgan yuklardan kelib chiquvchi ushbu kuchlar inshootlarning ko‘chishiga bog‘liq bo‘lib, tizim geometriyasi orqali belgilanadigan bikirliklar ta’siri koeffitsientlari deb ataluvchilar yordamida ifodalanishi mumkin:

$$\begin{vmatrix} f_{G1} \\ f_{G2} \\ \dots \\ f_{Gi} \\ \dots \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} k_{G11} & k_{G12} & k_{G13} & \dots & k_{G1i} & \dots & k_{G1N} \\ k_{G21} & k_{G22} & k_{G23} & \dots & k_{G2i} & \dots & k_{G2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{Gi1} & k_{Gi2} & k_{Gi3} & \dots & k_{Gii} & \dots & k_{GiN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \upsilon_1 \\ \upsilon_2 \\ \dots \\ \upsilon_i \\ \dots \end{vmatrix}, \qquad (3.120)$$

bu yerda ta’sir koeffitsientlari k_{Glj} – quyidagicha aniqlanadi:

k_{Glj} – o‘q bo‘yicha yo‘nalgan kuchlarning tashkil etuvchilari bois j koordinatasini birgina ko‘chishida i koordinatasiga mos keluvchi kuch (3.121)

(3.120) ramziy shakli quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$f_G = k_G \upsilon, \tag{3.122}$$

bunda k_G – tizimning geometrik parametrlari bilan belgilanuvchi bikirlik matritsasi.

Agar bu ifoda dinamik muvozanat tenglamasiga kiritilsa, (3.118) quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$m\ddot{\upsilon} + c\dot{\upsilon} + k\upsilon - k_G\upsilon = p(t). \tag{3.123}$$

Elastiklik kuchlarining ikkala komponentasi birlashtirilsa, quyidagiga erishamiz:

$$m\ddot{\upsilon} + c\dot{\upsilon} + \bar{k}\upsilon = p(t). \tag{3.124}$$

bunda

$$\bar{k} = k - k_G. \tag{3.125}$$

ham elastiklik kuchlarini, ham geometrik parametrlarni tavsiflovchi tizim bikirligining keltirilgan matritsasi deyiladi. Tizimning dinamik tavsiflari to‘liqigicha (3.123) tenglama koeffitsientlarining to‘rtta matritsasi yordamida shakllanadi. Shu bilan birga, dinamik yuklanish to‘lig‘icha kuchlar vektori bilan belgilanadi.

3-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

4. Inshootlar dinamik tahlilining asosiy maqsadi nimadan iborat?

5. Dinamik yuk turlarini aytib bering.
6. Statik va dinamik yuklar orasidagi asosiy tafovut nimadan iborat?
7. Diskretlash usullariga ta’rif bering.
8. Chekli elementlar usuliga ta’rif bering?
9. Dinamik harakat tenglamalari deb nimaga aytiladi?
10. Dinamik harakat tenglamalarini keltirib chiqarishda qaysi usullardan foydalaniladi?
11. Asosiy dinamik tizimning tarkibiy qismlarini aytib bering?
12. Harakat tenglamalarini keltirib chiqarish usullariga ta’rif bering?
13. Vertikal yuklar ta’siri.
14. Asosning kinematik qo‘zg‘alishlari ta’sirida dinamik tizimlarning harakat tenglamalarini keltirib chiqaring.
15. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan umumlashtirilgan tizimlarga ta’rif bering?
16. Elastikligi taqsimlangan tizimlar havida tushuncha bering.
17. Erkin tebranish deb nimaga aytiladi?
18. Erkin tebranishlar tenglamalarining yechilish tartibini tushuntiring?
19. So‘nishlarni hisobga olinmaganda tizimlarning erkin tebranishlariga ta’rif bering?
20. Tizimlarning so‘nishlarini hisobga olgan holdagi erkin tebranishlariga ta’rif bering?
21. Oxirigacha dempferlanmagan tizimlarga ta’rif bering?
22. Oxirigacha dempferlanmagan tizimning erkin tebranishlari grafigini tushuntiring.
23. Kritik so‘nish deb nimaga aytiladi?
24. Xususiy tebranish deb nimaga aytiladi?
25. So‘nish tavsiflariga nimalar kiradi?
26. Garmonik yuklarda tizimlar reaksiyasi haqida ma’lumot bering?
27. Dempferlanmagan tizim deganda nimani tushunasiz?
28. Dempferlangan tizimga ta’rif bering?

29. Dempferlangan va dempferlanmagan tizimlar orasidagi farq nimadan iborat?

30. Rezonansli rejim haqida qisqacha ma’lumot bering?

31. Vibroizolyatsiya tizimining hisobiy diagrammasini tushuntirib bering?

32. Boshlang‘ich shartlar nolga teng bo‘lganda tizim reaksiyasiga ta’rif bering?

33. Vibrodinamik kuchga ta’rif bering?

34. Dinamik koeffitsient nima?

35. Garmonik yukka ta’rif bering?

36. Erkinlik darajasi ko‘p bo‘lgan dinamik tizimlar harakat tenglamalarini keltirib chiqarish tartibini tushuntiring.

37. Erkinlik darajasi sonini tanlashda qaysi faktorlarga e’tibor qaratish kerak?

38. Bikirlik ta’sir koeffitsientlari deb nimaga aytiladi?

39. O‘q bo‘ylab yo‘nalgan yuklarning ta’siri.

40. Dinamik muvozanat shartlari qanday ketma-ketlikda amalga oshiriladi?

4-BOB. TRANSPORT INSHOOTLARI ZILZILABARDOSHLIGINING NAZARIY ASOSLARI

Transport inshootlarini, xususan ko‘priklarni zilzilabardoshlikka hisoblash usullarini takomillashtirish masalalari seysmik hududlarda qurilish ishlarini keng rivojlanishi sababli hozirgi davrda muhim masalalardan biriga aylanmoqda.

Adabiyotlarda inshootlarni seysmik ta’sirlarga me’yoriy hisoblash usullarini turlicha talqini keltiriladi.

Bino va transport inshootlarini zilzilabardoshlik nazariyasi rivojlanish davrini 4 ta bosqichga ajratish mumkin:

– birinchi bosqich – XX asrning 1900 yilidan 20-yillarning o‘rtalarigacha bo‘lgan davr – statik usul, uni asoslash va inshootlarning zilzilabardoshligini hisobiy baholanishini amalga oshirish;

– ikkinchi bosqich o‘tgan asrning 20-yillarining o‘rtalaridan 50–yillarning o‘rtalarigacha davom etgan va inshootlarni chiziqli-spektral hisoblash usuli

(ChSHU) ni paydo bo‘lishi va rivojlanishi bilan bog‘liq bo‘lgan.

Uchinchi bosqichga dunyoning ko‘pchilik davlatlarida ChSHUni keng qo‘llanilishi hamda hisoblashlarning dinamik va statik usullarini keng rivojlanishi xos. Bu bosqich o‘tgan asrning 50-yillari o‘rtasidan 70-yillari o‘rtasigacha davom etgan.

To‘rtinchi (hozirgi zamon) bosqichi zilzilabardoshlikni hisoblash usullarini o‘z ichiga qamraydi. Bu bosqich, bir tomondan, chegaraviy holatlarni hisoblash usullarini rivojlanishi va zilzilabardosh inshootlarni ko‘p pog‘onali (многоуровневый) loyihalashga o‘tish bilan, ikkinchi tomondan esa tezkor hisoblash texnikasidan foydalangan holda hisoblashning nochiziqli usullarini rivojlanishi bilan bog‘liq bo‘ladi.

Seysmik ta’sirlarga ko‘priklarni hisoblash usullariga K.S. Zavriyev, A.A. Amosov, G.N.Karsivadze, G.S. Shestoperov, O.N. Eliseyev, A.M. Uzdin, I.O.Kuznetsovalarning ishlari bag‘ishlangan.

Ko‘priklarni zilzilabardoshligi nazariyasining vujudga kelishi XIX asrning oxirlari va XX asrning boshlariga to‘g‘ri keladi. Bu 1891 yili Mino-Ovari shahrida (Yaponiya) sodir bo‘lgan xalokatli zilzila natijalarini o‘rganish jarayonida birinchi bor yapon olimlari tomonidan zilzila vaqtida inshootlarga ta’sir etuvchi seysmik kuchlarni aniqlash masalasini qo‘yish imkonini bergan gruntning maksimal seysmik tezlanishlari haqida ma’lumotlar olingan.

XIX asr oxirida Yaponiyada bir nechta xalokatli zilzilalar bo‘lib o‘tgan: 1891 yil markaziy Yaponiyadagi Nobi shahri va 1894 yil Tokio yaqinida, bunda shahar katta talafotga uchragan edi.

Bir qancha vaqt davomida konstruksiyalar zilzilabardoshligini oshiradigan mustahkam ulkan ko‘prik tayanchlari qurilgan. Shu maqsadda 1906 yil yapon olimi Omori gorizontal garmonik tebranishlarga duchor bo‘ladigan platformada joylashgan g‘ishtli ustunchalarda hosil bo‘luvchi seysmik kuchlarni aniqlash maqsadida qator tajribalar o‘tkazdi.

Zilzilalar natijalarini kuzatishdan zilzilabardosh qurilish me’yorlari ishlab chiqilishi kerak degan xulosaga kelindi. Ushbu me’yorlarda asosiy o‘rinni

tezlanish omili egallashi kerakdir. XX asrdagi 20-yillarining boshida yapon olimlari Omori va Sano birinchi bo‘lib inshootlar hisoblashlarini statik nazariyasini taklif etdilar. Bu nazariyaga ko‘ra seysmik kuch quyidagicha aniqlanadi [102]:

$$S = MA = QA / g = QK_c, \qquad (4.1)$$

bunda M – seysmik kuch ta’sir ko‘rsatadigan inshoot massasi; A – zilzila kuchining tezlanishi; Q – vazn; g – erkin tushish tezlanishi; K_c – seysmiklik koeffitsienti; 9 ball seysmiklikka ega hududlar uchun 1/10, 8 balli hududlar uchun - 1/20, 7 balliklar uchun -1/40 ga teng.

Seysmiklik koeffitsienti K_c ni hisoblash natijalari hamda ularni zilzila vaqtida buzilgan va butun qolgan inshootlarni o‘rganish natijalari bilan solishtirish asosida ishlab chiqilgan.

4.1. Inshootlarni seysmik ta’sirlarga hisoblashning statik usuli

Omori va Sanolarning nazariyasiga ko‘ra zilzila vaqtida inshootning har bir qismiga ularning asoslariga to‘g‘ri keladigan tezlanishni uzatilishi nazarda tutiladi, ya’ni bunda konstruksiyaning erkin tebranishlari hamda uning deformatsiyalari hisobga olinmaydi. Inshootlarni zilzilabardoshlikka hisoblashning statik usuli eng sodda hisoblanadi.

Zilzilabardoshlikka hisoblashning ***statik usuli*** – bu tanlangan masshtab va o‘zgarmas tezlanish yo‘nalishiga ko‘ra ob’ekt massasini taqsimlash bo‘yicha seysmik yuklanishni berish usulidir.

O‘tkazgan tajribalar natijasiga asosan, Omori inshootlar asosini tezlanish miqdorini baholagan va uning ma’lumotlariga ko‘ra 9 balli zilzila uchun 0.1g ni tashkil etadi.

Statik usulning jiddiy kamchiligi konstruksiyaning dinamik xususiyatlarini hisobga olib bo‘lmaslikdan iborat. Bu xususiyatlarni hisobga olmaslik esa inshootlarni hisoblashda mustahkamlik zahirasini kamaytiruvchi jiddiy xatolarga

olib kelishi mumkin.

Bu nazariyani qo‘llash zilzilalar natijasida vayrona bo‘lgan inshootlar sonini kamayishiga olib keldi, ammo shu nazariyaga asoslangan holda qurilgan ko‘plab inshootlarning buzilishi davom etaverdi.

Ma’lumki, statik nazariyaning kamchiliklari 1923 yili Tokio va Iokogamada bo‘lib o‘tgan va 150 mingdan ortiq odam halok bo‘lgan zilzilalardan so‘ng yaqqol ko‘rinib qolgan. Bu zilzilalar binolarni seysmik ta’sirga hisoblashning dinamik usulini yaratish uchun turtki bo‘ldi.

4.2. Inshootlarni seysmik ta’sirlarga hisoblashning dinamik usuli

Yapon olimi Mononobe 1923 yil birinchi bo‘lib zilzilabardoshlikning ***dinamik nazariyasini*** taklif etgan. Bu nazariyaga ko‘ra inshoot asosga nuqtalar bo‘yicha tayanadigan konsolli sterjen ko‘rinishida modellashtirilgan bo‘lib, uning asosiga seysmik ta’sirni modellashtiruvchi garmonik ko‘chish kuchlari bilan ta’sir etadi.

Bunday model inshootning elastiklik xususiyatlarini hisobga olish imkonini beradi. Shu bilan birga Mononobe seysmik yuklarni baholash formulasiga dinamiklik koeffitsientini kiritgan.

Asosning harakati sinusoidal qonunga asoslangan deb qabul qilingan; erkinlik darajasi birga teng bo’lgan konservativ tizimning statsionar garmonik tebranishlar jarayoni ko‘rib chiqilgan. Natijada, inshootlar dinamikasidan kelib chiqadigan va quyidagi ko‘rinishda ifodalangan yechim topilgan [102]:

$$S = K_c \beta \cdot Q\,, \tag{4.2}$$

bu yerda β – dinamiklik koeffitsienti quyidagicha topiladi

$$\beta = \frac{1}{1 - T^2 - T_o^2} = \frac{1}{1 - \varpi_0^2 / \varpi^2}$$

bunda $T(\omega)$ – tizimning xususiy tebranishlari davri (chastotasi);

$T_o(\omega_o)$ – zilzilalar vaqtida asoslarning tebranish davri (chastotasi).

Keyinchalik 1927 yil K.S. Zavriyev Mononobe nazariyasining o‘zgarmas (statsionar) tebranishlardan foydalanish kabi asosiy kamchiligiga barham berib, o‘tish jarayonlarini inobatga olish zarurligini asoslab bergan. Bu rasman asos harakati uchun qabul qilingan kosinusoidal qonun ko‘rinishida ifodalangan, bu esa seysmik ta’sir boshlanishining tasodifiylik xususiyatini bartaraf etishga imkon yaratgan. A.G. Nazarovning keyingi ishlarida seysmik ta’sirni impuls ko‘rinishida qabul qilish mumkinligini taqozo etuvchi seysmik zarbaning konsepsiyasi rivojlantirilgan.

4.3. Inshootlarni seysmik ta’sirlarga hisoblashning spektral usuli

Chiziqli ossillyatorning o‘z xususiy tebranishlari davrining funksiyasida maksimal tezlanishlar, tezlik va siljishlar egri chiziqlaridan iborat spektral egri chiziqlarini amalga joriy etish hisobiga sezilarli darajada dinamik nazariyaning takomillashtirilgan ko‘rinishi – **spektral nazariya** zilzilabardoshlik nazariyasi rivojlanish tarixining keyingi bosqichi bo‘ldi.

Seysmik kuchlarni aniqlashning spektral usuli 1933 yilda ilk bor amerikalik muhandis M. Bio tomonidan taklif etilgan. Keyinchalik bu g‘oya Xauzner, Alford, I.L. Korchinskiy, S.V. Medvedev, A.G. Nazarov, S.V. Polyakov, N.A. Nikolaenko, V.T. Rasskazovskiy, E.I. Xachiyan, Sh.G. Napetvaridze, Ya.M. Ayzenberg va b. ishlarida rivojlantirilgan.

Usulning mohiyati sodir bo‘lgan zilzilalar akselerogrammalar, ya’ni tezlanishlarni vaqt τ (t) ga bog‘liqlik egri chiziqlarini ishlab chiqish asosida dinamiklik koeffitsient $\beta(t)$ egri chizig‘i chiqariladi, bunda $\beta=1/T$ (T – konstruksiyaning xususiy tebranishlari davri) – bu dinamiklik koeffitsienti bo‘lib, uni massaga eng katta tezlanish berish uchun konstruksiya asosining eng katta tezlanishiga ko‘paytirish kerak bo‘ladi. Bio o‘z tajribalarida so‘nmaydigan deb taxmin qilinadigan xususiy tebranishlarining boshqariladigan davriga hamda erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan elastik tizimdan foydalangan.

A.G. Nazarov erkin tebranishlarning turli davriga va so‘nish tavsiflariga ega

bir nechta egiluvchan mayatnikli seysmografdan foydalanib, bu usulni takomillashtirgan. Keyinchalik S.V. Medvedev va Djo Xauzner bir qator yirik zilzilalar uchun spektral egri chiziqlarini tuzishgan.

Hozirgi vaqtda konstruksiyalarni seysmik ta'sirlarga spektral hisoblash usuli Vatanimizda, Rossiya Federatsiyasida ham, xorijda ham asosiy hisoblanadi. Spektral hisoblash usuli massa m_i ning og'irlik markaziga qo'yilgan seysmik inersiya yuklarni (inersiya kuchlarini) aniqlanishini nazarda tutadi, shundan so'ng konstruksiya unga statik qo'yilgan inersiya kuchlari ta'siriga hisoblanadi. Konstruksiyaning dinamik xususiyatlari S_i yuk aniqlanishida hisobga olinadi. Ushbu yuklarni aniqlashda tizim harakati tebranishlar shakli bo'yicha taqsimlanadi, ya'ni tizim harakati ayrim harakatlar (tebranishlar shakli) jami sifatida ifodalanadi [8, 169, 170].

$$y_i = x_{i1}\xi_1(t) + x_{i2}\xi_2(t) + ... + x_{in}\xi_n(t) = \sum_{i=1}^{n} x_{ij}\xi_j(t) = \sum_{i=1}^{n} y_{ij}(t), \qquad (4.3)$$

bunda y_i – t vaqtga bog'liq massa m_i siljishi;

x_{ij} – harakatlarni tebranishlar shakli bo'yicha taqsimlanish koeffitsienti;

$\xi_j(t)$ – tebranishlarni j-shakli bo'yicha vaqtga ko'ra ko'chishini aniqlovchi funksiya (asosiy koordinata);

$y_{ij}(t)$ – m_i massani tebranishlarni j-shakli bo'yicha siljishi;

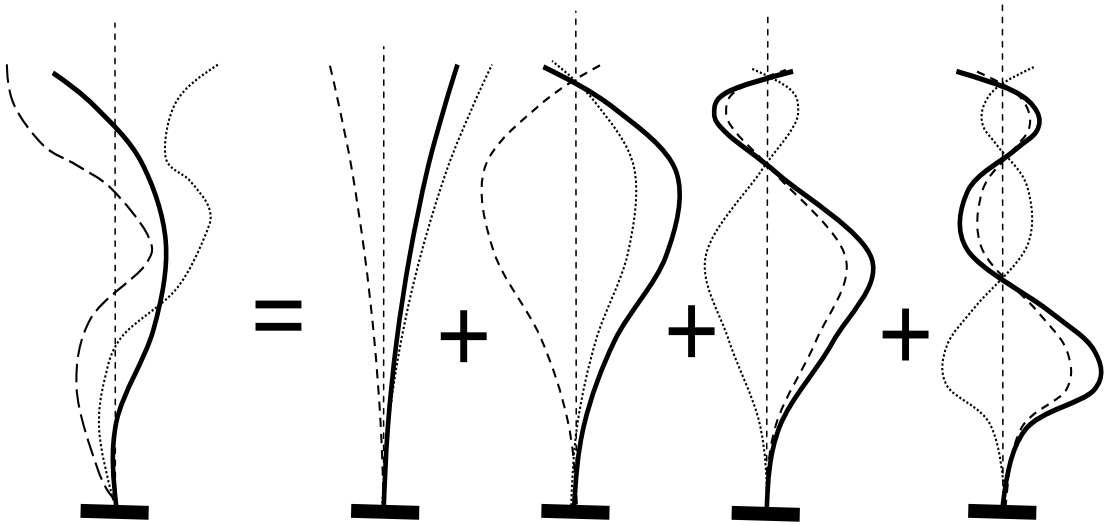
n – tizim erkinligi darajalari soni;

x_{ij} – tizim xususiy vektorlari matritsasining elementlari.

Agar butun tizim harakatini tebranishlarning bitta yagona shakli bo'yicha ko'rib chiqilsa, hamma nuqtalar bir xilda (sinxron) siljib, tebranishlar shakli vaqt o'tishi bilan o'zgarmas ekan. Ushbu dalil 4.1-rasmda ko'rsatilgan.

1951 yil Sobiq Ittifoq davlatlarida seysmik hududlarda bino va inshootlarni statik nazariyaga asoslangan holda loyihalashning birinchi me'yorlari joriy etildi (ПСП 101-51). Keyingi 30 yil davomida bu me'yorlar to'rt marotaba qayta ko'rib chiqilgan: СН 8-57; СНиП II-А.12-62; СНиП II-А.12-69; СНиП II-7-81;

СНиП II-7-81*. Spektral usul o‘rganilib, 1954 y. AQShda, 1958 y. esa Sobiq Ittifoqda me’yoriy hujjatlarga kiritilgan. Shuni ta’kidlash kerakki, hozirgi vaqtda Rossiyada СНиП II-7-81* ga asoslangan zilzilabardosh qurilishga doir yangi СП 14.13330.2011 me’yorlar ishlab chiqildi. Bu me’yorlarda dinamiklik koeffitsienti grunt sharoitlaridan kelib chiqqan holda differensiallangan.



4.1-rasm. Harakatlarni tebranishlar shakliga ko‘ra ajratish

Hozirgi vaqtda joriy СП 14.13330.2011 ga binoan yuklanishlar S_{ij} ni massa m_i ga ta’sirini tebranishlarning j shakli bo‘yicha aniqlash formulasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$S_{ij} = Agm_i\beta(T_j,\gamma_j)\eta_{ij} \quad , \tag{4.4}$$

bunda S_{ij} – m_i massaga ta’sir etuvchi tebranishlarning j shakli bo‘yicha seysmik yuk;

$\beta(T_j,\gamma_j)$ – dinamika koeffitsienti, u umumiy holda T_j ning j shakli bo‘yicha xususiy tebranishlar davriga, noelastik γ_j qarshilikning koeffitsientiga va ta’sir turiga (asosning hisobiy akselerogrammasi (t)) ga bog‘liq;

η_{ij} – tebranishlar shakliga ko‘ra inersiya yuklari taqsimlanishini hisobga oluvchi shakl koeffitsienti;

A – 7, 8, 9 balli seysmiklik uchun qiymati 0.1, 0.2, 0.4 ga tenglab olinadigan koeffitsient;

Spektral usulning me’yoriy variantini ishlab chiqishda hisoblashlar asosi bo‘lib seysmik yuklarni aniqlashning (4.4) formulasi xizmat qiladi. Shuni ta’kidlash kerakki, uning tarkibiga kiradigan parametrlar avvallari sodir bo‘lgan zilzilalar tajribasi asosida empirik ravishda aniqlangan.

Ko‘p hollarda dinamik hisoblashlar hozircha yordamchi sifatida qo‘llaniladi va spektral usul hamda eksperimental tadqiqotlar bo‘yicha hisoblashlarga qo‘shimcha sifatida qabul qilinadi.

Inshootlar zilzilabardoshligining spektral nazariyasini ishlab chiqish eksperimental tadqiqotlarni keng rivojlanishini tezlashtirgan hamda eksperimental usullarni takomillashtirilishiga, eksperimental ma’lumotlarni ishlashning sonli usullarini paydo bo‘lishiga imkon yaratgan.

Rossiya me’yorlarida qabul qilingan seysmik yukni inshoot massasiga nisbatan hisoblashni spektral usuli konstruksiyalarning dinamik xususiyatlarini va seysmik ta’sirni nomuntazamligini yetarli darajada hisobga olishga imkon beradi.

Ammo boshqa davlatlarda oddiy inshootlarni hisoblash uchun qabul qilingan statik va soddalashtirilgan usullarga nisbatan spektral usulning mehnattalabligi yuqoriroq bo‘lib, yaxshi dasturiy-uslubiy ta’minlovni hamda yuqori malakali loyihachi-muhandislarni ishlashini talab etadi.

Ma’lumki, O‘zbekiston Respublikasida transport inshootlarini qurishda o‘z me’yorlari shu vaqtgacha ishlab chiqilmagan, shuning uchun loyihachilar eng maqbuli sifatida Rossiya me’yorlaridan foydalanadilar. Konstruksiyalarni seysmik ta’sirlarga hisoblashning ***spektral usuli*** Rossiya va boshqa davlatlarda asosiy usul deb qabul qilingan. U inshootlar zilzilabardoshligini baholashning statik va dinamik usullari orasidagi o‘rinda turadi.

Keyingi o‘n yilliklar davomida ushbu nazariya doirasida turli yo‘nalishlar paydo bo‘lgan. Bulardan, birinchi navbatda, inshootlar zilzilabardoshligi nazariyasini rivojlanishining zamonaviy darajasini belgilovchi akselerogrammalar bo‘yicha hisoblash usulini, ehtimoliy hisoblash usullarini, elastik–plastik

deformatsiyalarni, uzilib qoladigan bog‘lanishlarni hisobga oluvchi hisoblash usullari va b. ni ko‘rsatish mumkin.

Harakat tenglamalarini tebranishlar shakliga ko‘ra ajratilishi ko‘rib chiqiladigan ishlanmalar negizini tashkil etadi. Bunday ajratishlar tizimning har bir holati uchun amalga oshiriladi. Shunda ajratishlar aniq (tebranishlar shakliga dempferlashni ta’sirini e’tiborga olganda) va taqribiy (dempferlanmagan tebranishlar shakli bo‘yicha) bo‘lishi mumkin. Ular ishlanmalarda batafsil yoritilgan.

O‘tgan asrning 70-yillarida hioblashning spektral usuli haqidagi xulosasida I.L.Korchinskiy zilzilabardoshlik koeffitsienti “***butun nazariyaning eng sust joyi***” ekanligini ko‘rsatgan.

Ammo, u maksimal tezlanishlarni ma’lum bir o‘rtacha miqdorini yoki ma’lum bir kuchsiz zilzilani tezlanishini tavsiflaganmi, aniq tushunib bo‘lmas edi.

Bu masalani yechimiga faqat inshootlarni hisoblashning nochiziqli usullari va chegaraviy holatlar nazariyasiga yondashishlar rivojlanib ketgandan keyin erishildi. Keyingi o‘n yilliklarda mazkur tadqiqotlar asosida konstruksiyalarni seysmik ta’sirga hisoblashlarga aniq yondashishlar xarakteri shakllantirilangan. Ushbu yondashuv zilzilabardosh qurilishda *ko‘p pog‘onali* deb nom olgan.

Shu vaqtgacha ko‘priklarni hisoblashlar fuqaro va sanoat binolar shikastlanishlari tahlili asosida tuzilgan me’yorlar bo‘yicha amalga oshiriladi. Shu bilan birga, ikki pog‘onali yondashuvni ko‘priklar uchun qo‘llash qo‘shimcha tavsiyalarni talab etadi.

4.4. Spektral usulning nazariy asoslari

Seysmik tebranishlar tenglamalarini tuzishning asosiy o‘ziga xos tomoni zilzila akselerogrammasi $\ddot{y}_0(t)$ belgilaydigan qo‘zg‘alishning kinematik xususiyatini hisobga olishdan iborat. Tizim harakatini ta’riflashda umumlashtirilgan ko‘chishlar sifatida odatda bir joyda umumlashgan massalar m_i ni asos y_i ga nisbatan ko‘chishlari olinadi (4.2-rasm).

Bu holda tizimning kinetik va potensial energiyasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$T = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} m_i \left(\dot{y}_i + \dot{y}_0\right)^2; \quad \Pi = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}\left(y_i - y_j\right)^2;,$$

bunda c_{ij} – massalar m_i va m_j orasidagi bog‘lanishning bikirligi.

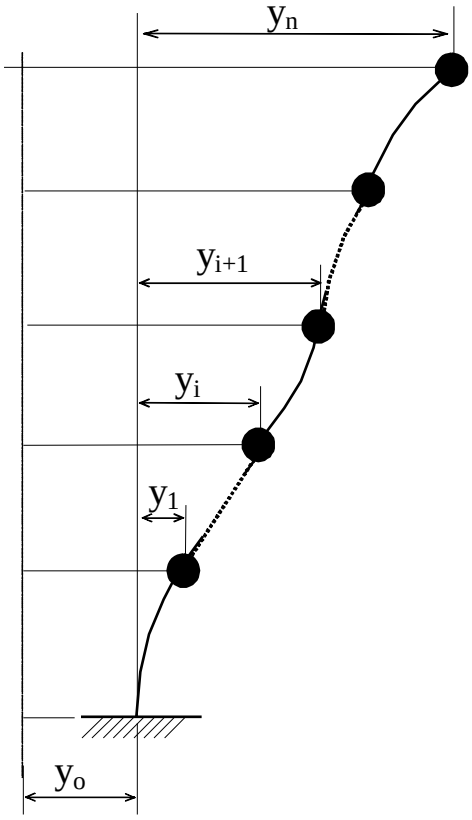
Lagranj tenglamasi

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}\left(\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \dot{\mathrm{q}}_\mathrm{j}}\right) - \left(\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \mathrm{q}_\mathrm{j}}\right) = -\left(\frac{\partial \Pi}{\partial \mathrm{q}_\mathrm{j}}\right). \qquad (4.5)$$

Bu holda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$m_k \ddot{y}_k + \sum_{i=1}^{n} r_{ik} y_k = -m_k \ddot{y}_0, \qquad \text{k=1,2,...n} \qquad (4.6)$$

bunda $i=k$ va $r_{ii} = \sum_{k=1}^{n} c_{ik}$ da $r_{ik} = - c_{ik}$.



4.2-rasm. Inshootning umumlashtirilgan ko‘chishlarini berilishi

(4.6) tenglamalar tizimi matritsa shaklida quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}} + \mathbf{R}\mathbf{Y} = -\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}}_0, \qquad (4.7)$$

bunda $\mathbf{M} = \lceil m_1, m_2, ...m_n \rfloor$ – inersiyaning diagonal matritsasi;

$$R = \begin{Vmatrix} r_{11} r_{12} \dots r_{1n} \\ r_{21} r_{22} \dots r_{20} \\ \dots\dots\dots\dots \\ r_{n1} r_{n2} \dots r_{nn} \end{Vmatrix}$$ – bikirlik matritsasi;

$\mathbf{Y}_o$ – kinematik qo‘zg‘alishlar vektori.

Asos tebranishlari gorizontal o‘qi bo‘ylab faqat bir tomonli qilib berilganda va qabul qilingan umumlashtirilgan sijishlarda berilganda, kinematik qo‘zg‘atishlar vektori quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\mathbf{Y}_0 = \{1,1,....1\}\, y_o(t).$$

Yassi tebranishlarning umumiy holatida vektor $\mathbf{Y}_o$ quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\mathbf{Y_0} = \sum_{k=1}^{3} \left\{ \alpha_{1k}, \alpha_{2k}, \dots \alpha_{nk} \right\} \cdot u_k$$

bunda α_{ik} – *k*-ta’sirning umumlashtirilgan siljishning *i*-yo‘nalishiga bo‘lgan proeksiyasi;

u_k – asosning tegishli ravishda x (k=1), u (k=2) o‘qi bo‘ylab tebranishlari va z (k=3) o‘qi atrofida buralishi.

Inshootlarning zilzilabardoshlik masalalarini yechishda dempferlashni (qarshilik kuchlarini) ehtiyotlik bilan hisobga olinishi muhimdir.

Seysmik tebranishlar tenglamasi qarshilik kuchlari hisobga olingan holda

quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$m_k \ddot{y}_k + \sum_{i=1}^{n} r_{ik} y_k + \sum_{i=1}^{n} b_{ik} \dot{y}_k = -m_k \ddot{y}_0, \quad \text{k=1,2,...n .} \qquad (4.8)$$

Matritsa shaklida tebranishlar tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}} + \mathbf{R}\mathbf{Y} + \mathbf{B}\dot{\mathbf{Y}} = -\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}}_0, \qquad (4.9)$$

bunda $\mathbf{B} = \begin{Vmatrix} b_{11}\, b_{12} \ldots b_{1n} \\ b_{21}\, b_{22} \ldots b_{20} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ b_{n1}\, b_{n2} \ldots b_{nn} \end{Vmatrix}$ – dempferlash matritsasi.

(4.9) tizimni tuzishda dissipatsiya koeffitsienti b_{ij} ni aniqlash ma’lum qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

Dissipatsiya koeffitsientlarini aniqlashda tayanch gipoteza bo‘lib E.S.Sorokinning umumlashtirilgan gipotezasi xizmat qiladi, unga ko‘ra qarshilik kuchlari tizim elementlari bikirligiga mutanosib bo‘ladi.

Shunday qilib, ko‘rib chiqilayotgan hol uchun massa m_i ga ta’sir etuvchi elastiklik kuchlari N_i quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$N_i = \sum_{j=1}^{n} r_{ij} y_j = y_i \sum_{j=1}^{n} c_{ij} - \sum_{j=1}^{n} c_{ij} y_j$$

E.S.Sorokin gipotezasiga muvofiq massa m_i ga ta’sir etuvchi F_i qarshilik kuchlari quyidagi ko‘rinishda beriladi:

$$\mathrm{F_i} = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{b_{ij}^{(c)} y_j^*} = \mathrm{y_j^*} \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{b_{ij}^{(c)}} - \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{b_{ij}^{(c)} y_j^*} = \mathrm{y_j^*} \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{c_{ij}} \gamma_{\mathrm{ij}} - \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{c_{ij}} \gamma_{\mathrm{ij}} \mathrm{y_j^*}$$

bunda $b_{ij}^{(c)}$ – E.S.Sorokin bo‘yicha dempferlash koeffitsientlari; γ_{ij} - m_i va m_j massalarni bog‘lovchi elementda noelastik qarshilik koeffitsienti;

y_j^* – Sorokin bo‘yicha y_j ga bog‘liq funksiya [73].

Dempferlashni hisobga olinishidagi muammo shundaki, E.S.Sorokinning gipotezasi dempferlash matritsasini Sorokin B_c bo‘yicha osongina shakllantirish imkonini beradi.

Ushbu matritsa xuddi bikirlik matritsasi C kabi c_{ij} elementlarining bikirliklarini ko‘paytma $c_{ij}\gamma_{ij}$ ga almashtirish yo‘li bilan hosil qilinadi. Ammo E.S.Sorokin shaklidagi tebranishlar tenglamalarining tahlili prinsipial xarakterga ega jiddiy qiyinchiliklarga olib keladi. Inshootlar dinamikasi sohasidagi yetakchi mutaxassislar orasidagi muzokaralar [74] tizimni dempferlash matritsasini qurishga qulay yondashuvlarni shakllantirishga imkon yaratdi.

Shunda E.S.Sorokin ishlariga asoslangan holda dempferlash matritsasi $\mathbf{B_c}$ quriladi, va undan so‘ng (4.9) tenglama tarkibidagi qovushoq dempferlash matritsasiga matritsa formulasi bo‘yicha o‘tiladi [73]:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B_c}\mathbf{X}\Lambda^{-\frac{1}{2}}\mathbf{X}^{-1}$$

Ihtiyoriy ko‘p massali tizimning tebranish tenglamasi (4.9) ko‘rib chiqamiz. (4.9) tenglamaning ikkala qismini $\mathbf{M}^{-1}$ matritsaga ko‘paytirib quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\ddot{\mathbf{Y}} + \mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}\mathbf{Y} + \mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}\dot{\mathbf{Y}} = -\ddot{\mathbf{Y}}_0,$$

X orqali – $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}$ matritsaning xususiy vektorlari matritsasini, Λ orqali esa uning xususiy sonlarining diagonal matritsasini belgilaymiz.

Shunda xususiy sonlar hamda matritsalar vektorlari ta’rifiga ko‘ra $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}$ matritsasining quyidagi spektral taqsimlanishi kelib chiqadi:

$$\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R} = \mathbf{X}\,\Lambda\mathbf{X}^{-1}\,.$$

(4.9) dan bosh koordinatalarga o‘tib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\ddot{\Xi} + \mathbf{X}^{-1}\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}\mathbf{X}\dot{\Xi} + \Lambda\Xi = -\mathbf{X}^{-1}\ddot{\mathbf{Y}}_0$$

Agar $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}$ va $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}$ matritsalari xususiy matritsalarning bir tizimiga ega bo‘lsa, $\mathbf{X}^{-1}\ \mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}\ \mathbf{X}$ matritsasi ham diagonal bo‘ladi va quyidagi ko‘rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\mathbf{X}^{-1}\ \mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}\ \mathbf{X}\ = \Gamma\Lambda^{1/2}, \qquad (4.10)$$

bunda $\Gamma = \lceil \gamma_1, \gamma_2, ... \gamma_n \rfloor$, $\gamma_i \lambda_i^{1/2}$ ko‘paytmalari esa $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}$ matritsaning xususiy sonlari bo‘ladi. Chastotalar spektriga qiyoslab γ_i miqdorlar massivini tizimning ***dempferlash spektri*** deb ataladi.

Umumiy holda (4.10) formula noto‘g‘ri, ammo aksariyat inshootlar, xususan, barcha elementlarining noelastik qarshilik koeffitsienti 0.3 dan kichik bo‘lgan inshootlar uchun, bu formulani $\mathbf{X}^{-1}\ \mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}\ \mathbf{X}$ matritsasida faqat diagonal elementlarni saqlab qolish bilan ishlab chiqilgan taqribiy formula deb qabul qilish mumkin.

(4.10) formulani hisobga olgan holda (4.9) tenglamani quyidagi ko‘rinishda qayta ifodalash mumkin:

$$\ddot{\Xi} + \Gamma\Lambda^{1/2}\dot{\Xi} + \Lambda\Xi = -\mathbf{X}^{-1}\ddot{\mathbf{Y}}_0, \qquad (4.11)$$

yoki skalyar shaklda

$$\ddot{\xi}_j + \gamma_j k_j \dot{\xi}_j + k_j^2 \xi_j = -f_j; \qquad (4.12)$$

Shundan so‘ng, agar barcha massalar uchun kinematik qo‘zg‘atish $y_i(t)=\alpha_i y_o(t)$ (bunda α_i – umumlashtirilgan koordinata yo‘nalishiga ko‘rsatilgan ta’sir proeksiyasi) shaklda berilgan bo‘lsa, $f_i = d_i \cdot \ddot{y}_0$; d_i – $\mathbf{X}^{-1}\mathbf{V}_p$ vektori elementi bo‘ladi (bunda $\mathbf{V}_p=\{\alpha_1, \alpha_2, \ ... \ \alpha_n\}$– umumlashtirilgan koordinatalar yo‘nalishiga

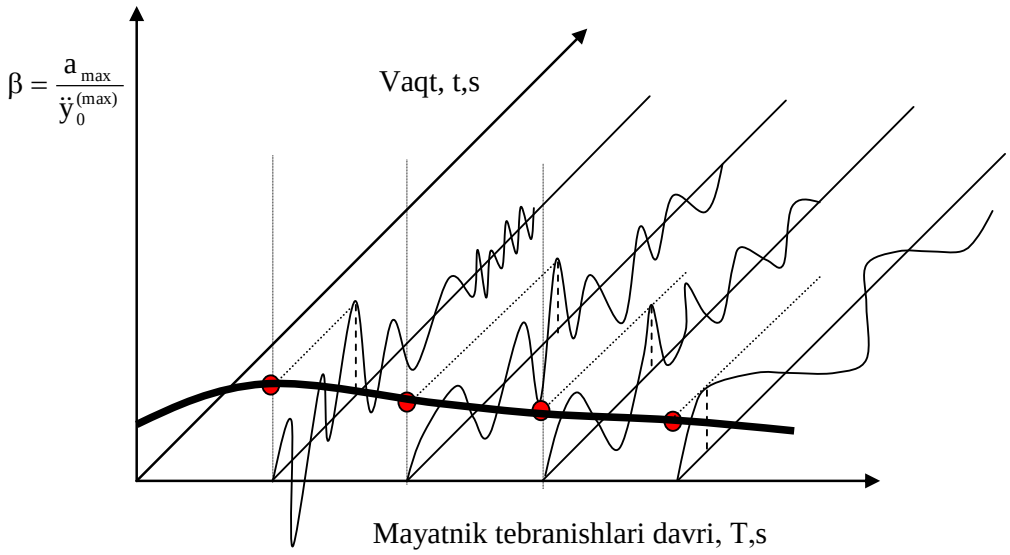
ko‘rsatiladigan ta’sirlar proeksiyasi vektori).

(4.12) tenglama – tebranishlar chastotasi k_i (davri $T_i=2\pi/k_i$) va noelastik qarshilik koeffitsienti γ_j ga teng bo‘lgan bir massali tizim tebranishlari tenglamasidir.

Agar $y_o(t)$ ta’sir bilan γ_j qiymatini belgilab qo‘yilsa, tebranish davrlari T_i har xil bo‘lgan tizimlar uchun (4.12) tenglama yechimini topishda muammo bo‘lmaydi. Bunday bog‘lanishlarga misol sifatida 4.3-rasmda ko‘rsatilgan, bunda vertikal yo‘nalish bo‘yicha asosning maksimal tezlanishlarini d_i qiymatlariga ko‘paytmasiga taalluqli ossillyatorning mutlaq tezlanishlari $a=(\ddot{y}+\ddot{y}_0)$, gorizontal yo‘nalish bo‘yicha esa vaqt t va tebranishlar davri T qo‘yilgan.

To‘liq tezlanishlar $a=(\ddot{y}+\ddot{y}_0)_{max}$ ning maksimal qiymatlarini a - T tekislikka proeksiyalab, qayd etilgan ta’sir hamda γ ning belgilangan qiymatida ossillyatorning maksimal tezlanishlarini uning tebranishlari davriga bog‘liqligi $\beta^*(T)$ ega bo‘lamiz. Bunda tebranishlarning j-shakliga ko‘ra eng katta tezlanishni quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$a_{max}=\left(\ddot{y}_0+\ddot{y}_{ij}\right)_{max}=x_{ij}d_jAg\beta^*(T_j). \qquad (4.13)$$



4.3-rasm. Dinamiklik egri chizig‘i β(T)ni yasash

Shu yo‘sinda topilgan nisbiy tezlanishning maksimumi β^* ossillyatorning tebranish davri T ga bog‘lanishi ***tezlanishlar spektri*** deb nomlanadi. Xuddi shu yo‘l bilan tezlik va siljishlar spektrlarini qurish mumkin. Xorijiy adabiyotlarda ular javob spektrlari (response spectra) nomini olgan.

Endi, agar bitta aniq bir ta’sirdan qandaydir bo‘lishi mumkin bo‘lgan ta’sirlarga o‘tilsa, $\beta^*(T_j)$ bog‘lanishning o‘rniga aylanib o‘tuvchi egri chiziq $\beta(T_j)$ni qabul qilish kerak bo‘ladi. Bunaqa egri chiziqlarni har xil mualliflar γ ning turli xil qiymatlarida yasab ko‘rishgan. Natijalar tahlili $\beta(T,\gamma)$ bog‘lanishni quyidagicha ko‘paytma shaklida ham ifodalash mumkinligini ko‘rsatdi:

$$\beta(T,\gamma) = \beta(T,\gamma_э)\cdot K_\psi(\gamma) \qquad (4.14)$$

bunda $\gamma_э$ – ko‘psonli qurilish ob’ektlari (zich asoslarda joylashgan qavatlar soni o‘rtacha bo‘lgan turar joy va sanoat binolari) tebranishlari uchun xos bo‘lgan noelastik qarshilik koeffitsienti γ ning etalon qiymati. Adabiyotlarda $K_\psi(\gamma)$ tuzatmani aniqlash uchun turli xil formulalar keltirilgan [75-78]. Faqat ularning hammasidan K_ψ bir-biriga yaqin qiymatlarini aniqlash mumkin. Eng asosli deb [77] dagi takliflarni hisoblash lozim. Shularga muvofiq $K_\psi(\gamma)$ hisoblash uchun quyidagi bog‘lanish ishlab chiqilgan:

$$K_\psi(\gamma) = \sqrt{\frac{\gamma_э}{\gamma}}\left(1 - e^{-\frac{2\gamma\pi T_З}{T}}\right), \qquad (4.15)$$

bunda $T_З$ – zilzila davomiyligi;

$\gamma_э$ – γ ning etalon qiymati, bu qiymat $\beta(T, \gamma_э)$ning qabul qilingan normativ bog‘lanishlariga bog‘liq bo‘ladi: СНиП II-7-81 “Строительство в сейсмических районах” da I, II va III kategoriyali gruntlar uchun tegishlicha $\gamma_э$ = 0.1; 0.16 va 0.22 [79, 80].

(4.13) – (4.14) larni hisobga olgan holda m_i massa uchun j-shakl bo‘yicha quyidagi inersiya yuklarini aniqlash formulasini chiqarish qiyin bo‘lmaydi:

$$s_{ij} = Agm_i\beta(T_j)K_\psi(\gamma_j)\eta_{ij}, \qquad (4.16)$$

bunda $\eta_{ij} = x_{ij}d_j$ – shakl koeffitsienti.

d_j ni aniqlash uchun quyidagi formulani keltirib chiqarish mumkin:

$$d_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}\alpha_i m_i}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2 m_i}. \qquad (4.17)$$

γ_j koeffitsientlari ham (4.10) asosida hisoblab topilishi mumkin.

$$\gamma_j = \frac{1}{k_j}\cdot\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} b_{ik}x_{ik}x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2 m_i}. \qquad (4.18)$$

(4.15) – (4.18) formulalar dempferlashni tebranishlar shakllari orasidagi bog‘lanishga kam ta’sir etadi degan taxmin bilan, ya’ni (4.10) ko‘rinishida berish mumkin. Umumiy hol uchun shunga o‘xshash formulalar chiqarilishi mumkin. Ko‘rib chiqilgan holatdan farqli o‘laroq, o‘ta dempferlangan tizimda harakat tebranishlarning *2n* shakli bo‘yicha taqsimlab chiqiladi. Bu shakllarning bir qismi juft bo‘lib, bir xil chastotaligi bilan xarakterlanadi, qolgan shakllar birinchi tartibli tenglamalar yordamida ifodalanadi. Ihtiyoriy dempferlash hollari uchun nazariyaning batafsil bayoni [81] keltirilgan.

(4.16) formula tebranishlarning j-shakliga asosan tizimdagi seysmik yuk va kuchlanishlarning eng katta qiymatini aniqlashga imkon beradi. Ammo, seysmik kuchlar (kuchlanishlar) vaqtning turli onlarida o‘zining eng katta qiymatiga erishadi, shuning uchun kuchlanishlarni tebranishlar shakliga ko‘ra “jamlash” masalasi kelib chiqadi. Eng katta qiymat – maksimumlarga erishish onlari orasida korellyasiya bog‘lanishlari bo‘lmasa, “jamlash” uchun (4.3) formuladan foydalanish mumkin. Ammo, [82-85] izlanishlarda ko‘rsatilishicha, shakllarning korrelyasiya ko‘proq namoyon bo‘ladi, agar ularning tebranishlari chastotalari

orasidagi farq 30 % ortiq bo‘lmasa. Bunday hollarda yanada murakkabroq “jamlash” formulasidan foydalaniladi.

$$Q_i = \left[\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} \varepsilon_{ij} q_{ik} q_{ij} \right]^{\frac{1}{2}}, \qquad (4.19)$$

bunda ε_{ij} – korrelyasiya koeffitsienti.

ε_{ij} aniqlash uchun boshlang‘ich dalillar va yakuniy ko‘rinishi bo‘yicha turli xil bir-biriga o‘xshash formulalar taklif etilgan. Mualliflar PCH-44-88 [86] kiritilgan va turli inshootlarni hisoblashlarda sinovdan o‘tgan A.A.Petrovning formulasi eng qulay deb hisoblashadi.

$$\varepsilon_{ij} = \frac{2\sqrt{\gamma_i \gamma_j k_i^3 k_j^3}\left(k_i + k_j\right)}{\left(k_i + k_j\right)^2 \left(k_i - k_j\right)^2 + \left(k_i^2 + k_j^2\right) \cdot \left(k_i^2 \gamma_i^2 + k_j^2 \gamma_j^2 + k_i k_j \gamma_i \gamma_j\right)}, \qquad (4.20)$$

Yuqorida keltirilgan nazariya konstruksiyani elastik ishlashi nazarda tutilgan holda ishlab chiqildi. Shu bilan birga, asosiy ko‘taruvchi konstruksiyalar elastiklik pallasida ishlaganda, inshootlarni tebranish vaqtida nochiziqli ta’sirlar vujudga keladi. Konstruksiyalarni vayronali zilzilalar vaqtida konstrukiyalarni tebranishiga kelsak, ular anchagina nochiziqli bo‘ladi, chunki bunday hollarda zilzilabardosh qurilish tamoyillari ko‘taruvchi konstruksiyalarni elastiklik chegarasidan tashqarida ham ishlashi mumkinligini nazarda tutadi.

(4.16) nazariy formulalardan bevosita foydalanishning mushkul tarafi konstruksiyaning dinamik xususiyatlari hamda ta’sirlar xarakteri haqida mavjud ma’lumotlarning etishmasligiga bog‘liq. Shu bois me’yoriy hujjatlarda hisoblash formulalariga empirik koeffitsientlar tizimi kiritiladi. Mazkur tizim Rossiya normalariga muvofiq holda quyida ko‘rib chiqilgan.

4.5. Seysmik yuklarni spektral uslubda me’yorlashtirish

Hozirgi kunda spektral uslub zilzilabardosh inshootlarni loyihalash va qurilishi normativ hujjatlarida asosiy uslub sifatida qabul qilingan. Ushbu uslub Rossiya Federatsiyasining “Строительство в сейсмических районах” СНиП II-7-81 [87] va uning aktuallashtirilgan varianti, hamda O‘zbekiston Respublikasining QMQ 2.01.03-96 larga asosan qat’iy belgilanadi. СП 14.13330.2011 “Строительство в сейсмических районах” me’yoriy hujjat СНиП II-7-81* ning aktuallashtirilgan nashridir [88]. СНиПdagi hisoblash formulalari Omori [26] dan boshlab, to [88] berilgan eng keyingi ishlanmalarda keltirilgan ko‘p sonli izlanishlarga asoslanadi. [89, 90] adabiyotlarda ko‘rib chiqilgan izlanishlarning barchasida qo‘pol xatolarga yo‘l qo‘yilgan ekan. Shunga qaramay, joriy СНиП bo‘yicha hisoblangan ommaviy qurilish inshootlari turli kuchdagi zilzilalarga bardosh beradi. Bu СНиП dagi yo‘l qo‘yilgan barcha xatolar muvozanatlashtirilganligiga bog‘liq, ya’ni xatolarning ayrimlari boshqalarini o‘rnini qoplaydi va pirovardida yaroqli natija qo‘lga kiritiladi. Afsuski, СНиП ning eng keyingi aktuallashtirilgan variantida ushbu muvozanatlashtirishlar ko‘p hollarda yo‘qqa chiqarilgan, bu esa unda ichki va tashqi qarama-qarshiliklarga olib keladi. Shu bois quyida asosiy e’tibor Rossiya СНиП larini sinovdan o‘tgan variantlariga hamda ularni oqilona qo‘llanishiga qaratilgan. Hozirgi vaqtda Qurilish qoidalarini yangi varianti qayta ishlab chiqildi va yuqorida qayd etilgan xatolarga barham berilgan.

Spektral usulning normativ variantini ishlab chiqishda hisoblashlar negizi sifatida inersion seysmik yuklarni aniqlash formulasi olingan. Ammo, unga kiritilgan parametrlar avvalgi zilzilalar jarayonida to‘plangan tajriba asosida empirik yo‘l bilan aniqlangan. Hisoblash koeffitsientlarning muvozanatlashtirilgan (сбалансированной) tizimini qurish yo‘li batafsil [80] berilgan. Quyida СНиП [87, 168] aniq belgilangan ommaviy qurilish ob’ektlarini hisoblash koeffitsientlari tizimi ko‘rib chiqiladi.

Joriy СНиП [88] binoan j-tebranishlar shakli bo‘yicha massa m_i ga ta’sir etuvchi inersion seysmik yuklarni aniqlash formulasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$s_{ij} = K_1 A Q_i \beta(T_j) K_\psi(\gamma_j) \eta_{ij} K_к , \qquad (4.21)$$

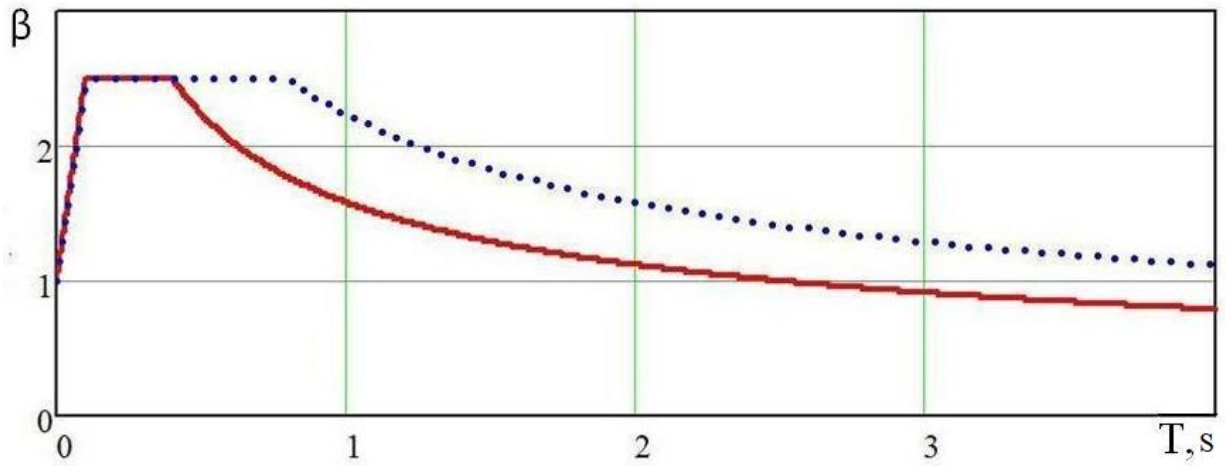
bunda $Q_i = m_i g$ – bir joyda jamlangan i-massaning vazni.

Nazariy yo‘l bilan ishlab chiqilgan (4.15) formuladan farqli ularoq (4.21)da qo‘shimcha ikkita koeffitsient kiritilgan:

K_k – konstruktiv koeffitsient;

K_1 – normalarning eng oxirgi nashrini asoslashda chegaraviy holatlar koeffitsienti deb atalgan koeffitsient.

Bundan tashqari, turli grunt sharoitlarida ekspluatatsiya qilinayotgan inshootlarning shikastlanuvchanligi hamda zilzilalarga oid ma’lumotlar (записи) tahlili I, II va III kategoriyali gruntlar bo‘yicha $\beta_l(T)$ bog‘lanishni differensiallashga imkon berdi (l – grunt kategoriyasi). $\beta_l(T)$ larning СНиП II -7-81* bo‘yicha tegishli bog‘lanishlari 4.4-rasmda berilgan.



4.4-rasm. СНиП II-7-81 (QMQ) bo‘yicha gruntlarning I,II – (uzluksiz chiziq) va III – (nuqtali chiziq) kategoriyalari uchun dinamiklik egri chiziqlari*

Mavjud nazariy ishlanmalar [8, 91]ga keltirilgan natijalarga muvofiq K_ψ koeffitsienti umumiy holda tebranishlarning turli xil shakllari uchun turlicha olinishi lozim. Uni hisoblashda (4.15), (4.18) formulalardan foydalanish mumkin. Ammo, hozirgi kunda inshoot va asoslarning turli konstruktiv elementlarini so‘nish

parametrlarini belgilashning sinovdan o‘tkazilgan uslublari yo‘q. Shuning uchun joriy QMQ larda tebranishlarning barcha shakllari uchun bir xil bo‘lgan va avvalgi zilzilalar tajribasi asosda belgilanuvchi o‘rtachalashtirilgan koeffitsient K_ψ kiritiladi. Joriy yo‘riqnoma adabiyotlardagi formulalar (4.15, 4.18) hozircha faqat ekspluatatsiyadagi ko‘priklar uchun tavsiya etiladi [86]. Ular Turkmaniston me’yoriy hujjatlarida ham qo‘llanadi.

Konstruktiv koeffitsient konstruktiv xususiyatlari sababli zilzila vaqtida ommaviy qurilish inshootlari (o‘rtacha qavatli turar joy va sanoat binolari) ning holatidan anchagina farq qiluvchi inshootlar uchun kiritiladi.

Chegaraviy holatlar koeffitsientini kiritilishi ikki xil talqin etilishi mumkin.

Birinchi talqin [92] – me’yoriy hisoblashlar kuchli va kamyob zilzilalar uchun bajariladigan hisoblash degan fikrdan kelib chiqadi. Zilzilabardosh qurilish tushunchasiga muvofiq kuchli zilzilalar vaqtida inshootda odamlar o‘limiga va qimmatbaho jihozlarni shikastlanishiga olib kelmaydigan plastik deformatsiyalar va kichik shikastlanishlarga yo‘l qo‘yilishi nazarda tutiladi. Shuning uchun konstruksiya elementlaridagi eng ruxsat etilgan katta kuchlanishlar miqdori oshirilishi mumkin.

Agar odatiy yuklanishlarda [Φ] qiymat omilning chekli ruxsat etilgan qiymati sifatida qabul qilinsa, kuchli zilzilalar ta’siri uchun bajariladigan hisoblashlarda omilning ruxsat etilgan qiymati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$[\Phi]_{lim} = r\,[\Phi], \qquad (4.22)$$

bunda $r > 1$.

Bu holda zilzilabardoshlikning ta’minlanish sharti quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\Phi < [\Phi]_{lim} = r\,[\Phi], \qquad (4.23)$$

bunda Φ – tahlil qilinayotgan omil qiymatini seysmik kuchlar ta’siriga bog‘liqligi.

Seysmik kuchlar va boshqa hisoblashlar uchun bir xil ta’rifni saqlash maqsadida, (4.23) shartni quyidagi ko‘rinishda taqdim etamiz:

$$\Phi / r < [\Phi]. \qquad (4.24)$$

(4.24) taqdim etilishi eysmik yuklarga kichraytirish koeffitsienti K_1.= 1/r kiritish bilan barobar. Oddiy muhandislik inshootlari uchun bu koeffitsient 0.25 teng deb olinadi.

Normativ uslubiyotni bunday talqini, konstruksiyaning kuchli zilzila ta'siriga zilzilabardoshligini kuchaytirilishi inshootni kichik seysmik ta'sirlarda ham normal ekspluatatsiyasi ta'minlanishini nazarda tutadi. Bundan tashqari, shuni hisobga olish lozimki, shu talqinga ko'ra K_1 koeffitsient qurilish maydonchasining seysmik xavfliligi (tafsilotli seysmiklik) ga emas, balki inshoot xususiyatlariga bog'liq.

Normativ metodikaning ***ikkinchi talqini*** unga sust va tez-tez sodir bo'luvchi ta'sirni hisoblash deb qaraydi. Bu holda K_1A ko'paytma ayni zilzilaning hisobiy tezlanishidir. Masalan, 9 balli hududlar uchun K_1 = 0.25 da hisoblashlarni 1 m/s^2 tezlanishga, ya'ni 7 balli ta'sirga bajaramiz.

Normativ metodikani bunday talqinida konstruksiyaning kichik zilzila ta'siriga zilzilabardosh kuchaytirilishi odamlar hayoti hamda qimmatbaho jihozlar saqlanishini ta'minlanishi nazarda tutiladi.

Bundan tashqari, shuni qayd etish kerakki, shu talqinga ko'ra K_1 koeffitsient inshoot xususiyatlariga emas, balki qurilish maydonchasining seysmik xavfliligi (tafsilotli seysmiklik) ga bog'liq [8].

Ommaviy qurilish ob'ektlarini hisoblash va loyihalashda u yoki bu talqinga rioya qilishning ahamiyati yo'q, chunki СНиП (QMQ) muvofiq ravishda kuchaytirilgan inshootlar ham sust, ham kuchli ta'sirlarda zilzilabardoshlik talablariga javob beradi. Shu bilan birga, **sinovdan o'tgan analoglari bo'lmagan yangi zilzilabardosh konstruksiyalarni loyihalashda, talqinlarning birontasini qabul qilinishi, bu konstruksiyalar zilzilabardoshligini ta'minlash borasida xatolarga olib kelishi mumkin.** Bunday inshootlar qatoriga, avvalambor, o'z xususiyatlari bilan ommaviy qurilish ob'ektlari (o'rtacha qavatli turar joy va sanoat binolari) dan katta farq qiluvchi inshootlar, shu jumladan yirik ko'priklar ham kiradi. Bunda ham kichik, ham kuchli zilzilalarda inshoot zilzilabardoshligini

tekshirilishi ta’minlash darkor.

СНиПdagi (4.21) formuladan foydalanishda asosiy kamchilik – seysmikligi tegishlicha 7, 8 i 9 balli maydonchalar uchun 1, 2 va 4 m/s^2 ga teng deb qabul qilinadigan hisobiy tezlanishlarning o‘zgarmasligidan iborat. 1-bobga binoan eng yuqori tezlanishlar ta’sirning uzoqroq davom etuvchi davriga juda ham bog‘liq va ularni qayd etishning iloji bo‘lmaydi. СНиП keltirilgan miqdorlar uzoqroq – 0.3-0.4 s teng davr davomida ta’sirlarga to‘g‘ri keladi. Aynan shunday ta’sirlar 4-5 qavatli turar joy binolari uchun xavflidir. Soxta tezlanishlarni o‘zga inshootlarga tarqalishi dinamiklik egri chizig‘i deb ataluvchi egri chiziqni to‘g‘rilab qo‘yilishini talab etdi. Bu egri chiziq inshootlardagi mavjud haqiqiy shikastlanishlariga muvofiqlashtirilgan bo‘lib, haqiqiy dinamiklik egri chizig‘iga kam o‘xshaydi. СНиП (QMQ) da singishni hisobga oluvchi K_Ψ, koeffitsientidan qo‘shimcha tarzda foydalaniladi. Ammo, unga ham soxta tezlanishlar A va soxta dinamiklik egr chizig‘i bilan muvozanatlikda qarash lozim.

Me’yoriy uslubiyatning asosiy kamchiligi qurilish maydonchasining umumiy seysmik xavfliligiga bog‘liq bo‘lmagan holda hisobiy tezlanish A ning belgilanishidir. Masalan, inshootlarni loyihalash jarayonida B kartasi bo‘yicha situatsion seysmiklik 8, 8 va 9 ballga teng, hamda tegishlicha A, B va C kartalar bo‘yicha 7,8 va 8 ballga teng bo‘lgan hollarda bir xildagi tezlanishlar qabul qilinadi. Ammo, birinchi holatda seysmiklik xavf ancha katta bo‘lishi kerakligi yaqqol ko‘rinib turibdi.

Seysmik yuklarni aniqlashga oid me’yoriy uslubiyatni umumiy holda baholashda, uni yaratishda yo‘l qo‘yilgan taxminlarni ko‘pligiga qaramasdan, ushbu uslubiyat avvallari sodir bo‘lgan zilzilalardan olingan tajribalarga ancha mos ekanligini alohida ta’kidlab o‘tish lozim. Bu esa dinamiklik koeffitsienti β hamda boshqa hisoblash koeffitsientlari avvalgi zilzilalardan olingan boy tajribaga tayangan holda belgilanganligidan kelib chiqadi. Ammo bu tajriba dastavval sanoat va fuqaro inshootlariga tegishli. Ko‘priklar va boshqa maxsus muhandislik inshootlarining zilzilabardoshligiga yanada batafsilroq yondashish talab qilinadi.

Me’yoriy spektral uslubiyatdan foydalanishni yana ikki xil nuqtai nazardan

ko‘rib chiqamiz: uni takomillashtirish masalalari hamda transport inshootlarida qo‘llash imkoniyatlari.

Yuqorida aytib o‘tilganidek, hozirgi vaqtda rivojlangan davlatlarning aksariyatida zilzilabardosh inshootlarni ko‘p pog‘onali loyihalash uslubiga o‘tilmoqda. Bu esa shartli hisoblashlarni talqiniga oid foydasiz munozaralarni bartaraf etadi, chunki kamida ikki xil – LZ va MHZ ta’siriga hisoblashlar bajarilishini talab qiladi. Hozirgi kunda Yevropada zilzilabardosh binolarni hisoblashda zamonaviy yondashuvga asoslangan Yevrokod-8 foydalaniladi [93, 94]. Bunday yondashuv boshqa davlatlarda, masalan, Xitoy [95] va Turkmanistonda ham qabul qilingan [96, 97]. Shuning uchun, shartli yuklanishlarga bir pog‘onali me’yoriy hisoblashlarni takomillashtirilishi istiqbolsiz ekanligi (kerak emasligi) ko‘rinib turibdi.

Zarur hollarda me’yorlarni nostandart ob’ektlarga nisbatan qo‘llanishida vujudga keladigan yaqqol bema’niliklarni bartaraf etish lozim. Xususan, zilzilabardoshlikni hisoblashda ayrim binolarning tafsilotli seysmikligini, yuqori darajali ahamiyatga egaligini, hamda ularni rejalashtirilgan xizmat muddatlarini hisobga olgan holda seysmik ta’sirning hisobiy darajasini aniqlashtirilishi maqsadga muvofiqdir.

Buning uchun [98-100] da keltirilgan uslublarni tavsiya etish mumkin. Bunda tebranishlarning asosiy toni davri T=0.3-0.4 s bo‘lgan binolar uchun, A ning me’riy qiymatlari hisobiy zilzilalarning eng katta haqiqiy tezlanishlariga mosligi hisobga olinadi. 4.1-jadvalda oddiy binoni o‘rtacha seysmologik sharoitlarda hisoblash uchun [98]da foydalanilgan ma’lumotlar keltirilgan.

Uslub negizi sifatida [98] tenglama olinadi:

$$\sum_{I=7}^{10} p_I \varepsilon_{IK}(A_K) = q_{сл}^{(K)}, \qquad (4.25)$$

bunda p_I – $T_{сл}$ xizmat muddati davomida kuchi I ballga teng zilzilaning sodir bo‘lish ehtimoli;

ε_{IK} – kuchi I ballga teng zilzila vaqtida K kuchga ega zilzila uchun tezlanishlarning hisobiy darajasi A_K oshib ketishi mumkinligining ehtimoli;

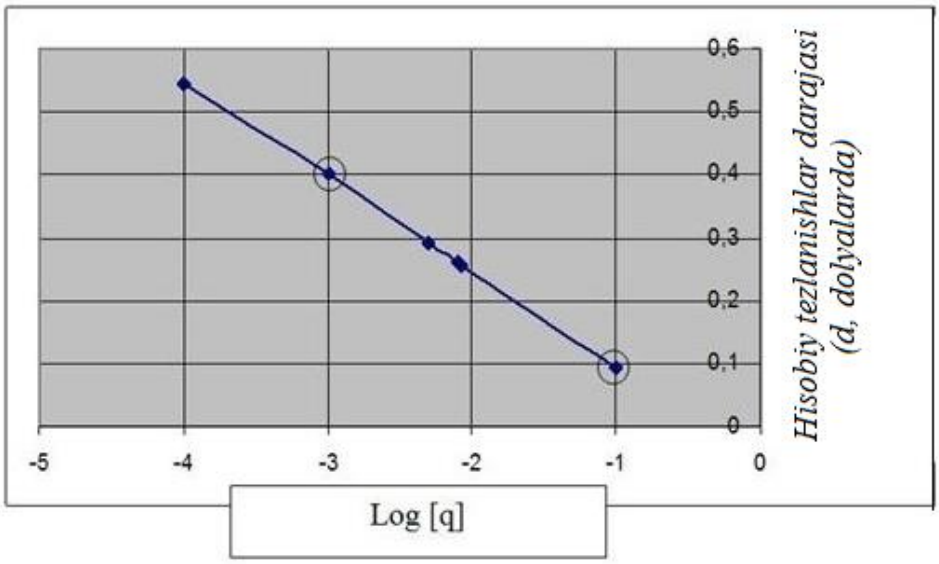
$q_{сл}^{(K)}$ – ishdan chiqishning yo‘l qo‘yarli ehtimoli, ya’ni inshootning $T_{сл}$ xizmat muddati davomida tezlanishlarning A_K hisobiy darajadan ortib ketishi.

4.1-jadval

Seysmik ta’sir darajasini baholash uchun asos ma’lumotlar

Inshootning xizmat qilish muddati, yillarda	Ta’sirning ustivor davri, s	Kuchi I ballik zizilalarning takrorlanishi, yillarda			
		I=7	I=8	I=9	I=10
50	0.4	200	1000	6000	∞

Binolar uchun esa (4.25) tenglamani [98] ma’lumotlariga asosan yechish natijalari 4.5-rasmda keltirilgan, bu yerda hisobiy tezlanishlar Ag ni ulardan oshib ketish logarifmining ehtimoliga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

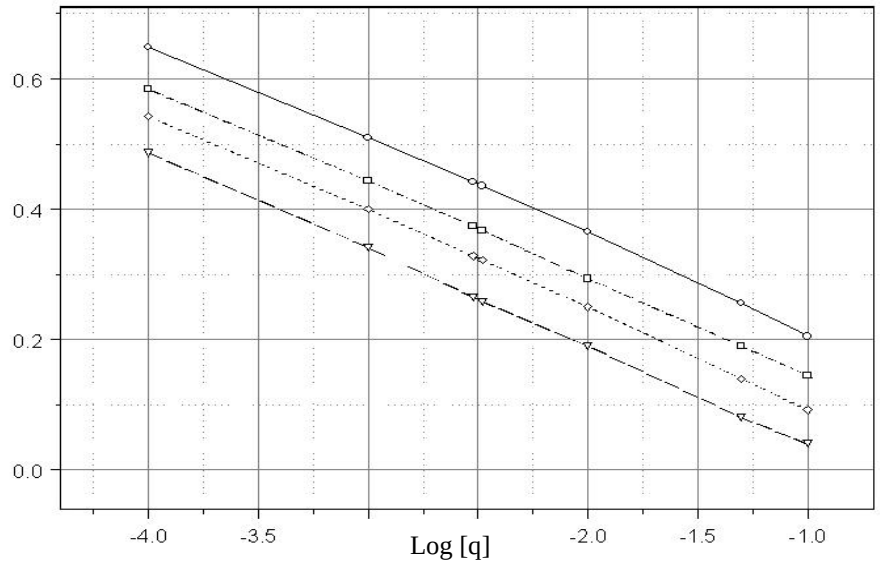


4.5-rasm. Asos ma’lumotlar uchun A([q]) hisobiy tezlanishlar darajasining bog‘liqligi (LZ va MHZ sathlari ajratib ko‘rsatilgan)

Bunday hisoblashlar [98] asosiy hisoblash sifatida olingan. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, LZ ga xos bo‘lgan K_1Ag=0.1g tezlanishli hisobiy ta’sirning 9-ballga teng bo‘lgan me’yoriy darajasiga oshib ketish extimoli q_{lz}≈0.1 to‘g‘ri keladi. Ag=0.4g

(MHZ) tezlanishga esa, q_{mhz} ≈0.001 mos bo‘ladi. Bino mas’uliyati boshqacha bo‘lgan hollarda, ishdan chiqish (отказ) $p_{лз}$ ва $p_{мхз}$ larning boshqacha ehtimollarini qabul qilib, hisobiy ta’sirning tegishli darajasini qo‘lga kiritish mumkin. Shunga o‘xshash holatlar inshootning haqiqiy xizmat muddatini hisobga olishda vujudga keladi. 4.6-rasmda hizmat muddatlari turlicha bo‘lgan inshootlar uchun A(q) ni [101] ma’lumotlarga bog‘liqligi keltirilgan.

Shuni nazarda tutish kerakki, hisobiy tezlanishlarni haqiqiy qiymatiga keltirib aniqlashtirish ishlari dinamiklik egri chizig‘i β ni aniqlashtirish bilan birga olib borilishi darkor. Quyida barcha koeffitsientlari o‘z mohiyatiga mos hamda fizik ma’noga ega bo‘lgan spektral uslubi variantini yaratishga imkon beruvchi yondashuv ko‘rib chiqiladi.



4.6-rasm. Xizmat muddati T_{life} turli xil bo‘lgan inshootlar uchun hisobiy tezlanish A ni yo‘l qo‘yarli extimollik logarifmi [q]ga bog‘liqligi:

1 - T_{life}=300 yil; 2- T_{life}=100 yil; 3 - T_{life}=50 yil; 4 - T_{life}=20 yil

4-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

1. Seysmik hududlarda ko‘priklarni hisoblash va loyihalash usullari rivojlanishini tahlil qilib bering.
2. Statik nazariya haqida ma’lumot bering.
3. Dinamik nazariya haqida ma’lumot bering.

4. Spektral nazariya haqida ma’lumot bering.
5. Seysmik yuklanishni aniqlashda qaysi omillar ta’sir ko‘rsatadi?
6. Dinamik koeffitsient nima?
7. Spektral nazariya va dinamik nazariyalarni o‘zaro farqini tushuntirib bering?
8. Zilzilabardoshlikning spektral nazariyasini kim ishlab chiqqan?
9. Zilzilabardoshlikning dinamik nazariyasida inshoot qanday modellashtirilgan?
10. Seysmik yuklarni spektral uslubda me’yorlashtirish qanday tartibda amalga oshiriladi?
11. Spektral usulning nazariy asoslari mohiyatini tushuntib bering.

5-BOB. YER OSTI INSHOOTLARI ZILZILABARDOSHLIGI BO‘YICHA TADQIQOTLARNING HOLATI

5.1. Yer osti inshootlarini zilzilabardoshlikka hisoblash

Zilzila vaqtida yer osti quvuro‘tkazgichlarni o‘tkazish haqida dastlabki fikrlar hamda zilzilabardoshlikka hisoblash uslublari V.F. Kojinov, K.Syuexiro, V.O. Sshoxer va boshqa olimlarning ishlarida keltirilgan [54]. Bu ishlarda seysmik kuch inshootlar massasini grunt tezlanishiga ko‘paytmasi sifatida aniqlanib, yer osti inshootlari zilzilabardoshligining ***statik nazariyasi*** shakllantirilgan. Bu nazariyaga ko‘ra quvuro‘tkazgichlar kabi yer osti inshootlarni zilzilabardoshlikka hisoblashda konstruksiyaning atrofdagi gruntga nisbatan siljishi hisobga olinmas edi, bu esa kuchlanish va ko‘chishlarni aniqlashda quvur diametrini, uning devorlari qalinligi, joylashish chuqurligi, hamda zilzila vaqtida yer osti quvuro‘tkazgichini uzunasi bo‘yicha kuchlanishlarni taqsimlanishi kabi muhim omillar hisobga olinmasligiga olib kelar edi. Yer osti quvuro‘tkazgichi va atrofidagi gruntning bo‘ylama seysmik ta’sir ostida birgalikda deformatsiyalanishi haqidagi taxmindan kelib chiqqan holda (yassi kesimlar gipotezasi), normal (siquvchi yoki cho‘zuvchi) kuchlar

hamda yer osti inshooti konstruksiyasi formulalari tavsiya etildi [54]:

$$\sigma_1 = \pm \frac{g}{2\pi} K_c \frac{E_1}{C_p} T, \tag{5.1}$$

$$\tau_1 \approx \pm \frac{g}{2\pi} K_c \frac{G_1}{C_s} T, \tag{5.2}$$

bunda K_c – seysmiklik koeffitsienti; E_1 va G_1 – cho‘zilish (siqilish) va konstruksiya materialini siljishining elastiklik modullari; C_p, C_s – bo‘ylama va ko‘ndalang seysmik to‘lqinlarni gruntdagi tarqalish tezligi; T – gruntning tebranish davri.

Yer osti quvuro‘tkazgichlarning zilzilabardoshligi nazariyasini rivojlanishidagi keyingi bosqich – bu quvuro‘tkazgich o‘qi bo‘ylab seysmik ta’sirni tarqalishida quvurning atrofdagi gruntga nisbatan siljishini hisobga oluvchi ***dinamik nazariya*** shakllantirilgan [54]. Bunda gruntning belgilangan tezlanishi qonuniga binoan quvuro‘tkazgichning ihtiyoriy kesimidagi seysmik kuchlanish quyidagi formuladan topiladi:

$$\sigma(x,t) = E\sum_{n=1}^{\bullet\bullet} X_n(x) \frac{T_n}{2\pi} \int_0^t \ddot{u}_0(\tau) \sin \frac{2\pi}{T_n}(t-\tau) d\tau, \tag{5.3}$$

bunda E – konstruksiya materialining elastiklik moduli; X_n – tebranishlar n-shaklining koeffitsienti; $\ddot{u}_0(\tau)$ – gruntning seysmik tezlanishi; T_n – quvuro‘tkazgichning n-shakldagi xususiy tebranishlari davri:

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_\pi}; \tag{5.4}$$

,

bunda ω_n – quvuro‘tkazgichning n-shakldagi xususiy tebranishlari chastotasi:

$$\omega_n = \sqrt{a_T^2 p_n^2 + b^2}; \tag{5.5}$$

$$a_T^2 = \frac{EF}{m}, \quad b^2 = \frac{\pi D_H K_X}{m}; \tag{5.6}$$

bunda F – quvurning ko‘ndalang kesimining yuzasi; $m=pF$ – quvur uzunlik birligining massasi; ρ – quvur materiali zichligi; D_H – quvuro‘tkazgichning tashqi diametri; K_x – quvuro‘tkazgichning joylashish chuqurligi bilan bog‘liq bir maromda siljish koeffitsienti.

(5.3)–(5.6) formulalardan ko‘rinadiki, seysmik kuchlanishlar kattaligi konstruksiyaning geometrik va fizik parametrlariga hamda atrofdagi gruntning tavsiflariga bog‘liq.

Bundan tashqari, (5.3) formula bilan bir qatorda uchlari mahkamlab qotirilgan quvuro‘tkazgichga garmonik seysmik kuch ta’sir etganda seysmik kuchlanishlarni hisoblash formulasi ham tavsiya etiladi: $\omega \to \omega_n$ uchun x=0, x=1 va $\eta = 1$ bo‘lgan holda quvuro‘tkazgichdagi eng katta bo‘ylama seysmik kuchlanish quyidagicha aniqlanadi

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{W_0}{2\pi} \frac{ET}{\eta C_p}; \tag{5.7}$$

bunda W_0 – maksimal hisobiy yoki haqiqiy seysmik tezlanish; T – gruntning tebranish davri; η – quvur uchastkasi uzunligining bo‘ylama to‘lqin uzunligiga nisbati.

(5.1) formula (5.3) va (5.7) formulalarning xususiy bir holi ekanligini sezish qiyin emas.

Yuqorida keltirilgan ishlarda yer osti inshootlarining grunt bilan bo‘lgan o‘zaro ta’siri yaxshi o‘rganilmagan va quvuro‘tkazgich uzunasi bo‘yicha o‘zaro seysmik ta’sirning xususiyatlarini o‘zgarishi, konstruksiyaning fazoviyligi hisobga olinmagan.

Ob’ektlarni gruntda seysmik ta’sir ostida o‘ziga xos ishlash sharoiti akademik T.R. Rashidovning [103, 104] ishlarida hisobga olinib, yer osti inshootlari murakkab tizimlari zilzilabardoshligining ***dinamik nazariyasi*** yaratildi. Bunda yer

osti inshootlari bikir massiv tugunli to‘sin-ramali konstruksiyalar sifatida qaralib, ammo siqilishga, cho‘zilishga, egilishga va buralishga ishlaydigan hamda tugun inshootlar (quduq, kamera, binolar poydevorlari va h.k.) o‘zaro tutashgan uzun uchastkalari (quvuro‘tkazgichlar, tonnellar va b.) esa bruslar sifatida olingan. Grunt va inshootning birgalikda deformatsiyalanishining eng muvofiq sxemasi qabul qilingan: bunda seysmik to‘lqinning fazo bo‘yicha bir xil bo‘lmasligi hamda inshoot elementlarini gruntga nisbatan siljishlari hisobga olinadi. Yer osti inshootlarning seysmodinamik masalalarini soddalashtirish uslubi taklif etildi. Cheksiz uzunlikka ega quvuro‘tkazgichning statsionar harakatiga oid masala yechildi, hamda shartli ravishda “tovush tezligidan past” va “tovush tezligidan yuqori” deb atalgan yer osti inshootlarini seysmik maydondagi harakatlanishining ikkita har xil rejimlari mavjudligi haqidagi yangi foydali tomonlar aniqlangan.

Yer osti inshootlarining grunt bilan o‘zaro ta’siri uchun ***elastik-qovushoq-plastikli modeli*** taklif etildi. Ushbu tadqiqotlar keyinchalik [49, 105-107] ishlarda tajribalar bilan asoslanib rivojlantirilgan, [54, 59, 108] ishlarda esa yuqorida qayd etilgan nazariyani tonnel konstruksiyalari qobiqlarini (obdelkalarini) zilzilabardoshlikka hisoblashlarda qo‘llashga urinib ko‘rilgan.

Mahkamlangan yoki mahkamlanmagan ungurlar (o‘yma) mavjudligi sababli zaiflashgan hamda cheksizlikda ikki o‘qli siqilish yoki sof siljishga duch keluvchi muhit uchun ihtiyoriy yo‘nalishga ega bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlar uzunligi (ungurlar o‘lchamlaridan 3 barobar kattaroq) ta’sirini tegishli tarzda modellashtiruvchi elastiklik nazariyaning kvazistatik masalalarni ko‘rib chiqib, N.N.Fotiyeva va N.S. Bulichevlar chuqur joylashgan tonnellarni zilzilabardoshlikka hisoblashlarda muhim ahamiyatga ega natijalarga erishishgan.

Ihtiyoriy shakldagi yopiq monolit obdelkalarni hisoblash uslubi [109] ishda bayon etilgan. Bu uslub ihtiyoriy yo‘nalishdagi uzun bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlarni qazilmalarni ko‘ndalang kesim tekisligi bo‘ylab birgalikda ta’sir etishida konstruksiyaning har bir kesimidagi eng noqulay zo‘riqish holatini aniqlashdan iborat. Bunga obdelkadagi normal tangensial kuchlanishlarning aylanib o‘tuvchi epyuralarini analitik uslubda qurish yo‘li bilan erishiladi. Xuddi

shunday yondashuv asosida kesim yuzasi doiraviy bo‘lgan obdelkalarini [110], doiraviy ko‘ndalang kesimli ko‘pqatlamli va kombinatsiyalashgan, shu jumladan qovurg‘asimon tyubinglardan iborat qatlamlarni o‘z ichiga olgan obdelkalarni [111], o‘zaro ta’sir etuvchi parallel doiraviy tonnellar majmuasi obdelkalarini [112, 113] hisoblash uslublari taklif etilgan.

J.S. Yerjanov, Sh.I. Aytaliyev, J.K. Masanov, L.A. Alekseyevalar tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotlar ham massiv anizotropiyasi va to‘lqinlar difraksiyasi hisobga olingan seysmik ta’sir ostida tonnel obdelkalarining kvazistik ishini o‘rganishga qaratilgan [54].

Doiraviy tonnelni statsionar seysmik to‘lqinlar ta’siriga hisoblash va to‘lqinlar difraksiyasini o‘rganish natijalari M.A. Dashevskiyning ishlarida keltirilgan.

Yer osti inshootlari, shu jumladan tonnellarning zilzilabardoshligiga oid tadqiqotlar tahlili quyidagi [114-118] ishlarda keltirilgan.

Yumshoq gruntlarda sayoz joylashgan tonnellar konstruksiyalari va metropoliten stansiyalarining zilzilabardoshligini o‘rganishda yer osti inshootlarining murakkab tizimlari zilzilabardoshligining dinamik nazariyasi eng maqbuli hisoblanadi.

5.2. Quvuro‘tkazgichlarni atrof grunt bilan o‘zaro ta’sirining statik va dinamik koeffitsientlarini aniqlash

Yer osti quvuro‘tkazgichlarning asosiy muammosi “quvur-grunt” tizimidagi ularning o‘zaro ta’sirini modellashtirishdan iborat. Ilmiy adabiyotlar orasida faqat deformatsiyalanuvchi qattiq jismlarning kontaktli o‘zaro ta’sir jarayonini tavsiflovchi parametrlarni hisobga oluvchi, inshootni grunt bilan o‘zaro ta’sirining turli xil qonunlari keltirilgan ayrim ishlargina mavjud. Statik yuklanishlarda hayotini ta’minlash (жизнеобеспечения) tizimlarining yer osti quvuro‘tkazgichlarni kuchlanganlik holatini ifodalovchi asosiy parametrlar – ushbu inshootlarning atrof grunt bilan o‘zaro ta’sir koeffitsientlaridir. Ular qatoriga quvuro‘tkazgichni gruntga nisbatan bir maromda siljish koeffitsienti k_x, ya’ni

quvuro‘tkazgichning siljish koeffitsienti kiradi [119-122]:

$$k_x = \left(\tilde{\alpha} \frac{G_B}{100\tilde{B}} + \tilde{\beta} \right) \cdot 10^2 , \qquad (5.8)$$

bu yerda $\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}$ – 5.1-jadvaldan olinadigan grunt sharoitlariga bog‘liq koeffitsientlar, m^{-1}, kN/m^3; G_B – gruntni quvurning birlik uzunligiga ta’sir etuvchi vertikal bosimi, kN/m; $\tilde{B}$ – quvuro‘tkazgichni transheyaga yotqizishda transheya kengligi, m [12]. Mazkur empirik formula T.R. Rashidov tomonidan gruntlarni bir maromda siljish koeffitsienti C_x ni aniqlash bo‘yicha amalga oshirilgan eksperimental natijalardan foydalanish asosida ishlab chiqilgan.

Bunda

$$G_B = \gamma D_H \left(h + 0.108 D_H \right), \qquad (5.9)$$

bu yerda γ – gruntning hajmiy massasi; h, D_H – quvuro‘tkazgichni joylashish chuqurligi va tashqi diametri. Agar quvuro‘tkazgich yer ko‘tarmasida yotqizilsa, $\tilde{B} = D_B$ bo‘lishi lozim.

5.1-jadval

Grunt sharoitlariga bog‘liq koeffitsientlar

Grunt sharoitlari	Koeffitsient		To‘lqin tarqalish tezlishi, C_p, m/s
	$\tilde{\alpha}$	$\tilde{\beta}$	
Mayda, o‘rta, yirik donador qum va qum bilan shag‘al	313	50	400-1500
Changli qumlar, plastik supeslar, yarim qattiq, yumshoq va plastik suglinoklar	113	50	120-800
Supeslar, qattiq suglinoklar, gil tuproqlar va boshqa qattiq jinslar	304	335	200-2200

Seysmodinamik nazariyada quvuro‘tkazgichning grunt bilan bo‘ylama elastik o‘zaro ta’sirining asosiy modeli sifatida, nisbiy ko‘chish orqali urinma kuchlanishni ifodalash yetarli darajada asoslab berilgan model qabul qilinadi [119, 122]

$$\tau_a = k_x \tilde{u}\,. \tag{5.10}$$

Ko‘chish va yuk orasidagi bog‘lanish elastiklik qonuniga bo‘ysunadigan chegara mavjud deb faraz qilaylik, ya’ni

$$q_i = k_i \Theta_i\,, \tag{5.11}$$

bu yerda q_i – quvuro‘tkazgich sirtining bir birligiga to‘g‘ri keladigan yuk;
k_i – o‘zaro ta’sir mutanosibligi koeffitsienti; Θ_i – quvuro‘tkazgichning umumiy ko‘chishi.

Bo‘ylama va ko‘ndalang ko‘chishlarda, egilish va buralishlarda o‘zaro ta’sirning mutanosiblik koeffitsienti “yuklanish – yukni olib tashlash” diagrammalaridan aniqlanishi mumkin.

Quvuro‘tkazgichga uning gruntga nisbatan elastik nisbiy bo‘ylama, ko‘ndalang ko‘chishlari $\tilde{u}, \tilde{w}$ ni va egilish hamda buralishdagi burilish burchaklari $\tilde{\varphi}, \tilde{\alpha}$ ni keltirib chiqaruvchi yuklar: P – bo‘ylama kuch; Q – ko‘ndalang kuch; M_u – eguvchi moment va M_k – buralish momentlari ta’sir etayotgan bo‘lsin [120].

Shunda quyidagi taqribiy bog‘lanishlarni ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned} &P = k_x \tilde{u},\ Q = k\tilde{w}, \\ &M_u = k_\varphi \tilde{\varphi},\ M_k = k_\alpha \tilde{\alpha}, \end{aligned} \tag{5.12}$$

bu yerda $k_x, k, k_\varphi, k_\alpha$ – o‘zaro ta’sirning mutanosiblik koeffitsientlari, umumiy holda ularni quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$k_j = a_j k_x, \tag{5.13}$$

bunda $k_j = k$, bo‘lganda, $a = 2(1+\mu_{грунт})$ $k_j = k_\alpha$ bo‘lganda, $a = \frac{8}{\overline{\beta}}\frac{l}{D_H}$ va $k_j = k_\varphi$, bo‘lganda esa $a = \frac{10}{\overline{\beta}(1+\mu_{грунт})}\left(\frac{l}{D_H}\right)^3$, $\overline{\beta} = \left(1-\frac{D_B^4}{D_H^4}\right)$ [120].

Zilzilalar, sanoat portlashlari va h.k. yuzaga keltiruvchi dinamik yuklar ta’sirida inshootlarni atrof gruntlar bilan o‘zaro ta’sirlarining parametrlari statik tavsiflardan birmuncha farq qiladi. Quvuro‘tkazgichni gruntga nisbatan ko‘chishlari tashqi ta’sir turlarga, grunt xususiyatlariga va h.k. bog‘liq. Zilzilalarda yozib olingan mavjud ma’lumotlar tahliliga asosan, zilzila vaqtida gruntlarning tebranishlari murakkab notartib xarakterga ega va shu bilan birga, har bir zilziladagi yozuvlar ko‘rinishi kuzatish nuqtasiga ko‘ra o‘zgaradi, har bir kuzatuv nuqtasidan esa zilziladan zilzilagacha o‘zgarib boradi. Bu holat berilgan seysmik ta’sirni xuddi o‘zidek aks ettira olishi yoki modellashtirishi mumkin bo‘lgan zamonaviy asboblar va stendlarni ishlab chiqishda katta muammolarni keltirib chiqaradi.

Shuni hisobga olgan holda, birinchi bosqichda inshootning atrofidagi grunt bilan o‘zaro ta’sirini zilzila natijasida vujudga kelgan dastlabki seysmik ta’sirning amplituda va vaqt bo‘yicha parametrlariga javob beruvchi xarakteri bo‘yicha nisbatan sodda ta’sir (impulsli, garmonik, poligarmonik va b.) lar tizimidan foydalanib o‘rganish lozim [120].

Bikir quvurning elastik gruntdagi harakat tenglamasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi [120]:

$$-m\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \pi D_H \tau_a = 0, \tag{5.14}$$

bunda $m = \rho F$ – birlik uzunlikdani quvurning massasi; u – quvurning absolyut ko‘chishi; $\tilde{u} = u - u_0$ – quvurning nisbiy ko‘chishi; u_0 – grunt ko‘chishi; D_H – quvurning tashqi diametri; τ_a – urinma kuchlanish.

Agar elastik grunt uchun urinma kuchlanish (5.10) ko‘rinishda ifodalansa, unda (5.14) quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$\ddot{\tilde{u}} + p^2\tilde{u} = -\ddot{u}_0, \tag{5.15}$$

bunda

$$p^2 = \frac{\pi D_H k_x}{m}. \tag{5.16}$$

O‘zaro ta’sir k_x qiymatini aniqlashning quyidagi holatlari bo‘lishi mumkin. Zarba natijasida quvur harakatga kelgan va unga boshlang‘ich tezlik ϑ_0 berilgan deb faraz qilamiz [120]. Bunda quyidagi boshlang‘ich shartlari $t = 0, u = 0, \dot{u} = \vartheta_0$ da (5.15) tenglamaning yechimi $u = \frac{\vartheta_0}{p}\sin pt$ ko‘rinishda bo‘ladi. Demak, quvur chastotasi $p=2\pi/T$ bo‘lgan sinusoidal tebranishlar bajaradi. Uni (5.16) bo‘yicha topilgan chastota bilan solishtirib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$k_x = \frac{4\pi^2 m}{\pi D_H T^2}. \tag{5.17}$$

Bundan quvuro‘tkazgichning erkin tebranishlari davri T ni bilgan holda, k_x koeffitsientni hisoblab chiqarish mumkin.

Grunt tebranishlari $u_0 = a_0 \sin \omega t$ qonunga muvofiq bo‘lsin, va shunda a_0 va ω – grunt tebranishlarining amplitudasi va chastotasi. Shunda nolinchi boshlang‘ich shartlarda (5.15) tenglamaning yechimi quyidagicha bo‘ladi:

$$\tilde{u} = a_g \left(\sin \omega t - \frac{\omega}{p} \sin pt \right), \qquad (5.18)$$

bunda $a_g = \dfrac{a_0 \omega^2}{p^2 - \omega^2}$ i ω – qo‘zg‘atuvchi kuch chastotasi [120]. Bu yerda (5.15) o‘rniga quyidagini qabul qilamiz:

$$\ddot{\tilde{u}} + p^2 \tilde{u} = a_0 \omega^2 \sin \omega t \,. \qquad (5.19)$$

Shunda $\tilde{u}$ (ayni holat uchun) – quvurning gruntga nisbatan ko‘chishi.

(5.19) formula yechimlarini (5.18) ko‘rinishda bersak, (5.16) ni hisobga olgan holda va nolinchi boshlang‘ich shartlarda quvurning bir maromda siljish koeffitsienti quyidagicha bo‘ladi

$$k_x^{stat} = \frac{4\pi^2 m}{\pi D_H T^2} \frac{p^2}{\omega^2} \quad \text{yoki} \quad k_x^{stat} = \eta \cdot k_x^{din}, \qquad (5.20)$$

bunda $\eta = \dfrac{p^2}{\omega^2}$.

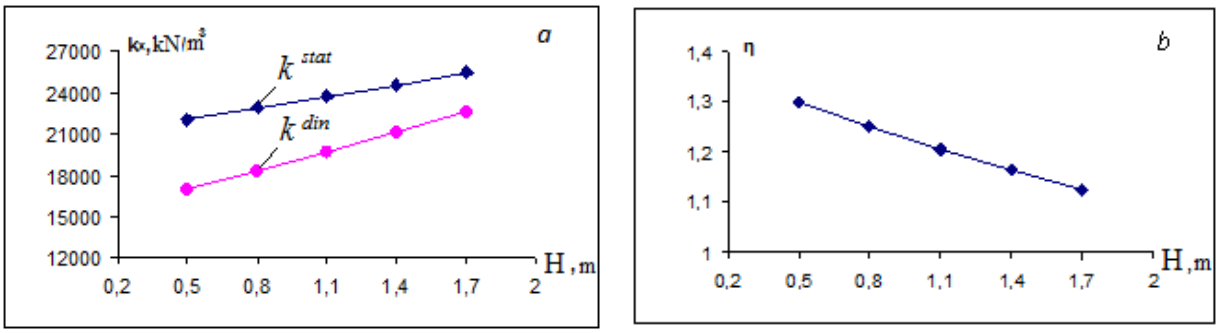
Dinamik o‘zaro ta’sir k_x^{din} koeffitsientining quvuro‘tkazgichni joylashish chuqurligi *H* ga va dinamiklik koeffitsienti η ning bog‘liqlik grafiklari 5.1, *a,b*-rasmda keltirilgan.

Bir maromda siljishning dinamik koeffitsienti statik koeffitsientga nisbatan kichik ekanligi 5.1-rasmda ko‘rinib turibdi. Quvurlarning joylashish chuqurligi oshgan sari, bu farq kamayib boradi. Dinamik koeffitsientining statik koeffitsientga nisbatan kichikligi, uning quvur tebranishi shakllangan rejimida aniqlanganida bo‘lsa kerak.

Vatanimiz va xorij [123] adabiyotlarida statik va dinamik yuklanishlarda o‘zaro ta’sir koeffitsientlari orasidagi bog‘lanish quyidagi ko‘rinishda beriladi:

$$k_x^{din} = (0{,}7 \sim 0{,}8) \cdot k_x^{stat} \,.$$

Ushbu formuladan dinamik masalalarni yechish jarayonida quvuro‘tkazgichlar tizimini hisoblashda foydalaniladi.



5.1-rasm. O‘zaro ta’sir koeffitsienti k_x (a) va dinamiklik koeffitsient η (b) joylashish chuqurligi H ga ko‘ra o‘zgarishlari

5.3. Yer osti quvuro‘tkazgichlari dinamikasining eksperimental tadqiqotlari

O‘zaro ta’sirning dastlabki bosqichi uchun eksperimental tadqiqotlar asosida nisbiy siljishni kritik qiymatgacha oshib borishidagi (ya’ni grunt strukturasi butunlay buzilishigacha) matematik modellar [124, 126] ishlarda ishlab chiqildi. Gruntlardagi dinamik jarayonlar tadqiqotining keyingi bosqichi gruntlarning elastik, plastik va boshqa xususiyatlarini hisobga oluvchi grunt muhitlari deformatsiyalanishining matematik modellarini qurishdan iborat. Elastik-plastik muhit modeli doirasida gruntlar dinamikasining ko‘plab to‘lqinli masalalarini yechish borasida kattagina natijalarga erishildi. Bu modellardan foydalanish natijasida bir qator eksperimentlar jarayonida kuzatilgan faktlar: eng katta kuchlanishni hamda masofa kattalashgan sari portlash to‘lqinlarini tarqalish tezligini kamayishi (shu vaqtning o‘zida ularning ta’sir etish vaqtini ortishi)ni, zarba to‘lqinini uzluksiz siqilish to‘lqiniga aylanib qolishini, to‘lqin o‘tib ketgandan so‘ng qoldiq deformatsiyalarni mavjudligi va boshqalarni anglash imkoni paydo bo‘ldi.

Yer osti quvuro‘tkazgichlarning zilzilabardoshligi nazariy va eksperimental jihatdan o‘rganib chiqildi, va bunda, ilk bor, seysmik to‘lqinning quvuro‘tkazgich o‘qi bo‘ylab tarqalishida quvurning atrofidagi gruntga nisbatan harakatlanishi e’tiborga olindi. Yer osti quvuro‘tkazgichlar zilzilabardoshligi statik nazariyasining mualliflari quvur sirti bilan atrof grunt orasidagi o‘zaro ta’sir kuchini hisobga olmaganlar, bu esa seysmik zo‘riqishlarni (kuchlanishlarni) aniqlashda quvur diametri, devorlarining qalinligi, joylashish chuqurligi, hamda yer osti quvuro‘tkazgich uzunligi bo‘yicha kuchlanishlarning taqsimlanishi kabi xavfli omillar hisobga olinmasligini keltirib chiqaradi. Shuning uchun, quvuro‘tkazgichni atrof gruntga nisbatan sirpanib siljishi hisobga olingan yer osti quvuro‘tkazgichlarni eksperimental–nazariy tadqiqotlar **yer osti quvuro‘tkazgichlar zilzilabardoshligining dinamik nazariyasi** deb nomlandi [119].

Uzun yer osti inshootlariga bo‘ylama va ko‘ndalang kuchlar, hamda eguvchi va buralish momentlari ta’sir etishi mumkin degan taxmin bilan, inshoot va gruntlarning o‘zaro ta’sirini tavsiflovchi parametrlar [125, 126] ishlarda tadqiq qilingan. Mazkur ishlarda yaratilgan qurilma va moslamalarning sxemalari keltirilgan, yer osti quvurlariga statik va dinamik yuklar ta’siri natijasida ularni turli tomonga surilib ketishiga gruntlarning qarshiligini o‘rganishga oid tajribalarni o‘tkazish metodikasi bayon etilgan.

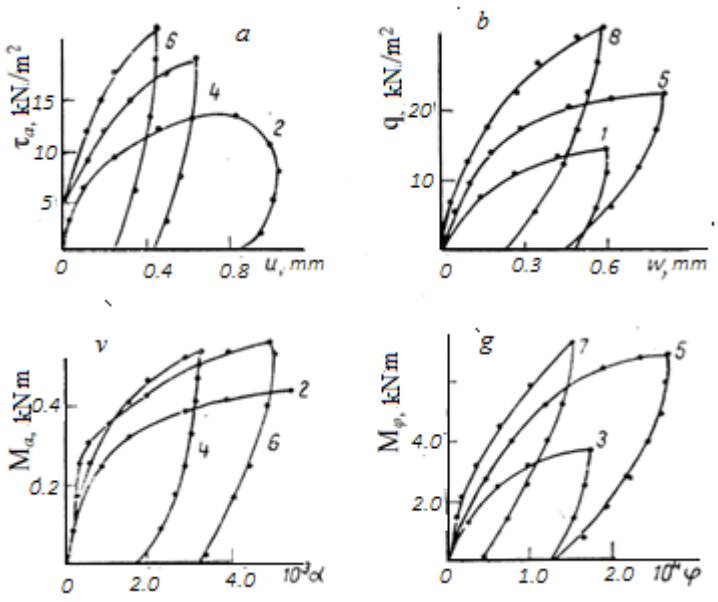
Grunt sharoitlari, inshootlar diametri, joylashish chuqurligi va boshqa omillarga ko‘ra statik yuklarning ta’siri jarayonida o‘zaro ta’sir koeffitsientlari k_x, k, k_φ, k_α, k_x^{uz} larni eksperimental yo‘l bilan aniqlash uchun maxsus qurilmalar va izlanish metodikasi ishlab chiqildi. Tadqiqotlarni olib borishda lyossli grunt, qum va shag‘alning rastrubli po‘lat va cho‘yan quvurlar, asbotsementli quvurlarni, hamda murakkab tugunli quvurlarni siljishiga qarshilik koeffitsientlari o‘rganib chiqildi [120].

Bundan tashqari, namlik, g‘ovaklik va boshqa omillarni o‘zaro ta’sir parametrlariga bo‘lgan munosabatlari ham o‘rganildi. Quvuro‘tkazgichni bo‘ylama va ko‘ndalang ko‘chishida, egilishi va buralishidagi yuklanish va yukni olib

tashlash diagrammalari (5.2-rasm) ko‘rsatadiki, quvurlarni ko‘rib chiqilayotgan gruntlar bilan o‘zaro ta’sirining yuklash-yukdan bo‘shatish egri chiziqlari asos gruntlarini poydevorlar harakatiga bo‘lgan qarshiligini o‘rganishda tuzilgan egri chiziqlarga o‘xshash ekan.

Dastlab, ko‘chish va yuk orasidagi bog‘lanish chiziqli bog‘lanish ko‘rinishida bo‘ladi, keyinchalik esa – egri chiziqli bog‘lanish ko‘rinishida ifodalanadi. Ko‘rib chiqilgan yuklar chegarasida quvuro‘tkazgichni joylashish chuqurligi oshgan sari anchagina kamayib boruvchi egri chiziqli bog‘lanishlar ko‘proq uchraydi. Lyossimon gruntlar uchun bog‘lanishning to‘g‘ri chiziqli qismi qum va shag‘allardagiga nisbatan kichikroq bo‘ladi.

Quvuro‘tkazgich harakatining o‘ziga xos tomonlari ham yuklanish-ko‘chish bog‘lanishining chiziqli qismiga ta’sir ko‘rsatadi. Quvuro‘tkazgichning ko‘ndalang siljishida bu qismi bo‘ylama siljishga nisbatan ancha katta. Egilishda yuklanish-siljish bog‘lanishning egri chiziqlari shunga o‘xshash bo‘ladi, buralishda esa bo‘ylama o‘zaro ta’sir egri chiziqlariga o‘xshaydi [120].



5.2-rasm. Quvurlarni grunt bilan o‘zaro ta’sirini diagrammasi a, v–cho‘yan quvur (D_H=0.169 m, l=2 m); b–po‘lat quvur (D_H=0.144 m, l=4.2 m) qum bilan va g – cho‘yan quvur (D_H=0.169 m, l=2 m) suglinok bilan: 1–N=0.2; 2–0.25; 3–0.3; 4–0.4; 5–0.5; 6–0.6; 7–0.7; 8–0.8 m

Dinamik tajribalardan topilgan o‘zaro ta’sir koeffitsientlarining qiymati statik tajribalarda topilganlardan kichik bo‘lishi aniqlandi. Quyida 0.3 m diametrli quvurlar uchun to‘g‘ri keladigan, har xil gruntlar uchun dinamik va statik tajribalardan topilgan koeffitsientlar k_i^{din} va k_i^{stat} nisbati k_i keltirilgan:

Grunt	k_x	k	k_φ	k_α
Suglinok	0.68	0.75	0.90	0.60
Qum	0.78	0.80	0.95	0.74
Shag‘al	0.5	0.80	0.80	0.65

Izlanishlar natijasida yer osti inshootlarini grunt bilan o‘zaro ta’sirlarining murakkab fizik xususiyatlarini aks ettirishi aniqlandi. Elastik modellar bilan faqat birinchi yaqinlashishda cheklanish mumkin [120].

O‘lchamlar nazariyasidan va tajriba natijalaridan foydalanib, quvurlarning geometrik o‘lchamlari va yotqizish chuqurligi, quvuro‘tkazgichning konstruktiv xossalari, hamda atrofdagi grunt muhitining o‘ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqqan holda yer osti inshootlarining o‘zaro ta’sirini elastik, qovushoq va plastik tavsiflarini aniqlashga imkon beruvchi turli xil formulalar ishlab chiqildi. Ulangan (cho‘yan, keramik, beton, temirbeton, asbestotsement, polimer) quvuro‘tkazgichlar uchun turli xil yuklanish ta’sir etganda choklarning moyillik koeffitsienti aniqlandi [120]. Olingan empirik formulalar hamda choklarning moyillik koeffitsientlarini ularning diametri, sikllar soni, davomiyligi, yuklanish chastotasi va assimetriyasiga ko‘ra aniqlangan bog‘lanishlari choklarning siljishga moyilligini e’tiborga olgan holda yer osti inshootlarini seysmik ta’sirlarga hisoblash uslublarini yaratish uchun asos bo‘lib xizmat qildilar.

“Grunt–poydevor–inshoot” o‘zaro ta’sirida gruntning ekvivalent chiziqli yaqinlashuvi orqali asosiy loyiha g‘oyasi [127] ishda bayon etilgan. Gruntning ekvivalent chiziqli modeli – bu katta deformatsiyalarni va poydevor yaqinidagi gruntda energiya dissipatsiyasini ko‘tarilishini hisobga olish uchun “grunt–poydevor–inshoot” tizimining tahlilidir. “Oddiy grunt–poydevor–inshoot”

tizimining tavsifi (bog‘lanishi) o‘zaro ta’sir effektlarini hamda inshootning seysmik nuqtai nazardan o‘zini tutishiga gruntning nochiziqliligini aniqlash maqsadida gruntni kuchli tebranishlarida o‘rganiladi [128].

Soddalashtirilgan “grunt–poydevor–inshoot” modeli gruntning uch xil harakatiga, hamda mo‘tadildan to katta amplitudagacha bo‘lgan chastotali zilzilalarning ikki xil yozuvi (записям) tasir etadi. “Grunt–poydevor–inshoot” ta’sirlarning birlamchi oqibatlari grunt–poydevor tizimining bikirligi (elastikligi)ni kamayishida va gesterezisli harakatlar va nurlanish yo‘li bilan gruntdagi energiya dissipatsiyasini ortishida ifodalanadi. Gruntning nochiziqliligi grunt–poydevor tizimi bikirligini kamaytiradi va chiziqlilik gruntdagi so‘nishni oshiradi.

Shunday qilib, gruntning nochiziqliligi, chiziqli–elastik yoki qovushoq–elastik holatlaridan farqli o‘laroq, yanada past chastotalarga o‘tish uchun tizimning xususiy chastotasiga olib keladi.

Gruntni nochiziqligi va “grunt–poydevor–inshoot” tizimini o‘zaro ta’siri uni reaksiyasiga ta’sir etganidek, spektral tezlanish hamda ko‘chishlar miqdoriga ham xuddi shundek ta’sir etadi [128-131].

Zilzila vaqtida yer osti inshootlarining haqiqiy ishini belgilovchi asosiy omil “inshoot–grunt” tizimining o‘zaro ta’siri bo‘lganini hisobga olgan holda, shu kabi o‘zaro ta’sirlar xarakterini o‘rganishga doir ko‘p sonli izlanishlar amalga oshirilgan [131-135].

Zilzilabardosh qurilish bo‘yicha 2008y. Pekinda, 2009y.Tokioda, 2012y. Lissabon va 2015y. Stambulda o‘tkazilgan Xalqaro anjumanlar materiallarida asosiy e’tibor tabiiy sharoitda bajarilgan dinamik hamda modellarda bajarilgan eksperimental tadqiqot ishlariga qaratilgan edi [132-137].

Yuqorida aytib o‘tilganidek, barcha tabiiy ofatlardan eng katta talofatlarga zilzilalar sabab bo‘ladi. Dunyo miqyosida ulardan kelib chiqadigan zarar boshqa barcha tabiiy ofatlar keltiradigan jami zarardan ham ortiq: o‘limlar soni bir necha barobar katta bo‘ladi, infrastrukturalarga keng ko‘lamda va kutilmagan darajada ziyon keltiriladi, bularning hammasi juda katta iqtisodiy yo‘qotishlarga olib keladi [128, 138-140].

Hozirgi vaqtda chet elda nafaqat yer osti inshootlar zilzilabardoshligi muammolari, balki ularni hisoblash va loyihalashga doir normativ hujjatlarni yaratish masalalari qo‘yilayotgan ilmiy- tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda (Yaponiya, AQSH, Xitoy, RF va b.) [128]. Buning sababi, bir tomondan, hududlarni tezkor rivojlanishi, hayotni ta’minlash tizimlari tarmoqlarini kengaytirilishi, ikkinchi tomondan, yer osti tarmoqlarida katta talofotlarni keltirib chiqargan kuchli zilzilalarning soni ancha ko‘p bo‘lganligidadir.

Qayd etilganidek, seysmodinamik nazariyani ishlab chiqilishi boshlangandan beri yer osti quvuro‘tkazgichlarning seysmik yuklanishlarda kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini o‘rganishga oid ko‘plab tadqiqot ishlari bajarildi. Avvalambor, ham nazariy, ham eksperimental tadqiqotlar natijalaridan foydalanish, hamda zilzilalar oqibatini o‘rganish zarurligi asoslab berildi, “quvur–grunt” tizimidagi o‘zaro ta’sirning matematik modellari aniqlandi.

O‘rganilayotgan grunt sharoitlariga mos amaliy ehtiyojlarga to‘g‘ri keladigan yaxshi natijalarni beruvchi yer osti hayotni ta’minlash tizimlarini hisoblashda ushbu modellarning turli xillaridan foydalanildi. Yer osti inshootlarining murakkab tizimlari seysmodinamikasi har tomonlama tadqiqot qilindi, masalalarni soddalashtirishga tegishli bo‘lgan turli jihatlari batafsil ishlab chiqildi, murakkab tugunlar atrofidagi tizimlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati o‘rganildi. Barcha tadqiqot ishlarida integralli va differensial hisoblash masalalarini yechishga doir ma’lum usullaridan: Fure usuli, Laplasning integral almashtirishlari (преобразование) va boshqa turli xil taqribiy usullardan foydalanildi. Yechilgan masalalar natijalari me’yoriy hujjatlarga kiritilgan hamda turli xil shakldagi yer osti inshootlarini loyihalash va qurilishida foydalanishga doir bir qator tavsiyalar berilgan [119, 128, 141].

Keyingi vaqtda, yer osti quvuro‘tkazgichlari seysmodinamikasi bo‘yicha murakkab masalalar yuzaga kelmoqda va hisoblash ishlarida kompyuterlardan foydalana boshlandi, haqiqiy grunt sharoitlari, tashqi seysmik ta’sirlar xarakteri, tadqiqot qilinayotgan ob’ektlarning murakkab konstruktiv xususiyatlari va boshqalar hisobga olinmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi mustaqillikka erishgani yer osti quvuro‘tkazgichlari uchun zamonaviy kompyuterlar imkoniyatlaridan foydalangan holda algoritmlar va dasturiy vositalarini ishlab chiqish kerakligini ko‘rsatdi. Shu sababdan murakkab grunt sharoitlarini hisobga olgan, hamda eng zamonaviy tadqiqot uslublari va hisoblash vositalaridan foydalangan holda yer osti quvuro‘tkazgichlar seysmodinamikasi masalalarini yechishda yagona yondashuv yo‘llarini ishlab chiqish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Mavjud materiallarni o‘rganish va umumlashtirish asosida taqribiy sonli usullardan, xususan, yer osti quvuro‘tkazgichlar seysmodinamikasi masalalarini yechishda chekli ayirmalar usulidan [128] keng ko‘lamda foydalanilgan. Barcha avvalari yechilgan masalalar ko‘rib chiqilgan, solishtirma baholash ishlari amalga oshirilgan va shu bilan qo‘llangan usullarning hamda qo‘lga kiritilgan natijalarning ishonchliligi isbotlangan. Bularning hammasi keyinchalik yer osti hayotni ta’minlash tizimlarini loyihalash-qurish ishlarini avtomatlashtirishga doir normativ hujjatlarga hisoblash dasturiy vositalar sifatida tavsiya etish uchun asos bo‘la oladi.

5.4. Grunt bilan elastik o‘zaro ta’sirdagi to‘g‘ri chiziqli yer osti quvurlarini bo‘ylama tebranishi seysmodinamikasi masalalarini chekli–ayirmalar usulida hisoblash

Yer osti inshootlarini loyihalash va qurishdagi muammolardan biri inshootlarning uni o‘rab turgan grunt massivi bilan bo‘lgan o‘zaro ta’siridir. Quyida keltirilgan bo’limda yer osti quvurlarini zilzila vaqtida uni o‘rab turgan grunt massiviga nisbatan siljishini ya’ni o‘zaro ta’sirini sonli usullar yordamida ko‘rib o‘tiladi.

Ma’lumki, yer osti inshootlarining seysmik mustahkamligining dinamik nazariyasi deb ataluvchi nazariyani A.A. Ilyushin, M.T. O‘rozboev va T.R. Rashidovlar tomonidan ishlab chiqilgan. Bu sohaga jahon miqyosida yanada ahamiyat oshib, e’tibor kuchaymoqda. Lekin, shuni qayd etish kerakki, yer osti inshootlari seysmodinamikasi nazariyasi O‘zbekistonda yaratilgan va xalqaro

miqyosda tan olingan. Muammo birinchi bor O‘z RFA akademigi M.T. O‘rozboev tomonidan ilk bor qo‘yilgan, Rossiya Fanlar Akademiyasi muxbir a’zosi A.A. Ilyushin yordamida akademik T.R. Rashidov tomonidan hal qilingan, takomillashtirilgan va hayotga qo‘llanilgan.

Muhandislik inshootlari – to‘g‘onlar, yer osti quvurlari, ko‘priklarning seysmik yuklar ta’siriga dinamik hisob qilingan adabiyotlar vaqt o‘tishi bilan ko‘payib bormoqda. BMT ning hisobiga ko‘ra qurilishga sarf qilinayotgan xarajatlarni taxminan 1/3 qismi yer osti inshootlariga to‘g‘ri kelishi hisobga olinsa, masala naqadar dolzarb va zamonaviyligi yaqqol ko‘zga tashlanadi.

Yer osti inshootlarining dinamik nazariyasining bo‘ylama kuch ta’siridagi asosiy tenglamasi quyidagicha olingan [47]

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a_T^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - b^2 (u - u_0) \tag{5.21}$$

bu yerda $a_T^2 = \frac{EF}{m}$; $b^2 = \frac{\pi D_H k_x}{m}$; $m = \rho F$; ρ - quvur material zichligi; $u_0(x,t)$ - zilzila ta’sirida gruntning ko‘chishi; $u(x,t)$ - absolyut ko‘chish. Yuqoridagi (5.21) tenglamaga quyidagi chegaraviy shartlarni berishimiz mumkin

$$\left.\begin{aligned} u(0,t) &= 0 \\ u(l,t) &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{5.22}$$

$$\left.\begin{aligned} u(0,t) &= 0 \\ EF \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l} &= 0\Big|_{x=l} \end{aligned}\right\} \tag{5.23}$$

$$\left.\begin{aligned} EF \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=0} &= k_N u\Big|_{x=0} \\ EF \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l} &= -k_N u\Big|_{x=l} \end{aligned}\right\} \tag{5.24}$$

$$\left.\begin{aligned} EF \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=0} &= k_N u\Big|_{x=0} \\ EF \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l} &= 0\Big|_{x=l} \end{aligned}\right\} \tag{5.25}$$

$$\left.\begin{aligned} u(0,t) &= 0 \\ EF \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l} &= -k_N u\Big|_{x=l} \end{aligned}\right\} \tag{5.26}$$

bu yerda k_N – quvurlarni birikish joylari moyillik koeffitsienti [120].

Boshlang‘ich shartlarni quyidagicha qabul qilingan.

$$u(x,0) = \dot{u}(x,0) = 0 \tag{5.27}$$

Boshlang‘ich shartni bunday tanlash yer osti quvuri zilzila ta’sirida tinch holatdan tebranish holatiga o‘tishini ko‘rsatadi.

Yer osti quvurlariga ta’sir etuvchi seysmik kuchning analitik ko‘rinishlari va ularni masalaga qo‘llanilishi. Gruntning harakatini quyidagi qonunlarda qabul qilish mumkin. $u_0(t) = A\sin\omega t$, $u_0(x,t) = Ae^{-\varepsilon\left(t-\frac{x}{C_p}\right)}\sin\omega\left(t-\frac{x}{C_p}\right)$ va impuls shakli $u_0 = \frac{1}{i^4}\left[\tau(2i-\tau)\right]^2$, $i = \frac{\tau_0}{2}$, $\tau = \frac{C_p t}{l}$ ko‘rinishida olinadi. Bundan tashqari akselogramma ko‘rinishida ham bo‘lishi mumkin. Bu yerda A- gruntning tebranish amplitudasi, ε- so‘nish koeffitsient, ω- tebranish chastotasi, C_p- zilzila vaqtida gruntdagi bo‘ylama to‘lqin tarqalish tezligi.

5.4.1. Yer osti quvurlarini seysmik kuch ta’sirida bo‘ylama tebranishi masalalarini hisoblash algoritmi

Yer osti quvurni bo‘ylama tebranishi tenglamasi (5.21) ni chekli – ayirmalar usulida hisoblash algoritmini quramiz. (5.28) tenglamani sonli-taqribiy usulda yechish uchun o‘lchovsiz paramertlarni kiritamiz. Ularni quyidagicha belgilaymiz $x = \bar{x}\cdot l, \bar{u} = \bar{u}\cdot D_H$, $t = \bar{t}\cdot t_0$ u holda (5.28) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi

$$\frac{D_H}{t_0^2}\frac{\partial^2\bar{u}}{\partial\bar{t}^2} = a_T^2\frac{D_H}{l^2}\frac{\partial^2\bar{u}}{\partial\bar{x}^2} - b^2 D_H(\bar{u}-\bar{u}_0) \tag{5.28}$$

Hosil bo‘lgan (5.28) tenglamani $\frac{l^2}{a_T^2 D_H}$ ga ko‘paytirib $\frac{l^2}{t_0^2 a_T^2} = 1$ deb olib $t_0 = \frac{l}{a_T}$

ekanini topamiz. U holda (5.28) tenglamamiz quyidagi o‘lchovsiz ko‘rinishga keladi

$$\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{t}^2} - \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} + b_1 \bar{u} = b_1 \bar{u}_0 \tag{5.29}$$

bu yerda $\frac{b^2 l^2}{a_T^2} = b_1$ ga teng.

Chegaraviy va boshlang‘ich shartlarni ham o‘lchamsiz holga o‘tkazamiz. O‘lchovsiz parametrlarga mos holda quyidagilar hosil bo‘ladi.

$$\left.\begin{aligned} D_H \bar{u}(0,t) &= 0 \\ D_H \bar{u}(l,t) &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{5.30}$$

$$\left.\begin{aligned} D_H \bar{u}(0,t) &= 0 \\ EF \frac{D_H}{l} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}}\bigg|_{x=1} &= 0\Big|_{x=1} \end{aligned}\right\} \tag{5.31}$$

$$\left.\begin{aligned} EF \frac{D_H}{l} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}}\bigg|_{x=0} &= k_N D_H \bar{u}\Big|_{x=0} \\ EF \frac{D_H}{l} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}}\bigg|_{x=1} &= -k_N D_H \bar{u}\Big|_{x=1} \end{aligned}\right\} \tag{5.32}$$

$$\left.\begin{aligned} EF \frac{D_H}{l} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}}\bigg|_{x=0} &= k_N D_H \bar{u}\Big|_{x=0} \\ EF \frac{D_H}{l} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}}\bigg|_{x=1} &= 0\Big|_{x=1} \end{aligned}\right\} \tag{5.33}$$

$$\left.\begin{aligned} D_H \bar{u}(0,t) &= 0 \\ EF \frac{D_H}{l} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}}\bigg|_{x=1} &= -k_N D_H \bar{u}\Big|_{x=1} \end{aligned}\right\} \tag{5.34}$$

$$D_H \bar{u}(x,0) = \frac{D_H}{t_0} \dot{\bar{u}}(x,0) = 0 \tag{5.35}$$

Yer osti quvurini zilzila ta’siridagi bo‘ylama tebranish holatini ko‘rsatuvchi o‘lchovsiz (5.29) tenglamani yechishni quyidagicha tashkil etamiz. Buning uchun chegaraviy masala (5.30), (5.31)-(5.34) larni yechishda keng qo‘llaniladigan chekli-ayirmalar usulini qo‘llaymiz. O‘lchovsiz (5.29) tenglamani ikkinchi tartibli aniqlikdagi markaziy chekli-ayirmalar bilan quyidagicha approksimatsiyalaymiz [128]

$$\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{t}^2} \approx \frac{\bar{u}_i^{\,j+1} - 2\bar{u}_i^{\,j} + \bar{u}_i^{\,j-1}}{\tau^2}, \tag{5.36}$$

$$\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{x}^2} \approx \frac{\bar{u}_{i+1}^{\,j} - 2\bar{u}_i^{\,j} + \bar{u}_{i-1}^{\,j}}{h^2} \tag{5.37}$$

Hosil qilingan (5.36), (5.37) ifodalarni (5.29) tenglamaga qo‘yib algebraik tenglamani hosil qilamiz. Hosil qilingan algebraik tenglamani yechimini oshkor ko‘rinishda quyidagicha qidiramiz

$$\bar{u}_i^{j+1} = \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{i-1}^{j} + \left(2 - 2\frac{\tau^2}{h^2} - \tau^2 b_1\right)\bar{u}_i^{j} + \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{i+1}^{j} - \bar{u}_i^{j-1} + \tau^2 b_1 \bar{u}_0 . \qquad (5.38)$$

Bu yerda vaqt bo‘yicha olingan qadam τ Kurant shartini bajarishi shart. U quyidagi tengsizlikni bajarishi kerak $\tau \le \frac{h}{4}$.

Izlanuvchi funksiya (5.35) ni $j = 0$ dagi ko‘rinishini yozamiz

$$\bar{u}_i^{1} = \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{i-1}^{0} + \left(2 - 2\frac{\tau^2}{h^2} - \tau^2 b_1\right)\bar{u}_i^{0} + \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{i+1}^{0} - \bar{u}_i^{-1} + \tau^2 b_1 \bar{u}_0 . \qquad (5.39)$$

Yuqoridagi ifodadagi u_i^{-1} dan qutilish uchun (5.27) boshlang‘ich shartlardan foydalanamiz. Boshlang‘ich shartni markaziy chekli-ayirmalar bilan approksimatsiya qilamiz

$$u_i^0 = 0;\ \dot{\bar{u}}_i^0 = 0;\ \dot{\bar{u}}_i^0 = \frac{1}{2\tau}\left(u_i^{j+1} - u_i^{j-1}\right). \qquad (5.40)$$

U holda $j = 0$ dan foydalanib (5.40) ni quyidagi ko‘rinishga o‘tkazamiz

$$\frac{1}{2\tau}\left(\bar{u}_i^{1} - \bar{u}_i^{-1}\right) = 0;\ \bar{u}_i^{1} = \bar{u}_i^{-1}. \qquad (5.41)$$

Hosil qilingan $\bar{u}_i^{-1}$ ning ifodasini izlanayotgan yechim (5.39) ga olib borib qo‘ysak quyidagi ko‘rinish hosil bo‘ladi

$$\bar{u}_i^1 = \frac{\tau^2 b_1 \bar{u}_0}{2}\,,\ \ i = \overline{1,\ N-1,1}. \tag{5.42}$$

Yechimni qidiruvchi (5.38) ni $j=1$ da boshlang‘ich shart (5.40) dagi $\bar{u}_i^0 = 0$ ekanidan foydalanib hisoblaymiz

$$\bar{u}_i^2 = \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{i-1}^1 + \left(2 - 2\frac{\tau^2}{h^2} - \tau^2 b_1\right)\bar{u}_i^1 + \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{i+1}^1 + \tau^2 b_1 \bar{u}_0\,. \tag{5.43}$$

Biz chegaraviy masalani ikki tomoni mahkamlangan yer osti quvuri misolida ko‘ramiz. Chegaraviy shartlarni (5.30) ko‘rinishda olamiz

$$\bar{u}_0^j = 0;\ \bar{u}_N^j = 0\,. \tag{5.44}$$

$j=1$ ekanidan foydalanib (5.44) ni qaytadan yozamiz

$$\bar{u}_0^1 = 0;\ \bar{u}_N^1 = 0\,. \tag{5.45}$$

$i=1$ da (5.38) ni (5.45) chegaraviy shartdan foydalanib ko‘rinishini quyidagicha yozamiz

$$\bar{u}_1^2 = \left(2 - 2\frac{\tau^2}{h^2} - \tau^2 b_1\right)\bar{u}_1^1 + \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_2^1 + \tau^2 b_1 \bar{u}_0\,. \tag{5.46}$$

(5.46) hisoblangandan so‘ng (5.43) tenglamani $2 \le i \le N-2$ da hisoblash mumkin bo‘ladi. $i = N-1$ da (5.43) ni (5.45) chegaraviy shartdan foydalanib quyidagi ko‘rinishga keltiramiz

$$\bar{u}_{N-1}^{2} = \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{N-2}^{1} + \left(2 - 2\frac{\tau^2}{h^2} - \tau^2 b_1\right)\bar{u}_{N-1}^{1} + \tau^2 b_1 \bar{u}_0 . \qquad (5.47)$$

$i = 1, j = j$ da chegaraviy shart (5.45) ni (5.38) ga qo‘yib quyidagini hosil qilamiz

$$\bar{u}_1^{j+1} = \left(2 - 2\frac{\tau^2}{h^2} - \tau^2 b_1\right)\bar{u}_1^{j} + \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_2^{j} - \bar{u}_1^{j-1} + \tau^2 b_1 \bar{u}_0 . \qquad (5.48)$$

$i \geq 2, j = j$ da (5.38) tenglama hisoblanadi. $i \leq N-1$ shartda esa

$$\bar{u}_{N-1}^{j+1} = \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{N-2}^{j} + \left(2 - 2\frac{\tau^2}{h^2} - \tau^2 b_1\right)\bar{u}_{N-1}^{j} + \frac{\tau^2}{h^2}\bar{u}_{N-1}^{j} - \bar{u}_{N-1}^{j-1} + \tau^2 b_1 \bar{u}_0 \qquad (5.49)$$

hisoblanadi. i va j ning boshqa qiymatlari (5.38) tenglama orqali hisoblab boriladi va $\bar{u}_i^j$ ning barcha qiymatlari topiladi.

Ko‘chishning barcha qiymatlari topilgach kuchlanishning qiymatlarini topish amalga oshiriladi. Ishni quyidagicha olib boramiz. Quvurning kuchlanganlik holatini

$$\sigma = E\varepsilon \qquad (5.50)$$

ko‘rinishida hisoblaymiz. Kuchlanish ifodasi (5.50) dagi ko‘chish va uzunliklarning ko‘rinishini o‘lchamsiz holga o‘tkazamiz.

$$\sigma = E\frac{D}{l}\frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}} \qquad (5.51)$$

(5.51) dagi $\frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}}$ ni markaziy chekli-ayirmalar orqali aproksimatsiya qilganimizdan so‘ng ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$\sigma_i^j = E\frac{D}{l}\frac{1}{2h}\left(\bar{u}_{i+1}^j - \bar{u}_{i-1}^j\right) \tag{5.52}$$

Quvurning chegaralarida oldingi qadam bilan $i=0$ da va $i=N$ da esa orqadagi qadam bilan (5.52) ni ikkinchi tartibli aniqlikda aproksimatsiya qilamiz

$$\sigma_0^j = E\frac{D}{l}\frac{1}{2h}(-3\bar{u}_0^j + 4\bar{u}_1^j - \bar{u}_2^j)\,. \tag{5.53}$$

$$\sigma_N^j = E\frac{D}{l}\frac{1}{2h}(3\bar{u}_N^j - 4\bar{u}_{N-1}^j + \bar{u}_{N-2}^j)\,. \tag{5.54}$$

$1 \le i \le N-1$ da (5.52) ni o‘zi hisoblab boriladi.

Chegaraviy shartlar o‘zgargan holda algoritmdagi chegaralar qaytadan hisoblanib almashtiriladi [128].

5.4.2. Grunt bilan o‘zaro ta’sirdagi yer osti quvuro‘tkazgichlarning bo‘ylama tebranishi va solishtirma baholanishi

Aniq analitik hamda chekli-ayirmalar yechimlarini solishtirma baholash uchun yer osti quvuro‘tkazgichning seysmik ta’sirdagi bo‘ylama tebranishlarini ko‘rib chiqamiz.

Chegaralari qotirib mahkamlangan quvuro‘tkazgich uchun (5.21) differensial tenglama [120, 125] ishlarda, $u_0(t) = a_0 \sin \omega t$ bo‘lganda, Fure usulida yechiladi. Quvuro‘tkazgich kesimidagi kuchlanishlar qiymati quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$\sigma(x,t) = \frac{4a_0\omega^2 E}{l} \cdot \sum_{n=1,3,5,\ldots}^{\infty} \frac{\left(\sin\omega t - \dfrac{\omega}{\omega_n}\sin\omega_n t\right)}{\omega_n^2 - \omega^2}\cos\frac{\pi n}{l}x\,. \tag{5.55}$$

ω qiymati ω_n yaqinlashganda va n=1 deb hisoblasak, (5.55) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\sigma(x,t)=\frac{2k_c gE}{\omega^2 l}\cdot(\sin\omega t-\omega t\cos\omega t)\cos\frac{\pi}{l}x. \qquad (5.55a)$$

$\sigma(x,t)$ kuchlanishlarning dastlabki maksimal qiymatiga t=π/2ω da erishiladi, va x=0, x=l da quyidagicha bo‘ladi:

$$\sigma=\pm\frac{k_c gTE}{2\pi\overline{\eta}C_p}\cdot\cos\frac{\pi}{l}x, \qquad (5.56)$$

bunda k_c – seysmiklik koeffitsienti; g – erkin tushish tezlanishi; E – elastiklik moduli; l – quvur uzunligi; $\overline{\eta}=\frac{l}{L}$ (L –gruntda seysmik to‘lqinning uzunligi). Natijalar 5.2-jadval va 5.3-rasm ko‘rinishida rasmiylashtirilgan.

To‘g‘ri chiziqli yer osti va yer usti (ko‘tarmalardagi) quvuro‘tkazgichlarda uning bo‘ylama o‘qi bo‘yicha yo‘nalgan seysmik kuchlar ta’sirida hosil bo‘ladigan kuchlanishlar QMQ 2.01.03-96 da quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi [12]:

$$\sigma=\frac{g}{2\pi}\overline{A}K_{\text{н}}K_0 ETC_p^{-1}n_{\text{д}}\cos\frac{\pi}{l}x, \qquad (5.57)$$

(x=0, va x=l da kuchlanish chegaraviy qiymatiga ega bo‘ladi),

Bunda K_0–quvuro‘tkazgichni ahamiyatliligini e’tiborga oluvchi koeffitsient;

$K_{\text{п}}$ – zilzilalarning takrorlanuvchanlik koeffitsienti;

E – quvur materialining elastiklik parametri (Yung moduli), MPa;

C_p– grunt massivida bo‘ylama seysmik to‘lqinning tarqalish tezligi, m/s;

$n_{\text{д}}$ – hisoblash yo‘li bilan aniqlanuvchi dinamiklik koeffitsienti;

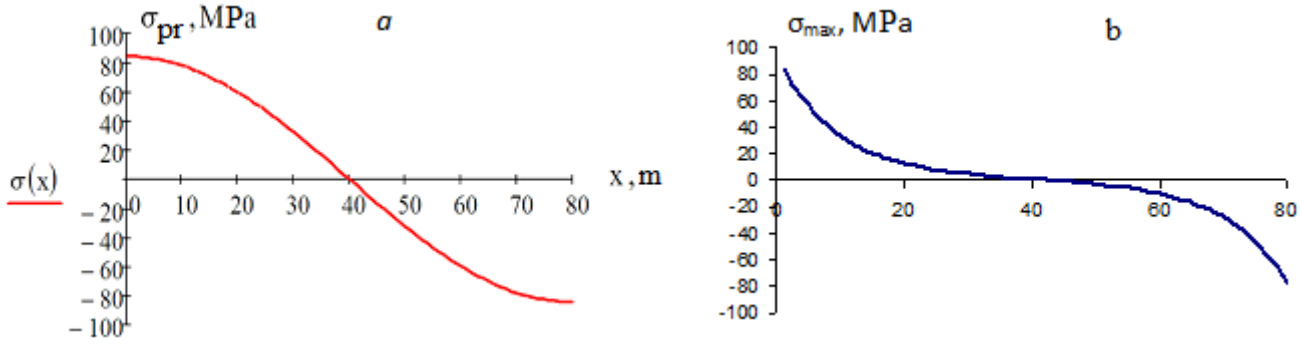
$\overline{A}$ – 7, 8, 9 ballarda qiymatlari mos holda 0.1; 0.2 va 0.4 teng qilib olinadigan

koeffitsient;

T – grunt tebranishlari davri, g=9.81 m/s^2.

Yer osti quvuri va uning atrofidagi gruntning mexanik va geometrik parametrlar quyidagi ko‘rinishda tanlab olingan [120]: $E = 2 \cdot 10^5$ MPa; $\rho = 7.8 \cdot 10^3$ kg/m^3; $D_H = 0.5$ m; $D_B = 0.492$ m; $F = \frac{\pi\left(D_H^2 - D_B^2\right)}{4}$ m^2; $l = 80$ m; $k_x = 1.72 \cdot 10^4$ kN/m^3; $u_0(t) = a_0 \sin \omega t$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$; $T = 0.3$ s; $C_p = 500$ m/s. QMQ-2.01.03-96 binoan koeffitsientlar quyidagiga teng K_0=1.5; K_H=1.25; $n_д$=1.2. Gruntning siljish amplitudasi (a_0) [120] bo‘yicha aniqlanadi.

Yer osti quvuro‘tkazgichdagi normal kuchlanishlarning eng katta qiymatlari (5.56), (5.57) va (5.51) formulalar bo‘yicha hisoblanadi. Hisoblash natijalari 5.2-jadvalda va 5.3-rasmda keltirilgan.



5.3-rasm. Yer osti quvuro‘tkazgichdagi maksimal kuchlanishlarni taqqoslash: a – (5.57) formulasi bo‘yicha aniqlangan; b – chekli-ayirmalar usulida topilgan

7- va 8- balli zilzilalarda chekli-ayirmalar usuli (CHAU) bo‘yicha olingan natijalar (5.56) va (5.57) formulalar bo‘yicha topilgan qiymatlarning o‘rtachasiga yaqin bo‘ladi. Hisoblash natijalarini tahliliga ko‘ra 5.2-jadval va grafiklardagi ma’lumotlarga asosan, CHAU yanada barqaror natijalarga olib keladi.

Bo‘ylama to‘lqinlarni tarqalish tenglamasi (5.21) ni oshkor sxema bo‘yicha aniqligi ikkinchi tartibli chekli-ayirmalar usulida hisoblaymiz. Hisoblash natijalari quvuro‘tkazgichning ikkala chegarasi uchun maksimal kuchlanishlarni x parametri bo‘yicha o‘zgarish grafiklari ko‘rinishida berilgan. Grafiklardan ko‘rinadiki (5.3-

rasm, *a* va *b*), qiymatlari va shakli bo‘yicha maksimal qiymatlar bir biriga mos tushadi.

5.2-jadval

Yer osti quvuro‘tkazgichlarda kuchlanishlarni hisoblash, MPa

Balligi	$\overline{A}$	(2.24) formula bo‘yicha hisoblash	QMQ 2.01.03-96 ni (2.25) formula bo‘yicha hisoblash	Chekli-ayirmalar usulida hisoblash
7 ball	0.1	35.129	42.155	40.892
8 ball	0.2	70	84.311	83.64336

5.5. Toshkent metropoliteni liniyasi bekatlari va bekatlararo tonnellar konstruksiyalarini takomillashtirishning asosiy perspektiv yo‘nalishlari

Mamlakatimiz fuqarolariga qulay va sifatli transport xizmatlarini ko‘rsatish, transport-kommunikatsiya tizimlarining barqaror ishlashini ta’minlash davlatimiz taraqqiyotida muhim ahamiyatga egadir.

Harakatlar strategiyasining to‘rtinchi yo‘nalishi “Ijtimoiy sohani rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlari”da aholining hayot sharoitlarini yaxshilanishini ta’minlovchi yo‘l-transport, muhandislik-kommunikatsiya va ijtimoiy infratuzilmani rivojlantirish hamda modernizatsiya qilish asosiy strategik maqsadlardan biri sifatida qayd etilgan. Shu maqsadda, 2017 yilning 10 oktyabrida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-3309 sonli “Avtomobil yo‘llari ko‘priklarini, yo‘l o‘tkazgichlar va boshqa sun’iy inshootlarni qurish hamda foydalanishni tashkil etish tizimini takomillashtirish to‘g‘risida” gi Qarori [1] qabul qilindi.

Shahar yo‘lovchi transportining rivojlanish tarixi

Shahar yo‘lovchi transportlariga bo‘lgan ehtiyoj ommaviy tarzda XVIII asrda shaharlar anchayin kengayganda vujudga kelgan, uning keyingi rivojlanishi transport vositalari katta miqyosda mavjud bo‘lmaganligi uchun sekin kechgan.

Shahar yo‘lovchi transportining zamonaviy rivojlanish bosqichlari uchun quyidagi xususiyatlar xosdir:

- Transport vositalarining turli ko‘rinishlaridan kompleks tarzda foydalanish (tashuvlarning 60% ini avtomobil transportida amalga oshirgan holda);
- Tezyurar transport vositalarining rivojlanishi;
- Jamoat va shaxsiy transport vositalari o‘rtasida avj olayotgan “muammoli vaziyatlar va nizolar”;
- Yirik shaharlar va uzoq aholi punktlari o‘rtasidagi transport aloqalarining kuchayishi hamda shahar aglomeratsiyalarining rivojlanishi.

Toshkent shahrida yo‘lovchi transport vositalarining rivojlanish tarixi

Toshkent transport tizimi – milliy va davlatlararo kommunikatsiya tarmoqlarining yirik qismlaridan biridir.

Hozirgi kunda Toshkent shahridagi yo‘lovchi transport vositalari avtobus, yo‘nalishli taksi, taksi va metropoliten ko‘rinishida xizmat ko‘rsatadi.

Toshkent metropoliteni – tashilayotgan yo‘lovchilar soni bo‘yicha Markaziy Osiyoda birinchi o‘rinni egallaydi, 2016 yildan beri “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ tasarrufida. Toshkent metropoliteni 1968–1970 yillarda qurila boshlangan. Birinchi bo‘lib 9 bekatdan iborat 12,2 km uzunlikdagi Chilonzor liniyasi 1977 yilda foydalanishga topshirilgan.

Toshkent metropoliteni chuqur bo‘lmagan sathda joylashgan (chuqurligi 3-5m) bo‘lib bekatlararo tonnellarining ko‘p qismi yopiq usulda (qalqonli burg‘ulash orqali) qurilgan. Metropoliten konstruksiyalari hududning yuqori seysmikligini hisobga olgan holda MSK-64 shkalasi bo‘yicha 9 balli zilzilaga bardosh beradigan qilib hisoblangan.

Hozirgi kunda 29 stansiyadan iborat 72,4 km uzunlikdagi 3 ta liniya faoliyat ko‘rsatmoqda.

Toshkent metropoliteni liniyasini loyihalash va qurishning o‘ziga xos xususiyatlari, injener-geologik sharoitlarining tavsiflari

Toshkent sh. hududi faol seysmik hududlar qatoriga kiradi va quyidagi geologik va injener-geologik jarayonlar va hodisalar bilan tavsiflanadi [54]:

– ***nurash*** – salbiy ta’sir etuvchi havo haroratini sutkalik va fasliy keskin o‘zgarishlari, tog‘ jinslarini goh qurishi, goh namlanishi natijasida Toshkent sh. hududida keng tarqalgan lyossli gruntlarning fizik jihatdan buzilishi;

– ***yemirilish jarayonlari*** – yirik kollektorlar va tonnellarning magistral liniyalari kesib o‘tadigan kanallarda cho‘kindilar va jarliklarni keltirib chiqaruvchi va bu inshootlarni loyihalash va qurishda ma’lum qiyinchiliklarga olib keluvchi jarayonlar;

– ***grunt suvlarini tashqariga chiqishi va botqoqlanishlar***. Chuqur joylashgan yemirilish o‘ymalarida yer osti suvlari vodiylarda yer yuziga asta-sekin to‘xtab qoluvchi buloqlar bo‘lib chiqadi, shaharning ayrim tumanlarida grunt suvlari yer yuziga yaqin joylashib, botqoqliklarni hosil qiladi. Aniqki, bunday hududlarda yer osti inshootlarini qurishda kuchli izolyasiyalash ishlarini va zilzilabardoshlikni ta’minlash maqsadida maxsus choralar amalga oshirilishini talab etadi;

– ***namlanishi natijasida lyossli gruntlarning qo‘shimcha cho‘kishlari*** – bu hodisalar ko‘pincha avvallari sug‘orilmagan, baland–past tepalik joylarda kuzatiladi (lyossli jinslari bo‘lgan asoslari namlanishi natijasida bino va inshootlarni deformatsiyalanish holatlari ko‘plab kuzatilgan).

Gruntlarining xususiyatlari va xarakteri bo‘yicha shahar hududi qurilishga yaroqliligiga ko‘ra bir–biridan farqlanuvchi **uchta kategoriyaga** ajratiladi:

1)rel’efi tekis, asos tog‘ jinslari yuqori mustahkamlikka ega, grunt suvlari chuqur joylashgan, inshootlarga salbiy ta’sir etuvchi aktiv geologik va muhandis-geologik jarayon va hodisalarning bo‘lmasligi. Bunda hududni qurilishga tayyorlash uchun alohida muhandislik choralar talab etilmaydi, ammo qurish jarayonida notekis cho‘kishlarni oldini olish uchun yer yuzidagi suvlarni chiqarib tashlanishini yo‘lga qo‘yish borasida talablarni amalga oshirish lozim. Gruntlarning namlanishi ham inshoot zilzilabardoshligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi;

2) gruntlarni cho‘kuvchanligi, grunt suvlari sayoz joylashgan va past qurilish uchun zarur xususiyatlarga ega va h.k., qurilish uchun qisman yaroqli uchastkalar. Bunday hududlarda qurilish ishlarini boshlashdan avval grunt suvlari sathini

pasaytirish, gruntni quritish va zichlash, hamda boshqa maxsus muhandislik choralarni amalga oshirish darkor;

3) qurilish uchun yaroqsiz uchastkalar: gruntlarning qurilish xususiyatlariga salbiy ta’sir ko‘rsatuvchi faol muhandis-geologik hodisalarga boy qadimiy irrigatsiya kanallari vodiylari, tuproq bilan to‘ldirilgan kar’erlar, jarliklar, noturg‘un tikka yonbag‘irlar. Bunday uchastkalarda qurish ishlarini amalga oshirish uchun hududni suv bosishidan saqlash uchun muhandislik choralarni, vertikal drenajlar qurilishini, maxsus zilzilabardoshlik ishlarini amalga oshirish zarur.

Toshkent metropolitenining ekspluatatsiya qilinayotgan, qurilayotgan va kelajakda quriladigan liniyalarida geologik va geomorfologik sharoitlar, massivning geologik-litologik tuzilishi, gruntlarning fizik-mexanik xususiyatlari va yer osti suvlarining kimyoviy xususiyatlari o‘rganib borilmoqda.

Metropoliten liniyalari trassalari geomorfologik jihatdan Chirchiq daryosining o‘ng qirg‘og‘idagi tekisliklarda joylashadi, bu yerning shahar kengligidagi ko‘ndalang kesimida beshta errozion-akkumulyativ turdagi terrasalar joylashgan. Trassalar bo‘ylab rel’ef to‘lqinsimon bo‘lib, dengiz sathidan balandligi – otmetkasi 430 dan 468 m ga qadar o‘zgaradi va shimoliy-sharq tomon ortib boradi. Butun uzunasi bo‘ylab trassani yer yuzasidagi ochiq suv oqimlari kesib o‘tadi, ularning eng kattalari – suvning maksimal loyihaviy sarflari 55 m^3/s teng Oq tepa kanali, Anxor daryosi - 69 m^3/s hamda Salar daryosi - 38,6 m^3/s. Bundan tashqari, yer yuzasi ko‘plab irrigatsiya va muhadislik kommunikatsiyalari tarmoqlari bilan qoplangan.

Geologik jihatdan ushbu uchastkadagi uchlamchi davr qatlamlarining yuvib ketilgan yuzasida qalinligi 100m teng lyossli gruntlar qatlamlari va ular ostidagi toshqotishma va toshli lyossli gruntlardan tashkil topgan to‘rtlamchi davr tog‘ jinslari qatlamlari keng tarqalgan.

Yer yuzasida qalinligi 3-6 dan 10-12 m gacha bo‘lgan gruntli ko‘tarmalar ko‘p uchraydi. Quyiroqda kesimda qalinligi metropoliten trassalari bo‘ylab 3-6 dan 40-73 m gacha lyossli qatlam yotadi. Shunda lyossli gruntlarining juda katta

qatlamlari trassaning shimoliy-g‘arbida uchraydi, shimoliy-sharqida esa kam miqdorda. Shimoliy-sharqiy uchastkada bevosita lyossli gruntlarning tagida yotgan qatlam qalinligi 38-43m teng bo‘lgan toshqotishmalar joylashadi. Shuni qayd etish joizki, toshqotishmalar shaharning metropoliten ikkinchi liniyasi o‘tgan janubiy-sharqiy qismida yer yuzasiga eng yaqin joylashgan. Toshli lyossli gruntlar chuqur razvedka ishlari amalga oshirilib yoki bevosita lyossli gruntlar asosida (trassaning janubiy-g‘arbiy va markaziy qismlari), yoki toshqotishmalardan quyiroqda (trassaning shimoliy-sharqiy va janubiy-sharqiy qismi) ochilgan. Toshli lyossli gruntlar deyarli suv o‘tkazmas tog‘ jinsdir [54].

Metropoliten trassalari bo‘yicha yer osti suvlarini joylanish chuqurligi terrasalarni Chirchiq daryosining hozirgi vaqtdagi vodiysiga nisbatan balandligiga, rel’ef hamda shahar hududidagi antropogen omillarga bog‘liq bo‘lib, 2 dan 25 m o‘zgaradi.

Lyossli gruntlar tarkibining qisqacha tavsifini hamda fizik-mexanik xususiyatlarini keltiramiz: oquvchanlik chegarasida namligi W_L=24,0-34,0%; yoyilish chegarasida namligi W_p=16,0-24,0%, plastiklik soni I_p=4,0-14,0.

Qabul qilingan tasniflanishga binoan lyossli gruntlar supes va suglinoklarga har xil konsistensiyaga ega chuchuk grunt suvlaridan to tarkibida eruvchi tuzlar (zich qoldiqlari 1500 mg/l) bo‘lgan sho‘r (zich qoldiqlari 276-3270 mg/l) grunt suvlarigacha oddiy portlandsementlarda betonga nisbatan sulfatli tajovuzkor bo‘ladi. Grunt suvlarining yuqori minerallashganligi lyossli qatlamlarda kuzatiladi; toshqotishmalarda suvlar chuchuk bo‘ladi va loyli qumlarga mansub bo‘ladi. Shunda trassaning ancha katta qismi plastiklik soni 14 kichik bo‘lgan lyossimon suglinoklardan o‘tadi. Gruntlar turlari orasidagi aniq aloqalar o‘rnatilmagan, ularning fizik-mexanik xossalari orasidagi farq juda kam.

Grunt suvlari sathiga qadar lyossli gruntlar cho‘kuvchanlik xususiyatiga ega. Eng katta cho‘kuvchanlik yer yuzidan 6-8 m chuqurlikkacha kuzatiladi. Bunday gruntlarning cho‘kuvchanligini odatda chuqurlik ortishi bilan kamayib borishi va ularning zichligi va namlik darajasiga bog‘liq bo‘lishi o‘ziga xos tomonidir. Birinchi liniya trassasidagi lyossimon suglinoklarning fizik-mexanik

xususiyatlarini tahlilidan ko‘rinadiki, grunt suvlarining eng yuqori sathidan 2,5-3,0 m qalinlikdagi qatlam kapillyar ko‘tarilishlar natijasida bo‘ktirilgandek bo‘ladi, va, demak, metropolitenning yer osti inshootlaridan tushadigan hisobiy bosimda u deyarli cho‘kmasdir [54].

Cho‘kish bilan birga lyossli gruntlar qatlami ***tiksotrop*** deb ataluvchi xususiyatlarga ega bo‘lishi mumkin. Masalan, yuqori namlik sababli mexanik ta’sir natijasida (mexanizmlar vibratsiyasi va b.) tabiiy strukturasi buzilib ketishi, ya’ni gilli gruntlar suyulib, butunlay mustahkamligini yo‘qotishi mumkin. Toshkent metropoliteni birinchi liniyasi bo‘ylab lyossli gruntlarda tabiiy namligi W=10-17% bo‘lsa, solishtirma o‘zaro ilashishi C=0,6-1,25 kg/sm^2, ichki ishqalanish burchagi φ=23-37°, suvga to‘yingan holatda esa C=0,01- 0,12 kg/sm^2, φ=12-18°.

Metropoliten trassasida lyossli gruntlarning hamda shag‘al-toshqotishma qatlamlarning suv bilan to‘yinganlik darajasi turlicha. Lyossli gruntlar uchun filtratsiya koeffitsienti φ=0,63-7,5 m/sut, solishtirma debitlar – g=0,05-0,69 l/sut, toshqotishmalar uchun esa Kφ=41-67 m/sut, g=8,5 l/sut.

Shunday qilib, amalga oshirilgan tahlillarga ko‘ra Toshkent metropoliteni trassalari murakkab injener-geologik sharoitlarda o‘tkazilmoqda.

Toshkent metropoliteni liniyalari trassalari aksariyat hollarda [108, 124] sababli sayoz joylashgan:

– yirik yarimqoyali, toshli lyossli gruntlarning juda chuqur joylashganligi (yer yuzidan 32-73 m), murakkab shaklga ega ustki qatlamning nurab ketganligi (qobiqdagi nurash zonasining qalinligi); ham birinchi, ham ikkinchi liniyalarda trassaning deyarli yarmini egallagan shag‘al-toshqotishma qatlamlarning suv bilan to‘yinganligi (qalinligi 13-42 m); shag‘alli zonalarda qazish ishlarini bajarishning ayrim uslublarini qimmatbaholigi (kessonlar, muzlatish va h.k.);

– yer yuzidan 10 m chuqurlikdagi lyossli gruntlarning ancha katta ahamiyatga ega bo‘lgan cho‘kuvchanligi kamayishining fazoviy qonuniyatliligi;

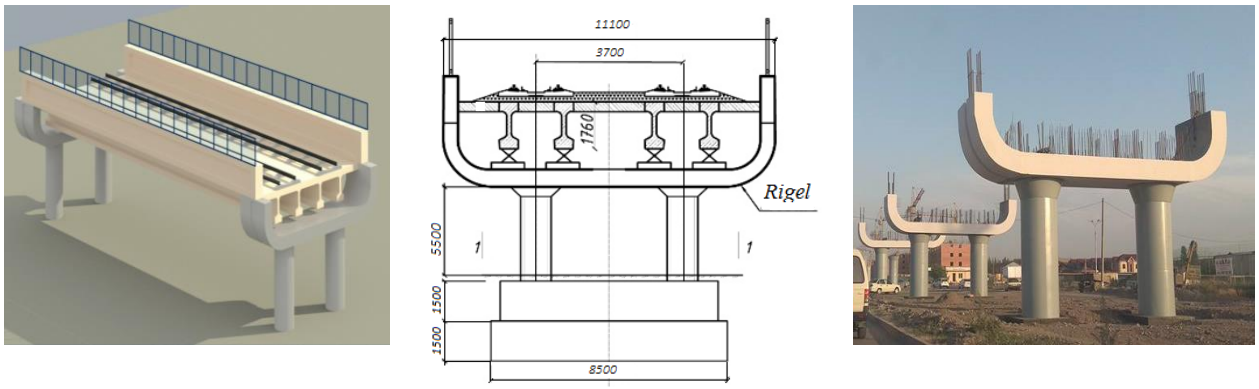
– lyossli gruntlarning filtratsion xususiyatlari bo‘yicha changsimon va mayda qumlarga o‘xshashligi;

– lyossli gruntlarning qurilish kategoriyasini qazish sharoitlari sababli pastligi (II guruh);

– chuqur metropolitenlarni ekspluatatsiya jarayonida yo‘lovchilar uchun vaqt bo‘yicha tejamli emasligi va qimmatbaholigi.

Toshkent metropolitenning Sergeli liniyasi

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 29 noyabr 2016 yildagi PQ-2664 sonli Qarori asosida Toshkent metropolitening Sergeli liniyasi qurilishi boshlandi. Estakada tipida qurilayotgan Sergeli liniyasi uzunligi 7.1kmni tashkil etib, 2017–2021 yillarda amalga oshirilishi ko‘zda tutilgan. Loyihaning ahamiyatli jihati sifatida aholi eng zich joylashgan Sergeli tumanining yagona shahar transport tarmog‘iga birlashtirish imkoniyati ko‘zda tutilganligini qayd etish lozim. Metropoliten liniyasi trassa bo‘ylab Djun va Salar kanallarini, shuningdek yuqori tezlikdagi Toshkent–Samarqand temir yo‘l liniyasini kesib o‘tadi. Sergeli liniyasida 6 ta bekat qurilishi belgilangan. Estakada konstruksiyasi yig‘ma-monolit ko‘rinishida loyihalangan bo‘lib, oraliq qurilma va tayanchlardan iborat. Tayanchlar orasidagi hisobiy oraliq 26,7m. Oraliq qurilmalar ko‘ndalang kesimi tavr ko‘rinishida bo‘lib, uzunligi 26,0m ni tashkil qiladi (5.4-rasm). Oraliq qurilma to‘sinlari rigel ustiga o‘rnatiladi. Zamin grunti xususiyatlariga ko‘ra tayanch poydevorlari qoziqli yoki sayoz joylashgan poydevor ko‘rinishida loyihalangan.



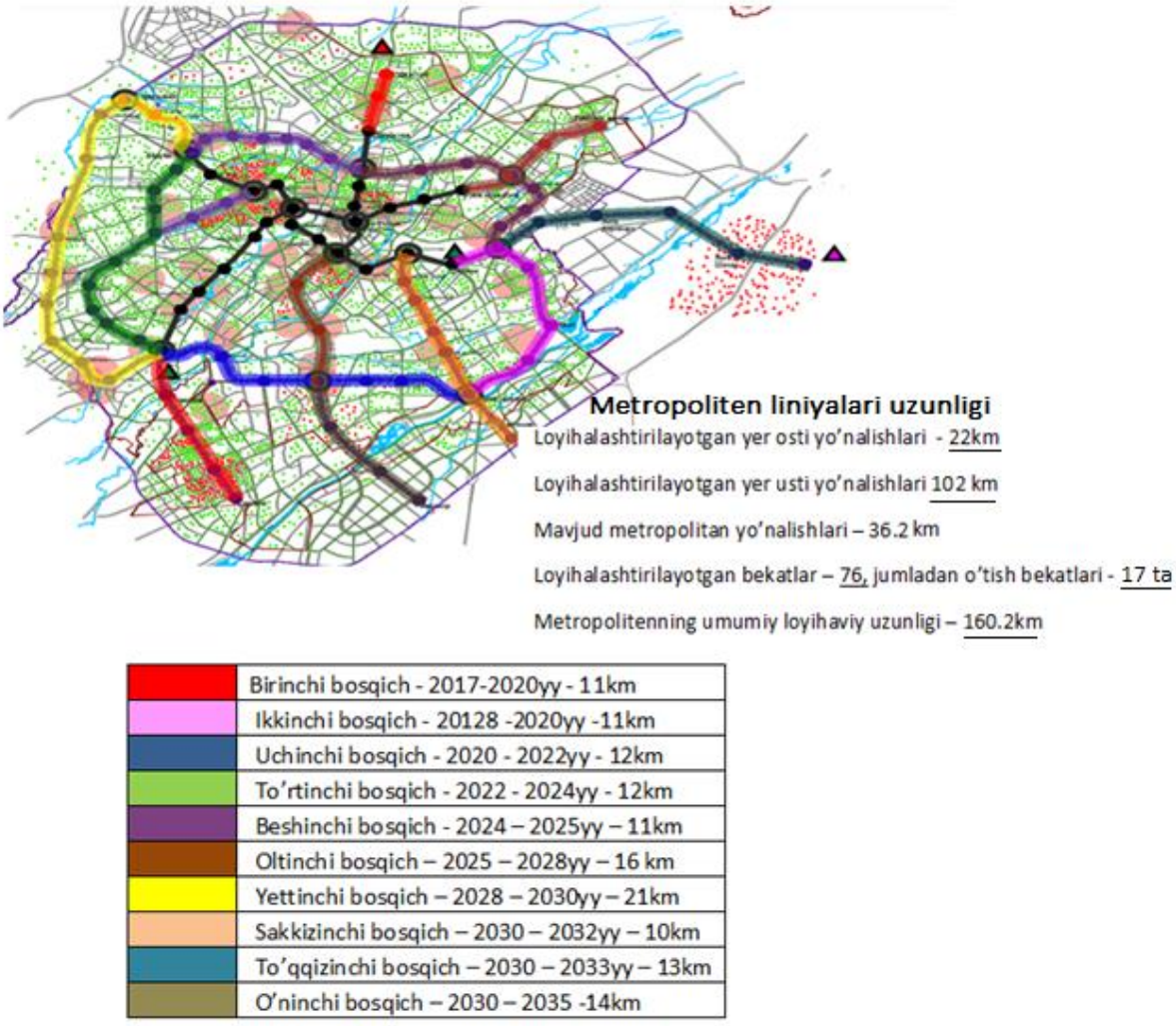
5.4-rasm. Toshkent metropoliteni Sergeli liniyasi estakada konstruksiyasi

Toshkent Xalqa metropoliteni liniyasi

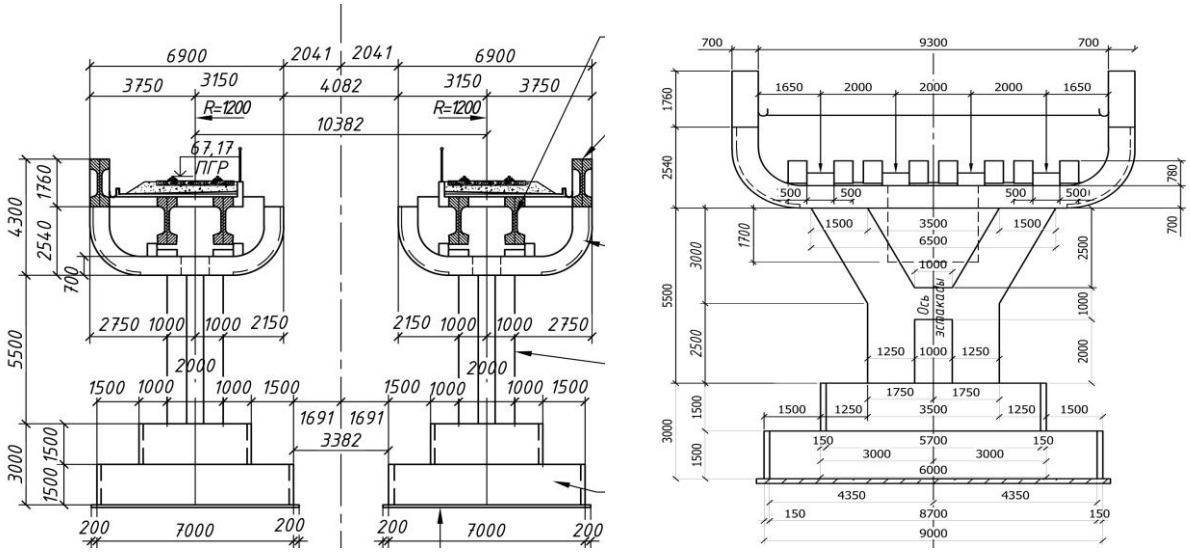
O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 19 maydagi PQ-2979 sonli Qarori asosida Toshkent Xalqa metropolitenini qurish ishlari jadal sur’atlarda olib borilmoqda. Metropoliten xalqa liniyasining umumiy uzunligi 53,4 km ni tashkil etib, 35 ta bekatdan iborat bo‘ladi. Loyiha 5 bosqichda 2017–2021 yillarda amalga oshiriladi (5.5-rasm).

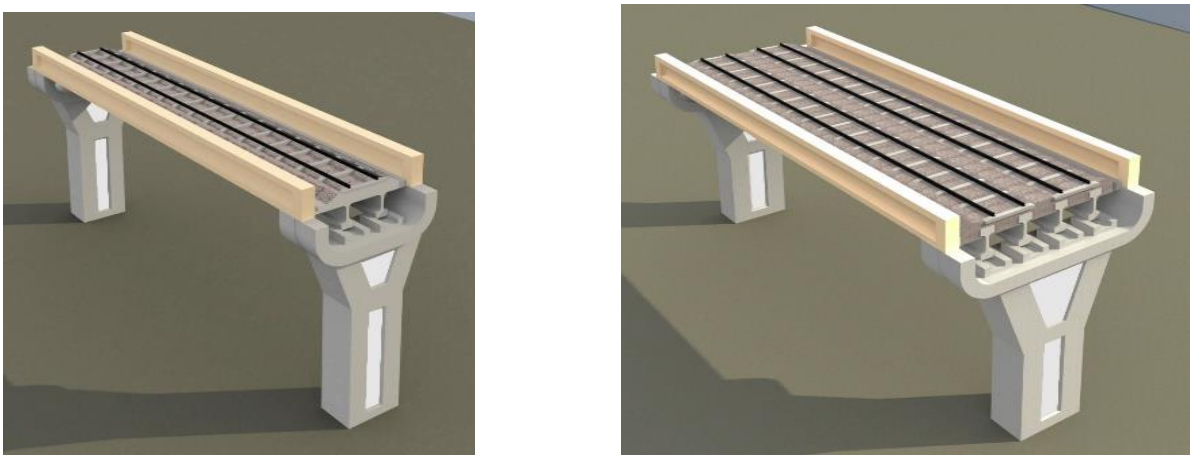
Birinchi bosqichda Toshkent metropoliteni “Do‘stlik” bekatidan “Qo‘yliq” bozorigacha bo‘lgan 11 kilometrlik liniyada 8 ta bekat quriladi.

Ikkinchi bosqichda Halqa metropoliteni liniyasi “Qo‘yliq” va “Olmazor” bekatlarini bog‘laydi. Uchinchi bosqichda “Olmazor” va “Beruniy”. To‘rtinchi bosqichda “Beruniy” va “Bodomzor”. Ohirgi bosqichda liniya “Do‘stlik bekatiga kelib ulanadi (5.6-5.11-rasmlar).



5.5-rasm. Toshkent metropoliteni rivojlanishi konsepsiyasi





5.6-rasm. Toshkent Xalqa metropoliteni liniyasi estakada konstruksiyasi



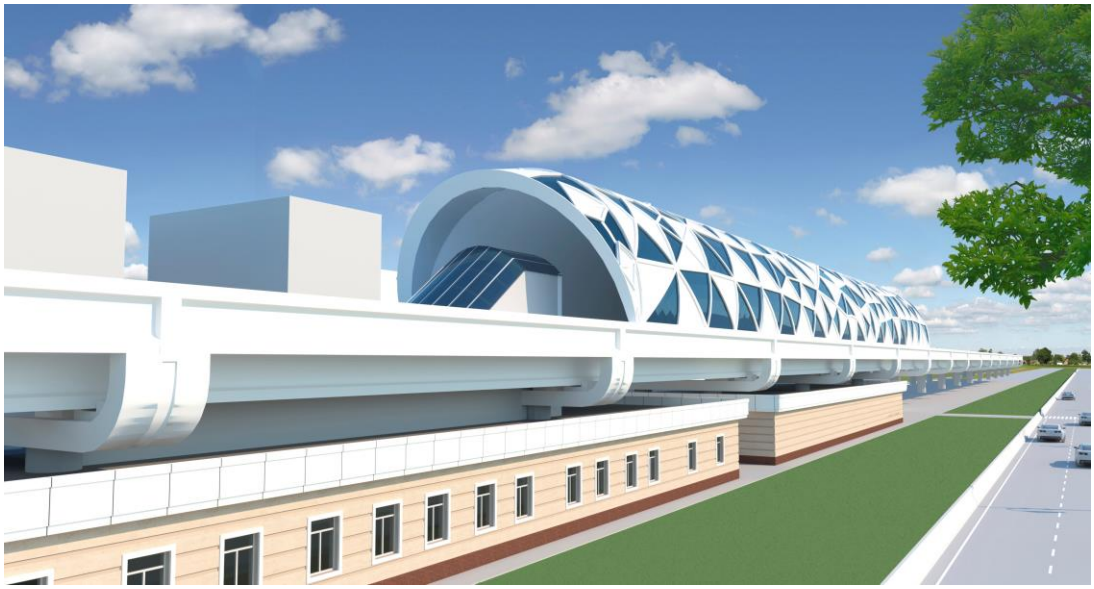
5.7-rasm. Toshkent Xalqa metropoliteni liniyasi "Ohangaron" bekati



5.8-rasm. Toshkent Xalqa metropoliteni liniyasi “Do‘stlik” bekati



5.9-rasm. Toshkent Xalqa metropoliteni liniyasi “Qo‘yliq” bekati



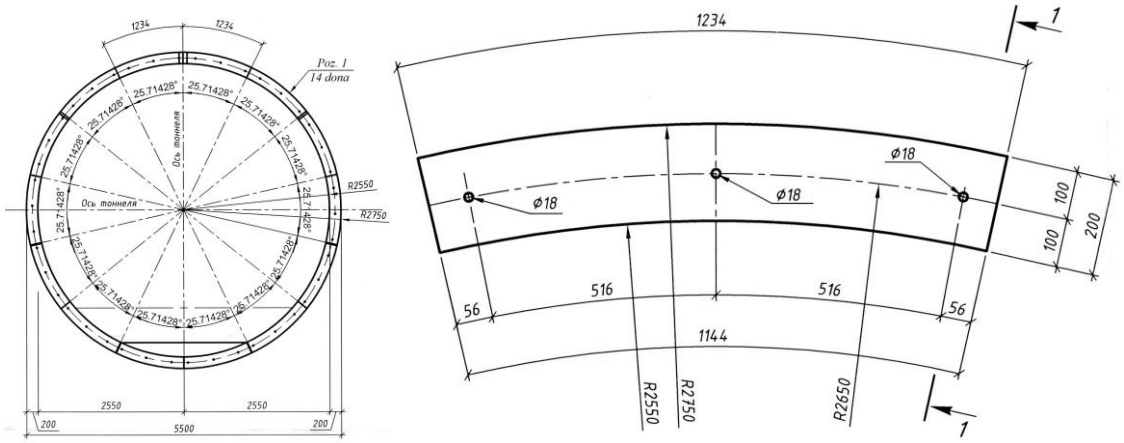
5.10-rasm. Toshkent Xalqa metropoliteni liniyasi “Roxat” bekati



5.11-rasm. Toshkent Xalqa metropoliteni liniyasi

Toshkent metropoliteni Yunusobod liniyasi 2-bosqich qurilishi

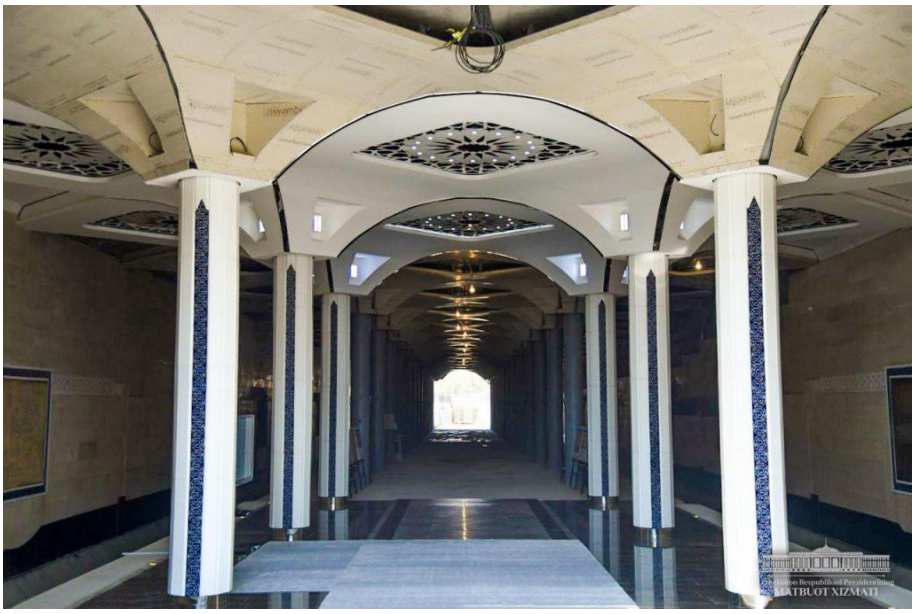
2001 yilda Yunusobod liniyasining 1-bosqich qurilish ishlari yakunlanib, hozirgi kunda qo‘shimcha ikkita stansiya barpo etilmoqda. Metropoliten yopiq usulda Germaniyadan keltirilgan “HERRENKNESHT AG” tonnel burg‘ilovchi mexanizatsiyalashgan kompleksi yordamida qurilmoqda. Qurilayotgan liniyaning uzunligi 2,93km ni tashkil etadi. Tonnel qurilishida tyubing konstruksiyalaridan foydalanilmoqda (5.12-5.13-rasmlar).



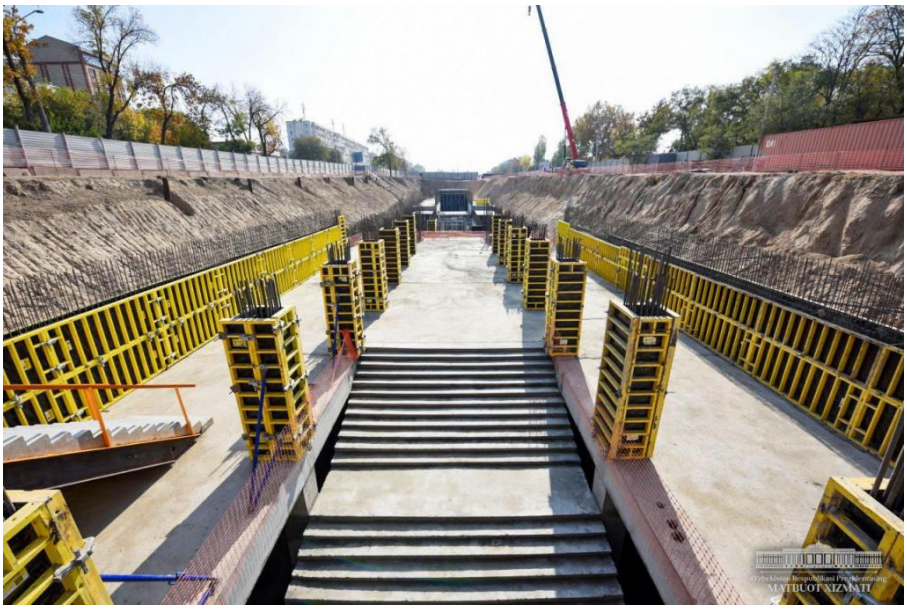
5.12-rasm. Tyubing konstruksiyasi



5.13-rasm. "HERRENKNESHT AG" tonnel burg'ilovchi mexanizatsiyalashgan kompleksi



5.14-rasm. Yunusobod liniyasi "Turkiston" bekati



5.15-rasm. Yunusobod liniyasi "Yunusobod" bekati

5-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

1. Yer osti inshootlarini zilzilabardoshlikka hisoblash rivojlanish bosqichlari.
2. Shahar yo‘lovchi transportining rivojlanish tarixini aytib bering?
3. Toshkent metropoliteni liniyasini loyihalash va qurishning o‘ziga xos xususiyatlarini aytib bering?
4. Toshkent metropoliteni liniyasini muhandis-geologik sharoitlarining tavsiflari.
5. Toshkent metropoliteni liniyasi bekatlari va bekatlararo tonnellar konstruksiyalarini takomillashtirishning asosiy perspektiv yo‘nalishlari.
6. Toshkent xalqa va Sergeli yer usti metropoliten liniyalarini loyihalash va qurish ishlari.
7. Yangi Yunusobod metropoliten liniyasini loyihasi va qurilish jarayonlari.

6-BOB. ZILZILABARDOSH TRANSPORT INSHOOTLARINI LOYIHALASHGA ZAMONAVIY YONDASHUV

6.1. Ko‘priklarni zilzilabardoshligini ta’minlash bo‘yicha asosiy talablar va tadbirlar

Zilzilabardoshlik choralarini ishlab chiqishda zilzilabardoshlik shartlariga aniq ta’rif berilishi, ya’ni seysmik hududlarda inshootlarga qo‘yiladigan qo‘shimcha talablar muhim ahamiyatga ega.

Hisobiy kuchga ega zilzila – bu inshoot juda kam duch keladigan avariyaviy holatdir (o‘rtacha hisobda xizmat muddati davomida bir marotabadan ham kam). Hisobiy seysmik ta’sir jarayonida barcha inshootlar butligini ta’minlanishi antiseysmik choralarga katta mablag‘ sarflanishi bilan bog‘liq. Ammo, xavfsizlik ishonchliligi darajasi pasaysa, odamlarni o‘limiga va juda kata moddiy talofotlarga olib kelishi mumkin [13, 50].

Sun’iy inshootlarni shikastlanishi va shunga bog‘liq bo‘lgan harakatdagi

uzilishlar (qisqa muddatli bo‘lsa ham) talofot ko‘rgan hududlardagi mushkul ahvolni yanada ko‘proq og‘irlashtiradi. “*Shuning uchun zilzilalardan keyin temir yo‘llarni to‘xtamasdan ishlashini ta’minlash uchun, yo‘l inshootlarining zilzilabardoshlik shartlariga hisobiy seysmik ta’sir natijasida inshoot konstruksiyalarini shikastlanmaslik hamda o‘z ekspluatatsiyalanish sifatlarini saqlab qolish talablari sifatida aniq ta’rif berish darkor”*. Yo‘l sun’iy inshootlarining zilzilabardoshligini loyihalash va hisoblash sohasidagi yirik mutaxassis G.N. Karsivadze ham bunday ta’rifga amal qiladi [13]. Inshootlar zilzilabardoshligini ta’minlanishiga loyihalash va qurish choralari yordamida erishiladi.

Inshootlarni loyihalash va qurish jarayonida amalga oshiriladigan asosiy antiseysmik choralarga quyidagilar kiradi [13]:

1. Seysmik nuqtai nazardan qulay muhandis-geologik sharoitlarda joylashtiriladigan inshoot joyini to‘g‘ri tanlash.

2. Inshootning umumiy sxemasi bilan tizimini to‘g‘ri tanlash, hamda zilzilabardoshlik talablarini hisobga olgan holda asosiy o‘lchamlarini belgilash.

3. Inshootlar ayrim qismlarining solishtirma og‘irligi va plastiklik buzilish xususiyati kichik bo‘lgan materiallarini tanlash.

4.Inersiya seysmik kuchlari miqdorini kamaytiruvchi inshootlarning ayrim ko‘taruvchi elementlarini yengillashtirilgan konstruktiv yechimini tanlash.

5. Seysmik ta’sirni hisobga olib yuk ko‘taruvchi konstruksiyalar va asoslarini hisoblash.

6. Alohida elementlar, tugunlar, tutashmalarning mustahkamligi va turg‘unligini ta’minlovchi konstruktiv antiseysmik choralarni amalga oshirish.

7. Qurilish ishlarini yuqori sifat bilan bajarish va barcha texnologik talablarga rioya etilishini nazorat qilish.

Inshootlarni dinamik (seysmik) ta’sirlarga bardoshligi ko‘p jihatdan qurilish konstruksiyalari, ularning tugunlari va tutashmalarini sifatiga bog‘liq. Masalan, metall konstruksiyalar yoki armaturalarning payvandlash choklarini sifatsizligi dinamik yuklanish jarayonida salbiy holatlarga olib kelishi mumkin. Qurilish

ishlari sifatini pastligi esa puhta o‘ylab amalga oshirilgan loyihaviy antiseysmik choralar samarasini yo‘qqa chiqarishi mumkin.

6.2. Sun’iy inshootlar o‘rnini aniqlash

Inshootlarni qulay muhandis-geologik sharoitlarda joylashtirish ko‘p hollarda qurilish maydonchasi seysmikligini jami hududning boshlang‘ich seysmikligiga nisbatan 1...2 ballga kamayishiga olib keladi. Bunda kelib chiqadigan samara nafaqat seysmik yuklarni katta miqdorda kamayishiga bog‘liq bo‘ladi. Inshoot quriladigan joyni seysmik sharoitlarini hisobga olib tanlash qurilish zilzilabardoshligini oshirishning eng samarali choralaridan biri. Ko‘pincha bu chora boshqa choralarga nisbatan ham roli kattaroq va ahamiyatlidir. Shuning uchun inshoot quriladigan joyni tanlashga katta e’tibor qaratish kerak.

Agar yirik ko‘prik va tonnellar o‘rnini tanlash yo‘l trassasini loyihalashga bog‘liq bo‘lmasa, kichik va o‘rtacha sun’iy inshootlar joylanishi odatda to‘liq yo‘l trassasini joylanishiga bog‘liq bo‘ladi.

Afsuski, seysmik hududlarda yo‘l va sun’iy inshootlarni loyihalash masalalari hozirgi vaqtda juda kam o‘rganilgan. Amaldagi me’yoriy hujjatlarda ushbu masalalarga doir faqat umumiy ko‘rsatmalar berilgan.

Trassaning umumiy yo‘nalishini belgilaganda iloji boricha zilzilalar tez-tez qaytarilib turadigan yuqori seysmik hududlar, faol va yashirin o‘choqlari yaqinida joylashgan uchastkalarni tanlamaslik kerak.

9 ball va undan yuqori seysmiklikka ega hududlarda trassani istisno tariqasida faqat boshqa variantlar bo‘lmagan hollarda belgilash mumkin.

Bunday hududlarda trassa variantini ko‘rib chiqish zarurati tug‘ilganda, hech bo‘lmasa taxminan bo‘lsa ham variantlarni taqqoslash jarayonida tiklash ishlariga qo‘shimcha xarajatlarni va harakatlarni to‘xtab qolishidan kelib chiqadigan ziyonlarni hisoblash maqsadga muvofiqdir. Bu omillar trassa variantini tanlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Yo‘lni trassalashda va inshootlarni loyihalashda bo‘sh, suv bilan to‘yingan,

cho‘kuvchan yoki oquvchan gruntlarni, botqoq va loyqa joylarni, torflangan uchastkalarni, noturg‘un, qulash va surilish, sel xavfiga ega qiyaliklarni, qiyaligi 15° dan ortiq, karstli, tog‘ konlari mavjud joylarni aylanib o‘tish kerak.

Qoya toshli bo‘lmagan, yonbag‘ri nishabligi 1:1,5 dan ortiq qiyaliklarda va seysmikligi 8-9 balli hududlarda yo‘llarni trassalashga faqat mahsus muhandis-geologik qidiruvlari natijalari bo‘yicha ruxsat etiladi. Shunga o‘xshash nishabligi 1:1 ga teng qoya toshli bo‘lmagan uchastkalarda temir yo‘lni trassalashga yo‘l qo‘yilmaydi.

Yirik ko‘prik va tonnellarni buzilishi zilziladan so‘ng yo‘llarni ishdan chiqishi hamda tiklash muddatlarini uzoqligi nuqtai nazardan ayniqsa xavflidir.

Ko‘prik kechuvi joyini tanlashda daryo vodiylarining to‘g‘ri uchastkalari, hamda tuzilmasi bir jinsli va yonbag‘irlari tekisroq daralar afzalroq hisoblanadi. Relefi o‘ta notekis uchastkalar (burilish, vodiyni keskin kengayish va torayish joylari, ko‘ndalang vodiylarni chiqish joylari), tikka va jarlikli qirg‘oqli yonbag‘irlar seysmik jihatdan noqulay bo‘ladi.

Tektonik buzilishlarga ega uchastkalar yaqinida joylashgan devorlari tagidan yemirilgan, omonat (ko‘chgan va o‘pirilgan) yonbag‘irli vodiylar qismidan o‘tish man etiladi.

Ko‘prik kechuvini o‘tish joyini tanlashda daryo (jarlik, dara, soy) ning o‘zani va qirg‘oqlarini grunt–geologik tuzilishi asosiy omil hisoblanadi. Hal etuvchi omil – ko‘prik tayanchlari poydevori sifatida xizmat qilishi mumkin bo‘lgan qoya toshli va yarim qoya toshli tog‘ jinslari ustki qatlamini yuqorida joylanishi hisoblanadi [13].

Kechuv joyi uchun changsimon va suv bilan to‘yingan mayda qumlar, qumli loy, oquvchan loy va gilli tuproqlardan iborat o‘zan uchastkalari eng noqulaydir. Qirg‘oq zonalaridagi qiyaligi katta, osti kesilgan (ko‘chgan va o‘pirilgan) yoki buzilgan qatlamlarni joylanishi ham nobop hisoblanadi.

Hududning yuqori seysmikligi (8…9 ball) sharoitida ko‘prik kechuvi o‘rnini tanlashda yuqorida keltirilgan tavsiyalarga ko‘proq amal qilish zarur. Tonnellar trassasini tanlashda tektonik buzilishlarga ega, ser yoriqli va litologik tarkibi

keskin o‘zgarib turadigan tog‘ massivlarini, ko‘chish va o‘pirilishlarga moyil hududlarni hamda tonnellar chuqurligi kichik bo‘lgan uchastkalarni aylanib o‘tish kerak.

Tonnel ustidagi relef kam o‘zgaruvchan va tog‘ jinslari mustahkamroq variantlarni tanlash afzalroq. Tog‘ massivlarida tektonik buzilishlarni aylanib o‘tishning iloji bo‘lmasa, ularni to‘ppa-to‘g‘ri kesib o‘tgan ma’qul.

6.3. Zilzilabardosh transport inshootlarini loyihalash tamoyillari

Seysmik kuchlar inshoot alohida qismlarining bikirligi va massalarini taqsimlanishi bilan belgilanadigan inshootning dinamik parametrlari (tebranishlar davri, shakli)ga bog‘liq. Massa va bikirliklarni qayta taqsimlash bilan inshootda hosil bo‘ladigan seysmik kuch va kuchlanishlar miqdorini tartiblashtirib turish mumkin.

Zilzilabardosh inshootlarni loyihalashning umumiy tamoyillariga muqobil sxemani tanlashni nazarda tutadigan massa va bikirliklarni samarali taqsimlash tamoyili, seysmik tebranishlarni ijobiy ta’siri, seysmik kuchlanishlarni minimal miqdorlari kiradi.

Eng yaxshi yechimlardan quyidagilarni tavsiya etish mumkin:

1) konstruksiyalar og‘irligini kamaytirish va ularning og‘irlik markazlarini pasaytirishga, bu esa seysmiik kuchlanishlarni kamayishi va inshoot mustahkamligini ortishiga olib keladi;

2) inshoot yoki uning qismlarining massalari markazi va bikirlik markazini bir-biriga to‘g‘ri kelishi.

Massalar markazi deb, inshootni barcha qismlarini bir-biriga parallel ravishda harakatlanishida teng ta’sir etuvchi kuchlar qo‘yiladigan nuqtaga aytiladi. Bikirlik nuqtasi (elastik markaz) – bu inshootni barcha qismlarini bir-biriga parallel ravishda siljishida uning ko‘taruvchi konstruksiyalar reaksiyalari (qarshilik kuchlari) ning teng ta’sir etuvchisi qo‘yiladigan nuqta; bu ikki nuqta bir-biriga to‘g‘ri keladigan hollarda zilzila vaqtida inshoot asosining barcha qismlarini bir-

biriga parallel ravishda harakatlanishi inshootning barcha qismlarini faqat bir-biriga parallel ravishda siljishini keltiriribchiqaradi. Shunday qilib, buralib tebranishlar hamda ular keltirib chiqaradigan qo‘shimcha seysmik kuchlanishlar yo‘qotiladi yoki kamaytiriladi.

Misol tariqasida asosiy qismlari bir-biriga parallel ravishda gorizontal siljiydigan o‘zgarmas kesimli konsolli egiluvchi vertikal sterjenni ko‘rib chiqamiz.

Loyihalashda konstruktiv elementlar, tugunlar va birikmalarning bir xil mustahkamlik tamoyili muhimdir. Ko‘p hollarda, zilzila vaqtida ikkinchi darajali elementlar yoki birikmalar (masalan, tayanch qismlarning anker boltlari) ni ishdan chiqishi natijasida inshootlar buziladi. Bunday holatlar oldini olish inshoot xavfsizligiga kafolat bo‘la oladi. Bu shartni dinamik ta’sir sharoitida haqiqiy teng mustahkamlik talabi deb qabul qilish kerak.

Nomaqbul mo‘rt birikmalar, inshoot yoki ayrim qismlarini yaxlitligi va bog‘lanishi talablari ham umumiy tamoyillarga kiradi. Inshoot yaxlitligi seysmik ta’sirni kuchaytiruvchi uning qismlarini katta miqdorda mustaqil tebranishlarini rivojlanishiga yo‘l qo‘ymaydi. Seysmik hududlarda yig‘ma temirbeton konstruksiyalar uchun faqat ularni seysmik sharoitlarni hisobga olgan holda tegishli ravishda yaxlitlash talab etiladi.

Yo‘l inshootlari zilzilabardoshligi quyidagilarni amalga oshirish orqali ta’minlanishi maqsadga muvofiq:

1) seysmik jihatdan inshootning noseysmik hududlarda qo‘llaniladigan eng maqbul turlari, sxemalari va konstruktiv elementlarini tanlash;

2) andozaviy mahsulotlar va umumiy qabul qilingan konstruktiv echimlarni tubdan o‘zgartirish talab etilmaydigan qo‘shimcha antiseysmik choralarni amalga oshirish.

Ko‘rsatilgan antiseysmik choralar konstruktiv elementlarning industrialligi va texnologikligini o‘zgartirmasligi yoki inshootni qurish ishlarini yanada murakkablashtirmasligi kerak. Bunday choralarni maksimal darajada samaradorligiga erishish zarur.

Yuqori seysmik 8...9 balli hududlar uchun qo‘shimcha andozaviy

mahsulotlarni ishlab chiqish yoki maxsus zilzilabardosh qurilish uchun andozaviy loyihalarni tuzish maqsadga muvofiq bo‘lishi mumkin [50].

6.4. Ko‘priklarni ko‘p pog‘onali loyihalashning asosiy tamoyillari

Hozirgi vaqtda dunyo amaliyotidagi zilzilabardosh qurilishda zilzilabardosh konstruksiyalarni ko‘p pog‘onali loyihalash usuliga yondashilmoqda. Bunda har bir qabul qilingan chegaraviy holatlar uchun inshoot seysmik ta’sirning bir necha pog‘onalariga hisoblanadi. 1994 yili Kaliforniyada, 1996 yili Kobada (Yaponiya) va 1999 yili Tayvanda sodir bo‘lgan xalokatli zilzilalardan keyin ko‘plab ko‘priklar shikastlandi, bunday yondashuv Yevrokodda qabul qilinib, 2004 yili Dj. Barr tomonidan taqdim etilgan. Yevrokodning tavsiyalariga ko‘ra ta’sirlarning kamida ikki pog‘onasini va normal foydalanish imkoniyatlarini izdan chiqishi (serviceability limit state ili SLS) va konstruksiyani qulashi (ultimate limit state ili ULS) kabi ikki chegaraviy holatlar ko‘rib chiqiladi.

Rossiyada qo‘llaniladigan yo‘riqnomalar ishlab chiqilganiga 30 yildan ortiq vaqt o‘tgan. O‘zbekiston me’yorlari Rossiya me’yorlariga asoslangani uchun, maxsus texnik yo‘riqnomalarni tuzganda xorijiy tavsiyalarga tayanish kerak bo‘ladi. Xorijning tegishli hujjatlarini, ko‘p sonli ko‘rsatmalarini va ularga berilgan sharhlarni o‘rganish, ularni Rossiyaning tegishli hujjatlari bilan solishtirish natijasida Rossiyaning me’yoriy hujjatlari yetarli darajada transport inshootlarini hisoblash va loyihalash sohasidagi ilm-fanning hozirgi zamon darajasiga mos kelmasligiga yana bir bor ishonch hosil qilish mumkin.

Hozirgi vaqtda Rossiyada СНиП II-7-81* ga asoslangan zilzilabardosh qurilishga doir yangi СП 14.13330.2011 me’yorlar ishlab chiqildi. СП 14.13330.2011 da turli inshootlarni seysmik ta’sirlarni e’tiborga olib hisoblashda ikki hisobiy tafsilotlarni – ***loyihaviy zilzila (LZ)*** va ***maksimal hisobiy zilzila (MHZ)*** larni olish tavsiya etiladi [163].

Ikki pog‘onali loyihalashlarda muhandis 200-500 yilda bir marta qaytariladigan loyihaviy zilzilalar (LZ) bilan, hamda 2000-5000 yilda

qaytariladigan maksimal hisobiy zilzila (MHZ) lar bilan ishlaydi.

LZ ta’sirida inshootlar ekspluatatsiya xususiyatlarini yo‘qotmasligi, MHZ da esa insonlar hayotini hamda qimmatbaho konstruksiyalar va jihozlarni saqlanib qolishini ta’minlash kerak.

“***Kuchli***” va “***kuchsiz***” zilzila degan tushunchaning o‘zini shartli ravishda tushunish lozim: agar inshoot 7 balli zilzilaga mo‘ljallangan bo‘lmasa, bunday zilzila sodir bo‘lganda u buzilib ketishi mumkin, ya’ni bunday inshoot uchun uni yaroqsiz holatga keltiradigan barcha zilzilalar “kuchli” bo‘ladi. Shuning uchun hisobiy zilzila (*I* hisob) tushunchasidan, ya’ni inshoot amalda hisoblangan zilzila tushunchasidan foydalanish to‘g‘riroq bo‘ladi.

Ikki pog‘onali yondashuv konsepsiyasidan ketma-ketlik bilan foydalanish faqat AES loyihalashda qo‘llanilgan. Oddiy bino va inshootlar uchun loyihalovchilar shartli me’yoriy hisoblashlar bilan cheklanadilar. Bunda mutaxassislar me’yoriy hisoblashni turlicha talqin qilishadi. Masalan, yuqorida keltirilgan I.I.Goldenblat, S.V.Polyakov va N.A.Nikolaenko [40] larning ishida ta’kidlanadiki, me’yoriy hisoblash – bu tez-tez qaytariluvchi nisbatan sust zilzilalarga hisoblashlardir. Me’yorlardagi hisobiy tezlanish darajasi K_iA ko‘paytmasidan topiladi.

K_i=0.25 va A=0.4 (9 ball) bo‘lganda hisoblash 7-ballik ta’sirga mos keladigan 0.1g=lm/c^2 tezlanishga bajariladi. MHZ ga hisoblashlar esa materialni elastiklik chegarasidan tashqarida o‘zini tutishi, hamda ta’sir haqida ma’lumotlarni yetarli emasligi uchun umuman amalga oshirilmaydi. Shu bilan birga biz “ishonamizki”, inshootni LZ ta’siriga hisoblangan inshootni kuchaytirilishi MHZ da insonlar hayoti va qimmatbaho jihozlarni saqlanishini ta’minlaydi.

Me’yoriy hisoblashni qarama-qarshi talqini [92] ushbu hisoblashlar kuchli xalokatli zilzila ta’siriga bajarilganligidan kelib chiqadi. Bunda ruxsat etilgan kuchlanishlarni oshirish zarur. Buning o‘rniga hisobiy seysmik yuklar kamaytiriladi. Agar ruxsat etilgan kuchlanishlarni oshirish koeffitsienti *R* deb belgilansa, me’yorlarda qo‘llanadigan koeffitsient $K_i=1/R$. Vatan adabiyotlarida koeffitsient *K* chegaraviy holatlr koeffitsienti deb nomlanadi; koeffitsient *R* esa xorij adabiyotlarida keng qo‘llanadi va reduksiya koeffitsienti yoki reaksiyaning

o‘zgarish koeffitsienti (*response modification factor*) deb yuritiladi.

Me’yorlarning qabul qilingan talqini qanday bo‘lishidan qat’iy nazar, pirovardida ushbu me’yorlar konstruksiyani ham LZ, ham MHZ larga chidashiga yordam berishi uchun inshootlarni kuchaytirishni talab etadi. Avvalgi zilzilalar tajribasi shuni ko‘rsatadiki, СНиП (QMQ) bo‘yicha kuchaytirilgan ommaviy qurilish ob’ektlari – 4-5 qavatli binolarda nisbatan tez-tez sodir bo‘ladigan kichik zilzilalardan so‘ng ta’mirlov talab qilinmaydi va ular hisobiy kuchga ega zilzilalarda buzilib ketmaydi. Me’yoriy hisoblashlarni nisbatan soddaligini hisobga olgan holda joriy me’yorlarni ommaviy loyihalashlarda yetarli darajada qoniqarli deb hisoblasa bo‘ladi.

Joriy me’yorlardan foydalanishning ijobiy tajribasi ko‘p jihatdan СНиП (QMQ) larda belgilangan hisoblash koeffitsientlar tizimi avvalgi zilzilalar tajribasiga asoslangan. Ushbu tajriba aksariyat hollarda ommaviy fuqaro va sanoat qurilishi bilan bog‘liq. Shuning uchun muhandislik inshootlarini, maxsus seysmohimoya, jihozlarni hamda boshqa shunga o‘xshash hollarni hisoblash uchun QMQ bo‘yicha shartli hioblashlar noto‘g‘ri natijalarga olib kelishi mumkin va bunday inshootlar uchun, xususan ko‘priklar uchun ikki marotabalik hisoblashlar konsepsiyasini ketma-ketlik bilan amalga oshirish zarur. Hozirgi vaqtda zilzilabardosh qurilishining dunyo tajribasida aynan shu qadam qo‘yilgan [39, 142].

Ammo ikki pog‘onali yondashuv konsepsiyasi hozirgi vaqtda inshootlarni loyihalash uchun yetarli emasligi tan olingan. LZ dan so‘ng normal loyihaviy ekspluatatsiya va qurbonlar bo‘lmagani va konstruksiyalar vayronaga uchramaganligidan tashqari MHZ da o‘rtacha kuchga va takrorlanishga ega zilzilalarda shikastlar hajmi o‘rtamiyona bo‘lishi kerak. Mazkur fakt allaqachonlar adabiyotlarda, masalan, [75] darslikda qayd etilgan. Agar ushbu talabni konstruksiyaning tengmustahkamlik tamoyili bilan birlashtirsa, tabiiy ravishda konstruksiyalarni loyihalashga tamoyilan yangi yondashuv kelib chiqadi. Adabiyotda bunday yondashuv chegaraviy holatlarning berilgan parametrlariga ega konstruksiyalarni loyihalash yoki konstruksiyani buzilish ssenariysini loyihalash

deb nomlangan.

Ko‘priklarni zilzilabardosh qurilishi nazariyasining hozirgi vaqtdagi holati zilzilabardosh qurilish bo‘yicha 12-Yevropa anjumanida taqdim etilgan I.O.Kuznetsova va A.M.Uzdinlar maqolasida [41] to‘liqroq tavsiflangan.

Ko‘priklarni loyihalash masalasiga umumiy yondashishlar eng ko‘p [39] da yoritilgan. 6.1-jadvalda turli uzunlikdagi ko‘priklarning chegaraviy holatlari qaytarilish darajasi turlicha zilzilalarda mas’uliyati haqidagi 1999 yil Kaliforniyada chop etilgan ATS (Applied Technology Counsel) me’yorlarga asosan ma’lumotlar [39] bo‘yicha mezonlar keltirilgan.

Ko‘prikning muhimlik darajasi uning zarar ko‘rgan hududga yordam ko‘rsatishda, uning hayoti uchun zarur xizmatni ta’minlashdagi roli bilan hamda davlatning ko‘prikdan foydalanish rejalarini amalga oshirishi bilan belgilanadi.

Shunga yaqin bo‘lgan yondashuv Yevrokod loyihasida qo‘llanadi. Bunda ikkita chegaraviy holat – “maksimal chegaraviy holat (ultimate limit states yoki ULS)” va “ekspluatatsion yaroqligiga yo‘l qo‘yadigan chegaraviy holat (service ability limit states yoki SLS)”; ko‘prikni xizmat muddati jarayonida nisbatan tez-tez sodir bo‘lish ehtimoli bo‘lgan zilzilalarda SLS lar bo‘lishi mumkin emas. Shu bilan birga, ko‘prikning asosiy ko‘taruvchi konstruksiyalari shikastlanmasligi kerak, ammo seysmohimoya uchun mo‘ljallangan maxsus elementlarda shikastlanishlarga yo‘l qo‘yiladi.

ULS lar kam sodir bo‘ladigan kuchli zilzilalar uchun ko‘riladi. Bunda konstruksiyaning yirik shikastlanishlariga yo‘l qo‘yiladi. Afsuski, ko‘p pog‘onali loyihalashni deklaratsiya qilinishi hisobiy tezlanishlar va chegaraviy holatlar parametrlari qiymatlari bilan asoslanmagan. Ta’sirga ikki martalik yondashish uchun hududimizdagi LZ va MHZ to‘g‘ri keladigan hisobiy tezlanishlarning ikki xil sathini berish kerak. SLS turdagi chegaraviy holatlar joriy me’yoriy hujjatlarda belgilangan, ULS esa chegaraviy holatlarning o‘ziga xos parametrlari bilan ishlashi kerak.

Tegishli LZ va MHZ larni seysmik ta’sirni berilishi eng muhim deb hisoblanadi. Barr [39] ma’ruzasida LZ va MHZ larning turli tavsiflarini 3 manbasi

keltirilgan. Ko‘priklarni hisoblash me’yorlari [27] ni ko‘rib chiqib, eng asosiy e’tibor ko‘priklarni ahamiyati bo‘yicha tasniflanishiga qaratiladi.

6.1-jadval

ATC-18-1 me’yorlari bo‘yicha chegaraviy holatlar mezonlari

Zilzilalarning qaytaruv-chanligi (yillar)	Ko‘priklar ahamiyati darajasi		
	Eng ahamiyatlilari	Ahamiyatlilari	Oddiylari
150	**Ekspluatatsion xususiyatlari:** To‘liq saqlanadi. Cheklovlar faqat tekshiruv vaqtida yo‘l qo‘yiladi. Shikastlar yo‘q	**Ekspluatatsion xususiyatlari:** To‘liq saqlanadi. Cheklovlar faqat tekshiruv vaqtida yo‘l qo‘yiladi. **Shikastlar**: Minimal. Egiluvchan elementlardagi kichik yoriqlar. Qoldiq deformatsiyalarni yo‘qligi	**Ekspluatatsion xususiyatlari:** To‘liq saqlanadi. Cheklovlar faqat tekshiruv vaqtida yo‘l qo‘yiladi. **Shikastlar**: Ta’mirlanadiganlar. Betondagi yoriqlar, armatura deformatsiyalari, kichik qoldiq siljishlar. Temirbetonni kuchaytirishga va ta’mirlash vaqtiga ko‘prikni yopishga zarurat yo‘qligi.
2500	**Ekspluatatsion xususiyatlari:** To‘liq saqlanadi. Cheklovlar faqat tekshiruv vaqtida yo‘l qo‘yiladi. **Shikastlar**: Minimal. Egiluvchi elementlarning uncha katta bo‘lmagan yoriqlari. Qoldiq deformatsiyalarni bo‘lmasligi	**Ekspluatatsion xususiyatlari:** To‘liq saqlanadi. Cheklovlar faqat tekshiruv vaqtida yo‘l qo‘yiladi. **Shikastlar**: Ta’mirlanadiganlari Betondagi yoriqlar, armaturaning plastik deformatsiyalari, betondan ko‘chgan bo‘laklar, uncha katta bo‘lmagan qoldiq siljishlar. Ko‘prikni ta’mirlash vaqtida temir betonni kuchaytirishga va yopishga hojat yo‘q.	**Ekspluatatsion xususiyatlari:** Harakatda cheklanishlar bir necha kunga yo‘l qo‘yiladi. Harakatni to‘liq tiklanishi - bir necha oy davomida. **Shikastlar**: Ancha katta. Betonning noelastik ishi natijaida hosil bo‘lgan yoriqlar, armaturani oquvchanligi, siqilgan zona betonidan ko‘chgan ancha yirik bo‘laklar, qoldiq deformatsiyalar. Ko‘prikni ta’mirlanishga yopilish ehtimoli, elementlarini kuchaytirish va almashtirish.

Inshootning zilzilabardoshligini baholashda seysmik va harakatlanuvchi yuklarni birlashtirish koeffitsientlarini asoslangan holda belgilash katta ahamiyatga ega. O‘ta ma’uliyatli ko‘priklarni hisoblashda Yevrokod tegishli tadqiqot ishlari bo‘yicha uyg‘unlik (сочетание) koeffitsientlarini asoslab berishni tavsiya etadi.

Boshqa hollarda LZni hisoblashlarda seysmik siljishlarni harorat ta’siri sababli siljishlarning 50% bilan birgalikda, kirishish bilan sudraluvchanlik natijasida hosil bo‘ladigan vaqtincha uzoq muddatli yuklar siljishlarini esa to‘liq hisobga olish tavsiya etiladi.

Ko‘p pog‘onali yondashuv seysmik ta’sirning bir nechta hisoblash pog‘onalarini hamda ularga mos chegaraviy holatlarni nazarda tutadi. Bunda hisoblashlar aniq fizik mohiyatga ega bo‘ladi va inshoot uchun to buzilishigacha olib boradigan shikastlarni to‘planishining ssenariysi tuziladi.

Afsuski, yangi me’yorlarda transport inshootlari, shu jumladan ko‘priklarning zilzilabardoshligiga doir bo‘lim qayta ishlab chiqilmagan.

Shuning uchun ko‘priklar uchun ikki pog‘onali yondashuv qo‘shimcha tavsiyalarni talab etadi.

Adabiyotlarda ko‘priklarni zilzilalar ta’sirini e’tiborga olib ko‘p pog‘onali loyihalashning asosiy tamoyillari haqida ma’lumotlar juda kam.

Shu mavzuga doir Fardis, O.A. Saxarov, A.M. Uzdin, I.O. Kuznetsova, E.N. Bellendir, A.N. Birbraer va boshqalarning ishlari mavjud. Masalan, Turkmanistonda foydalanilayotgan ko‘priklarni hisoblash me’yorlarida ko‘p pog‘onali hisoblash usuli qo‘llaniladi.

Ko‘priklarni loyihalash masalasida ko‘p pog‘onali yondashuvdan foydalanish – vaqtincha yuklarning mavjudligi, mas’uliyat darajasi, ko‘priklarni seysmoizolyatsiyasi va seysmik so‘ndirishlarning o‘ziga xosligi kabi ko‘priklarning seysmik tebranishlarini o‘ziga xos xarakterini e’tiborga olish imkonini beradi.

Ko‘rib chiqilayotgan sohada shu darajada orqada qolib ketildiki, hozirgi kunda ham Rossiyada metall oraliq qurilmalar kam qavatli g‘ishtli yashash binolari uchun qurilgan dinamiklik egri chizig‘ini qo‘llagan holda hisoblanadi. I.O.

Kuznetsovaning maqolasida ko‘priklarni ko‘p pog‘onali loyihalash masalalari batafsil ko‘rib chiqilgan.

Ko‘rsatilgan muammolarni bartaraf etish uchun quyidagi masalalarni hal etish zarur:

– ko‘priklar tebranishlarining asosiy spetsifik o‘ziga xosliklarini aniqlash va tahlil qilish;

– hisobiy ta’sir miqdorini belgilash;

– uyg‘unlik koeffitsientlarini baholash;

– hisobiy sxemasini berish;

– chegaraviy holatlar usulini rivojlantirish, hisobiy ta’sir darajalari va inshootning kutiladigan chegaraviy holatlari orasidagi moslikni aniqlash;

– ko‘priklarni seysmik himoyalash tizimlarini loyihalash va hisoblashga doir texnik yechimlar va takliflarni ishlab chiqish.

Fuqaro inshootlaridan farqli o‘laroq ko‘priklar uchun nafaqat asosiy ko‘tarib turuvchi konstruksiyalarning mustahkamligi va turg‘unligi masalalari, balki yo‘l ustki qurilmasi (YUQ) ning ish qobiliyati, harakatdagi tarkib turg‘unligini ta’minlash, tayanch qismlari yurishini chegaralash va boshqa o‘ziga xos masalalar ham muhim o‘rin egallaydi.

Ushbu masalalar ilmiy adabiyotlarda kam yoritilgan va me’yorlar bilan aniq belgilanmagan. Ko‘rinib turibdiki, eng muhim masalalardan biri bo‘lgan tayanchlardan oraliq qurilmalarni qulab ketishi masalasi ko‘priklarni hisoblash me’yorlarida umuman e’tiborga olinmagan. Ko‘priklarni vujudga kelishi mumkin bo‘lgan barcha chegaraviy holatlarini ko‘rib chiqish, ularni kelib chiqish sabablarini aniqlash va aniqlangan chegaraviy holatlarni vujudga kelish sharoitlarini rasmiylashtirish zarur.

Hozirgi vaqtda Rossiyada hamda boshqa xorijiy davlatlarda ishlab chiqilgan seysmohimoyalovchi qurilmalar bo‘yicha ko‘plab takliflar mavjud.

Qaror samarasi past bo‘lgan an’anaviy kuchaytirish usullaridan foydalanishga yoki keng reklama qilinayotgan seysmohimoyalash vositalariga asoslangan holda qabul qilinadi.

Bunda seysmohimoyalash tayanch qismlari optimizatsiyalanmaydi, maxsus himoya tizimlar qo‘llanganda esa ular umuman hisoblanmaydi. Xorijiy firmalar ishini har tomonlama tahlil qilmasdan o‘z qurilmalarini reklama qiladilar, bu esa masalaning maqbul echimini tanlashni mushkullashtiradi.

Taklif etilayotgan seysmohimoyalash vositalarini va ularning imkoniyatlarini kompleks tahlili hozirgi vaqtgacha mavjud emas. Shuning uchun ko‘priklarning seysmohimoyalash tayanch qismlarini hisoblash hamda tahlil qilish masalalari o‘ta jiddiy hisoblanadi. Yuqorida aytib o‘tilganlardan quyidagi xulosaga kelish mumkin:

– o‘ta ahamiyatli inshootlar hisoblangan ko‘priklarni ko‘p pog‘onali loyihalashga o‘tish masalalari hozirgi vaqtgacha loyihalovchilar uchun zarur bo‘lgan darajagacha rivojlantirilmagan;

– ko‘rsatilgan tadqiqotlar majmuasini bajarilishi seysmik hududlashtirish xaritalarni hisobga olib ko‘priklarni ko‘p pog‘onali loyihalash usullariga o‘tishga imkon yaratishi kerak.

Loyihalashning vazifasi to‘sinli ko‘priklar zilzilabardoshligini ta’minlash uchun seysmohimoyalovchi tayanch qismlarni to‘g‘ri tanlab, to‘g‘ri joylashtirishdan iborat.

6-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

1. Ko‘priklarni ko‘p pog‘onali loyihalashning maqsadi nimadan iborat?
2. Loyihaviy zilzila va maksimal hisobiy zilzila o‘rtasidagi farq nimada?
3. Ko‘priklarni loyihaviy zilzila bo‘yicha hisob ishlari tartibini tushuntiring.
4. Ko‘priklarni maksimal hisobiy zilzila bo‘yicha hisob ishlari tartibini tushuntiring.
5. Ko‘priklar seysmik tebranishlarining asosiy xususiyatlariga nimalar kiradi?
6. Zilzilabardosh inshootlarni loyihalash tamoyillariga nimalar kiradi?
7. Qurilishda sun’iy inshootlarning joylashish o‘rni qaysi parametrlar orqali aniqlanadi?

7-BOB. KO‘PRIKLARNI HISOBIY SXEMALARINI BELGILASH

7.1. Hisobiy sxemalarini tanlashga ta’sir etuvchi omillar

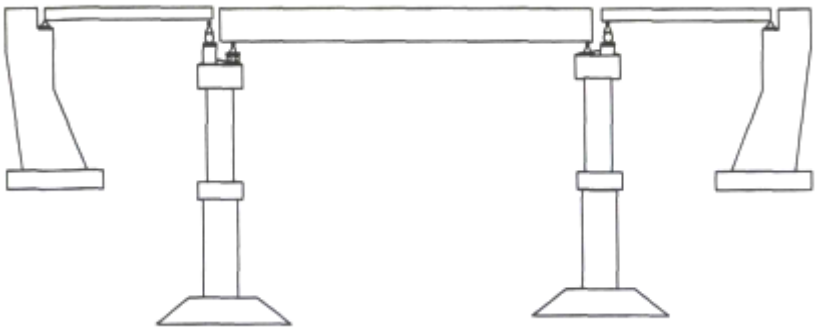
Rossiya Federatsiyasi hamda O‘zbekiston Respublikasidagi joriy me’yorlar ko‘priklar zilzilabardoshligini baholash uchun ularning hisobiy sxemalarini umuman reglamentlamaydilar. Ko‘priklar hisobiy sxemalarini belgilashga oid tavsiyalar qo‘shimcha yo‘riqnoma adabiyotlarida, xususan, PCH-44-88 da [86], Markaziy transport qurilishi ilmiy tadqiqot instituti (ЦНИИС) larning zilzilabardosh qurilish bo‘yicha tavsiyalarda, G.N.Karsivadzening asos bo‘ladigan monografiyasida [23], hamda maqola va boshqa [26-28] monografiyalarda keltiriladi.

Olib borilgan izlanishlar asosida tayanch qismlar oraliq qurilmalarni ko‘prik tekisligida sezilarli darajada mahkamlanishiga olib kelmaydilar va ko‘prikni ko‘ndalang ta’sirga hisoblashda hisobiy sxemasi sifatida o‘z tekisligiga perpendikulyar holatda tebranuvchi rigel va ustunlari sharnirli tutashtirilgan yassi ramadan foydalanish mumkin (7.1,b-rasm).

Ko‘prikni bo‘ylama hisoblanishiga kelsak, muhandislik hisoblashlar amaliyotida kichik oraliqli ko‘priklar (18m gacha, tayanch qismlari yassi yoki tangensial tipda) tugunlari sharnirli rama sifatida ishlaydilar. Bunday ramalarda oraliq qurilmadan tushadigan yuk asosan qirg‘oq tayanchlariga uzatiladi va qo’zg’aluvchan tayanch qismlarida ishqalanish kuchi yengilmaydi. Oraliq tayanchlar asosida mahkamlanib qo‘yilgan va tayanch qismlari sathida sharnirli tirab qo‘yilgan sterjen sifatida ishlaydilar.

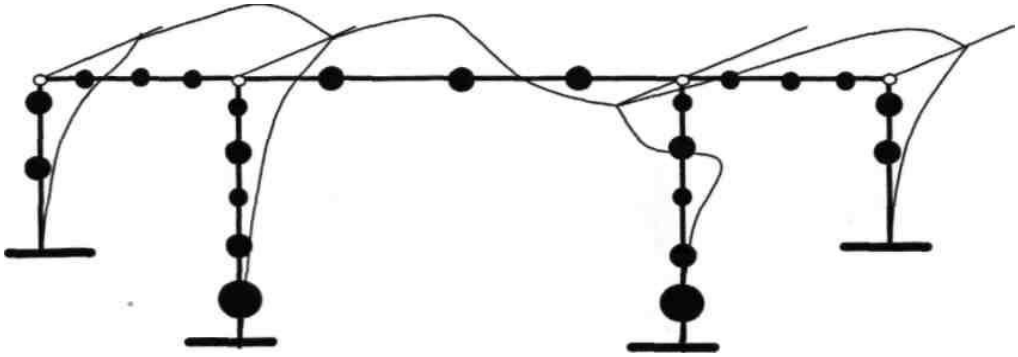
Katokli, valokli va sektorli tayanch qismlari qo‘llanadigan va oraliqlari 18m dan ortiq ko‘priklar uchun har doim ishqalanish kuchi yengib boriladi va har bir tayanch alohida turgan konsolli sterjen sifatida ishlaydi, shunda oraliq qurilmaning massasi tayanch qism sharnirining markazida jamlanadi. Uzun oraliqli ko‘priklarning ko‘pchiligi uchun (88m ortiq) qo‘shimcha ilmiy izlanishlar olib borish kerakligi alohida qayd etiladi.

a)

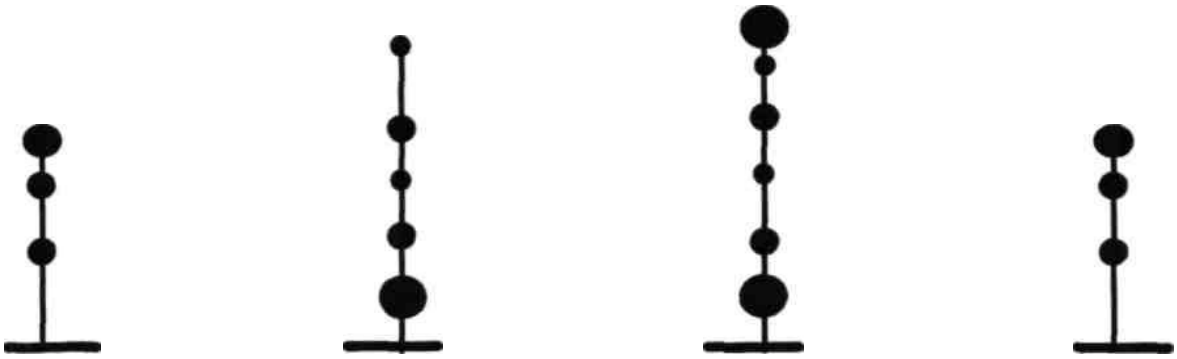


Ko‘prik tayanchlariga tushadigan ko‘ndalang inersion yuklarni baholash uchun hisobiy sxema

b)



Ko‘prik tayanchlariga tushadigan bo‘ylama inersion yuklarni baholash uchun hisobiy sxema



7.1-rasm. Oddiy to‘sinli ko‘priklar hisobiy sxemalarni belgilash

7.2. Loyihaviy zilzila va maksimal hisobiy zilzilalarda hisobiy sxemalarni belgilash

Tayanchlar, yo‘l ustki qurilmasi (YUQ) va oraliq qurilmalarning o‘zaro ta’sirining 2 ta o‘lchamsiz parametri [143] dagi ishlanmalarda kiritilgan.

1. YUQ bo‘ylama bikirligi C_{road} va tayanchning egilishga bikirligi C_{pier} lar orasidagi nisbatga teng

$$\chi = \frac{C_{road}}{C_{pier}} \qquad (7.1)$$

2. Qarshilik (birlashish) kuchlari tavsifi quyida keltirilgan

$$\bar{f} = \frac{f_{equiv}}{A} = \frac{(0.5 \cdot mgf + Q_{rails})}{Agm} = \left(\frac{0.5 \cdot f}{A} + \frac{Qrails}{Agm}\right) = \frac{1}{A} \cdot \left(0.5 \cdot f + \frac{Qrails}{gm}\right), \quad (7.2)$$

bu yerda

$f_{equiv} = \frac{(0.5 \cdot mgf + Q_{rails})}{Agm}$ – tayanch qismidagi ishqalanishning shartli koeffitsienti;

Q_{rails} – rels va kontrrelslarni bo‘ylama yuklanishga ko‘tarish qobiliyati, bu qiymat bitta rels iziga 100 kN gacha yetishi mumkin;

m – tayanchning ustki qismiga keltirilgan massasi;

f – tayanch qismida ishqalanish koeffitsienti.

Endi rels izining yuklanish ko‘rsatkichini kiritamiz

$$\varepsilon = \frac{S}{0.5 \cdot m_{span} \cdot gf + Q_{rails}} \qquad (7.3)$$

bunda $S=Ag(m_{span}+m_{pier})\beta k_1$ – seysmik inersion yuk;

m_{span} – oraliq qurilma massasi;

A – asos tezlanishi (og‘irlik kuchi tezlanishi ulushida);

β – dinamiklik koeffitsienti;

k_1 – chegaraviy holatlarning me’yoriy koeffitsienti.

Agar (7.3) da surat va maxrajni gm_{span} ga bo‘lsa, (7.4)-formula quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\varepsilon = \frac{\beta\chi k_1 (1+\mu)}{\bar{f}(1+\chi)} \qquad (7.4)$$

ε>1 da seysmik kuch jamlovchi ishqalanish kuchlaridan katta bo‘ladi, va ko‘prik oraliq qurilmalar bilan mahkamlangan alohida-alohida tebranuvchi tayanchlarga ajralib ketadi.

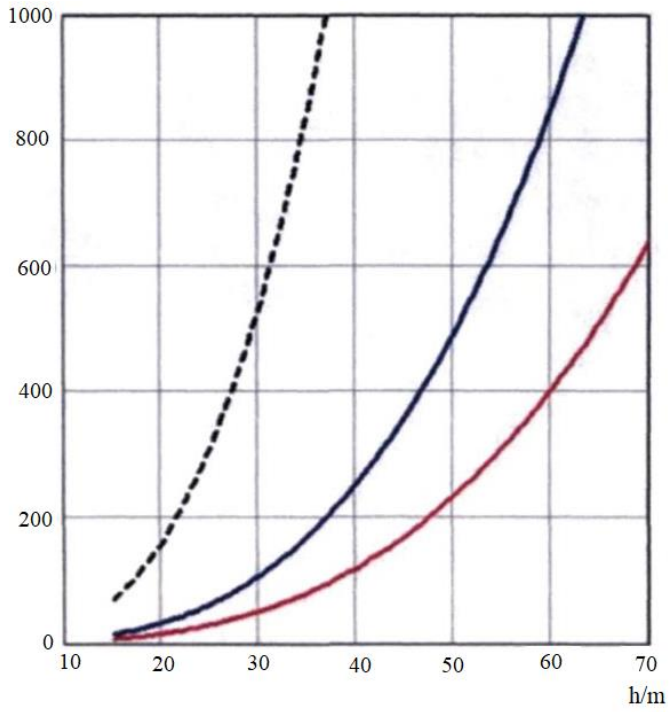
(7.4) formula uch parametrli bo‘lib χ, $\bar{f}$ va μ, parametrlarga bog‘liqdir, bunda

$$\mu = \frac{m_{pier}}{m_{span}} \qquad (7.5)$$

ε ko‘rsatkichni (7.5) formula bo‘yicha baholanishi to‘sinli uzlukli ko‘prikning hisobiy sxemasini belgilashga hamda ko‘priklarni hisoblash amaliyotida afsuski uchrab turadigan xatolarga yo‘l qo‘ymaslikka imkon beradi. Bunday xatolarning asosiysi ko‘prikning qolgan tavsiflariga bog‘liq bo‘lmagan kichik ishqalanish koeffitsientiga [26, 86] hamda katokli, valokli va sektorli tayanch qismlarga ega ko‘priklar uchun konsolli hisoblash sxemasidan foydalanishdan iborat. Ko‘p hollarda bunaqa farazlar to‘g‘ri bo‘lib chiqsa ham, u amalga oshmagan hollarga misollar keltirish mumkin. χ, $\bar{f}$ va μ parametrlarni ε qiymatiga ta’sirini e’tibor qaratamiz.

χ parametri YUQ bikirligi va tayanchlar balandligiga bog‘liq. YUQsining siljishga bikirligi yangi yotqizilgan muzlamagan ballastdan temirbeton plitalarda yoki metall ko‘ndalang to‘sinlarda joylashgan ko‘prikning ballastsiz polotnosiga o‘tishda taxminan 50 martaga o‘zgaradi. Tayanchlar bikirligini balandliklarining kubiga teskari proporsional deb hisoblasa bo‘ladi. Ular uchun tayanchlar balandligi 15 dan 70m gacha o‘zgaradi.

Ko‘rilayotgan balandliklar diapazoni uchun $\chi(h)$ bog‘lanishi 7.2-rasmda keltirilgan.



7.2-rasm. Parametr χ ni ko‘prik tayanchi balandligi h ga bog‘liqligi

Qizil chiziq - bikirligi C~2x10^{6}kN/m teng ballastda yurish;

Ko‘k chiziq - bikirligi C~4x10^{6}kN/m teng ballastda yurish;

Punktir chiziq - bikirligi C~2x10kN/m teng temirbeton plita ustida yurish .

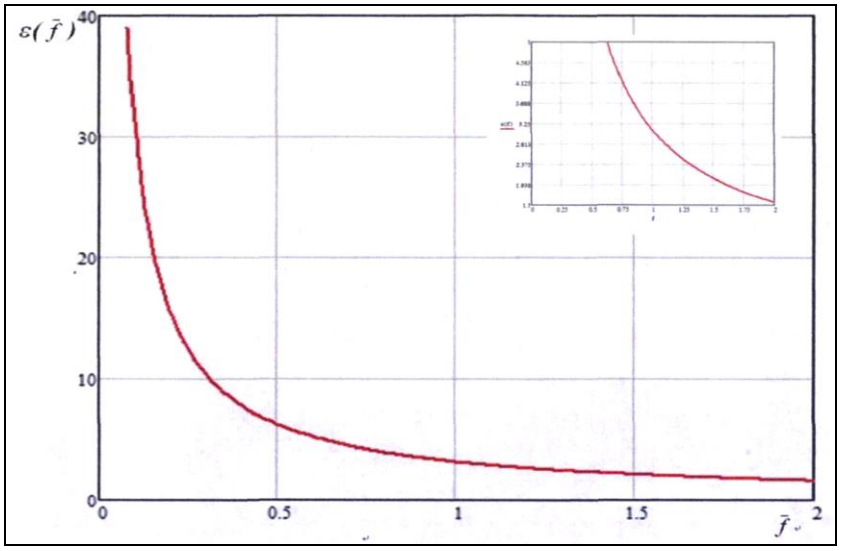
Rasmdan ko‘rinib turganidek, χ qiymati yumshoq ballastda yurish uchun 6 dan boshlab, to temirbeton plita ustida yurish uchun 500 va undan ortiq bo‘lgan diapazonda o‘zgaradi. Bu qiymatlar uchun $\frac{\chi}{1+\chi} \approx 1$ va ε qiymat uchun formula quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\varepsilon = \frac{\beta k_1 (1+\mu)}{\bar{f}} \qquad (7.6)$$

Endi $\bar{f}$ parametriga nazar tashlaymiz. Uni nafaqat qo‘zg‘aluvchan tayanch qismlaridagi ishqalanish koeffitsientiga bog‘liqligiga, balki hisobiy tezlanishlar darajasi A ga ham bog‘liqligiga e’tibor qaratish zarur, buning ustiga keyingi qiymat ancha katta bo‘ladi. [143] ishda eng ko‘p uchraydigan, uzunligi 55m gacha bo‘lgan nisbatan yengil oraliq qurilmalarga e’tibor qaratiladi. Bunday ko‘priklar uchun ko‘pincha oraliq qurilmalarni yagona ramali tizimga birlashtirish mumkin.

Og‘ir oraliq qurilmalar uchun (m_{span}=800t) μ ning odatiy miqdori 4 dan katta

bo‘ladi. Yirik ko‘priklarda qo‘llanadigan katokli, valokli tayanch qismlari uchun $\overline{f}$ ning qiymati sust ta’sirlar uchun 2 dan boshlab, eng kuchli ta’sirlar uchun esa 0.1 gacha bo‘lgan diapazonda o‘zgaradi. ε($\overline{f}$) bog‘lanishlar 7.3-rasmda keltirilgan.



7.3-rasm. ε($\overline{f}$) bog‘liqligi katta ko‘priklar uchun (μ=4), yuqorida 0.6< $\overline{f}$ <2 diapazon uchun fragment ko‘rsatilgan.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, μ>4 da yirik ko‘priklar uchun tayanch qismlaridagi ishqalanish kuchlari doim yengiladi (ε>1) va tizim LZ uchun ham, MHZ uchun ham alohida-alohida tebranuvchi tayanchlarga ajralib ketadi.

7.3. Ko‘prik oraliq tayanchlarining sayoz joylashgan poydevorli asoslarini zilzilabardoshlikka hisoblash

Yuklar va ta’sirlar

Ko‘prik va yo‘l o‘tkazgich tayanchlari poydevorining zilzilabardoshligini baholash uchun tabiiy zamindagi poydevor tagi tekisligida seysmik kuchlanishlar hamda vaqtincha va doimiy yuklardan (eguvchi momentlari, gorizontal va vertikal kuchlar) tushadigan kuchlanishlarni aniqlash zarur.

Yo‘l o‘tkazgich o‘q chizig‘i va ko‘ndalang yo‘nalish bo‘yicha ta’sir etadigan seysmik yuklarni alohida-alohida hisobga olish kerak. Quyida to‘sinli yo‘l o‘tkazgich o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan seysmik yukni aniqlash usuli keltirilgan.

Yo‘l o‘tkazgich o‘qi bo‘yicha ta’sir etuvchi seysmik yukni aniqlashda harakatdagi temir yo‘l tarkibi massasi hisobga olinmaydi.

Temir yo‘l ko‘priklarini hisoblashda seysmik yuklar transporterlardan hamda harakatdagi temir yo‘l tarkibini urilishlaridan tushadigan yuklar bilan birgalikda hisobga olinmaydi.

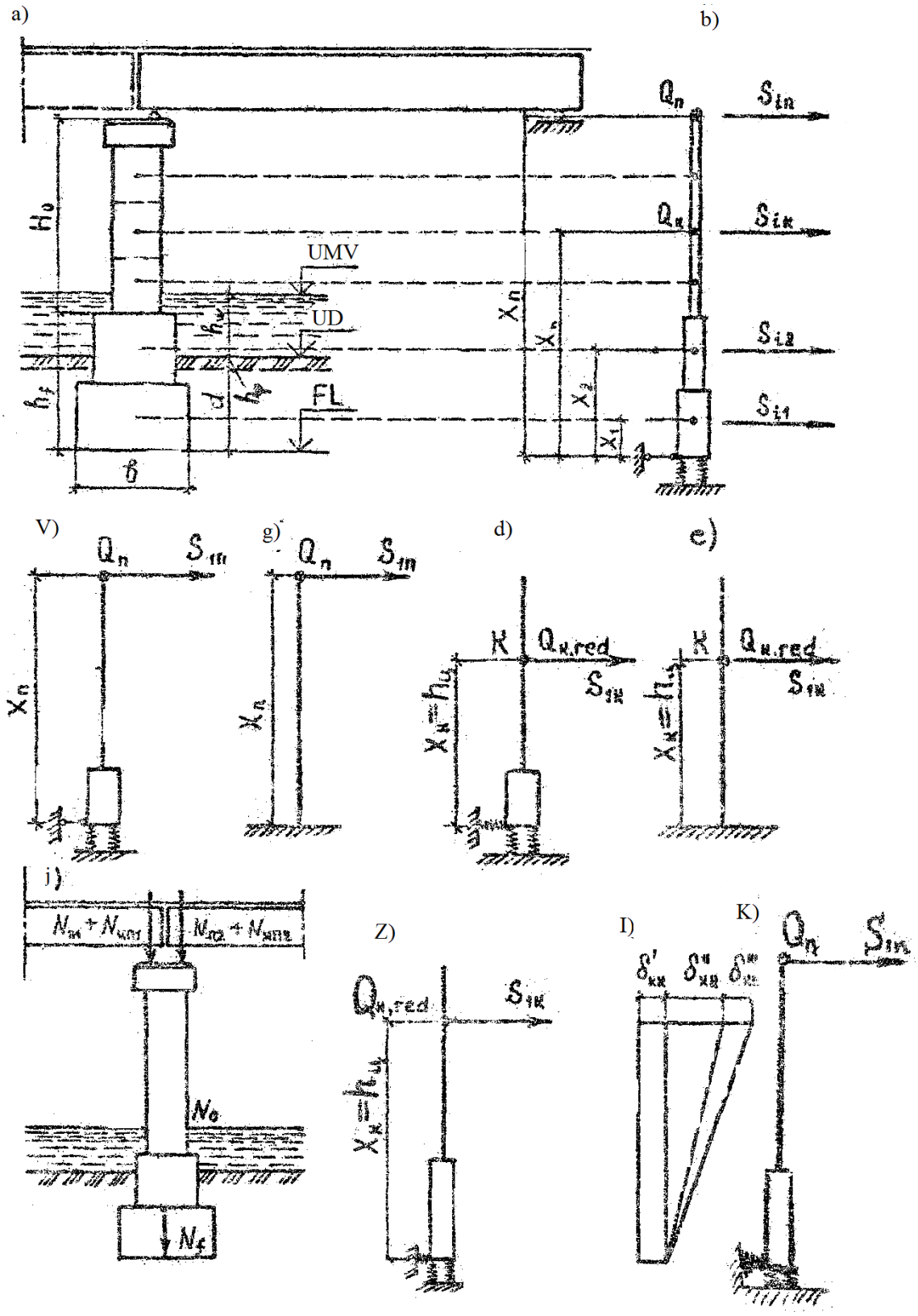
Doimiy me’yoriy yuklar va ta’sirlar harakatdagi tarkibning me’yoriy yuklari, hamda yuklar va ta’sirlar bo‘yicha ishonchlilik koeffitsientlari [12] dan olinadi. Ko‘priklar va yo‘lo‘tkazgichlarni seysmik ta’sirni e’tiborga olib hisoblashda harakatdagi temir yo‘l tarkibidan tushadigan vertikal yukni, ko‘prik (yo‘l o‘tkazgich) dagi faqat bitta izni yuklagan holda, jamlangan yuk ΣCI4 ko‘rinishida hisobga olinadi. Harakatdagi tarkibdan tushadigan yukga beriladigan dinamik koeffitsient birga teng deb olinadi.

Temir yo‘l ko‘priklari (yo‘l o‘tkazgichlar) ni seysmik ta’sirni e’tiborga olib hisoblashda moslik koeffitsientlari η ni quyidagilarga tenglab olinadi: doimiy yuklar va ta’sirlar, o‘zgarmas yuklar bilan, hamda qo’zg’aluvchan tayanch qismlardagi doimiy yuklar natijasida hosil bo‘ladigan ishqalanishlar ta’siri bilan birga e’tiborga olinadigan seysmik yuklar uchun - 1; temir va avtomobil yo‘llari harakatdagi tarkibidan tushadigan yuklar ta’siri bilan birga hisobga olinadigan seysmik yuklar uchun – 0,8; temir yo‘llar harakatdagi tarkibidan tushadigan yuklar uchun – 0,7.

7.4. Sayoz joylashgan poydevorlardagi oraliq tayanchlarning dinamik hisobiy sxemalari

Ko‘prik (yo‘l o‘tkazgich) seksiyasining dinamik hisobiy sxemasi balandligi 20m gacha bo‘lgan ko‘priklar tayanchlari hamda balandligi 10 m gacha bo‘lgan viaduklar tayanchlari uchun qo‘llaniladigan 4-5 ta yukga ega o‘zgaruvchan kesimli

elastik konsol sterjeni ko‘rinishida qabul qilinadi (7.4,b-rasm).



7.4–rasm. Oraliq tayanchlarning dinamik hisobiy sxemalari

Ko‘p sonli erkinlik bosqichlariga ega tayanchlarni hisoblash murakkab bo‘lib, EHM dan foydalanishni talab etadi. Hisoblashda hisobga olinadigan xususiy tebranishlar shakllari soni, agar birinchi (eng past) tonning xususiy tebranishlari davri $T_1 > 0,4$sek bo‘lsa – uchtadan ortiq shaklni, va, agar $T_I \leq 0,4$ sek bo‘lsa – faqat birinchi shaklni qabul qilish tavsiya etiladi.

Bir qator hollarda soddalashtirilgan sxemalar bo‘yicha hisoblash nisbatan aniq sxemalar bo‘yicha hisoblashdan deyarli farq qilmaydi.

Masalan, oraliq qurilmalari katta bo‘lmagan to‘sinli ko‘priklar (yo‘l o‘tkazgichlar) ni seysmik yuklarga hisoblashda ko‘pincha taqribiy sxemalardan foydalaniladi. Tayanchlarni uncha katta bo‘lmagan balandligini hisobga olib, hisoblashlarda o‘z tebranishlarning faqat birinchi shakli bilan chegaralanadi.

Tayanchning hisobiy sxemasi ko‘prik yoki yo‘l o‘tkazgich tekisligida tebranuvchi vaznsiz elastik sterjen ko‘rinishida qabul qilinadi (7.4,b-, 7.5-rasm).

QMQ 2.01.03–96 ga ko‘ra seysmik yukni aniqlashda ko‘prik (yo‘l o‘tkazgich) konstruksiyasi va asosining elastik deformatsiyalarini hisobga olish zarur.

Kichik oraliqli ko‘prik (yo‘l o‘tkazgich) larni hisoblashda qo’zg’aluvchan tayanch qismlarida ishqalanish kuchlari kata bo’ladi va tebranish jarayonida yo’qolmaydi.

Tayanch qismlari turidan qat’iy nazar har bir tayanchga unga tayangan ikkala oraliq qurilma ta’sir etadi deb hisoblanadi. Shuning uchun hisobiy sxemasining yuqorisida mujassamlashgan kuch, ya’ni tayanchga tayanadigan ikkala oraliq qurilmalari vaznining yarmi qo‘shiladi.

Odatda, kichik oraliq va massiv tayanchlarga ega ko‘prik va yo‘l o‘tkazgichlarning bo‘ylama tebranishlari (asosiy tonligi) davri $T_i<0,4$ sek ga teng bo‘ladi.

Shunday qilib, kichik oraliqli ko‘prik va yo‘l o‘tkazgichlarni hisoblashda ko‘p hollarda xususiy tebranish va shakllarini katta aniqlik bilan topish talab etilmaydi. Bu hisoblash jarayonini juda ham osonlashtiradi.

Quyida taklif etilgan ko‘prik va yo‘l o‘tkazgichlar tayanchlarini seysmik

ta’sirga hisoblash uslubi tayanch konstruksiyasining elastik deformatsiyalarini, grunt bo‘ylab poydevorni siljishi va uni asosda elastik buralishini hisobga oladi. Tayanchni poydevori bilan massasini, unga qo‘shilgan tayanchga tayanadigan oraliq qurilmalar massasini jamlangan massaga almashtiriladi.

Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimning xususiy tebranishlari davrini quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{Q_{k,red}\delta}{g}}, \qquad (7.7)$$

bu yerda δ – yagona birlik kuch keltirib chiqargan yuk $Q_{k,red}$ ning jami ko‘chishlari (7.4- va 7.5-rasmlar).

$$\delta = \delta^{1}{}_{kk} + \delta^{11}{}_{kk} + \delta^{111}{}_{kk},$$

bu yerda $g=9,8m/s^2$ – erkin tushish tezlanishi.

Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizim uchun tegishlicha elastik siljish $\delta'_{\kappa\kappa}$ tayanch poydevor tagidagi burilishi $\delta''_{\kappa\kappa}$ hamda tayanch konstruksiyasining elastik deformatsiyasi $\delta'''_{\kappa\kappa}$ dan kelib chiqadigan birlik ko‘chishlarni quyidagi formulalardan topiladi (7.5–rasm):

$$\delta'_{\kappa\kappa} = \frac{1}{C_x A_f}; \qquad (7.8)$$

$$\delta''_{\kappa\kappa} = \frac{X_\kappa^2}{C_\varphi J_f}; \qquad (7.9)$$

$$\delta'''_{\kappa\kappa} = \frac{X_\kappa^3}{3E_0 J_0}, \qquad (7.10)$$

bu yerda A_f – tayanch poydevori tagining maydoni;

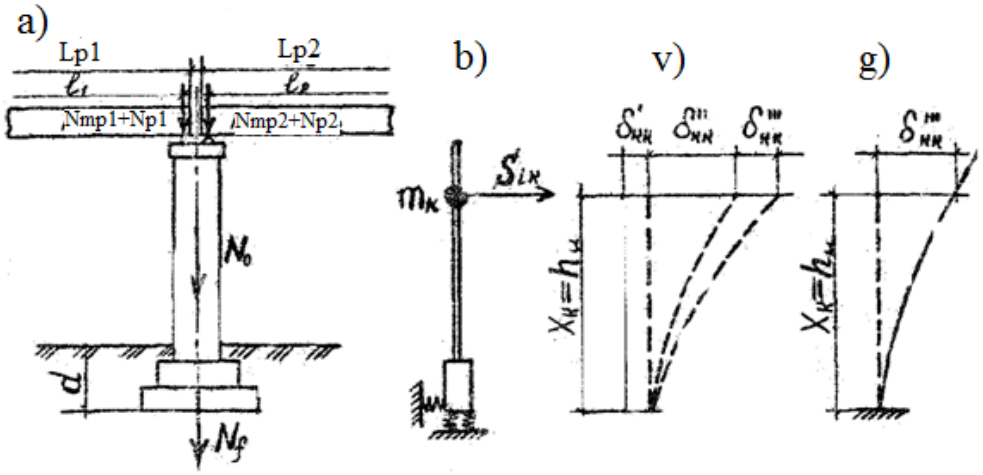
J_f – tebranish tekisligiga perpendikulyar o‘qqa nisbatan tayanch poydevori tagining inersiya momenti;

J_0 – shuning o‘zi, tayanch tanasiga oid;

E_0 – tayanch betonining elastiklik moduli;

$X_к$ – poydevor tagidan $Q_{k.red}$ yukning keltirilgan og‘irlik markazigacha masofa (7.4-va 7.5-rasm).

$$X_к = \frac{\sum m_i x_i}{m} = \frac{\sum N_i X_i}{N}. \qquad (7.11)$$



7.5-rasm. Ko‘prik (yo‘l o‘tkazgich) o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan seysmik yukni hisobiy sxemalari

Tajriba ma’lumotlari bo‘lmagan hollarda asosni elastik siljishining proporsionallik koeffitsientlari C_x hamda asosning elastik notekis siqilishini proporsionallik koeffitsientlari C_φ quyidagilarga tenglab olinadi:

$$C_x = 0{,}7C_z; \qquad (7.12)$$

$$C_\varphi = K_c C_z, \qquad (7.13)$$

bu yerda C_z – asosni tekis siqilishida proporsionallik koeffitsienti.

7.1-jadval

Koeffitsient K_c ni poydevorning katta va kichik o‘lchamlari nisbati a/b ga bog‘liqligi

α/b	1	2	4	6	8	10
K_c	2,5	3,15	3,85	4,4	4,65	4,85

Gruntni tekis siqilishida proporsionallik koeffitsienti 7.2-jadvaldan olinishi mumkin.

7.2-jadval

Gruntning tekis siqilishining mutanosiblik koeffitsientlari C_z

P, kPa	100	200	300	400	500
C_z, kH/m^3	20000	40000	50000	60000	70000

7.2-jadvalda keltirilgan gruntning o‘q bo‘yicha siqilishga hisobiy qarshiligi quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$R = 1{,}7\left\{R_0\left[1 + K_1(b-2)\right] + K_2\gamma(d-3)\right\},$$

bu yerda R_0 – gruntning shartli qarshiligi, kPa;

b – poydevor tagining kengligi (kichik tomoni yoki diametri), m; 6 m dan ortiq kenglikda b=6 m deb qabul qilinadi;

d – poydevor chuqurligi, m;

γ – poydevor ostidan teparoqda joylashgan gruntning solishtirma og‘irligini qatlamlar bo‘yicha suv zarrachalarni muallaq ushlash xususiyatini hisobga olmasdan topilgan hisobiy miqdori γ=19,62 kH/m^3 ga tenglashtirib olinishi kerak;

K_1,K_2 – koeffitsientlar.

Ko‘p hollarda qoya toshli asos juda qattiq bo‘ladi va uning deformatsiyalari katta bo‘lmaydi. Shuning uchun poydevor tagi hisobiy qarshiligi 500 kPa dan ko‘proq qilib o‘rnatilganda, poydevorning asosda siljishi va buralishini hisobga olinmasligiga ruxsat etiladi.

Tajribaviy ma’lumotlar bo‘lmagan hollarda, C_z (кН/м^3) qiymatini tagining

maydoni A_f =200m^2 dan katta bo‘lmagan poydevorlar uchun quyidagi formula bo‘yicha ham aniqlash mumkin:

$$C_z = b_0 E\left(1+\sqrt{A_0 / A_f}\right),$$

bu yerda b_0 – qumlar uchun 1, qumli loy va gilli tuproqlar uchun 1.2, loy va yirik blokli gruntlar uchun 1.5 ga tenglab olinadigan koeffitsient, m^{-1};

E – QMQ 2.02.01-97 [144] talablariga ko‘ra aniqlanadigan gruntning – deformatsiya moduli, kPa;

A_f – poydevor tagi yuzasi, m^2; A_0 =10m^2.

Taglik maydoni A_f > 200m^2 bo‘lgan poydevorlar uchun C_z koeffitsientining qiymati yuzasi A_f = 200m^2 larniki kabi qabul qilinadi.

Dinamik hisobiy sxemalarning ko‘plab ko‘rinishlari (7.4,b-k-rasm) orasidagi 7.4,b-rasmda keltirilgan sxema bo‘yicha nisbatan baland yoki nisbatan elastik tayanchlarni zilzilabardoshlikka hisoblash mumkin.

Hisoblash odatda EHM larni qo‘llagan holda amalga oshiriladi. Kichik va o‘rtacha ko‘prik hamda yo‘lo‘tkazgichlarning nisbatan massiv bikir tayanchlarini zilzilabardoshlikka hisoblashni erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimlar uchun hisoblash kabi EHMdan foydalanmasdan amalga oshirish mumkin.

MDH davlatlaridagi oraliq qurilmalari 30m gacha bo‘lgan kichik va o‘rta ko‘priklar, hamda yo‘l o‘tkazgichlar ularning umumiy sonining 96% ni, Chexiyada esa 95,7% ni tashkil etadi. Germaniyada 87,3 % ko‘priklarning oraliq qurilmalari 20m dan kichik. Shunday qilib, tayanchlarni zilzilabardoshlikka hisoblashlar ko‘pincha yagona erkinlik darajali dinamik hisobiy sxemalarni qo‘llab bajarilishi mumkin (7.4,v–k–rasm). Hozirgi vaqtda odatda 7.4,b,v,g-rasmda berilgan dinamik hisoblash sxemalaridan foydalaniladi.

Hisoblashlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, asosga qistirilgan vaznsiz konsol sterjen ko‘rinishidagi hisobiy sxemasini (7.4,e–rasm) asos qoya toshli gruntlarda va juda ham ko‘p hollarda yirik siniq toshli (harsang tosh, shag‘al, chaqiq toshli)

gruntlarda joylashganda, hamda qattiqlik darajasi kuchli va o‘rtacha loysimon gruntlar uchun qabul qilish mumkin. Boshqa barcha hollarda 7.4,z-rasmda berilgan dinamik hisoblash sxemalaridan foydalanish zarur.

7.5. Oraliq tayanchlardagi seysmik kuchlarni aniqlash

Ko‘prik yoki yo‘l o‘tkazgichlarni hisoblashda hisobiy seysmik yuk S_{ik} quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$S_{ik} = \eta_{18} K_1 A K_\psi \beta_i \eta_{ik} Q_{k,red}, \qquad (7.14)$$

bu yerda η_{18} – temir yo‘lning harakatdagi tarkiblaridan tushadigan 0,8 ga teng yuk bilan birga qabul qilinadigan seysmik yukka qo‘shiladigan birikuv koeffitsienti;

K_i – ko‘prik yoki yo‘lo‘tkazgichning yo‘l qo‘yilgan shikastlanishlarini hisobga oluvchi koeffitsient, K_i=0.25;

K_ψ – konstruksiya tebranishlari so‘nishini hisobga oluvchi koeffitsient. Ko‘prik (yo‘l o‘tkazgich) larni ustunsimon tayanchlari uchun K_ψ koeffitsienti seysmik yuk ta’sir etuvchi yo‘nalishi tomonidagi ustunsimon tayanchlarni poydevor yuzasidan balandligini o‘lchamlariga nisbatiga ko‘ra $h/b \le 25$ da 1.5, $h/b \le 15$ da 1.0, h/b ning oraliq miqdorlarida interpolyasiya bo‘yicha qabul qilinadi. Qolgan hollarda K_ψ=1;

A – 7, 8, 9 balli hisobiy seysmiklik uchun tegishlicha 0,1; 0,2; 0,4 ga tenglab olinadigan koeffitsient;

$Q_{k,red}$ – k nuqtaga nisbatan olingan inshootning hisobiy vazni (7.4- va 7.5-rasm);

β_i, η_{ik} – 7.6-rasm bo‘yicha aniqlanadigan dinamiklik va tebranishlar shakli koeffitsientlari.

7.6. Dinamiklik koeffitsienti

Dinamiklik koeffitsienti quyidagi formuladan (7.6,b-rasm) topiladi:

$$\beta_i = \frac{1.1}{T_i}, \qquad (7.15)$$

bu yerda T_i – ichi ton bo‘yicha ko‘prik (yo‘l o‘tkazgich) ning xususiy tebranishlari davri, sek.

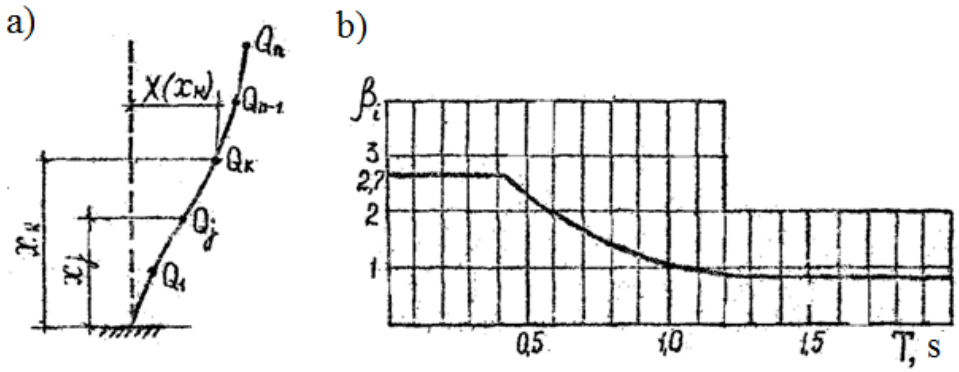
β_i koeffitsienti 0,8 dan kam va 2,5 dan katta bo‘lmasligi kerak.

$T_i \leq$ 0,4sek bo‘lganda, dinamiklik koeffitsienti β_i = 2,7 ga, $T_i \geq$1,4 sek da esa β_i=0,8ga teng.

$T_i \leq$ 0,4sek da koeffitsient η_{ik} ni soddalashtirilgan formula bo‘yicha aniqlashga ruxsat etiladi (7.6,a–rasm).

$$\eta_{1k} = \frac{X_k \sum_{j=1}^{n} Q_j X_j}{\sum Q_j X_j^{\,2}}, \qquad (7.16)$$

bu yerda X_k ,X_j – bir joyga jamlangan Q_k yuklarni tayanch asosiga nisbatan mahkamlanish koordinatalari.



7.6-rasm. Tebranishlar shakli koeffitsienti η_k – (a) va dinamiklik koeffitsienti β_i larni aniqlash sxemalari – (b)

Asosning mustahkamlik zahirasini taxminan η_{1k}=1 deb olish mumkin. G.N. Karsivadze barcha tayanchlarni yuqorida keltirilgan uslub bo‘yicha hisoblashdan so‘ng qo’zg’aluvchan tayangan oraliq qurilmalarni qo‘shni tayanchlarni vaznidan kelib chiqadigan hisobiy sxemalari bo‘yicha topilgan seysmik kuchlarning 25% ini faqat qo’zg’aluvchan tayanch qismlarini ushlab turuvchi tayanchlarga qo‘shimcha

sifatida uzatib berishni tavsiya etgan.

Qurilish hududining ballarda hisoblanadigan seysmikligi 1 va 2-ilovalardan [12] olinadi, so‘ng esa qurilish maydoni gruntlari kategoriyasiga ko‘ra inshoot zilzilabardoshligi aniqlashtiriladi.

Chetki tayanchlarni old tomonidagi katta o‘lchamlarida, hamda massiv oraliq tayanchlarini ko‘prik o‘qiga nisbatan ko‘ndalang yo‘nalish bo‘yicha hisoblashda yuqorida keltirilgan birlik ko‘chishlardan tashqari yana tayanch tanasini siljish deformatsiyasidan kelib chiqadigan birlik ko‘chishlarini ham hisoblash zarur.

$$\delta_{kk}^{""} = \frac{1{,}2X_k}{G_0 A_0}, \tag{7.17}$$

bu yerda G_0 – tayanch tanasi betonining siljish moduli;

A_0 – tayanch tanasi ko‘ndalang kesim maydoni.

K nuqtada yukni to‘plashda birlik jamlangan ko‘chishlar quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi (7.6–rasm):

$$\delta = \delta'_{kk} + \delta''_{kk} + \delta'''_{kk} \ . \tag{7.18}$$

Tayanch konstruksiyasi elastik deformatsiyasidan hosil bo‘ladigan birlik ko‘chishning yanada aniqroq miqdori quyidagi formuladan topilishi mumkin:

$$\delta_{kk}^{111} = \frac{\left(1+\mu\lambda^3\right)h_\varsigma^{\,3}}{3E_f I_f}; \tag{7.19}$$

$$\mu = \frac{E_f I_f}{E_0 I_0} - 1; \tag{7.20}$$

$$\lambda = \frac{h_\varsigma - h_f}{h_\varsigma}; \tag{7.21}$$

$$N^1_{MП} = A_b l_n \gamma_b, \tag{7.22}$$

bu yerda $A_b = 2{,}0\ m^2$, $\gamma_b = 20\ kH/m^3$, $\gamma_{f,pr,s} = \gamma_{fc} = \gamma_{ff} = 1{,}1$; $\gamma_{fмп} = 1{,}3$.

$$N^1_{TП} = P_{TП} l_n, \tag{7.23}$$

bu yerda P_{TP}=5 kH/m – panjarali trotuarlar vaznidan tushadigan yuk;

L_n – oraliq qurilmaning umumiy uzunligi.

Tayanch tanasi va poydevorning me'yoriy og'irligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} N^1_0 &= V_0 \gamma_0; \\ N^1_f &= V_f \gamma_f, \end{aligned} \tag{7.24}$$

bu yerda V_0, V_f – tayanch tanasi va poydevorning hajmi;

γ_0, γ_f – tayanch tanasi va poydevorning solishtirma og'irliklari.

Beton tayanchlar uchun $\gamma_0 = \gamma_f$ =23,5 kN/m^3 deb qabul qilish mumkin.

Hisobiy vaznlar me'yoriy vaznlarni yuklar bo'yicha ishonchlilik va birikuv koeffitsientlari γ_f ga ko'paytmasidan topiladi.

7-bob materiallarini o'zlashtirish bo'yicha nazorat savollari

1. Hisobiy sxemalarini tanlashga ta'sir etuvchi omillarni sanab bering?
2. Loyihaviy zilzila va maksimal hisobiy zilzilalarda hisobiy sxemalarni belgilash
3. Ko'prik (yo'l o'tkazgich)larning dinamik hisobiy sxemasini qaysi shaklda qabul qilinadi?
4. Ko'prik tayanchiga qanday yuklar ta'sir ko'rsatadi?
5. Ko'prik va yo'l o'tkazgichlarga hisobiy sxema qilishdan maqsad nima?

6. Ko‘priklarning zilzilabardoshligiga qaysi parametrlar ta’sir ko‘rsatadi?

7. O‘rta tayanchlarda seysmik yuklar qanday aniqlanadi?

8. Dinamiklik koeffitsienti qanday aniqlanadi va unga qaysi parametrlar ta’sir ko‘rsatadi?

8-BOB. KO‘PRIKLARNI ZILZILABARDOSHLIKKA LOYIHALASH VA HISOBLASHNING MAXSUS USULLARI

8.1. Ko‘priklarni mavjud seysmoizolyatsiyalash tizimlari tahlili

Antiseysmik qurilmalar tayanchlar, oraliq qurilmalari va ko‘prikning tayanch qismlari tarkibiga kirishi mumkin. Bundan tashqari, antiseysmik qurilmalari ko‘prik asosiy elementlari orasidagi bog‘lanishlar yordamida ham amalga oshirilishi mumkin (masalan, oraliq qurilma va grunt orasida, tayanchlar va oraliq qurilmalari orasida, yonma-yon joylashgan oraliq qurilmalar orasida, qo‘shni tayanchlar orasida).

Antiseysmik qurilmalariga inshootni zilzilalardan saqlovchi funksiyasini amalga oshiruvchi, ko‘prikning asosiy elementi sifatida qarash maqsadga muvofiqdir.

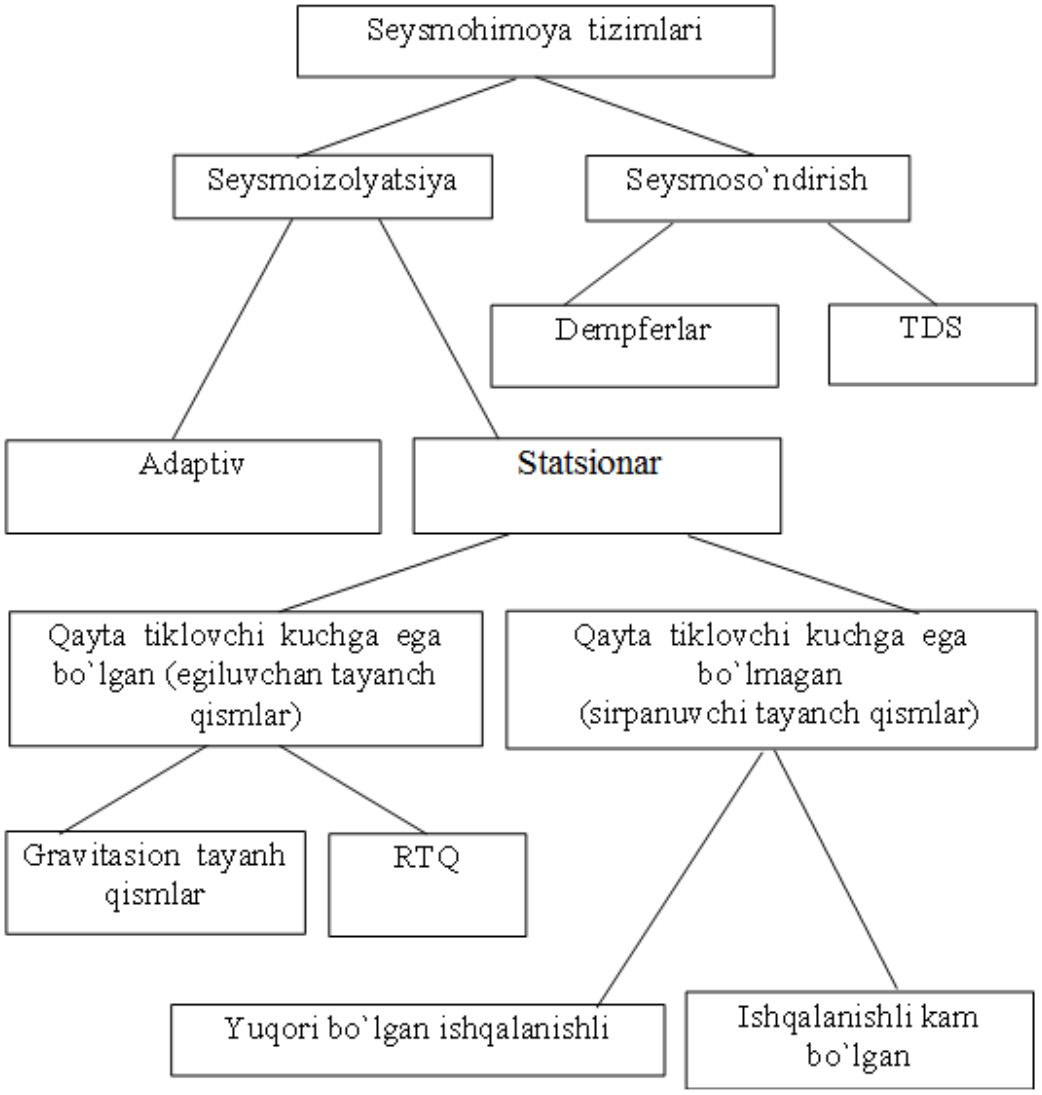
Ko‘priklarning zilzilabardoshligini ta’minlash uchun, kuchaytirishning ikkita usuli qo‘llaniladi: **an’anaviy va maxsus**.

An’anaviy usullar ta’sir etuvchi seysmik yuklarni qabul qilinishini ta’minlashlari kerak. Bunga konstruksiya elementlarini rivojlantirish va kuchaytirish yo‘li bilan yoki ta’sir etuvchi yuklarni elementlar orasida taqsimlash yo‘li bilan erishiladi.

Maxsus usullar inshoot ishining dinamik sxemasini o‘zgarishi hisobiga seysmik yuklarni kamayishini ta’minlashi kerak va seysmoizolyatsiya va seysmoso‘ndirishlarga bo‘linadi. Maxsus seysmohimoya tizimlarining umumiy tasnifi 8.1-rasmda ko‘rsatilgan.

Dunyo bo‘yicha amaliyotda seysmik ta’sirlardan himoyalashda

seysmoizolyatsiya usulidan keng foydalaniladi.



8.1-rasm. Ko‘priklarni ishlash prinsipiga ko‘ra seysmohimoyalashning maxsus usullarini tasniflash

Seysmoizolyatsiya deganda, biz ma’lum bir sathlarda moyillik darajasi yuqori bo‘lgan elementlarni o‘rnatish hisobiga seysmik tebranishlar jarayonida inshootlarga ta’sir etadigan energiyani kamaytirish tizimlarini nazarda tutamiz.

Shunday qilib, seysmoizolyatsiyaning ihtiyoriy tizimi uchta asosiy qismdan tashkil topishi kerak: ***bikir qurilma, seysmoizolyatsiyalovchi element*** va ***ko‘tarib turuvchi konstruksiya***. ***Seysmoizolyatsiya adaptiv*** va ***statsionar***ga ajratiladi.

Adaptiv tizimlar. Seysmoizolyatsiyaning *adaptiv tizimlari* oraliq qurilmalarning qo‘shaloq tiralish tizimlaridan iborat bo‘lib, bikir yoki egiluvchan

tayanch qismlarga bo‘linadi. Bikir tayanch qismlari ekspluatatsion yuklarni ma’lum zahira bilan qabul qiladilar. Ekstremal yuklarda bikir tayanch qismlari buziladi va tayanch qismlarning ikkinchi guruhi – egiluvchanlari – ishga tushadi.

Statsionar tizimlar. Seysmoizolyatsiyaning statsionar tizimlari tarkibiga 4 guruh texnik yechimlar kiradi. Yechimlarning dastlabki ikkita guruhi – bu “egiluvchan” tayanch qismlar bo‘lib, ularda tiklash kuchi elastiklik kuchlaridan (rezina metalli tayanch qismlar - RTQ) yoki og‘irlik kuchidan kelib chiqadi (gravitatsion tayanch qismlar – GTQ).

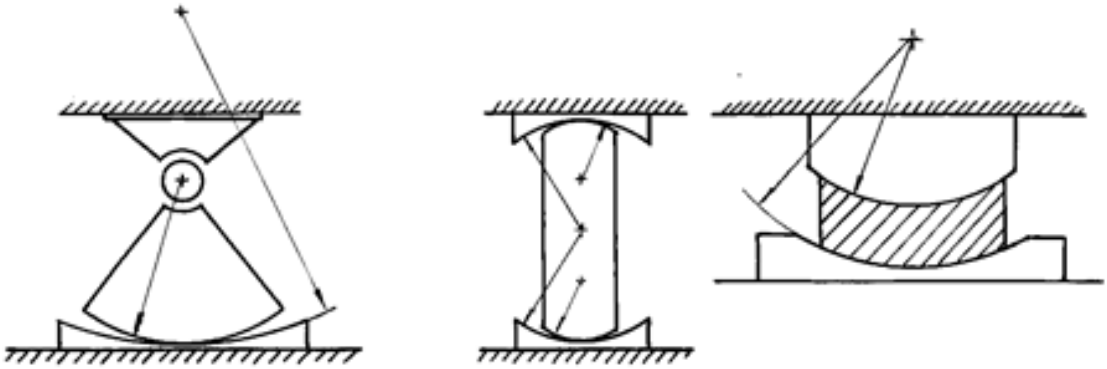
Yechimlarning keyingi ikki guruhi – bu ***"sirpanuvchi"*** tayanch qismlar. Ishlash prinsipiga ko‘ra ularni ikki kategoriyaga bo‘lish mumkin: *kichik* va *katta ishqalanishlilarga*. Birinchi holda oraliq qurilmalar zanjir ko‘rinishida tutashtiriladi, oraliq tayanchlarga esa qo’zg’aluvchan (“sirpanuvchan”) tayanch qismlari o‘rnatiladi.

Seysmoizolyatsiyaning statsionar tizimlarini tiklash kuchiga ega va ega emaslarga ajratish mumkin. O‘z navbatida, tiklash kuchiga ega seysmoizolyatsiya tizimlari **elastik** va **gravitatsionlarga** bo‘linadi. Birinchilarida tiklash kuchi bo‘lib elastiklik kuchi, ikkinchilarida esa og‘irlik kuchi xizmat qiladi.

Gravitatsion seysmoizolyatsiyalovchi poydevorlarni **osma** va **tayanch**larga bo‘lish mumkin. Osma poydevorlarda binolar pastki poydevor plitasi bilan bikir birlashtirilgan ramali konstruksiyaga tyagalar yordamida osib qo‘yiladigan ustki poydevor plitasiga o‘rnatiladi. Ashxobod shahrida qurilgan F.D. Zelenkovning seysmoizolyatsiyalovchi poydevori Sobiq Ittifoqda bunday tipdagi poydevorlarning birinchisi bo‘lgan.

Tayanch poydevorlarida ustki poydevor plitasi kinematik tayanchlarga tayanadi. Gravitatsion tayanchlar sxemasi 8.2-rasmda ko‘rsatilgan.

Hozirgi vaqtda seysmoizolyatsiyani bino va inshootlarni, shu jumladan seysmikligi 8 balldan ortiq bo‘lgan hududlarda quriladigan ko‘priklarni ham eng kelajagi porloq seysmohimoyalash vositasi deb hisoblasa bo‘ladi. Dunyo bo‘ylab minglab seysmoizolyatsiyalangan bino va inshootlar qurilgan.



8.2–rasm. Gravitatsion tayanch qismlar sxemasi (GTQ)

Shuni aytib o‘tish kerakki, bu oraliq qurilmani tayanchga nisbatan surilishida gravitatsion qaytarma kuch paydo bo‘lishini ta’minlaydi. 70-yillar oxirida shu kabi yechimlar Z.G. Xuchbarov va V.P. Chudnetsovlar tomonidan ham taklif etilgan.

8.2. Ko‘priklarni maxsus seysmohimoyalash tizimlarini loyihalash va hisoblash usullari

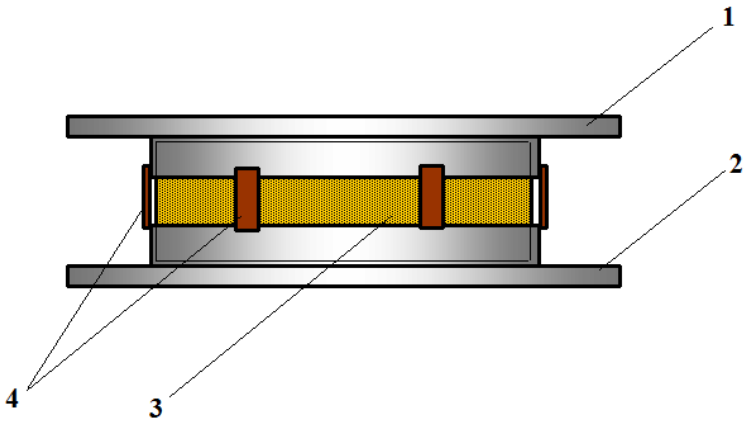
Seysmoizolyatsiyalar. Seysmohimoyalovchi tayanch qismlar.

Ko‘priklar seysmoizolyatsiyasi dunyo zilzilabardosh qurilish amaliyotida keng rivojlanib bormoqda. Transport qurilishini seysmik hududlarda olib borayotgan AQSh, Yaponiya, Italiya va boshqa rivojlangan davlatlarda seysmoizolyatsiyani ko‘priklar zilzilabardoshligini ta’minlovchi asosiy vosita deb hisoblasa bo‘ladi. Ko‘priklarni seysmoizolyatsiyalash borasida xorijdagi muammolar va to‘plangan tajribalar haqidagi ma’lumotlar monografiyada [145] batafsil bayon etilgan, ko‘priklar uchun seysmoizolyatsiyalovchi qurilmalarni me’yorlanishining hozirgi holati Dj. Barrning ma’ruzasida [39] ko‘rib chiqilgan. Shuni ta’kidlashimiz kerakki, seysmoizolyatsiyalash qurilmalariga ega ko‘priklar Sobiq Ittifoq davlatlari bo‘yicha birinchi bo‘lib Toshkentda Oqtepa va Salar kanallari ustidan o‘tgan metropoliten liniyasida qurilgan. Ko‘priklarda sirpanish elementlarga ega rezinali tayanch qismlari hamda kuchli zilzila vaqtida buzilib ketadigan bloklash bog‘lamalari mavjud (tayanch qismining prinsipial sxemasi 8.3-rasmda ko‘rsatilgan).

Hozirgi kunda ko‘priklarning seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlarini Yaponiya, AQSh, Yangi Zelandiya, Italiya, Germaniya, Fransiya va boshqa davlatlarning yetakchi firmalari ishlab chiqaradi.

Quyidagi mashhur firmalar maxsuloti keltirilgan:

1. FIP-Industriale (Italiya);
2. ALGA (Italiya);
3. Maurer Söhne (Germaniya);
4. Skiller Up (YAngi Zelandiya);
5. Stroykompleks-5 (Sankt-Peterburg) va b.

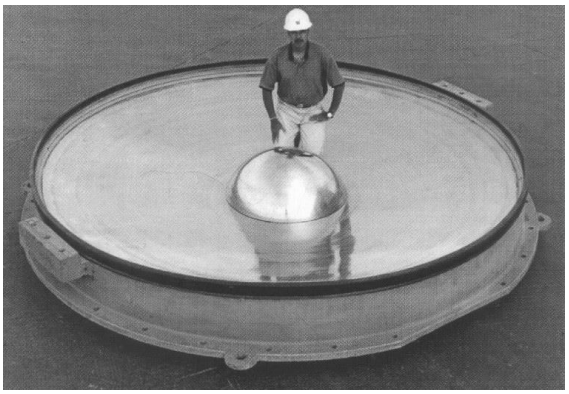


8.3-rasm. Toshkent shahar metrosini Oq tepa va Salar kanallari ustidan o‘tadigan ko‘priklarning tayanch qismlarini prinsipial sxemasi (1974-78 yillar)
1 – yuqori tayanch listi; 2 – quyi tayanch listi; 3 – RTQ,
4 – ko‘tarish qobiliyati chegaralangan elementlar

Aksariyat seysmoizolyatsiyalovchi qurilmalarning tarkibiga elastik rezinametall tayanch yostig‘i (qo‘zg‘almas tayanch qismi) yoki sirpanuvchi juftlik (qo‘zg‘aluvchan tayanch qismi), hamda yopishqoq yoki egiluvchan plastik dempferlar ko‘rinishidagi dempferlovchi qurilmalar kiradi. Keyingi yillarda sharsimon tayanch qismlar deb nomlangan tayanch qismlari ham keng tarqaldi, ulardagi quyi tayanch qismi botiq sferik yuzaga, ustki element esa xuddi shunday, ammo qabariq yuzaga ega. Bunday konstruksiya oraliq qurilmani tayanchga nisbatan siljishida gravitatsiya qaytarish kuchini vujudga keltiradi. Shunga

o‘xshash yechimlarni 70-yillar oxirida V.P. Chudnetsov va Z.G. Xuchbarov taklif etishgan, ammo faqat sferik yuzalarni ishlab chiqish texnologiyalari rivojlangandan so‘ng ulardan keng ko‘lamda foydalanish imkoniyati paydo bo‘ldi [8].

Xususan, katta oraliqli yirik ko‘priklar uchun dunyoda quyidagi rasmlarda ko‘rsatilgan diametri 2m va undan ortiq sharli tayanch qismlar ishlab chiqariladi. San-Fransiskodagi “Benitsiya-Martinenz” ko‘prigi (8.4-rasm) va Fransiyani A75 avtostradasidagi Millau viadukining (8.5-rasm) seysmoizolyatsiyalovchi sharli tayanch qismlarini qo‘llash misollari keltirilgan.



8.4-rasm. San-Fransiskodagi “Benitsiya-Martinenz” ko‘prigining sharli seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlari



8.5-rasm. Fransiyani A75 avtostradasidagi Millau viadukining sharli seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlari

Seysmik hududlarda transport qurilishlarini olib borayotgan AQSh, Yaponiya, Italiya va boshqa rivojlangan davlatlarda seysmoizolyatsiya ko‘priklarning zilzilabardoshligini ta’minlovchi asosiy vositasi hisoblanadi.

Xorijdagi ko‘priklar seysmoizolyatsiyasi tajribalari va muammolari monografiya [145] da batafsil tavsiflab berilgan, ko‘priklar uchun seysmoizolyatsiyalash qurilmalarini loyihaviy yechimlarini me’yorlashning hozirgi vaqtdagi holati Dj. Barr ma’ruzasida ko‘rib chiqilgan.

Surilish natijasida hosil bo‘ladigan seysmik ta’sirlardan ko‘prik inshootlarini himoya qilish tizimlari hozirgi kunda dunyo bo‘ylab keng qo‘llanilmoqda. MAURER SÖHNE (Germaniya) kompaniyasi bunday tizimlarni ishlab chiqish va joriy etishda eng mashhur yetakchi kompaniya hisoblanadi. 8.6-rasmda MAURER

SÖHNE firmasining ayrim seysmik tayanch qismlari ko‘rsatilgan. MAURER seysmik izolyatorlarining rezinali tayanch qismlari V1337-3 Yevropa me’yorlariga mos. Masalan, 8.7-rasmda Sloveniyadagi avtomobil yo‘li Losika viadukining MAURER seysmik tayanch qismini texnik yechimi ko‘rsatilgan. Losika viaduki Lyublyana shahri yaqinida joylashgan va MAURER SÖHNE tomonidan taqdim etilgan ko‘priklar uchun bosh himoya tizimining birinchi namunasi bo‘lgan.

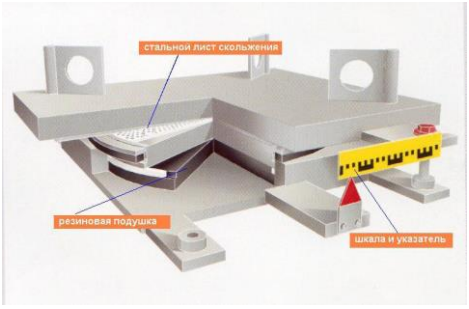
a)



b)



v)

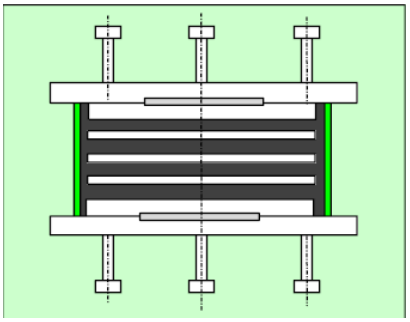


g)

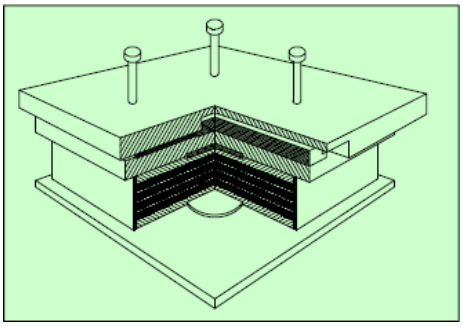


8.6-rasm. MAURER SÖHNE firmasining seysmik tayanch qismlari:
a) sirpanuvchi tayanch qismlar; b) sferik tayanch qismlar;
v) stakanli tayanch qismlar; g) elastomerli tayanch qismlar

a)



b)



8.7–rasm. Anker listidagi seysmik egiluvchan tayanch qismlari:
a) V2S tipi; b) VE2S tipi

Bunday seysmik qurilmalarning tegishlicha tanlab olinishi va o‘lchamlarini belgilanishi hamda kerakli joyni tanlanishi loyihada ko‘zda tutilgan zilzila (LZ) sodir bo‘lganda, ko‘prik konstruksiyalarini shikastlanishining oldini olishga imkon yaratadi.

MAURER SOHNE tomonidan taklif etilgan seysmik qurilmalarda Losika viadukining xususiyatlaridan oqilona foydalanilgan (8.8-rasm).

Bu xususiyatlar eng pastki poydevor ko‘prik konstruksiyasining o‘rta qismida joylashganligidan hamda chetki tayanchlarni yukning nisbatan kam o‘tkazuvchanlik qobiliyatidan foydalanishidan iborat.



8.8-rasm. Sloveniyadagi Losika avtomobil yo‘li viaduki uchun seysmoizolyatsiya

Seysmoizolyatsiya va seysmik reaksiyalarni tartibga solish usullarini qo‘llash 1975 yildan Italiya ko‘priklari va viaduklarida boshlangan. Friulidagi seysmoizolyatsiyali Somplago viadukini (1976 yil) zilzila vaqtida o‘zini a’lo darajada tutganligi sababli Italiyada ko‘prik va viaduklarda seysmoizolyatsiya tizimlaridan foydalanish hollari ko‘payib ketgan.

1990-yillar boshida 150 dan ortiq ob’ektlar qurilgan. Dastlab izolyasiyalash tizimlari tegishli ravishda asoslanmasdan va rasmiy me’yorlarga tayanmasdan joriy etilgan. Tegishli me’yorlar faqat 1991 yilda ishlab chiqilgan [171, 172].

Italiyada ko‘priklarni seysmoizolyatsiyalash tizimlarini keng joriy etilishiga tegishli ishlab chiqarish bazalarni mavjudligi sabab bo‘lgan, xususan FIP

Industriale firmasi turli profildagi inshootlar uchun andozaviy seysmoizolyatsiyalangan tayanch qismlar – ko‘tarishga qarshilik qiladigan (антиподъемный) tayanch qismlari, elastomerli rezinali tayanch qismlari, po‘lat dempferli sirpanuvchi izolyatorlar (tarqatish elementli), elastik-reaksion tayanch qismlari va boshqalarni ommaviy tarzda ishlab chiqilishini yo‘lga qo‘ygan. FIP Industriale firmasining ayrim maxsus tayanch qismlarining konstruksiyasi 8.9-rasmda ko‘rsatilgan.

a) *b)*





v) *g)*





8.9-rasm. FIP Industriale firmasining maxsus seysmik tayanch qismlari:
a) ko‘tarishga qarshi tayanch qismlar; b) elastik ta’sir etuvchi tayanch qismlar;
v) “shok-transmitterli” tayanch qismlar; g) rezinali izolyatorlar

Ammo, seysmoizolyatsiyadan foydalanish borasida ancha katta tajribaga ega bo‘lsak ham, uning parametrlarini optimallashtirishga oid nazariy masalalar adabiyotlarda yoritilmagan. Bundan tashqari, mavjud bo‘lgan tadqiqot ishlari natijasida [75] ko‘priklarning seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlari ayrim ko‘prik konstruksiyalarining seysmobardoshligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi aniqlangan.

Seysmoizolyatsiya tizimlarini tanlashda va parametrlarini hisoblashda e’tiborga olinishi zarur bo‘lgan ko‘priklarni seysmoizolyatsiyalash masalalarining asosiy

o‘ziga xos xususiyatlari [146] maqolada, hamda yapon mutaxassislari ma’ruzasida [147] ko‘rib chiqilgan. Ushbu o‘ziga xos xususiyatlar quyidagilardan iborat:

1. Seysmoizolyatsiyalash qurilmalarini o‘rnatish joyi va shu joyga mos keladigan seysmoizolyatsiyalangan inshootning dinamik hisobiy sxemasi. Binolarda seysmoizolyatsiya poydevor sathida joylashgan va eng sodda holatlarda inshoot bir massali tizim ko‘rinishida modellashtiriladigan bo‘lsa, ko‘priklarda seysmoizolyatsiya inshootni ikki qismga: tayanchlarga va oraliq qurilmalarga ajratib qo‘yadi. Bunda tizimning eng sodda modeli ikki massali bo‘lib, unda tebranishlarni dinamik so‘ndirish samarasi mavjud bo‘lishi mumkin.

2. Seysmoizolyatsiyaning maqsadi va mezonlari. Binolarda seysmoizolyatsiyalovchi qurilmalardan yuqorida joylashgan inshootlarga tushadigan yuklarni kamaytirish lozim. Ko‘priklarda oraliq qurilmalar seysmik yuklarni qoniqarli darajada ko‘taradi, va shunda seysmoizolyatsiyalovchi qurilmalardan pastda joylashgan tizim, ya’ni tayanchlarda kuchlanishlarini kamaytirish kerak bo‘ladi.

3. Ko‘priklar uchun seysmoizolyatsiyalovchi tizimlar parametridagi cheklanishlar ro‘yhati binolarga nisbatan murakkabroq bo‘ladi. Nafaqat tayanch va oraliq qurilmalarga tushadigan yuklarni kamaytirish, balki qo‘shni tayanchlarni bir-biriga nisbatan siljish miqdorini chegaralab qo‘yish lozim. Aks holda oraliq qurilmalar tayanchlardan qulashi mumkin. Bu masala batafsil [51] da ko‘rib chiqilgan.

4. Ko‘prikda qo‘zg‘aluvchan yuk bo‘lishi, bir tomondan, seysmoizolyatsiya ishiga ta’sir ko‘rsatadi, ikkinchi tomondan esa harakatdagi tarkibni ag‘darilishi, relsdan chiqib ketishi yoki vagonlarni avtomatik ravishda ajralib ketishini oldini olish uchun Seysmoizolyatsiyaga oid qo‘shimcha talablar qo‘yilishini ta’qozo etadi.

5. Ham seysmoizolyatsiyalovchi qurilmalarda ortiqcha dempferlanish bilan, ham oraliq qurilmalar, tayanchlar va zamin gruntlarida anchagina farqlanuvchi dempferlanish bilan bog‘liq bo‘lgan tizimdagi dempferlanishlar farqlarining kattaligi.

6. Ko‘priklarning uzunligi juda katta bo‘lgani sababli, ayrim tayanchlar qo‘zg‘aluvchanligini nosinxronligi.

7. Ko‘prikda qatnov qismi va rels izlarini mavjudligi seysmoizolyatsiyani ishga kirishishiga ta’sir etadi va oraliq qurilmalarni o‘zaro siljishini chegaralab qo‘yadi.

Ko‘priklar seysmoizolyatsiyalash tizimlari tahlilini murakkabligi asosan ko‘priklarning seysmohimoyalash qurilmalarini optimallashtirish hamda parametrlarini tanlash masalasiga turlicha yondashuvni talab etuvchi seysmoizolyatsiyaning ***to‘rtta prinsipial*** farqlanuvchi turlari bo‘lish ehtimoli bilan bog‘liq. Ko‘priklarning bo‘ylama tebranishlariga tegishli bo‘lgan seysmoizolyatsiyaning bunday turlari quyida ko‘rib chiqiladi va bayon etiladi.

Oddiy seysmoizolyatsiya

Oddiy seysmoizolyatsiya har bir tayanchda an’anaviy qo‘zg‘almas tayanch qismlari o‘rniga egiluvchan seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlar o‘rnatilishini nazarda tutadi (8.10-rasm).

Oddiy seysmoizolyatsiya parametrlarini tanlash strategiyasi quyidagi formuladan hisoblab topiladigan ν nisbatga bog‘liq:

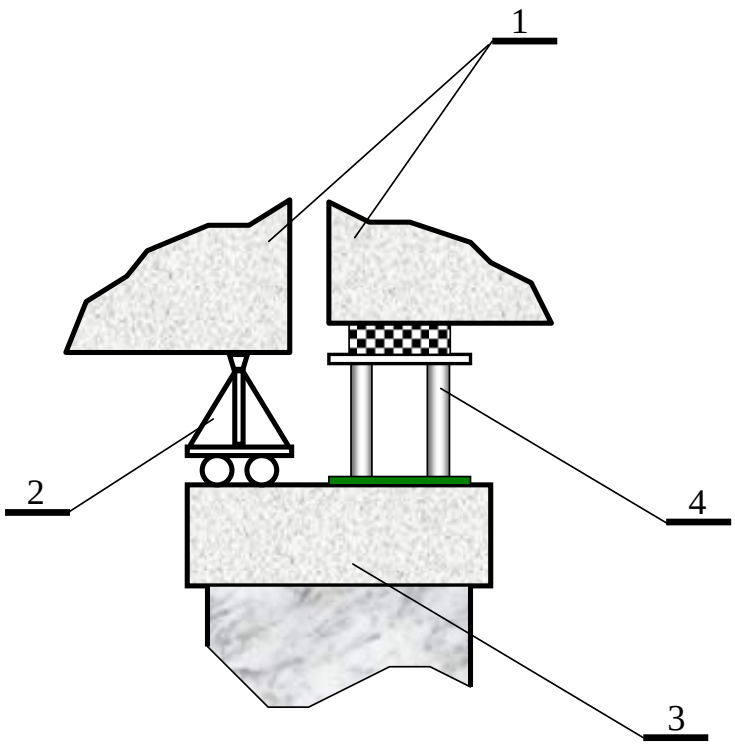
$$\nu = \frac{M_{span}}{M_{pier}}, \tag{8.1}$$

bunda M_{span} – oraliq qurilma massasi;

M_{pier} – tayanchning yuqorisiga keltirilgan massasi,

$$M_{pier} = \frac{C_0}{k_0^2} \quad , \tag{8.2}$$

bunda C_0 – tayanchning egilish bikirligi; k_0 – oraliq qurilmasiz tayanch tebranishi asosiy tonining chastotasi.



8.10-rasm. Oddiy seysmoizolyatsiya: 1 – oraliq qurilmalar; 2 – qo‘zg‘aluvchan tayanch qismi; 3 – tayanch kallagi;4 – egiluvchan tayanch qismi

$\nu < 2$ da egiluvchan tayanch qismida bikirlik va dempferlash bo‘yicha optimal sozlash (настройкаси) mavjud. Bunda oraliq qurilma tayanch tebranishlarini dinamik so‘ndirgichi (TDS) sifatida ishlaydi. Bunday tizim parametrlarini sozlash bo‘yicha tavsiyalar PCH-44-88 [86] berilgan.

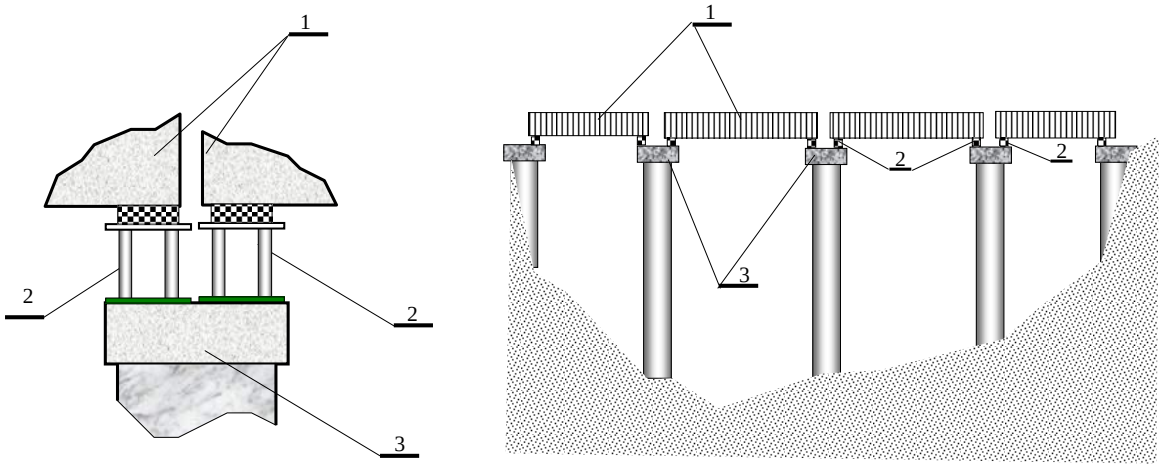
$\nu > 2$ da optimal sozlash bo‘lmaydi. Bu holda izolyasiyalovchi tayanch qismlarni iloji boricha egiluvchan qilib yaratilishi maqsadga muvofiq. Bunda izolyasiyalovchi tayanch qismning bikirligini va qo‘zg‘aluvchan tayanch qismning kerakli darajada siljishini ta’minlash zarur. Bu masala [146, 149] batafsil ko‘rib chiqilgan.

Birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya

Birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya har bir tayanchda barcha an’anaviy (qo‘zg‘almas va qo‘zg‘aluvchan) tayanch qismlar o‘rniga seysmoizolyatsiyalovchi egiluvchan tayanch qismlarni o‘rnatilishini nazarda tutadi (8.11-rasm). Shunda seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlar ko‘prikni rigel (oraliq qurilma) ustun (tayanch)larga elastik tutashgan yagona ramali tizimga birlashtiradi.

Birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya kichik avtomobil yo‘llari ko‘priklarini seysmohimoyalashning asosiy texnik yechimidir. Ushbu sxema yuklanishni ko‘prik tayanchlari orasida qayta taqsimlash uchun keng imkoniyatlar yaratadi. Ko‘rib chiqilayotgan seysmoizolyatsiya turi aynan baland o‘zan tayanchlari yukini kamaytirish hamda uni bikir qirg‘oq tayanchlariga uzatish maqsadida Yevropada, AQSh va boshqa davlatlarda keng qo‘llanadi. Shuni ta’kidlash joizki, mavjud tadqiqot ishlarida o‘rganilayotgan seysmoizolyatsiya turi parametrlarini optimallashtirish masalasi qo‘yilmagan edi. Odatda, barcha tayanchlarga bir xil seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlar (ko‘p hollarda rezinali) o‘rnatiladi. Bitta yoki ikkita oraliq qurilmadan zanjir ko‘rinishida tutashtirilgan ko‘prikni bo‘ylama tebranishlaridan TDS sifatida foydalanish masalasi adabiyotlarda yoritilmagan, vaholanki bunday yechimlarning samaradorligi ancha yuqori bo‘lishi mumkin [8].

Birlashtiruvchi seysmoizolyatsiyasidan foydalanish doirasini chegaralanganligi oraliq qurilmalari uchlarini harorat ta’sirida siljishini ta’minlash zaruratiga bog‘liq. Odatda oralig‘i 30m va uzunligi 100m gacha bo‘lgan ko‘priklar uchun ko‘rib chiqilayotgan seysmoizolyatsiya tizimini loyihalashga erishiladi.



8.11-rasm. Birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya: 1 – oraliq qurilmalar; 2 – egiluvchan tayanch qism; 3 – tayanch kallagi

Kuchli dempferlangan seysmoizolyatsiya

Kuchli dempferlangan seysmoizolyatsiya seysmoizolyatsiyalanuvchi tayanchlarga maxsus dempferlarni parallel o‘rnatilishini nazarda tutadi, bunda

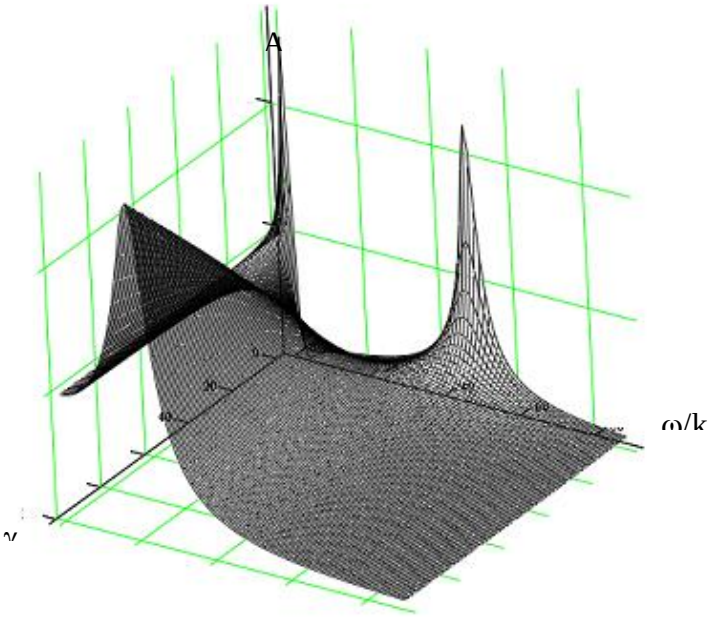
dempferlarning qarshilik kuchi tayanch qism tiklovchi kuchiga teng yoki undan ortiq bo‘ladi. Bunday izolyasiyalarni yaratish zarurati ikki xil holatda yuzaga keladi [8]:

- Oddiy seysmoizolyatsiyada $\nu>2$ da. Bunda tizim Lanchester dempferi kabi ish boshlaydi, hamda tizim ishini optimallashtirish uchun seysmoizolyatsiya tizimida jadallik bilan dempferlashni oshirish zarur.
- Zilzilabardoshlikni ta’minlanishi shartlariga ko‘ra tayanchlarda kuchlanishlar qayta taqsimlanishi kerak bo‘lgan, birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya esa oraliq qurilmalarning harorat ta’sirida talab darajasida siljishini ta’minlay olmaydigan holatlarda.

Seysmoizolyatsiyaning ko‘rsatilgan turi uchun dempferlash parametrlari ancha katta bo‘lishi kerakligiga qaramasdan, optimal kattalikka ega ekanligini ta’kidlash lozim. Mexanikadan ma’lum bo‘lgan bu dalil oraliq qurilmasining massasi m=500t, hamda tayanchlar tebranishlarining parsial davri T=0.299s ($k=21s^{-1}$)da tayanchlarni keltirilgan massasi m_o=100t ($\nu=5$) bo‘lganda o‘zgarmas strukturali to‘sinli ko‘prik amplituda chastotali tavsif (ACHT) ko‘rinishida 8.12-rasmda tasvirlangan.

Dempfer sifatida yopishqoq dempferlash koeffitsienti $b=\gamma km_o$ bilan tavsiflanuvchi oddiy yopishqoq dempfer olingan. Tayanch materialida gisterezisli so‘nish γ_o=0.07, tayanch qismlarda esa γ_i =0.05, deb qabul qilingan. Rasmda uchta eng yuqori nuqtalar (cho‘qqilar) aniq ko‘rinib turibdi. γ qiymati kichik bo‘lganda, izolyasiyalangan tayanch tebranishlarining birinchi yoki ikkinchi shakliga to‘g‘ri keladigan oddiy rezonans yuqori nuqtalar (cho‘qqilar) ko‘rinadi. γ oshgan sari bu uchlar yo‘q bo‘lib ketadi, va tayanchni oraliq qurilma bilan bikir ulangan holatiga to‘g‘ri kelgan yangi uchlik paydo bo‘ladi.

Dempferlash kuchlarining katta miqdorga ortishi inersiya yuklarini o‘sishiga va seysmoizolyatsiya samaradorligini kamayishiga, yetarli darajada dempferlanmaslik esa tayanchlarni o‘zaro ancha siljishlariga va ulardan oraliq qurilmalarni qulab tushishiga olib keladi.



8.12 –rasm. Tizimning dempferda energiya yo‘qotilishi γ ga bog‘liq ACHTsi:
A – tebranishlar amplitudasi; ω - qo‘zg‘alish chastotasi;
k – tebranishlarning o‘z chastotasi

Dinamik so‘ndirish tizimi har ikkinchi tayanchga seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlari juftligini galma-galdan o‘rnatilishini nazarda tutadi. Egiluvchan tayanch qismlarga ega tayanchlar orasida qo‘zg‘aluvchan tayanch qismlariga ega tayanchlar joylashadi (8.13-rasm). Bu yechim ilk A.M. Uzdin va I.O. Kuznetsovalar tomonidan taklif etilgan va 2008 yil 27 maydagi №232475 patent bilan himoyalangan.

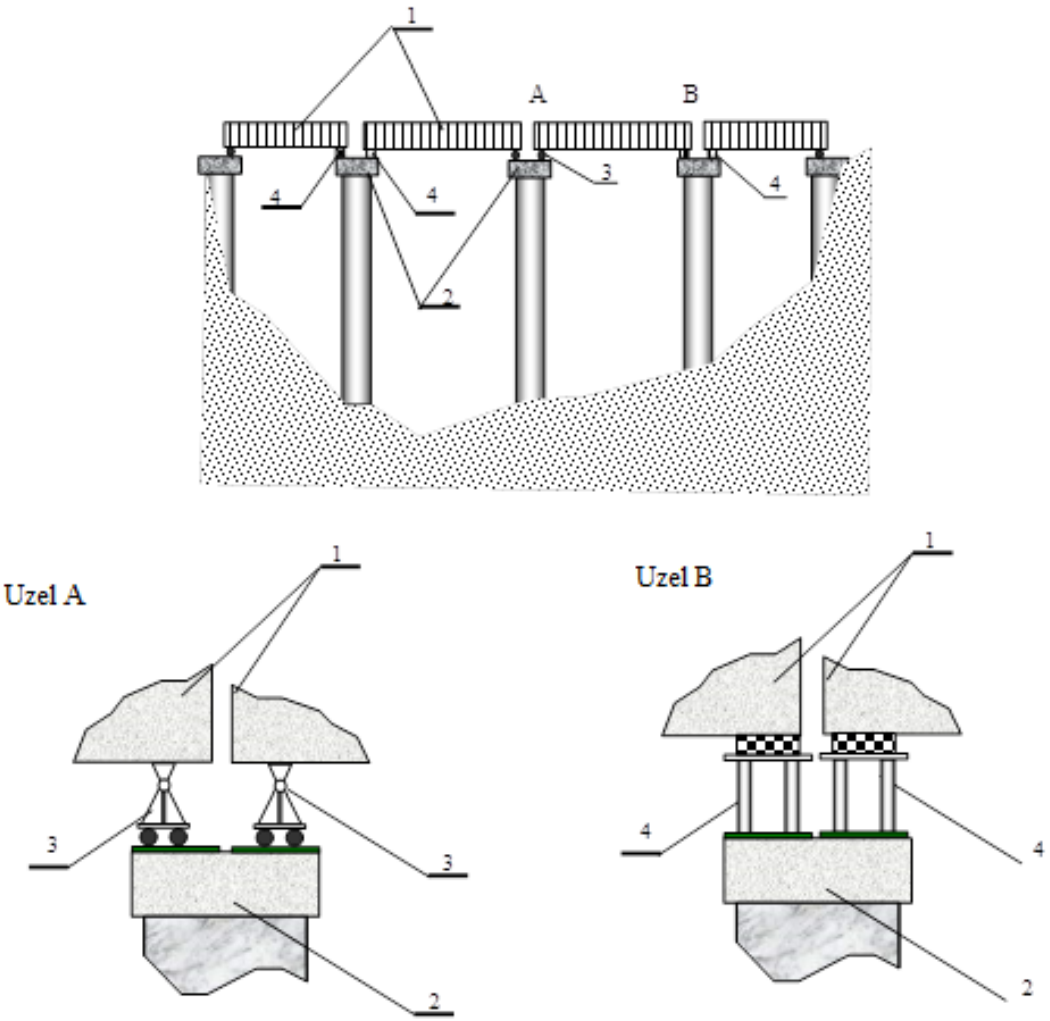
Ko‘rib chiqilayotgan tizimni bikirlik va dempferlash bo‘yicha sozlash seysmik tebranishlarni muvaffaqiyatli tarzda so‘ndirishga imkon beradi. Agar shunda har bir oraliq qurilma uchun $\nu_i < 2$ bo‘lsa, egiluvchan tayanch qismlarni sozlashga $\nu_1=\nu_2$ uchun keltirilgan quyidagi ma’lum formulalarni tavsiya etish mumkin:

$$f_1 = \frac{1}{2.48}(\nu + 0.13)^{-0.434} \; ; \quad f_2 = -0.72\nu + 1.04 \; ;$$

$$\gamma_1 = 2[(\frac{\nu}{45})^{0.07} - 0.505]f_1 \quad ; \quad \gamma_2 = 2[(\frac{\nu}{5})^{0.377} - 0.038]\, f_2 \, , \qquad (8.3)$$

bunda $f_i = \frac{k_i}{k}$ – i-egiluvchan tayanch qismni sozlash; k_i – i oraliq qurilmaning

egiluvchan tayanch qismi tebranishlarining parsial chastotasi; γ_I – i -egiluvchan tayanch qismni noegiluvchanlik qarshiligi koeffitsienti.



8.13-rasm. Birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya: 1 – oraliq qurilmalar; 2 – tayanch kallagi; 3 – qo‘zg‘aluvchan tayanch qism; 4 – egiluvchan tayanch qism

Agar bironta ham oraliq qurilmaning massasi kritik miqdordan ortiq bo‘lsa (ν>2), egiluvchan tayanch qismlar parametrlarini optimallashirishga oid tadqiqotlar o‘tkazilishi lozim. Amalga oshirilgan tadqiqotlar “muvaffaqiyatli” o‘tkazilgan sozlash natijasida Loyihaviy zilzilada (LZ) hisobiy kuchlanishlarni hamda maksimal hisobiy zilzilada (MHZ) tayanch buziluvchanligini katta miqdorga kamaytirishga erishish mumkin ekanligini ko‘rsatdi [173, 175].

8.3. Ko‘priklarni seysmohimoyalashda qo‘llanadigan dempferlovchi qurilmalar

Seysmoso‘ndirish tizimlari ikki guruh yechimlarni o‘z ichiga oladi: dempferlar va tebranishlarni dinamik so‘ndirgichlari (TDS).

Yuqorida aytib o‘tilganidek, hozirgi vaqtda seysmoizolyatsiya ko‘priklarni seysmohimoyalash maqsadida juda keng qo‘llanadi. Ammo, aksariyat kuchli zilzilalarning siljish spektridagi past chastotali tashkil etuvchilar konstruksiyaning izolyasiyalangan qismlari orasida bir-biriga nisbatan katta siljishlarga hamda oraliq qurilmalarni tayanchlardan qulab tushishiga olib kelishi mumkin. Inshootning izolyasiyalangan qismlarini bir-biriga nisbatan siljishlarini kamaytirish uchun, seysmohimoya tizimiga yuqori dissipativ xususiyatlarga ega dempferlar kiritiladi.

Hozirgi vaqtda ko‘priklarni zilzilabardosh qurilishida qo‘llaniladigan barcha dempferlovchi qurilmalarni ishlash prinsipiga ko‘ra ***gidravlik*** va ***mexaniklarga*** ajratish mumkin.

Yopishqoq turdagi (gidravlik) dempferlar.

Gidravlik dempferlarda energiya tezlikka mutanosib yopishqoq qarshilik kuchlari hisobiga tarqaladi. Bu kuchlar suyuqlik yoki yopishqoq moddani bosim ostida oqib o‘tishi natijasida vujudga keladi. Bunday dempferlar nisbatan kichik o‘lchamlarida ancha katta qarshilikni yopishqoq kuchlariga ega bo‘lish imkoniyatini ta’minlab beradi, hamda ishga ravon kirishib, yuqori chastotali tebranishlarni keltirib chiqarmaydi. Ko‘rib chiqilayotgan dempferlarning asosiy xususiyati ulardagi qarshilik kuchlarini tebranish chastotasiga bog‘liqligida. Shuning uchun adabiyotda ular chastotaga bog‘liq dempferlar, deb ham ataladi.

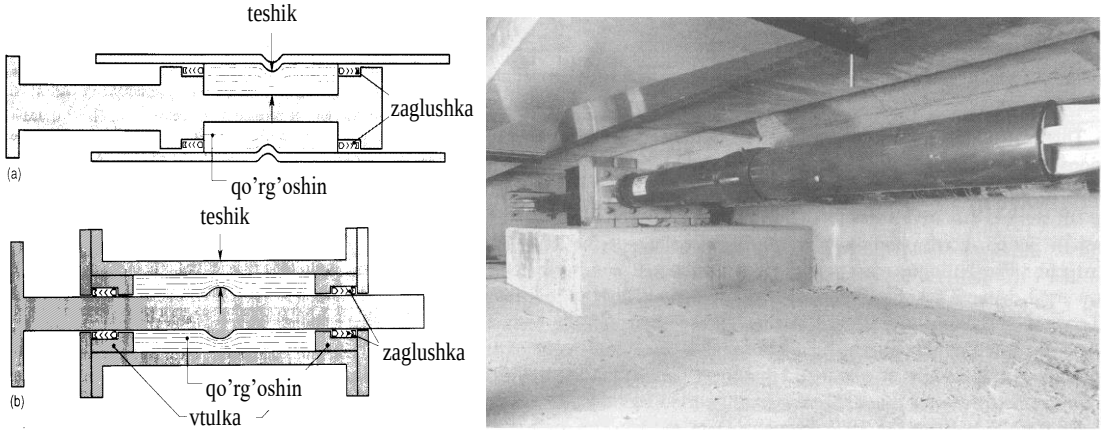
Hozirgi vaqtda zilzilabardosh qurilishda asosan ikki xil yopishqoq dempferlardan foydalaniladi: **qo‘rg‘oshindan ishlangan dempferlar** va **suyuqlik dempferlari**. Yopishqoq dempferlar seysmohimoyalash qurilmalarni ishlab chiqish sohasida faoliyat yurituvchi ko‘pchilik firmalar tomonidan chiqariladi. Rossiyada Maurer Söhnes [150] va FIP Industriale [151] firmalar dempferlari keng tarqalgan. Shu jumladan “Vibroseysm” [152] va Gerb [153] va boshqa firmalarni

ham aytib o‘tish mumkin.

Qo‘rg‘oshindan ishlangan dempferlar Yangi Zelandiya mutaxassislari V. Robinson va R.I. Skiner (1971 y.) [145, 154] tomonidan yaratilgan. Bunday dempferlarda qo‘rg‘oshinning ekstruziv teshik orqali siqib chiqarilishida vujudga keluvchi plastik deformatsiyalanish kuchlarini engilishi hisobiga energiya tarqalishi sodir bo‘ladi (8.14-rasm).

Qo‘rg‘oshindan ishlangan dempferlar boshqa dempferlovchi qurilmalarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Bularga quyidagilar kiradi:

- uzoq xizmat muddati, bu qo‘rg‘oshinni deformatsiyalanish jarayoni germetik yopiq sig‘im ichida sodir bo‘lib, plastik massa yo‘qotishlarini bo‘lmasligiga, natijada zilziladan keyin dempferlarni almashtirmasdan ishlatish mumkinligiga bog‘liq;
- juda katta harorat ajralib chiqishi, bu qo‘rg‘oshinning kristallik strukturasini, va tegishlicha, plastikligini tezda tiklanishiga yordam beradi.

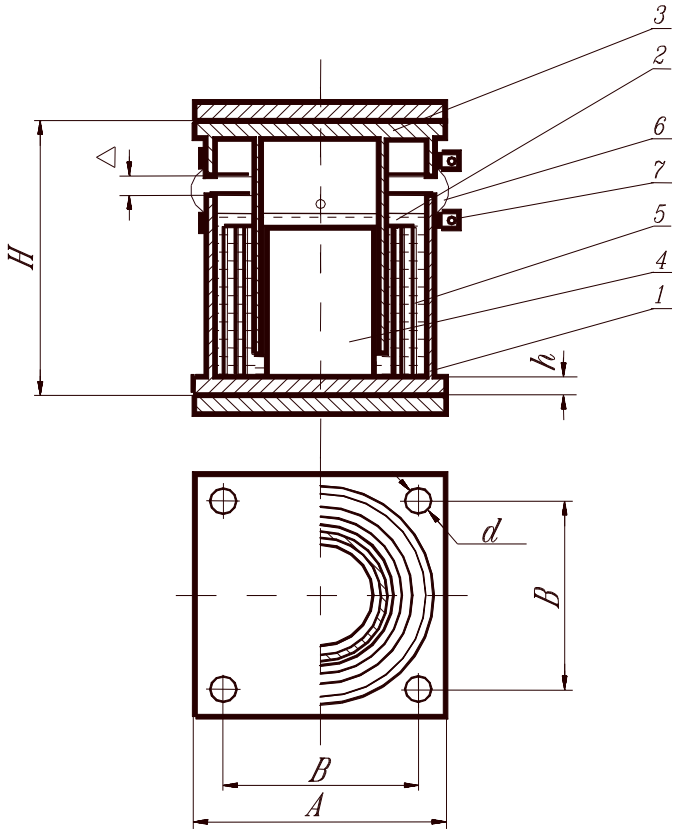


8.14-rasm. Qo‘rg‘oshindan ishlangan dempfer

Cheklovlardan biri sifatida ishchi shaxtaning uzunligi muammosi (150kN yuk va ±200 mm ga siljish uchun, diametr 150 mm bo‘lganda ishchi shaxta uzunligi 1.5 m bo‘lishi kerak, bunaqa dempfer og‘irligi esa 100kg dan ortiq) va tebranishlar ma’lum yo‘nalish bo‘yicha so‘ndirilishi hisoblanadi, ammo, shunga qaramasdan, qo‘rg‘oshinli dempferlardan Yangi Zelandiya zilzilabardosh ko‘priklarni qurishda, Yaponiyada esa seysmoizolyatsiyalangan binolarni qurishda keng foydalaniladi

[8].

Vibroseysm firmasining suyuqlik dempferini sxematik chizmasi 8.15-rasmda keltirilgan.



8.15-rasm. “Vibroseysm” firmasining yuqori darajadagi yopishqoq dempferi:
1 – korpus;2 – yopishqoq suyuqlik; 3 – porshen; 4 – serdechnik; 5 – yuqa devorli silindrlar;
6 – zichlangan joy; 7 – xomut

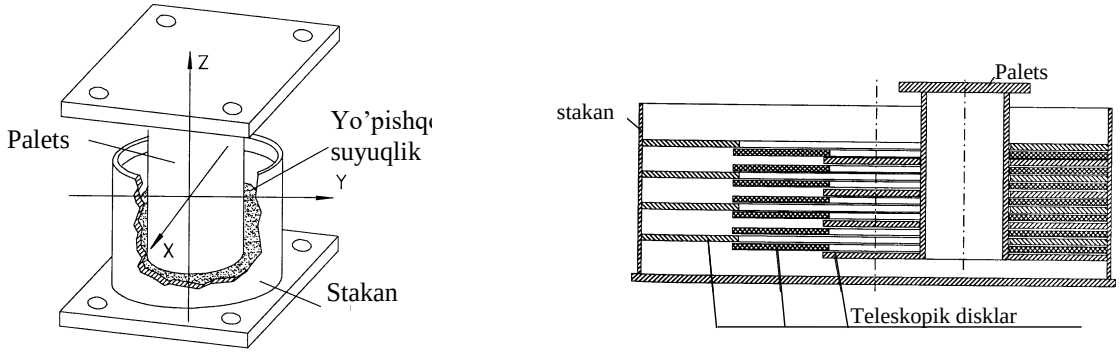
Dempfer harakatlanuvchi qopqoq 3 li korpus 1, qopqoqqa mahkamlab qo‘yilgan serdechnik 4 dan tashkil topadi. Serdechnik korpus 1 ichida erkin o‘rnashtirilgan qalin devorli silindrlar tizimi 5 ichida joylashadi. Sig‘im yopishqoq ishchi suyuqlik 2 bilan to‘ldirilgan. Tebranishlar suyuqlik ichida halqalarni siljishi jarayonida yopishqoq qarshilik kuchlari ishi hisobiga so‘ndiriladi. Qarshilik kuchi qalin devorli silindr 5 lar sonini o‘zgartirish hisobiga osongina to‘g‘rilab olinadi [8].

8.16-rasmda Gerb firmasining yopishqoq dempferlariga misol keltirilgan.

“Vibroseysm” tizimi hamda Gerb firmasi dempferlovchi qurilmalarning ma’lum darajadagi afzalligi ihtiyoriy gorizontal yo‘nalishda tebranishlar

energiyasini so‘ndirish mumkinligidadir. Bunday so‘ndirgichlar Sochi shahri temir yo‘l ko‘priklarini seysmohimoyalash uchun qo‘llangan.

a) *b)*



8.16-rasm. Gerb firmasinin yopishqoq dempferlari:
a) standartli; b) teleskopik diskli

Hozirgi vaqtda FIP-Industriale va Maurer-Söhnes firmalarini yopishqoq turkumli gidravlik dempferlari eng ko‘p uchraydi. Bunday dempferlar konstruksiyasiga misol 8.17-rasmda keltirilgan.

Gidravlik qurilmalarning asosiy xususiyati ularda vujudga keladigan reaktiv kuchlanishda. Bu kuchlanish quyidagi ifodadan topiladi:

$$F = -C \times |V|^{\alpha} sign V, \qquad (8.4)$$

bunda F – gidravlik qurilmalardagi reaktiv kuchlanish;

C – doimiy koeffitsient;

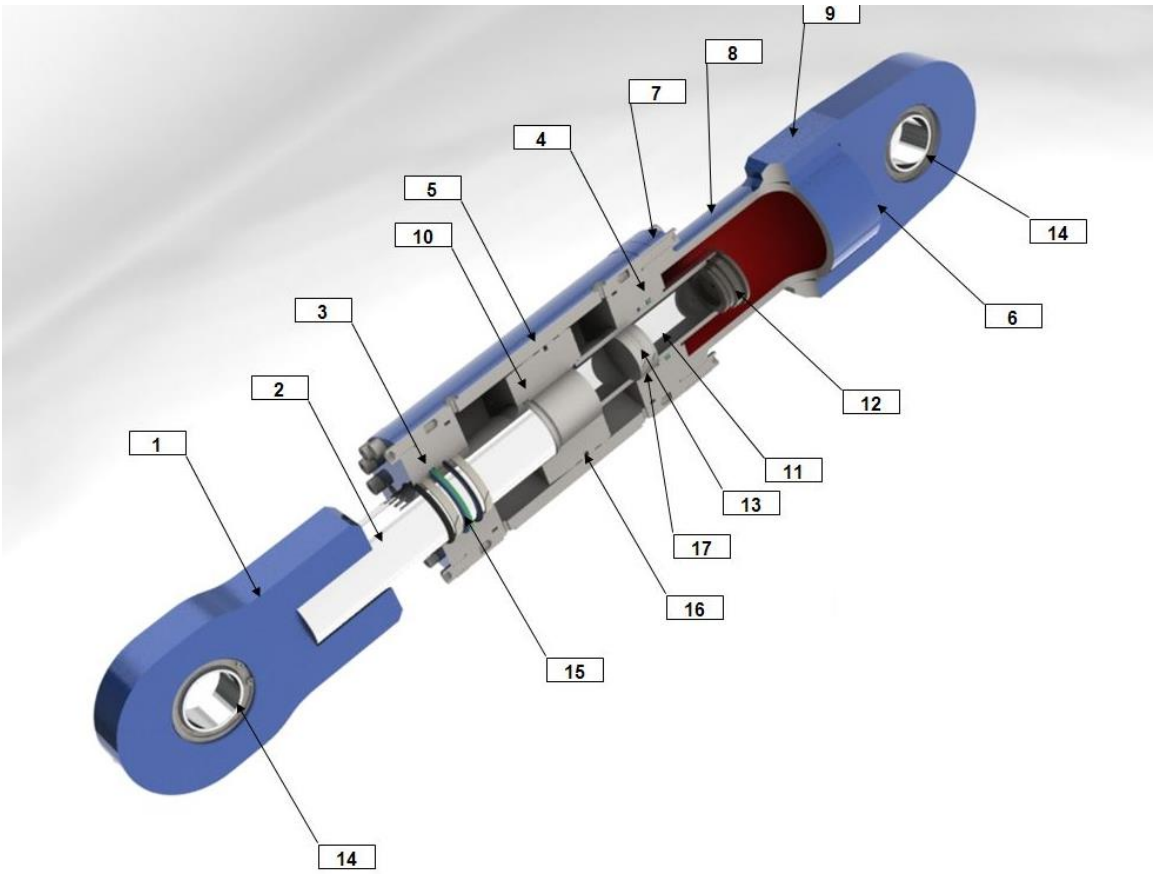
V – shtokning siljish tezligi;

α – dempfer konstruksiyasini tavsiflovchi dempferlash parametri; $\alpha=1$ da toza yopishqoq dempferlash variantiga erishamiz, $\alpha=0$ esa – quruq ishqalanish.

$$C = N \cdot F,$$

bunda N – normal bosim kuchi; F – ishqalanish koeffitsienti; $\alpha=2$ da turbulent

ishqalanish olamiz, odatda $\alpha \geq 0,015$.



8.17-rasm. Maurer Söhnes firmasi dempferining konstruksiyasi

1 – ankerli list KST; 2 – shtok; 3 – yo‘naltiruvchi KST; 4 – yo‘naltiruvchi BG2;

5 – silindr; 6 – BG2 qopqog‘i; 7 – BG2 qo‘ndirma xalqasi; 8 – BG2 quvuri;

9 – BG2 ankerli listi; 10 – moyli porshen; 11 – quvursimon porshen; 12 – gaz qopqog‘i;

13 – ajratish porsheni; 14 – ankerli sharnir; 15 – shtok zichlagichlari tizimi;

16 – moyli porshen zichlagichlari tizimi; 17 – ajratish porsheni zichlagichlari tizimi

(8.4) ifodaning qo‘llanilishi seysmik tebranishlar tizimini sonli tahlili jarayonida ma’lum qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

Muhandislik hisoblashlarda gidravlik dempferlarni modellashtirish uchun ekvivalent yopishqoq dempferlovchi modeldan [73, 155] foydalanishga ruxsat etiladi, bu modelda

$$F = b_{ekv} V \,, \qquad (8.5)$$

bunda

$$b_{ekv} = \frac{2}{\pi} C U^{\alpha-1} \omega^{\alpha-1} 2^{\alpha} B\left(\frac{\alpha+2}{2}, \frac{\alpha+2}{2}\right) \quad . \qquad (8.6)$$

(8.6) formulada U – dempferning hisobiy yurishi (xod), ω – tebranishlarning ko‘p uchraydigan chastotasi; B – G-funksiya orqali ifodalanuvchi beta-funksiya.

$$B\left(\frac{\alpha+2}{2}, \frac{\alpha+2}{2}\right) = \frac{G\left(1+\frac{\alpha}{2}\right) \cdot G\left(1+\frac{\alpha}{2}\right)}{G(2+\alpha)} = \frac{\left(G\left(1+\frac{\alpha}{2}\right)\right)^2}{(1+\alpha)G(1+\alpha)},$$

$G(1+\alpha)=1+b1\alpha+b2\alpha2+\ldots+b8\alpha8+\varepsilon \qquad (\varepsilon<3\cdot10\text{-}7),$

bunda

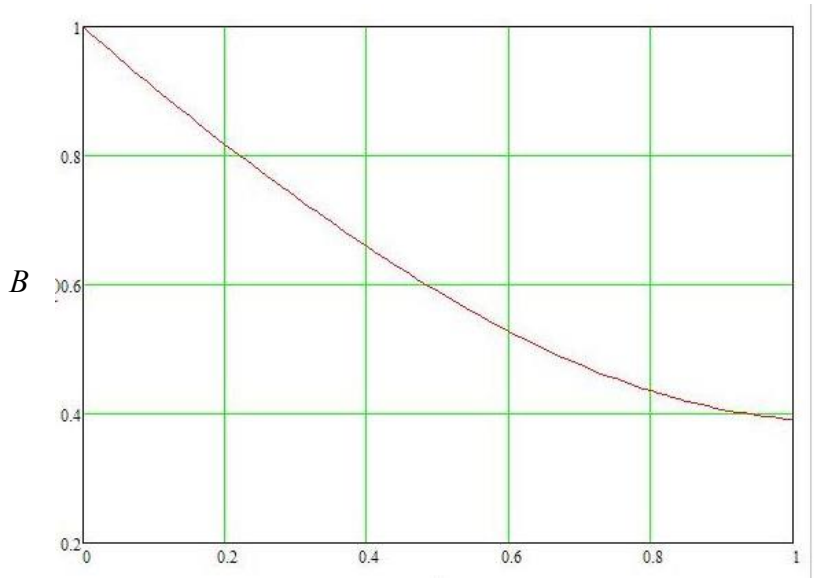
b1=-0.577191652 b2=0.988205891 b3=-0.897056937

b4=0.918206857 b5=-0.756704078 b6=-0.482199394

b7=-0.193527818 b8=0.035868343.

B - funksiyaning α ga bog‘liqlik grafiki 8.18-rasmda berilgan.

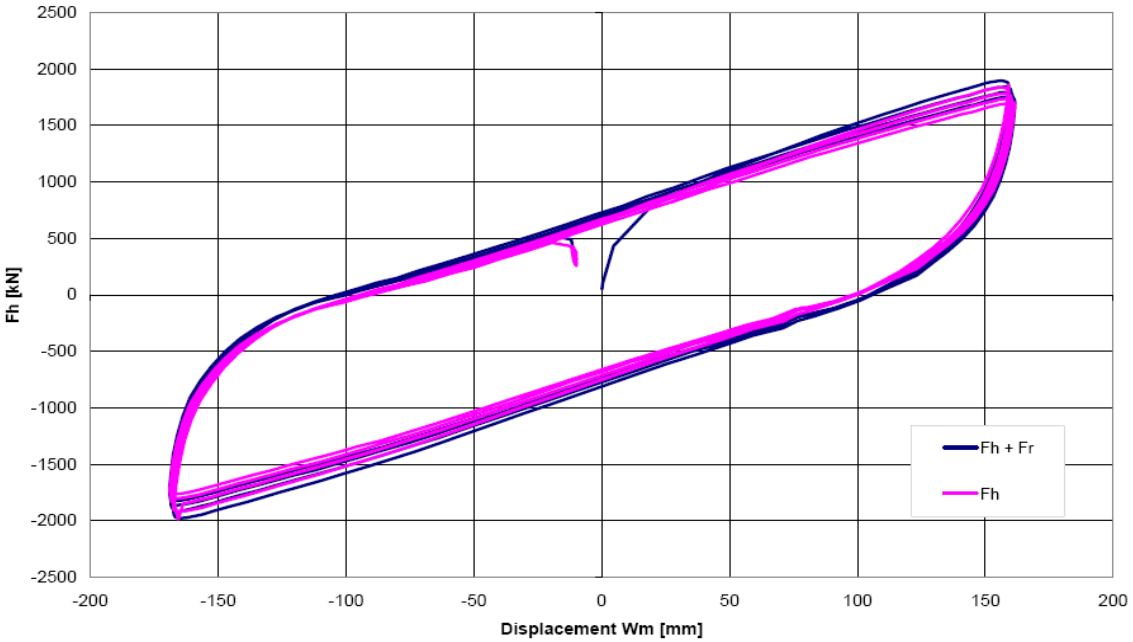
Garmonik balans usulidan foydalanib [155], hamda garmonik tebranishlarning bir sikli davomida ko‘rilayotgan (real) va yopishqoq dempferlar energiyasi yo‘qotilishlarining tengligiga asoslangan holda (8.5) baholangan.



8.18-rasm. Ekvivalent yopishqoq ishqalanishni aniqlash uchun B(α) bog‘lanishi grafigi

Dempferlovchi qurilma gesterezisini yopishqoq dempfer va quruq ishqalanish dempferi superpozitsiyasiga almashib, gisterezis haqiqiy (real) xalqasini yanada aniqroq qilib modellashtirish mumkin. Bu yuqorida bayon etilgan rele tipidagi bo‘lak-chiziqli tizimlarini hisoblash dasturiy ta’minlovidan hisoblarimizda foydalanishimizga imkon beradi.

Gisterezis xalqasining tajribaviy ko‘rinishiga namuna 8.19-rasmda keltirilgan.



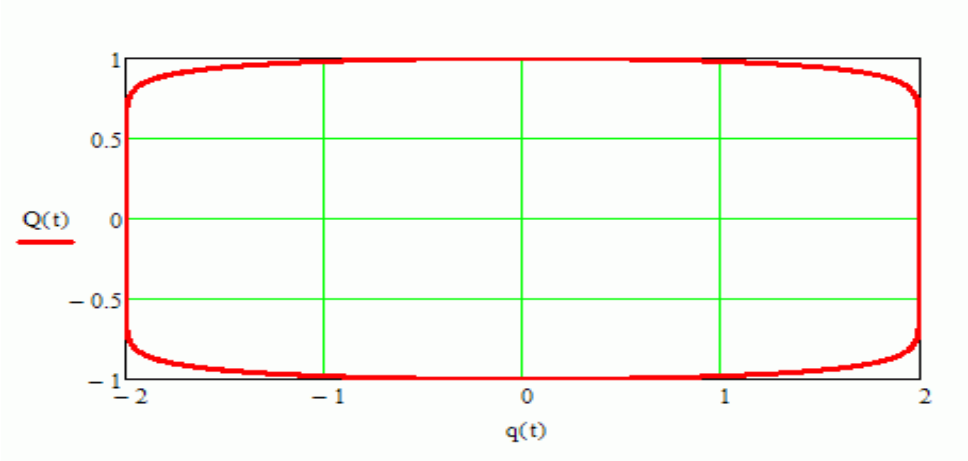
8.19-rasm. Gisterezis xalqasining tajribaviy ko‘rinishi

(8.4) bog‘lanish bilan ifodalangan dempferni oddiy ikkita dempferga almashtirish masalasini matematik usul bilan quyidagicha: $b|\dot{q}|^{\alpha}\, sign(\dot{q})$ ifoda $b|\dot{q}|^{\alpha}\, sign(\dot{q})$ ifodaga approksimatsiyalansin deb qo‘yish mumkin. $\dot{q} = |\dot{q}|\, sign(q)$ tenglikdan foydalanib, bu masala quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$b|\dot{q}|^{\alpha}\, sign(\dot{q}) \approx (\beta|\dot{q}| + f)sign(\dot{q}). \qquad (8.7)$$

Approksimatsiyalash mezoni (8.7) taxminiy tenglikning ikkala qismini qarshilik kuchlari uchun gisterezis halqalarini bir xil bo‘lishida.

Gisterezis xalqalarini ta’riflashda (8.4) bog‘lanishdan foydalanish 8.20-rasmda ko‘rsatilgan.



8.20-rasm. (8.4) bog‘lanishga muvofiq qarshilik kuchi uchun gisterezis xalqasi

Ta’riflangan masalaning yechimi tebranishlar davri $T=\frac{2\pi}{\omega}$ da $\dot{q}=\dot{q}_0\sin\omega t$ garmonik tebranishlarda (8.7) nisbatning o‘ng va chap qismlari farqining kvadratini minimallashtirish orqali [155] da topilgan:

$$\Phi=\int_0^T(b|\dot{q}|^{\alpha}-\beta|\dot{q}|-f)^2dt\to\min, \tag{8.8}$$

bundan

$$\begin{aligned}\frac{\partial\Phi}{\partial\beta}&=-2\int_0^T|\dot{q}|(b|\dot{q}|^{\alpha}-\beta|\dot{q}|-f)dt=0\\ \frac{\partial\Phi}{\partial f}&=-2\int_0^T(b|\dot{q}|^{\alpha}-\beta|\dot{q}|-f)dt=0\end{aligned} \tag{8.9}$$

Tizim (8.9) quyidagi ko‘rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\begin{cases}\beta I_2+fI_1=BI_{\alpha+1}\\ \beta I_1+fI_0=BI_{\alpha}\end{cases}; \tag{8.10}$$

bunda $I_{\gamma}=\int_0^T|\dot{q}|^{\gamma}dt$, shu bilan birga $I_0=T$.

(8.10) tizim echimi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\begin{cases} \beta = b\dfrac{I_{\alpha+1}T - I_\alpha I_1}{I_2 T - I_1^2} \\ f = b\dfrac{I_\alpha I_2 - I_{\alpha+1} I_1}{I_2 T - I_1^2} \end{cases} . \tag{8.11}$$

M.Yu. Fedorova va N.V. Dursenevalar mazkur masalaning [155] keltirilgan o‘zgacha yechimini taklif etishgan.

(8.7) nisbatdan quyidagi tenglik to‘g‘ri bo‘lishi kerak, degan xulosa kelib chiqadi:

$$F_1(|\dot{q}|) \approx F_2(|\dot{q}|), \tag{8.12}$$

bunda $F_1(|\dot{q}|) = b|\dot{q}|^\alpha$, $F_2(|\dot{q}|) = \beta|\dot{q}| + f$.

(8.12) ni $|\dot{q}|$ ning turli qiymatlari uchun ko‘rib chiqsak, izlanayotgan parametrlar β va f topish mumkin.

$0 < |\dot{q}| < 1$ oralig‘ida $|\dot{q}| = 1 - \varepsilon$, $0 < \varepsilon < 1$deb olamiz. Shunda (8.8) quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\beta(1-\varepsilon) + f \approx b(1-\varepsilon)^\alpha . \tag{8.13}$$

(8.13) ifodaning o‘ng tomonida hadlar ε bo‘yicha kichiklikning birinchi darajasidan ortiq emasligini hisobga olib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\beta(1-\varepsilon) + f \approx b(1-\alpha\varepsilon), \tag{8.14}$$

bundan

$$\begin{cases} f = b(1-\alpha) \\ \beta = \alpha b \end{cases} . \tag{8.15}$$

$1 < |\dot{q}|$ oralig‘ida $|\dot{q}| = \dfrac{1}{\delta}$, $0 < \delta < 1$ deb faraz qilamiz. (8.12) quyidagi

ko‘rinishga keltiriladi:

$$\frac{\beta + f\delta}{\delta} = b, \tag{8.16}$$

bundan

$$\beta\delta^{\alpha-1} + f\delta^{\alpha} = b. \tag{8.17}$$

$\delta = 1-\varepsilon$, $0 < \varepsilon < 1$ deb faraz qilib, hadlar ε bo‘yicha kichiklikning birinchi darajasidan ortiq emasligini hisobga olib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\beta(1-\alpha\varepsilon+\varepsilon) + f(1-\alpha\varepsilon) \approx b, \tag{8.18}$$

bundan (8.15) yechim kelib chiqadi.

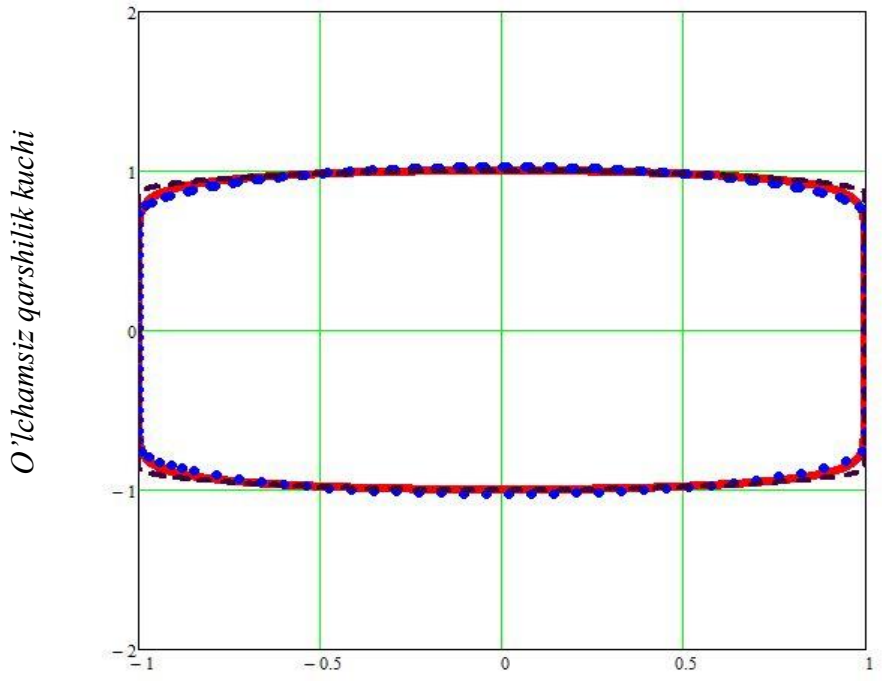
$|\dot{q}|=1$ qiymatlar uchun (8.12) nisbat balki (8.15) dan kelib chiqadigan quyidagi shartga olib keladi:

$$\beta + f = B. \tag{8.19}$$

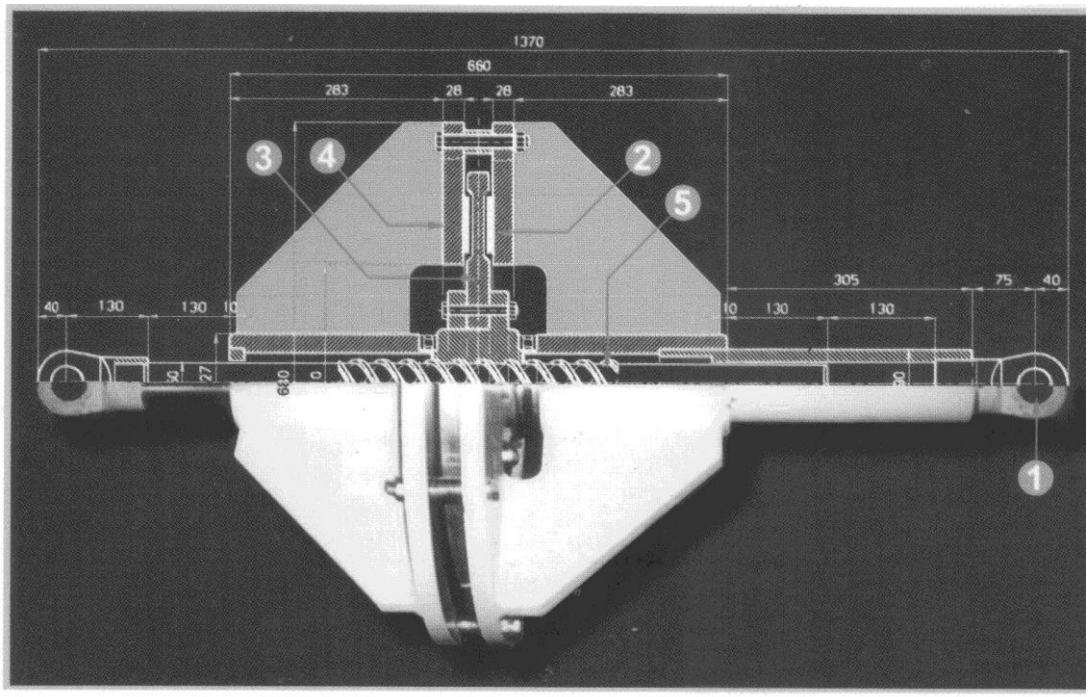
Bajarilgan hisoblashlar ikkala yondashuv ham (8.4) bog‘lanishni yuqori aniqlik bilan approksimatsiya qilishini ko‘rsatdi. (8.4), (8.11), (8.15) (8.21-rasm) formulalar bo‘yicha qurilgan gisterezis xalqalarini solishtirganda aniqlandiki, birinchi yondashuv xalqaning o‘rta qismida ($0.2 < |\dot{q}| < 0.8$) eng katto xatoga ega bo‘lar ekan, ikkinchi yondashuv esa – $|\dot{q}| \approx 1$da, bunda haqiqiy mavjud inshootlarning siljishi va tezlanishlarida farq 3% oshmas ekan.

Taklif etilgan nochiziqli dempferlarning matematik modellari inshootlarning seysmik tebranishlarini tahlili uchun mavjud dasturiy vositalardan samarali foydalanishga imkon beradi.

Yopishqoq tipidagi barcha mavjud chastotali bog‘lanishli dempferlarni ko‘rib chiqishga imkoniyat bo‘lmagani sababli 8.22-rasmda keltirilgan “ALGA” firmasining elektrmagnit dempferlovchi qurilmasini alohida ko‘rsatamiz.



8.21-rasm. Gisterezisninig empirik (yaxlit) va approksimatsiyalovchi ilgaklari, nuqtali chiziq – (8.11-formula bo'yicha), uzuq-uzuq chiziq – (8.15-formula bo'yicha)



8.22-rasm. "ALGA" firmasining elektromagnit dempferlovchi qurilmasi

Qurilma mahkamlovchi proushina 1 o'rnatilgan rezbali sterjen 5 ega. Chervyakli uzatma orqali sterjen chulg'amlar 3 ga ulangan. Sterjen 1 oldinga qarab

harakatlanganda chulg‘am 4 lar tok ishlab chiqarib magnit taxtachalar orasida aylanadi. Chulg‘amlar aylanishiga qarshilik ko‘rsatuvchi elektromagnit kuch aylanish tezligiga (tebranishlar chastotasiga) mutanosib bo‘lib qoladi [8].

Gisterezis tipidagi mexanik dempferlar

Ko‘prik qurilishi sohasida chastotali erkin dempferlar keng tarqalgan, ularning qatoriga quruq ishqalanish dempferlari, hamda elastiklik chegarasidan tashqarida ishlovchi materialning gisterezis yo‘qotishlaridan foydalanadigan dempferlar kiradi.

Tebranishlarni so‘ndirish maqsadida ishqalanish kuchidan foydalanish tajribasi qadimgi me’morlar davridan yetib kelgan. Qadimgi mayyalar Ehrom va boshqa inshootlarini qurishda bir xil elementlarni boshqa elementlar ustidan qarshilik kuchini yengib siljish effektidan samarali foydalangan edilar. Keyingi yillar davomida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, bino va inshootlar dinamik kuchlarni o‘ziga qabul qilishida ko‘pincha ishqalanish kuchlarining ahamiyati katta bo‘lar ekan. Seysmoizolyatsiyalovchi sirpanuvchi belbog‘li binolarda, quruq tutashuv usuli bilan biriktirilgan binolarda ishqalanish kuchlari ko‘p hollarda inshoot zilzilabardoshligini ta’minlash borasida prinsipial ahamiyatga ega ekan. Ko‘priklarda qo‘zg‘aluvchan tayanch qismlari tabiiy quruq dempfer vazifasini o‘taydilar. Shunisi qiziqarliki, XIX asr oxirlarida general-gubernator M.D.Skobelev rahbarligida Krasnovodsk – Chardjou temir yo‘lini qurishda tayanch kallaklari va tayanch qismi orasida qo‘rg‘oshin plastinalar o‘rnatilgan. Bunday plastinalar o‘rnatilgan ko‘priklar juda kuchli Ashxobod zilzilasiga (1948 yil) muvaffaqiyatli chidab bergan. Bunda qo‘rg‘oshinning siljishi va plastik deformatsiyalanishi hisobiga oraliq qurilmalar tayanchlarga nisbatan surilish hollari kuzatilgan.

Qurilmaning ancha arzonligi, soddaligi, vaqt bo‘yicha dinamik tavsiflarining nisbatan barqarorligi – ***quruq ishqalanish dempferlarining (QID)*** zilzilabardosh qurilishda juda keng tarqalib, turli texnik yechimlarda metallni metallga, betonni beton yoki sochiluvchan materiallarga, polimer qoplamalarni bir-biriga yoki

metallga ishqalanuvchi juftliklar bilan birgalikda qo‘llashga imkon yaratadi.

QIDlarning asosiy kamchiliklariga quyidagilar kiradi [8]:

• kuchlarni sakrab o‘zgarishi natijasida, ayrim hollarda konstruksiyaning umumiy holatiga katta ta’sir ko‘rsatuvchi yuqori chastotali parazit tebranishlarni vujudga kelishi;

• seysmohimoyalashning dinamik parametrlari va zilzilaning spektral tarkibiga asosan seysmohimoyani QID ancha katta nochiziqliligiga bog‘liq bo‘lgan tebranishlar amplitudasini keskin ortishini ehtimoli;

• QID ayrim texnik yechimlarida QIDga uzatiladigan konstruksiyalarning vazniga ishqalanish kuchlarini bog‘liqligi, va buni dinamik ta’sir ostida QIDlar tavsifini nobarqaror bo‘lishiga olib kelishi;

• katta ishqalanish koeffitsienti hisobiga, yoki ishqalanuvchi juftliklarni anchagina siqilishi hisobiga ishqalanish kuchlarini hosil qilishi, buning esa ikkala holda ham jadal sur’atlar bilan yedirilishga va natijada QID tavsiflarini nobarqaror bo‘lishiga olib keladi, va ishqalanuvchi juftliklarni tanlanishda puxtalikni talab etishi.

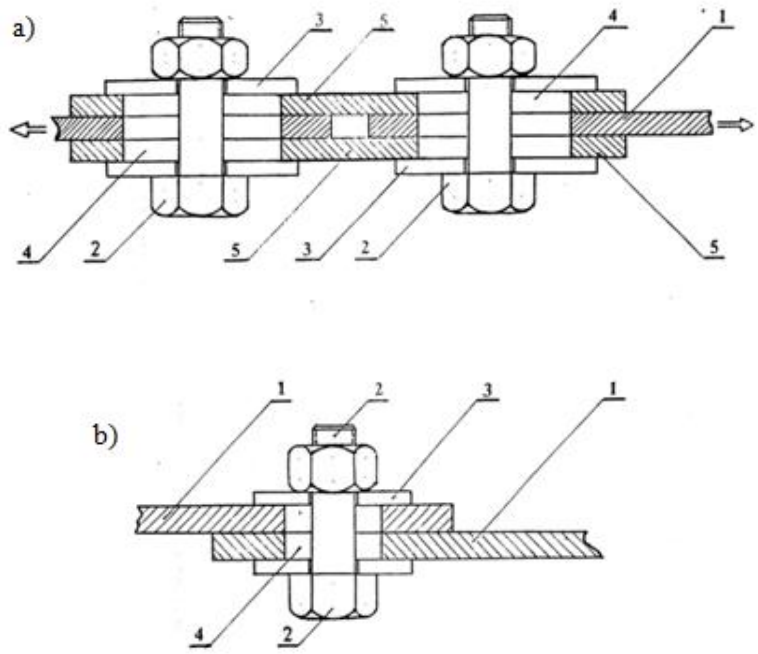
QID ish xususiyatlarini o‘rganish va parametrlarini tanlashga oid olib borilayotgan tadqiqotlar ta’sirning spektral tarkibiga bog‘liq bo‘lgan QIDning dempferlash tavsiflarini optimallashtirish zarurligini, va shu sababli bundan keyin dinamik parametrlari ***sozlanadigan (regulirovkalanadigan)*** QIDning texnik yechimlariga afzalroq yechimlar sifatida qarash lozimligini ko‘rsatdi.

Yuqori chastotali tebranishlar ta’sirini kamaytirish uchun, ko‘pkaskadlik effektidan foydalanish zarur, ya’ni QID larni ketma-ket ishga tushirilishini ta’minlab beruvchi turli xil dinamik parametrlarga ega bir nechta QID dan foydalanish kerak [156].

QID larning dastlabki yechimlarida ishqalanuvchi juftliklar ularga tayangan konstruksiya vazni ta’sirida siqilgan. Ko‘priklar uchun bu oraliq qurilmaning tayanish reaksiyasi. Bu holda siqilish miqdori tasodifan ko‘prikning vertikal tebranishlariga bog‘liq bo‘ladi. Bunday dempferlar ***sozlanmaydigan (regulirovkalanmaydigan)*** deyiladi.

Regulirovkalanadigan friksion dempferlar qatoriga ishqalanuvchi juftliklar maxsus siqish qurilmasi yordamida siqiluvchi, va ishqalanish kuchi seysmik ta’sirning vertikal tashkil etuvchisiga bog‘liq bo‘lmagan dempferlar kiritilishi darkor.

Regulirovkalanadigan dempferlashning yangi texnologiyasi friksion-qo‘zg‘aluvchan boltli tutashmalarni (FQT) qo‘llash bilan bog‘liq [156]. FQT deganda, tutashtiriluvchi detallarda boltlarning teshiklari ekstremal yuklar ta’siri yo‘nalishi bo‘ylab ovalsimon qilib ishlanishi bilan farqlanuvchi yuqori mustahkamlikka ega boltlar yordamida tutashtirilgan metall konstruksiyalar tushuniladi. Ekstremal yukda tutashtiriluvchi detallar bir-biriga nisbatan qo‘llanilgan yuqori mustahkam boltlarning 3-4 diametriga teng miqdorgacha siljiydi. Bunda anchagina energiya tarqalib ketadi. [8, 156] qo‘llanmada FQT hisoblash usullari hamda ulardan foydalanish texnologiyasi bayon etilgan. O‘rganilayotgan tutashmalarning tashqi ko‘rinishi 8.23-rasmda keltirilgan.



8.23-rasm. FQT prinsipial sxemasi:

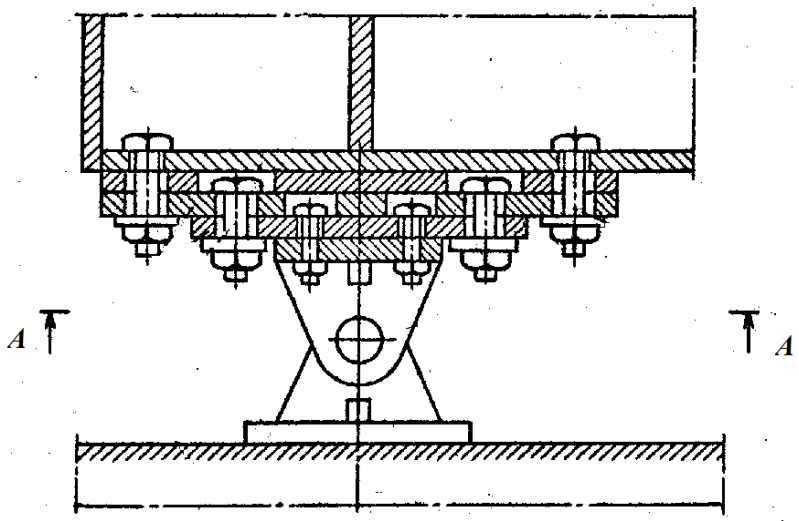
a) uchma-uch (встык); b) ustma-ust (внахлестку);

1 – tutashtiriluvchi listlar; 2 – yuqoriprobali bolt; 3 – shayba; 4 – ovalsimon teshik; 5 – tutashtiruvchi ora qistirma

Yuqori mustahkam boltli friksion-qo‘zg‘aluvchan tutashmalar (FQT) da boltlarni siqish oqibatida konstruksiyalardagi kuchlanish chekli miqdoridan oshib ketganda, ovalsimon teshiklar hisobiga tutashtiriluvi plastinalarni bir-biriga nisbatan siljishi mumkinligi nazarda tutiladi.

FQT ham ko‘taruvchi konstruksiyalar uzellarining, ham turli xil bog‘lash elementlarida va bikirlik diafragmalarining adaptiv seysmohimoya tizimlarida qo‘llanishi mumkin (8.24-rasm). FQT yuqori ishonchliligi, ixchamliligi, zilzilalardan keyin oson yasalishi, montaj qilinishi va ta’mirlanishi bilan ajralib turadi.

Plastik dempferlarda materialning deformatsiyalanishida mexanik energiyani issiqlik energiyasiga o‘tish xususiyatidan foydalaniladi.



8.24-rasm. FQT qo‘llab oraliq qurilmani tayanch qismga mahkamlash

Konstruksiya elementlarini deformatsiyalanishida mexanik energiya yo‘qotilishlari bo‘yicha eksperimental tadqiqotlar yo‘qotishlar qiymatini yuklanish takrorlanishi tezligiga bog‘liq emasligini ko‘rsatdi. Bunda sodir bo‘ladigan energiya yo‘qotishlari adabiyotda ichki yo‘qotishlar deb, energiyaning tarqalish jarayonini o‘zi esa ichki ishqalanish deb atalgan.

Odatda, materialda ichki energiya yo‘qolishlari deyarli kam bo‘ladi. Masalan, metall konstruksiyalarida yo‘qotishlar kritik qiymatining 0.03 dan, beton konstruksiyalarida esa 0.05 dan katta bo‘lmaydi. Shuning uchun, uzoq vaqt

davomida adabiyotlarda seysmohimoya tizimlarida gisterezisli dempferlardan foydalanish maqsadga muvofiq emasligi haqida fikr yuritilar edi. Shu bilan birga, oxirgi 15 yil ichida bir qator xorijiy firmalar juda katta ichki ishqalanish kuchiga ega polimer materiallari va metall qorishmalarini taklif etmoqda. Va bu o‘rganib chiqilayotgan dempferlardan inshootlarning seysmohimoyalash tizimlarida foydalanish imkonini beradi.

Materialning egilish va buralishida vujudga keluvchi plastik ishini qo‘llaydigan dempferlar amaliyotda keng tarqalgan.

Po‘lat dempferlar materialning plastik deformatsiyalanishi hisobiga ishlaydigan qurilmalar qatoriga kiradi. Ular 60-yillarda paydo bo‘lgan va keyinchalik Dj. Kelli, R.I. Skinner, R.G. Tayler va boshqa mutaxassislar ular ustida ishlagan. Po‘lat dempferlar qo‘llangan eng birinchi konstruksiya Yangi Zelandiyadagi ko‘prik bo‘lgan (1973 y.), unda tayanchlar bilan sirpanuvchi oraliq qurilmalar orasidagi tebranishlar so‘ndirilar edi [145].

Po‘lat dempferlar uch turga bo‘linadi (8.25-rasm):

1. *U* turdagi – egilishga ishlaydiganlari, asosan o‘zgarmas kesimlilar;

2. T turdagi – egilishga va siljishga ishlaydiganlari, asosan o‘zgaruvchan kesimlilar (odatda konussimon);

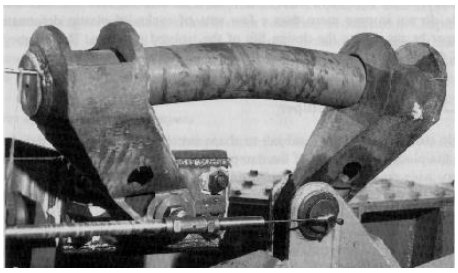
3. *E* turdagi – yukni sterjen o‘rtasidan uzatuvchi, buralishga hisoblanadiganlar.

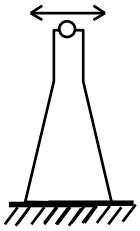
8.26-rasmda ko‘priklar seysmohimoyalovida qo‘llanadigan T turdagi dempfer ko‘rsatilgan. Bunda rasmning chap tarafida bitta konussimon sterjen sinovi, o‘ng tarafida esa bunday dempferlar o‘rnatilgan sirpauvchi tayanch qismi ko‘rsatilgan. Bunday dempferlarning asosiy hisobiy parametrlari – bikirlik, yuk ko‘tarish qobiliyati va charchoqlikka mustahkamligi demakdir.

8.27-rasmda 1975 yilda V. Robinson taklif etgan rezinametall tayanch qismi bilan birikkan qo‘rg‘oshin serdechnik ko‘rinishidagi plastik dempfer ko‘rsatilgan. Hozirgi vaqtda bu tayanch qismlari eng ko‘p tarqalgan bo‘lib, ham nazariy, ham eksperimental nuqtai nazardan batafsil o‘rganib chiqilganlardan bo‘ladi.

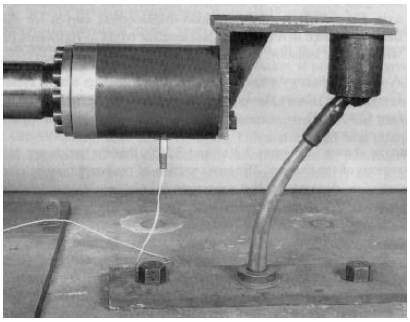
U turi

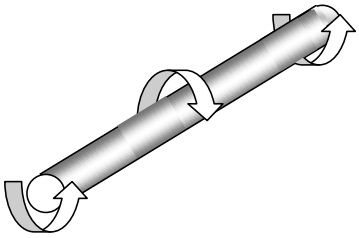


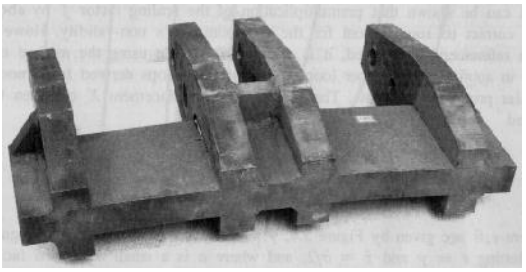




T turi

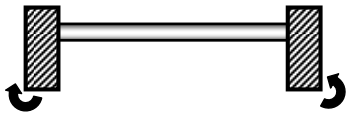


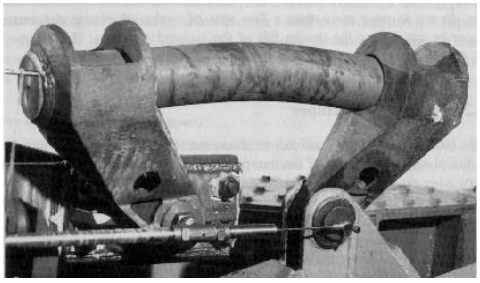


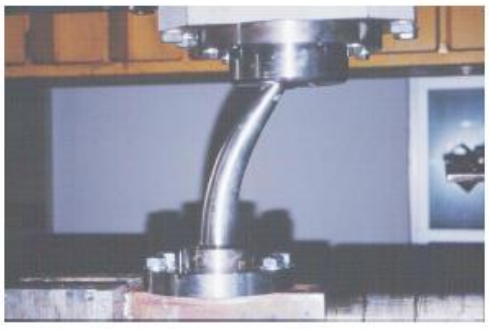


E turi

8.25–rasm. Po‘lat dempferlar

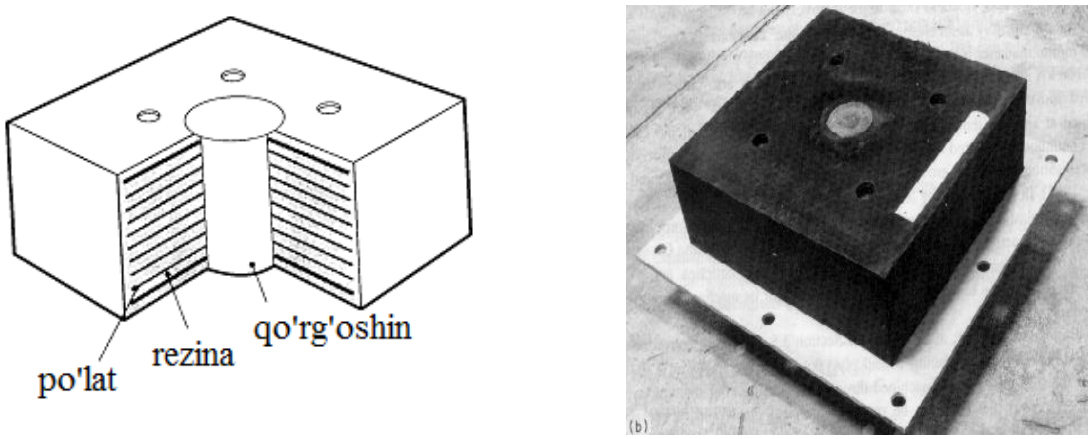








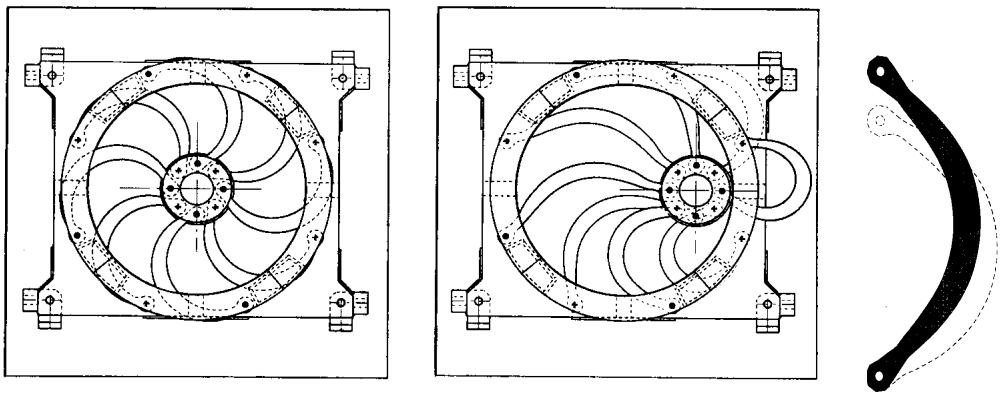
8.26–rasm. Ko‘priklarning konussimon metall sterjenlar tizimi ko‘rinishida dempferlash qurilmasi: chapda – alohida sterjenni sinash; o‘ngda – tayanch qismidagi sterjenlar tizimi



8.27-rasm. Qo‘rg‘oshin serdechnikli rezina metall tayanch qismi

Ushbu tayanch qismlarini hisoblash, ishlab chiqarish va testlashga oid juda ko‘p xorijiy adabiyotlar mavjud. Yangi Zelandiyaning 90% ziyod seysmoizolyatsiyalangan ko‘priklari qo‘rg‘oshin serdechnikli rezina metall tayanch qismlarini qo‘llagan holda qurilgan. Bundan tashqari, Yaponiya, AQSh va boshqa davlatlarda bunday tayanch qismlaridan foydalanib juda ko‘p bino va inshootlar qurilgan.

a) *b)* *v)*

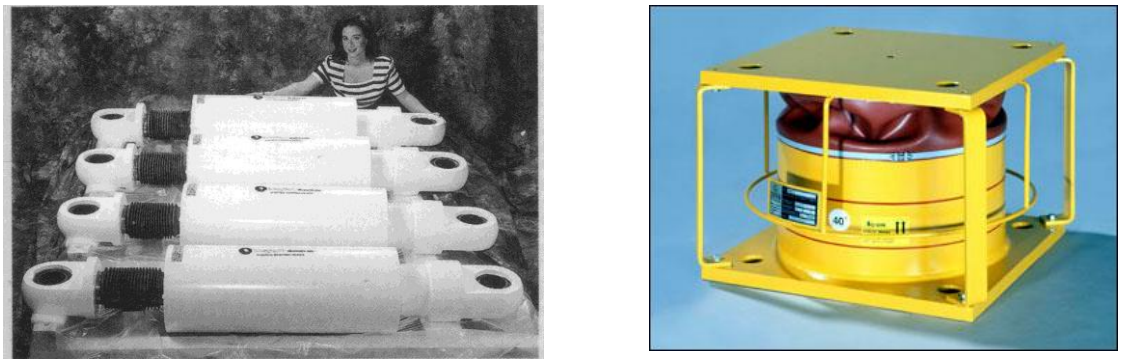


8.28-rasm. Elastik-plastik dempfer (Italiya): a) muvozanat holatida; b) maksimal siljish sharoitida; v) C-simon dissipativ elementlar

Dempferlovchi elastik plastik qurilmali o‘ziga xos qurilma Italiyalik mutaxassislar tomonidan taklif etildi (8.28-rasm). Bu qurilmaning asosiy o‘ziga xos tomoni C-simon dissipativ elementlar tizimi hisobiga tebranishlar energiyasi gorizontal tekislikda ihtiyoriy yo‘nalish bo‘yicha so‘ndirilishidadir.

Texnik adabiyotlarda [26] turli dempferlash qurilmalarning batafsil bayoni

berilgan. 8.29-rasmda esa mashhur firmalarni ayrim dempferlari misol tariqasida keltirilgan.



8.29-rasm. Zilzilabardosh qurilishda qo‘llaniladigan dempferlar

8.30-rasmda Yopishqoq dempferlarni Megalorema (Gretsiya) dagi viadukda qo‘llanilishining amaldagi misoli keltirilgan.



8.30-rasm. Megalorema (Gretsiya) dagi yopishqoq dempferli viaduk

Yarimaktiv seysmohimoyalash tizimlari

Seysmohimoyalashning yarimaktiv tizimlari keyingi 15 yil davomida rivojlanib bormoqda va taniqli firmalar, masalan, FIP Industriale [151] va Maurer Söhnes [153] tomonidan ko‘priklar qurilishida qo‘llanmoqda.

Seysmohimoyalashning yarimaktiv tizimlari tarkibida o‘rtacha kattalikdagi energiya manbasi bo‘lib, u intensiv seysmik tebranishlarda passiv himoyaning u yoki bu tizimini ishga tushiradi. Eng sodda yarimaktiv tizimlarda energiya manbasi biron bir aloqa tizimlarini ishga tushiradi yoki ishdan chiqaradi, masalan,

seysmoizolyatsiyalovchi tayanchda to‘xtatish uskunasini (stopor) ishdan chiqaradi.

Hozirgi vaqtda seysmohimoyalash yarimaktiv tizimlar nazariyasi endi rivojlana boshladi. Maurer Söhnes [153] firmasida ishlab chiqilgan va ko‘prik qurilishida qo‘llangan dempferlar va FIP Industriale [151] firmasining zilzila tebranishlari ta’sirini maxsus vaqtinchalik o‘chirish uskunalari hammaga ma’lum.

Maurer Söhnes firmasining dempferi ichiga joylashtirilgan CHIP ga ega. Bu CHIP tebranishlarning ma’lum darajasida ishchi suyuqlikdagi elektr razryadini keltirib chiqaradigan tizimni ishga tushiradi. Natijada tizimda energiyani tarqalish xususiyati va yopishqoqligi o‘zgaradi.

FIP Industriale firmasining qurilmalarida tezlanishning ma’lum darajasida seysmohimoyalash qurilmalar elementlarining eritish mexanizmi ishlab qoladi va ularni bikirligi keskin kamayib ketadi. Bunday qurilmalar o‘ziga xos yagona “Rion-Antirion” vantli ko‘prik qurilishida qo‘llangan.

2008 yil 8 iyunda kuchli zilzila sodir bo‘lib, ko‘prik seysmohimoyalash tizimi ishining oldindan ko‘rsatilgan imkoniyatlariga to‘liq javob bergan holda zilziladan muvaffaqiyatli o‘tgan. Seysmohimoyalash tizimining batafsil bayoni [153] maqolada berilgan.

8.4. Tebranishlarni dinamik so‘ndirgichlari

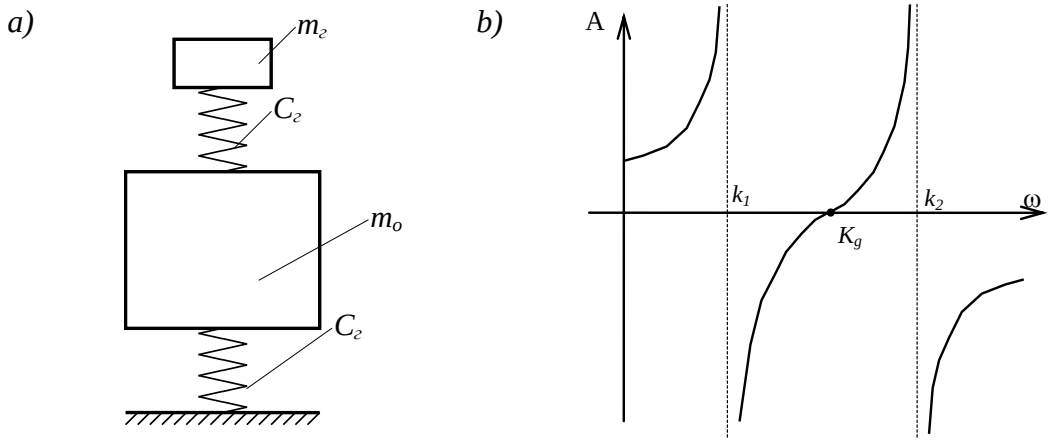
TDS lar hozirgi vaqtda konstruksiyalarni dinamik, shu jumladan seysmik ta’sirlardan himoya qilishda ancha keng qo‘llanmoqda. **Tebranishlarni dinamik so‘ndirgichi** deb, himoyalanayotgan konstruksiyada tebranishlar darajasini kamaytiradigan hamda o‘zida inersiya kuchi hosil bo‘ladigan qurilmaga aytiladi.

Odatda, TDS konstruksiyasini birinchi bo‘lib 1909 yilda patentlagan olmon mexanigi Fram kashf etgan deb hisoblanadi. Uning nomi kemalar chayqalishini tinchlantiruvchi sisternalarga ham berilgan. Kemalar chayqalishini kamaytiruvchi so‘ndirgichlardan foydalanish haqidagi dastlabki ma’lumot [8] da ko‘rsatilgan.

Agar tebranayotgan ob’ektga elastik bog‘lanish orqali qo‘shimcha massa qo‘shilsa (8.31,a-rasm), asosiy massa harakatini to‘liq to‘xtatishga erishish

mumkin. Buning uchun, so‘ndirgich tebranishlarini parsial chastotasi $k_g = \sqrt{\frac{C_g}{m_g}}$ qo‘zg‘atuvchi kuch chastotasiga teng bo‘lishi kerak.

Bunday samara 8.31,b-rasmda ifodalangan, bunda abssissa o‘qida qo‘zg‘atuvchi chastota ω, ordinata o‘qida esa bosh massa A tebranishlarining amplitudasi berilgan. Ordinata o‘qida bundan tashqari tizimning xususiy tebranishlari chastotalari k_1 va k_2 bilan so‘ndirgich tebranishlarining parsial chastotasi k_g ham ko‘rsatiladi.



8.31-rasm. TDS larning prinsipial sxemasi – (a) va TDS li tizimning bosh massasining ACHX si – (b)

Seysmoizolyatsiyalash tizimlari bilan birgalikda TDS lar Qozog‘iston, Ukraina va Qirg‘izistonda foydalanishga taklif etilgan. Bu tadqiqotlarda TDS sifatida himoyalanayotgan konstruksiya bilan elastik bog‘lanish orqali ulangan uncha katta bo‘lmagan massa ko‘rilar edi.

XX asr boshlarida o‘tkazilgan dastlabki tadqiqotlarda qo‘zg‘atuvchi kuch chastotasiga to‘g‘rilanadigan dempferlanmagan TDS ko‘rilar edi. Dempferlashni kiritish TDS ning samarali ishi chastotalari yo‘nalishini ancha kengaytirish imkonini yaratdi.

Adabiyotlarda himoyalanadigan tizimni oddiy hisoblash sxemalaridan foydalanib, chiziqli TDS ning samaradorligini baholashda parametrlarni optimizatsiyalash masalalariga katta e’tibor qaratilgan.

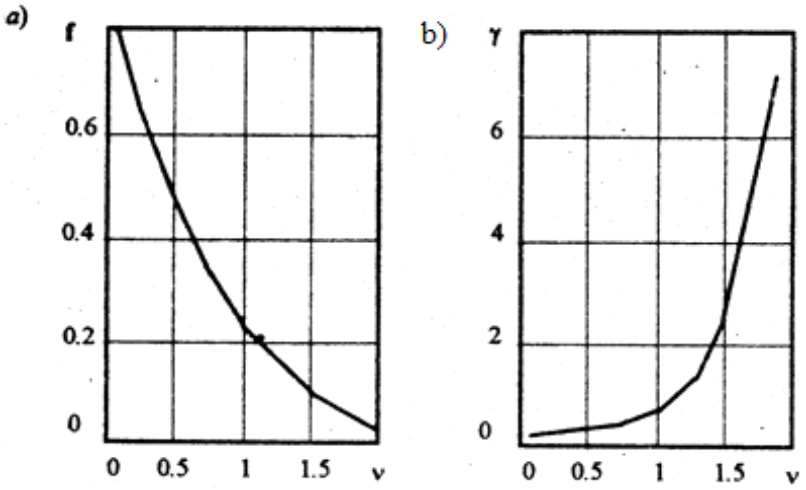
Tadqiqotlarning bu yo‘nalishiga asos bo‘lib Den-Gartag, Bryuk va boshqa mualliflar tomonidan garmonik ta’sirning nostabil chastotasida bosh massaning maksimal surilishini minimal miqdori shartidan kelib chiqib olingan yopishqoq ishqalanishli TDS larni optimallashtirishning an’naviy natijalari xizmat qiladi.

Adabiyotlarda [8] katta va kichik massali tebranishlarni dinamik so‘ndirgichlarining ishi ko‘rib chiqilgan.

$$f = 1/\sqrt{(1+\upsilon)} \quad ; \qquad \mu = \omega\sqrt{\upsilon/(1+\upsilon)} \quad , \tag{8.20}$$

bunda f – TDS ni sozlash; ν – TDS massalarini inshoot massasiga nisbati; μ – TDS ning yopishqoq ishqalanish koeffitsienti; ω – inshoot xususiy tebranishlari chastotasi.

Zilzilabardosh qurilish uchun kelajagi yorqinroq katta massaga ega TDS ga kelsak, tegishli tavsiyalar [75] da berilgan. 8.32-rasmda so‘ndirgichning nisbiy massasi $\nu=m_g/m_0$ ga ko‘ra TDS ni sozlash bog‘lanishlari grafiklari keltirilgan.



8.32–rasm. TDS sozlashni chastota bo‘yicha – (a), dempferlash bo‘yicha – b), uning nisbiy massasi ν bo‘yicha bog‘liqligi

$\nu>\nu_{pr} \approx 2$ bo‘lganda, so‘ndirish effekti yo‘q bo‘ladi va TDS mexanikadan hammaga ma’lum bo‘lgan Lanchester dempferiga o‘tadi.

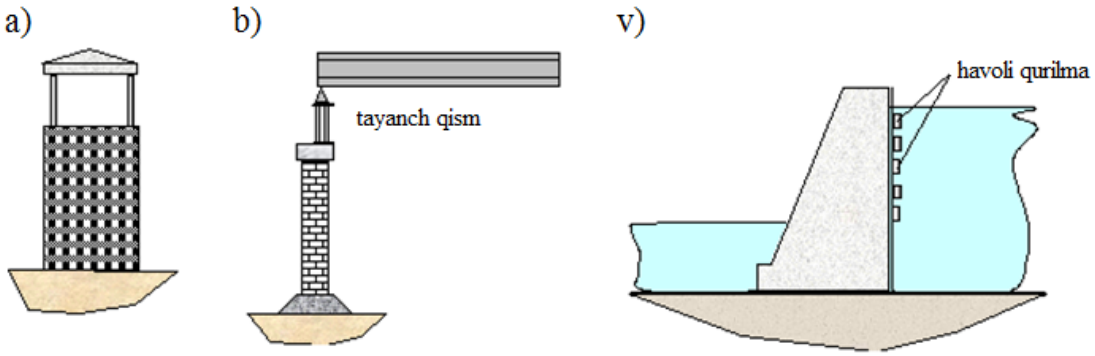
Agar texnik jihatdan TDS ni amalga joriy etishga erishilsa, uning

samaradorligi seysmoizolyatsiya samaradorligidan 2-4 barobar kattaroq bo‘ladi. Hozirgi vaqtda zilzilabardosh qurilishda TDS ni amalda joriy etilishi so‘ndiruvchi massa sifatida inshootning bir qismi xizmat qiladigan hollarda kuzatiladi. Bunday so‘ndirgichlarga misollar 8.33-rasmda keltirilgan.

TDS ning belgilangan massasidagi sozlash va dempferlash hisoblangan eng maqbul parametrlarni tanlash TDS nazariyasining muhim masalasidir. 8.33-rasmda yuqori qavati egiluvchan bino ko‘rsatilgan.

Yuqori qavat so‘ndiruvchi massa sifatida bo‘lib, yuqori qavat va bino orasida elastik bog‘lanish hosil bo‘ladi. Bunday yechim birinchi marotaba 1976 yilda A.I. Seytlin tomonidan taklif etilgan.

Dunyo bo‘ylab maxsus himoyalash vositalariga ega ko‘plab ko‘priklar qurilgan, ko‘rilayotgan masala bo‘yicha esa o‘nlab o‘ziga xos ajoyib yechimlar mavjud.



8.33–rasm. Katta massali TDS lardan foydalanish misollari:
a – yuqori qavati egiluvchan bino; b – ko‘prik tayanchi; v – Miatlon GESi to‘g‘oni

Shuni aytish kerakki, adabiyotlarda keltiriladigan spektral egri chiziqlarni qo‘llab spektral usullarida bajariladigan hisoblashlar hamda zilzilalar akselogrammalari bo‘yicha bajariladigan dinamik hisoblashlar seysmohimoyalovchi qurilma va tayanch qismlariga ega tayanchlar va oraliq qurilmalarning o‘zaro dinamik ta’sirini to‘liq hisobga olmaydi. Shuning uchun seysmohimoyalovchi tayanch qismlari parametrlarini sozlash masalasi o‘ta muhim o‘rin egallaydi.

8.5. Seysmoizolyatsiyani temir yo‘l ko‘priklarining ekspluatatsiya xarakteristikalariga ta’siri

Aytib o‘tilganidek, hozirgi vaqtda seysmoizolyatsiya – ko‘priklarni himoyalash vositalarining eng asosiylaridan biri deb qabul qilingan. Ammo adabiyotlarda seysmoizolyatsiya keng ko‘lamda faqat avtomobil yo‘llari ko‘priklarida qo‘llanilayotganligi haqida gap yuritiladi. Temir yo‘l ko‘priklarida seysmoizolyatsiya kamdan-kam qo‘llanadi. RTY OAJ seysmoizolyatsiyalangan ko‘priklardan foydalanishga qarshi. 2011 yilda temir yo‘l ko‘priklarini seysmoizolyatsiyalash masalalari ASSISi (Anti-Seismic Systems International Society) ishchi guruhi majlisida ko‘rib chiqilgan va tegishli nashrlarda [150, 157 va b.] yoritilgan. Hozirgi kunda Peterburg davlat temir yo‘llar universitetida (PDTYu) prof. A.M. Uzdin rahbarligida T.A. Jgutova seysmoizolyatsiyani temir yo‘l izlari holatiga ta’siriga oid tadqiqotlar o‘tkazgan [158]. Fikrimizcha, bu tadqiqotlar seysmoizolyatsiyani temir yo‘l ko‘priklarida qo‘llash borasida prinsipial xarakterga ega. Quyida ushbu tadqiqotlar natijalarini qisqa bayoni keltiriladi.

Avvalambor, seysmoizolyatsiyani bo‘ylama yuklanishlarda yo‘l yuqori qurilmasi (YYuQ) ishiga ta’sirini ko‘rib chiqamiz.

Seysmoizolyatsiya poyezdni joydan qo‘zg‘alishida va tormozlanishida oraliq qurilmaning yaqinlashuv yo‘llari ko’tarmalariga nisbatan ancha katta miqdorda (5-15 sm) siljishiga olib kelishi mumkin. Bunaqa siljishlar o‘z navbatida YYuQ buzilishini yoki rels izlarini uzilishini keltirib chiqaradi. Ko‘prik qurish sohasida egiluvchan tayanchli ko‘priklarda YYuQ ishi bo‘yicha batafsil tadqiqotlar olib borilmagan. Ammo, mutaxassislar bunday ko‘priklarda YYuQ butun qolishi xavfi haqida gap yuritishgan. Bundan tashqari, ma’lumki, Rossiyadagi ko‘priklarni loyihalash me’yorlarida tayanch tepasining deformatsiyaga ishlashi (податливость) cheklangan, bu esa yo‘lni ekspluatatsiya yuki ostida ishlash jarayonida salbiy effektlar ta’siriga yo‘l qo‘ymasligi kerak. Bu cheklanish quyidagi ko‘rinishga ega:

$$u_{\max} < 0.5 \cdot \sqrt{L} \ , \qquad (8.21)$$

bunda u_{max} – tayanch tepasini ekspluatatsiya yuki ostida eng katta siljishi, sm; L – ko‘prik oralig‘i, m.

(8.21) formulani quyidagi ko‘rinishga keltirgan ma’qul:

$$\mathrm{u}_{\max} < \mathrm{a} \cdot \sqrt{\mathrm{L}} \ , \qquad (8.22)$$

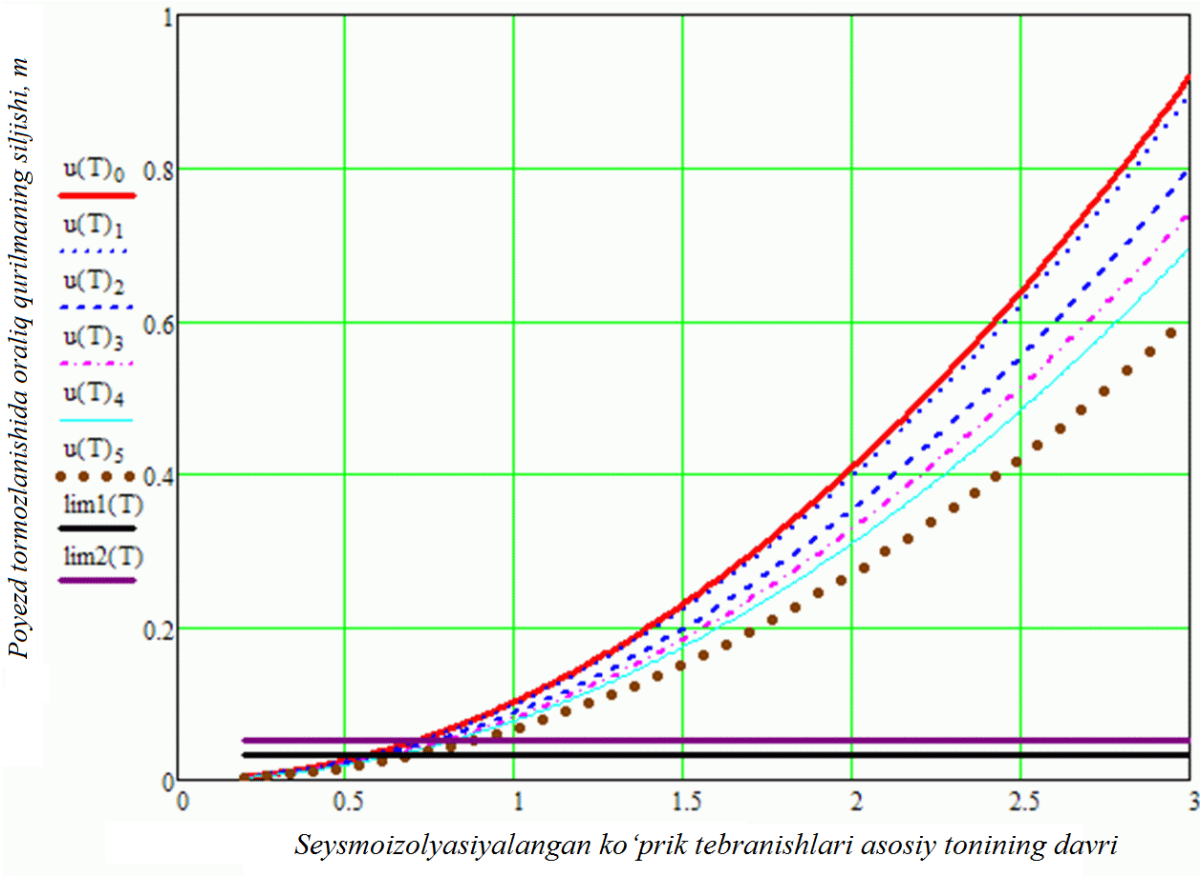
bunda $a = 0.005$ m$^{-1/2}$, u_{max} va L metrda beriladi.

Rezina yoki sharsimon tayanch qismlarga ega an’anaviy seysmoizolyatsiya tizimli ko‘priklarda bu shartga amal qilib bo‘lmaydi. Yo‘l ishini o‘rganish (8.22) shartni kamaytirishga va $a = 0.01$ m$^{-1/2}$, deb qabul qilishga imkon yaratadi. Ammo bu ahvolni yengillashtirmaydi. Seysmoizolyatsiyalangan ko‘prik tebranishlari asosiy tonining davriga muvofiq oraliq qurilmani nisbiy siljishlarini bog‘liqliklari 8.34-rasmda keltirilgan. Yirik avtomobil yo‘li ko‘priklarida tebranishlar davri 2-3 sekundga teng. Bunday seysmoizolyatsiyada poyezdni tormozlanishi natijasida oraliq qurilmani siljishi 30-40 sm gacha boradi, bunga esa YYuQ ishi nuqtai nazaridan umuman yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi.

T.A. Jgutovaning yuqorida aytib o‘tilgan tadqiqotlarida qo‘shimcha ravishda relsdagi harorat kuchlanishlariga seysmoizolyatsiyani ta’siri ham ko‘rsatib o‘tiladi. Bunda relsni tasodifan sinishi natijasida paydo bo‘ladigan tirqishlari kattalashishini, bu esa poyezdni izdan chiqib ketishiga olib kelishini alohida ko‘rsatish mumkin.

Seysmoizolyatsiyalangan ko‘priklar ishining aniqlangan o‘ziga xos tomonlari kamida ikki pog‘onali seysmoizolyatsiyalashni talab etadi. Oddiy ekspluatatsiya jarayonida seysmoizolyatsiyalovchi qurilmalar blokka tushirib qo‘yiladi, va bu YYuQ normal ishlashini ta’minlaydi. Xavfli seysmik yuklarda seysmoizolyatsiya ishga tushiriladi. Bunda ko‘prikdagi rels izlari buzilgan bo‘lishi mumkin. Bunday

seysmoizolyatsiyaga misollar [150] keltirilgan.

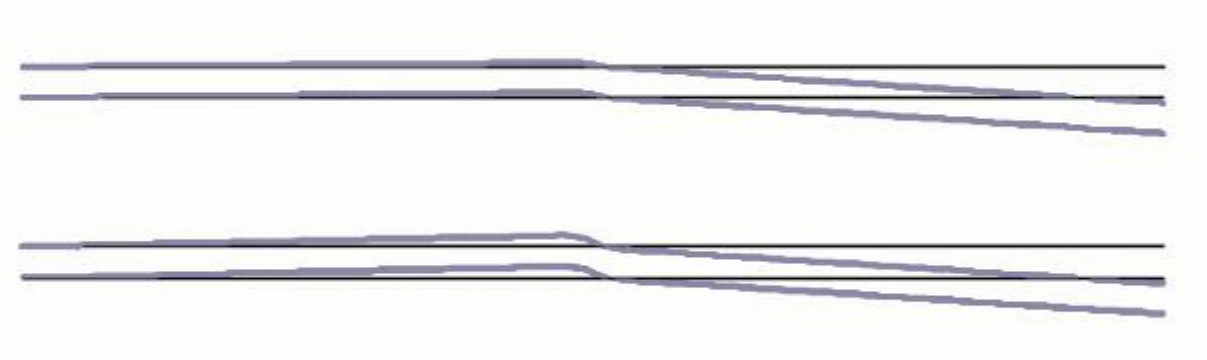


8.34-rasm. Poyezd tormozlanishida oraliq qurilmanig nisbiy siljishini seysmoizolyatsiyalangan ko'prik tebranishlari asosiy tonining davriga bog'liqligi: uzluksiz chiziq – L =44 m, nuqta-nuqtali chiziq - L =55 m, uzuq-uzuq chiziq - L =55m, shtrixli uzuq-uzuq chiziq - L =66 m, yo'g'on nuqta-nuqtali chiziq - L =110 m; yo'l qo'yarli siljishlarning o'zgarish diapazoni to'g'ri chiziq qilib ko'rsatilgan, tegishlicha a=0.005 $m^{1/2}$ da va a=0.01 $m^{-1/2}$da

YYuQ ishiga seysmoizolyatsiyani ko‘ndalang yuklarda ko‘rsatadigan ta’sirining ahamiyati ham muhim o‘rin egallaydi. Ko‘prikka ta’sir etuvchi ko‘ndalang ekspluatatsiya yuklari sifatida tarkiblarni to‘lqinsimon harakati hamda vagonlarni vaqti-vaqti bilan rels izlarining bittasiga chiqib ketishi bilan bog‘liq harakat tarkibidan tushadigan ko‘ndalang zarbalar bo‘ladi.

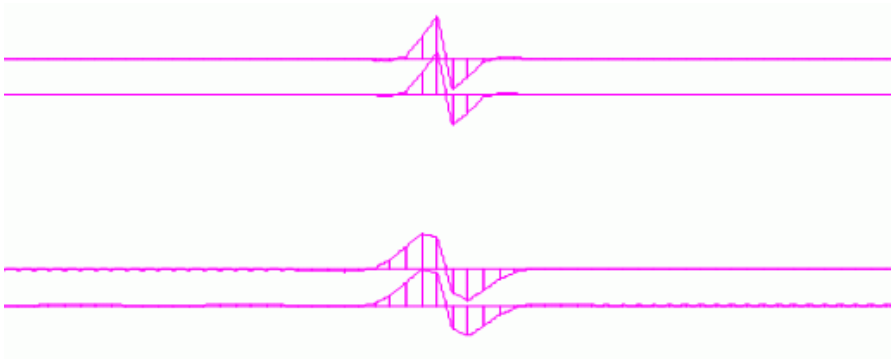
Quyida T.A. Jgutova oraliqlari 33.6m teng uch oraliqli ko‘priklar tayanch qismlari tuzilishining uch xil varianti hamda YYuQ tuzilishining ikki varianti uchun bajargan hisoblarini ayrim natijalari keltiriladi.

Birinchi ikki variant – asos variant hisoblanadi. Bunda tayanchlarga o‘ta mustahkam ko‘ndalang yo‘nalishda tutashmali oddiy tayanch qismlarini o‘rnatish nazarda tutiladi. Bitta variantda ballast ustidagi yo‘l, ikkinchisida – ballastsiz ko‘prik polotnosi (BKP) ko‘riladi. Boshqa variantlarda xuddi shunday YYuQ deformatsiyaga moyil (податливый) tayanch qismli ko‘prik ko‘rib chiqiladi. 8.35-rasmda BKP rels pletlarini siljish epyurasi hamda barcha tayanchlarda rezinali tayanch qismlari (RTQ) ni (birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya) o‘rnatish vaqtida ballast ustida harakatlanish epyurasi keltirilgan.



8.35-rasm. Ko‘prikdagi rels izlarini harakatdagi tarkibning ko‘ndalang zarbalaridan siljishining xususiyati: yuqorida – BKP uchun, YUQ ko‘ndalang bikirligi C=7500 t/m; pastda – ballast yo‘li uchun, C=1000 t/m

8.36-rasmda gorizontal tekislikdagi, ya’ni rels izlari tekisligidagi eguvchi momentlarning epyurasi berilgan.



8.36-rasm. Tayanch ustidagi rels izlari tekisligida harakatdagi tarkibning ko‘ndalang zarbalaridan eguvchi momentlarining xususiyati: yuqorida – BKP uchun, YUQ ko‘ndalang bikirligi C=7500 t/m; pastda – ballast yo‘li uchun, C=1000 t/m

Ushbu rasmlardan ko‘rinib turibdiki, ko‘ndalang zarbalar natijasida deformatsiyaga moyil tayanchlardagi oraliq qurilmaning burilish va tayanchlar ustida oraliq qurilmalarning bir-biriga nisbatan siljish holatlari vujudga keladi, bu esa rels izlariga ko‘ndalang yuk ta’sir etishiga olib keladi. 8.1-jadvalda rels pletlaridagi siljish va kuchlanishlarning sonli qiymatlari keltirilgan.

Bunda №1 sxemadagi hamma tayanch qismlar odatiy (bazaviy sxema), №2 sxemada birlashtiruvchi seysmoizolyatsiya ko‘riladi, ya’ni barcha tayanch qismlar – deformatsiyaga moyil, №3 sxemada esa faqat qo‘zg‘almas tayanch qismlar har tomonlama deformatsiyaga moyil bo‘ladi, qo‘zg‘aluvchan qismlar esa an’anaviy tarzda ko‘ndalang yo‘nalish bo‘yicha bikir qilib ishlanadi.

8.1-jadval

R65 rels kallagida eng katta zo‘riqishlar

Ballast bikirligi, sxema	Maks. siljish, mm	Relsdagi maks. moment, tm	Relsdagi maks. qirquvchi kuch, t	Rels boshidagi kuchlanish, kg/sm^2
№1, 7500 t/m	0,061	0,02	0,2	27
№1, 1000 t/m	0,426	0,05	0,24	67
№2, 7500 t/m	70	1,73	6	2300
№2, 1000 t/m	70	1,48	4	1970
№3, 7500 t	70	1,59	6	2120
№3, 1000t	70	1,34	5	1790

Amalga oshirilgan tadqiqotlar natijalari bo‘yicha quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Temir yo‘l ko‘priklaridagi mavjud temir yo‘l izlari oddiy seysmoizolyatsiyadan foydalanish imkoniyatlarini chegaralab qo‘yadi;

2. Oraliq qurilmaga nisbatan tayanchni siljishi me’yorlarda tavsiya etilgan qiymatdan ikki barobar katta bo‘lganda ham oraliq uzunligi L <66m bo‘lgan ko‘priklarda oddiy seysmoizolyatsiyani qo‘llash mumkin. Barcha hollarda ham seysmoizolyatsiyalangan ko‘priklarda harakatlanish ballast ustida amalga oshiriladigan YYuQ ni afzal ko‘rish lozim. Seysmoizolyatsiyaning parsial

davri ikki yo‘nalishda ham 1.25 s ziyod bo‘lmasligi darkor.

3. Seysmoizolyatsiya bo‘lmaganda, relslarda harakatdagi tarkibning ko‘ndalang zarbalaridan hosil bo‘ladigan zo‘riqish (kuchlanish) e’tibor berilmaydigan darajada kichik bo‘ladi. Ballast ustida harakatlanishda ular 67 kG/sm^2, BKP uchun esa 27 kG/sm^2 teng.

4. Chet elda qo‘llanadigan hamma tayanchlarda har tomonlama deformatsiyaga moyil tayanch qismlari o‘rnatilgan taqsimlovchi seysmoizolyatsiyaning konstruksiyasi temir yo‘l ko‘priklari uchun noma’qul bo‘ladi. BKP uchun rels pletlaridagi faqat ko‘ndalang zarbalardan hosil bo‘ladigan zo‘riqishlar 2300 kG/sm^2 gacha boradi. Agar relslarda harorat zo‘riqishlari 600-800 kG/sm^2, vertikal yuk natijasida hosil bo‘ladigan yuklar yana 100 kG/sm^2 qo‘shadigan bo‘lsa, relslardagi jami zo‘riqish 3200 kG/sm^2 tashkil etadi. Bu ko‘rib chiqilayotgan holat uchun (oraliq qurilmalari L=33m) ekspluatatsiya yuklaridagi mustahkamlik shartlariga asosan faqat termomustahkamlangan relslardan foydalanish mumkin, oraliqni uzaytirishga esa umuman yo‘l qo‘yilmaydi. Ballastni qo‘llanishi zo‘riqish (kuchlanish)ni 2900 kG/sm^2 gacha kamaytirishga imkon beradi, ammo bu holda ham faqat termomustahkamlangan relslardan foydalanishda oraliqni 44m gacha uzaytirish mumkin bo‘ladi.

5. Eng maqbul yechim sifatida oraliq qurilmalar ostida tayanch qismlarning bitta deformatsiyaga moyil yoki bitta bo‘ylamasiga qo‘zg‘almas guruhidan foydalanib bajarilgan seysmoizolyatsiyani qabul qilish mumkin. Bunda ballastda harakatlanish holatida relslardagi hisobiy zo‘riqishlar 2800 kG/sm^2 tashkil etadi. Bunday natija oralig‘i 66 m ko‘priklarda yo‘l qo‘yarli kuchlanishi 5800 kG/sm^2 teng termomustahkamlangan relslardan foydalanishda ko‘rib chiqilayotgan seysmoizolyatsiyani qo‘llash imkoniyatlarini bashorat qilishga yo‘l qo‘yadi. Seysmoizolyatsiya samaradorligini oshirish uchun yanada mustahkamroq relslardan, masalan, R-75 foydalanishni tavsiya etish mumkin. Bu oralig‘i 88 m gacha ko‘priklarda seysmoizolyatsiyadan foydalanish imkonini berishi mumkin.

6. Oralig‘i 33 m dan katta ko‘priklarda, hamda parsial davri 1.5 s ziyod seysmoizolyatsiyadan yoki BKP dan foydalanishda rels izlaridagi zo‘riqish

hisoblanishi shart.

7. Bajarilgan tadqiqot ishida tayanchlarning egiluvchanligiga qo‘yiladigan me’yorlarga rioya qilinmagan. Oraliq qurilmani tayanchga nisbatan siljishlari me’yorlarda ko‘rsatilgan qiymatlardan taxminan ikki barobar ortiq bo‘lgan. Shunga qaramasdan, relsdagi zo‘riqishlar yo‘l qo‘yarli darajada ekan. Bunda oraliq qurilmalarni tayanchlarga nisbatan siljishi 7 sm tashkil etgan (QMQ esa 2.7 sm berilgan).

Amalga oshirilgan hisoblash ishlaridan kelib chiqadigan xulosa shundan iboratki, oralig‘i 66 m temir yo‘l ko‘priklari uchun eksplatatsiya yuklaridan ortiq yukda ishlay oladigan yanada murakkabroq seysmoizolyatsiya tizimlari zarur.

8.6. Temir yo‘l ko‘priklarida seysmohimoyalashdan foydalanishga qo‘yiladigan cheklovlar

Temir yo‘l ko‘priklarida qo‘zg‘aluvchan tayanch qismlari ko‘rinishidagi seysmoizolyatsiya tizimlaridan foydalanishda asosiy muammo YUQ ni yaxshi va to‘g‘ri ekspluatatsiyasini ta’minlashdan iborat. Shu maqsadda me’yorlarda ekspluatatsion yuklarda tayanchlar tepasining vertikal va gorizontal siljishlariga qat’iy cheklanishlar beriladi. Vertikal siljishlar 1 mm dan ortiq bo‘lmasligi kerak, gorizontalga (8.21-formuladagi) shart qo‘yiladi

Keyingi hisoblashlar uchun (8.21) ni quyidagi ko‘rinishda taqdim etamiz:

$$u_{\lim} < \sqrt{L \cdot L_0} \qquad (8.23)$$

bunda L – oraliq qurilma uzunligi, $L_0 = 25 \cdot 10^{-6}$м.

Bu holda barcha qiymatlar bitta o‘lchamda beriladi va chegaraviy siljishlar qiymati ham xuddi shu o‘lchamda chiqadi, ya’ni *m* da.

Oraliq qurilma massasi M_{span} tayanch massasi M_{pier} dan ancha katta bo‘lgan holatni ko‘rib chiqamiz. Bu shart odatda katta oraliqli ko‘priklar uchun to‘g‘ri

keladi. Agar tormoz yuklanishi Q = mgf (m – poyezd massasi, f = 0.1) ta’sir etganda siljishlar miqdori eng katta bo‘ladi deb qabul qilinsa, quyidagi nisbatga ega bo‘lamiz:

$$u = \frac{Q}{C} = \frac{g \cdot f \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \frac{m}{M_{span}} < \sqrt{L \cdot L_0} \qquad (8.24)$$

Bundan

$$T_{lim} < 2\pi \sqrt{\frac{\sqrt{L \cdot L_0}}{gf\mu}}\ , \qquad (8.25)$$

bu yerda, $\mu = \frac{m}{M_{span}}$.

(8.29) formulasi seysmoizolyatsiyali ko‘prikning yo‘l qo‘yarli tebranishlar davrini chegaralaydi. 8.37-rasmda bu miqdorni poyezd massasini oraliq qurilma massasiga bo‘lgan nisbatiga bog‘liqlik grafiki keltirilgan.

Tizimning chegaraviy davrini va bikir tayanch qismlar T_{rieg} ga ega tayanch tebranishlarining davrini bilgan holda seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlarning eng yo‘l qo‘yarli ehtimoliy bikirligi C_{isol} ni baholash mumkin.

Shunda oraliq qurilmani siljishini cheklash sharti quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$u = \frac{Q}{C_{sys}} < u_{lim} \qquad (8.26)$$

bunda C_{sys} – tizimning yig‘ma bikirligi;

$$C_{sys} = \frac{C_{isol} \cdot C_{pier}}{C_{isol} + C_{pier}} \qquad (8.27)$$

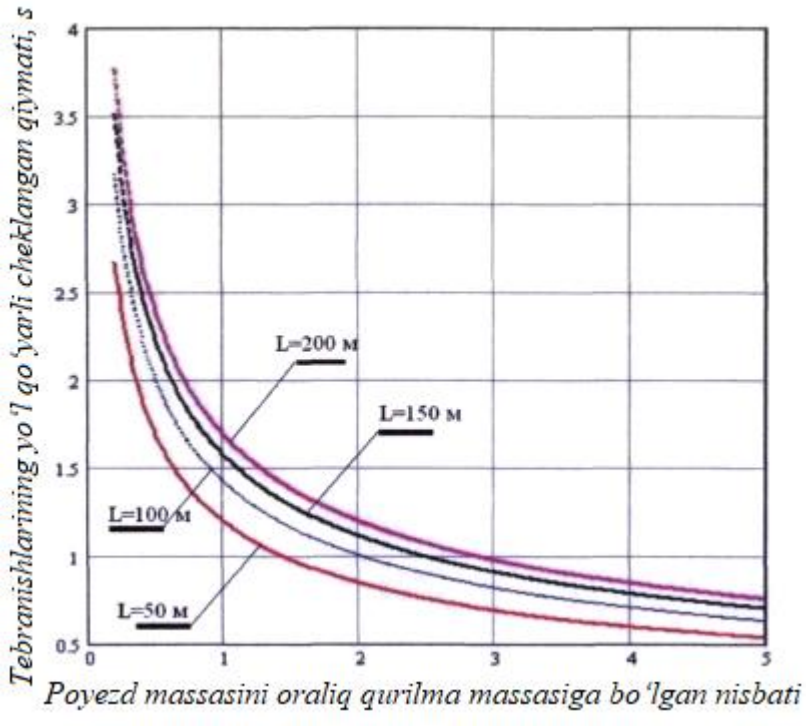
(8.27) formulasida C_{isol} – seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismlarini bikirligi; C_{pier} – tayanch bikirligi.

Agar (8.27) ni (8.26) ga kiritsak, seysmoizolyatsiyalovchi tayanch qismining bikirligiga qo‘yiladigan quyidagi cheklanishlarga ega bo‘lamiz:

$$C_{isol} > \frac{\frac{Q}{u_{lim}} \cdot C_{pier}}{C_{pier} - \frac{Q}{u_{lim}}} = \frac{\frac{Q}{u_{lim}}}{1 - \frac{Q}{u_{lim} \cdot C_{pier}}} \qquad (8.28)$$

Oraliq qurilmaning tayanch qismidagi tebranishlarning parsial davri quyidagicha cheklanadi:

$$T_{span} < 2\pi\sqrt{\frac{M_{span}}{C_{isol}}} \qquad (8.29)$$



8.37-rasm. Ko‘prik tayanchi tebranishlarining yo‘l qo‘yarli cheklangan qiymatini oraliqning har xil uzunliklarida poyezd massasini oraliq qurilma massasiga bo‘lgan nisbatga bog‘liqligi

Seysmoizolyatsiya butun dunyo amaliyotida juda keng tarqalgan. Seysmik

hududlarda transport inshootlari quriladigan AQSh, Yaponiya, Italiya va boshqa davlatlarda ***seysmoizolyatsiya*** ko‘priklar zilzilabardoshligini ta’minlovchi asosiy vosita desa ham bo‘ladi.

(8.28) formula yirik temir yo‘l ko‘priklari tayanchlariga tushadigan seysmik yuklarni kamaytirish maqsadida oddiy seysmoizolyatsiyadan foydalanish imkoniyatlarini ancha kamaytiradi. Seysmoizolyatsiyadan sezilarli darajadagi samaraga faqat qoyali asoslarga tayanuvchi massiv bikir tayanchlardagi ko‘priklarni loyihalashda erishish mumkin. Shuning uchun, quyida ko‘prikning tebranishlarini so‘ndirgichi sifatida ikkita qo‘shni oraliq qurilmalardan foydalanib zilzilabardoshligini oshirishning ikkinchi yo‘li ko‘rib chiqilgan.

8.7. Oraliq qurilmalar siljishlarini chegaralovchilari (stoporlar)ni hisoblashga tavsiyalar

Oraliq qurilmalarni tayanchlardan qulab tushishidan saqlovchi siljishlarni chegaralovchilari (stoporlar)ni hisoblash ishlari nafaqat mamlakatimiz, balki Rossiya Federatsiyasi va xorijiy davlatlarning bironta ham yo‘riqnomalarida [145] belgilanmaganligi, taklif etilgan hisoblash usuli ancha katta hajmda tadqiqotlarni olib borilishini talab etishi sababli, bunday qurilmalarni taxminiy hisoblash uslubini ishlab chiqish hozirgi vaqtdagi eng muhim masaladir [8].

Quyida taklif etilgan uslub bo‘yicha zilzilalar akselerogrammalarini hisoblamasdan turib, stoporlar parametrlarini dastlabki baholashni amalga oshirish mumkin.

Taklif etilgan taxminiy hisoblash usuli asosida oraliq qurilma qulashi oldidan u ma’lum energiya e ga ega degan taxmin turadi:

$$E = \frac{m_{\Sigma} v_1^{(-)2}}{2} + \frac{[P]^2}{2c}, \qquad (8.30)$$

bunda m_{Σ} – oraliq qurilma va tayanchlarning keltirilgan massasi;

$v_1^{(-)}$ – oraliq qurilmaning qulashdan oldingi tezligi;

[*P*] – oraliq qurilmani tayanchga mahkamlash uzelining ko‘tarish qobiliyati;

C – tayanch va mahkamlash uzelining bikirligi.

Oraliq qurilma tayanch qismlaridan qulaganidan keyin tayanch energiyaga ega bo‘lmaydi, deb zahiraga eslab qolamiz, shunda qulashdan keyingi energiya:

$$E = \frac{mv_1^{(+)2}}{2}, \tag{8.31}$$

bunda $v_1^{(+)}$ – oraliq qurilmaning qulashdan keyingi tezligi; m – oraliq qurilma massasi.

(8.30) va (8.31) solishtirib, quyidagini olamiz:

$$v_1^{(+)2} = \mu v_1^{(-)2} + \frac{[P]^2}{cm} = \mu v_1^{(-)2} + \frac{[P]^2}{k^2 m^2 \mu},$$

bundan

$$v_1^{(+)} = \sqrt{\mu v_1^{(-)2} + \frac{[P]^2}{k^2 m^2 \mu}}. \tag{8.32}$$

(8.32) da *k* – oraliq qurilmali tayanchning asosiy toni tebranishlari chastotasi; $\mu > 1 - m_\Sigma / m$ nisbat.

Stoporga urilish oldidan oraliq qurilma tezligi

$$v_2^{(-)} = \chi v_1^{(+)}, \tag{8.33}$$

bunda χ – tayanchlardan qulagan oraliq qurilma harakatiga qarshilik hisobiga tezlikni kamayish koeffitsienti. Shunda tizim energiyasi teng:

$$E = \frac{mv_2^{(-)2}}{2} + \frac{m_{op} v_{op}^{(-)2}}{2} + \frac{c_{op} u_{op}^2}{2}, \tag{8.34}$$

bu yerda m_{op} – tayanchning keltirilgan massasi; $v_{op}^{(-)}$ – bir-biriga urilishdan oldin tayanch tezligi; C_{op} – tayanch bikirligi; $u_{op}^{(-)}$ – tayanchni urilishdan oldin siljishi.

Bundan so‘ng $m_\Sigma = \mu m = m + m_{op}$ hisobga olamiz, shunda

$$m_{op} = (\mu - 1)m. \tag{8.35}$$

bundan

$$E = \frac{m{v_2}^{(-)^2}}{2} + \frac{m(\mu-1){v_{op}}^{(-)^2}}{2} + \frac{c_{op}{u_{op}}^2}{2}. \tag{8.36}$$

Bir-biriga urilish jarayonida tayanchda eng katta zo‘riqish oraliq tezligi $v_2^{(+)}$ va tayanch tezligi $v_{op}^{(+)}$ no‘lga teng bo‘lganda vujudga keladi, ya’ni:

$$E = \frac{c_{op}{u^2}_{\max}}{2}. \tag{8.37}$$

(8.36) va (8.37) solishtirib, quyidagini olamiz:

$$mv_2^{(-)2} + m(\mu\text{-}1)v^2_{op} + c_{op}u^{(-)2}_{op} = c_{op}u^2_{max} \tag{8.38}$$

Izlanayotgan zarba kuchi $N = c_{op}u_{max}$,

shunda $mv_2^{(-)2} + m(\mu\text{-}1)v^2_{op} + c_{op}u^{(-)2}_{op} = \frac{\mathrm{N}^2}{\mathrm{c_{op}}}$.

Tenglikning ikkala qismini m_Σ bo‘lamiz:

$$\frac{{v_2}^{(-)^2}}{\mu} + \frac{\mu-1}{\mu}{v_{op}}^2 + k^2{u_{op}}^{(-)^2} = \frac{N^2}{k^2{m_\Sigma}^2}.$$

Chiqarilgan tenglamaning chap tomonidagi eng keyingi hadi $m_{пр}^2$

ko‘paytiruvchisiga qadar aniq tayanchga to‘qnashuvgacha ta’sir etuvchi seysmik yuklanishning kvadrati, ya’ni $C_{op}^{(-)2}$ ekanligi yaqqol ko‘rinib turibdi.

Aytilganlarni hisobga olib quyidagini yozish mumkin:

$$N = km_{\Sigma}\sqrt{\chi^2 v_1^{(-)^2}\mu^{-1} + (1-\mu^{-1})v_{..}^{\cdot\,2} + \frac{S_{..}^{\cdot\,(-)^2}}{m_{.\mathrm{p}}^{\cdot\,2}k_0^{\,2}}}, \qquad (8.39)$$

bunda k_0 – tayanch tebranishlarining parsial chastotasi.

Ildiz ostidagi ifodaning dastlabki ikki hadini o‘zgartiramiz.

(8.32) hisobga olib quyidagini yozish mumkin:

$$\chi^2 v_1^{(+)^2}\mu^{-1} = \chi^2\left[\mu v_1^{(-)^2} + \frac{[P]^2}{k^2m^2}\mu^{-1}\right]\mu^{-1} = \chi^2 v_1^{(-)^2} + \frac{[P]^2\chi^2}{k^2m^2\mu^2}. \qquad (8.40)$$

Keyingi o‘zgartirishlarni kiritish uchun rezonansli seysmik tebranishlarda

$$v \approx \frac{w}{k} = \frac{S}{mk}, \qquad (8.41)$$

bunda v, w, m – tizim tezligi, tezlanishi va massasi; k – uning tebranishlari chastotasi; S – inersiyali seysmik yuk.

(8.41) hisobga olib quyidagini yozish mumkin:

$$\chi^2 v_1^{(-)^2} + \frac{[P]^2\chi^2}{k^2m^2\mu^2} = \frac{\chi^2 S_1^{(-)^2}}{m_{\Sigma}^{\,2}k^2} + \frac{[P]^2\chi^2}{k^2m^2\mu^2} = \frac{\chi^2}{k^2m^2\mu^2}\left(S_1^{(-)^2} + [P]^2\right), \qquad (8.42)$$

bunda $S_1^{(-)}$ – tayanch va oraliq qurilma qulashidan avval undagi inersiyali seysmik yuk.

Xuddi shunday

$$\left(1-\mu^{-1}\right)v_{op}{}^{2}=\left(1-\mu^{-1}\right)\frac{S_{op}{}^{2}}{m_{op}{}^{2}k_{0}{}^{2}}, \tag{8.43}$$

bunda S_{op} – tayanchga oraliq qurilmasiz inersiyali seysmik yuk.

(8.42, 8.43) hisobga olib, quyidagiga erishamiz:

$$N=km_{\Sigma}\sqrt{\frac{\chi^{2}}{k^{2}m^{2}\mu^{2}}\left(S_{1}{}^{(-)2}+[P]^{2}\right)+\left(1-\mu^{-1}\right)\frac{S_{op}{}^{2}}{m_{op}{}^{2}k_{0}{}^{2}}+\frac{S_{op}{}^{2}}{m_{op}{}^{2}k_{0}{}^{2}}}=$$

$$=km_{\Sigma}\sqrt{\frac{\chi^{2}}{k^{2}m^{2}\mu^{2}}\left(S_{1}{}^{(-)2}+[P]^{2}\right)+(2-\mu^{-1})\frac{S_{op}{}^{2}}{m_{op}{}^{2}k_{0}{}^{2}}}=$$

$$=\sqrt{\chi^{2}\left(S_{1}{}^{(-)2}+[P]^{2}\right)+\frac{2\mu-1}{\mu}\frac{S_{op}{}^{2}k^{2}m_{\Sigma}{}^{2}\mu}{m_{op}{}^{2}k_{0}{}^{2}}}=$$

$$=\chi^{2}\left(S_{1}{}^{(-)2}+[P]^{2}\right)+\frac{\mu^{2}(2\mu-1)}{\mu-1}S_{op}{}^{2}. \tag{8.44}$$

χ kattalikni baholash uchun oraliq qurilma qulashdan keyin kichik ishqalanish f_{tr} = 0.1 bilan tayanch kallagidan sirpanib tushadi, deb hisoblaymiz. Haqiqatda, ishqalanish juda katta bo‘lishi mumkin (f_{tr} = 0.3–0.5), ammo bunda vertikal seysmik tebranishlar oqibatida ishqalanishning musbat ta’siri kamayadi. Shuning uchun, baholov hisoblashlarida ishqalanish kuchlarining foydali samarasini kamaytirgan ma’qul.

Oraliq qurilma kinetik energiyasini o‘zgarish qonunini yozib, quyidagini olamiz:

$$\frac{mv_{1}{}^{(+)2}}{2}-\frac{mv_{2}{}^{(-)2}}{2}=mgf_{tr}\Delta,$$

bunda Δ – tirqish kattaligi (stoporgacha masofa) yoki $v_{1}{}^{(+)2}\ (1-\chi^{2}) = 2gf_{tr}\Delta$,

$$1-\chi^2=\frac{2gf_{tr}\Delta}{v_1^{\,2}}=\frac{2gf_{tr}\Delta k}{S_1^{(-)^2}m^2}$$

yoki bundan

$$\chi=\sqrt{1-\frac{2gf_{tr}k^2\Delta}{S_1^{(-)^2}m^2}}\,. \qquad (8.45)$$

Topilgan χ qiymati bo‘yicha stoporga ta’sir etuvchi seysmik yuk (8.40) formula yordamida hisoblanadi.

8.8. Zilzilabardosh ko‘priklarning ko‘p pog‘onali loyihalashda friksion-boltli tutashmalardan foydalanish

Yuqorida keltirilgan dempferlovchi qurilmalarni ta’riflash jarayonida o‘tgan asrning 80-yillari o‘rtasida “Ko‘priklar” ITI taklif etgan va bir qator mualliflik guvohnomalari bilan himoyalangan [8] friksion-boltli tutashmalar (FBT) ko‘rib chiqilgan edi. Ko‘priksozlikda ulardan foydalanish istiqboli juda yuqori darajada. FBT bir vaqtning o‘zida ham stoporlovchi, ham dempferlovchi qurilma sifatida qo‘llanishi mumkin. FBT ko‘priklar loyihasini ko‘p pog‘onali usulda bajarish imkonini beradi.

Bizda ko‘p pog‘onali loyihalash prinsipini amalga oshirish uchun, mualliflar uch xil chegaraviy holatlar qo‘llashni taklif etadi:

1) nisbatan tez-tez har 50-100 yilda sodir bo‘ladigan zilzilalar vaqtida inshootlar elastik bo‘lishi va shikastlanishlarga yo‘l qo‘ymasligi kerak. Bunday chekli holatlar Yevrokod-8 da serviceability limit state yoki SLS deb ataladi;

2) OCP-97 xaritalarining A xaritasiga muvofiq 500 yilda bir marta qaytariladigan o‘rtacha kuchga ega zilzilalar vaqtida inshoot zilziladan so‘ng bir necha soat ichida tuzatish iloji bo‘lgan kichik shikastlanishlarga chalinishi mumkin;

3) OCP-97 xaritalarning Б xaritasiga mos tarzda 1000 yilda bir marta sodir bo‘ladigan xalokatli, o‘ta kuchli zilzilalar vaqtida inshoot zilziladan keyin bir necha hafta davomida tuzatiladigan juda katta shikastlanishlarga chalinishi

mumkin. Bunday hollarda oraliq qurilmalarni tayanchlardan qulashiga va tayanch tanasi buzilishiga yo‘l qo‘ymaslik darkor. Bunday chegaraviy holat Yevrokod-8 da ultimate limit state yoki ULS deb ataladi.

Uch xil chegaraviy holatdan foydalanishda uch bosqichli hisoblashlarni o‘tkazish talab etiladi.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan va 50-100 yilda bir marta qaytariladigan chegaraviy holatlardan (SLS) birinchisi uchun LZ dagi kabi ortish ehtimoliga ega yuklarning qo‘shimcha birikmalarini hisoblash maqsadida QMQ da belgilangan mustahkamlik va barqarorlik normativ mezonlaridan foydalanib, oddiy kuch bo‘yicha hisoblashlar olib boriladi.

Hisoblashning o‘zi QMQ dan farqli ularoq dempferlardan qo‘shimcha foydalangan holda chiziqli spektral uslubda (ChSU) ham, belgilangan qaytarishli zilzilalar akselerogrammalari bo‘yicha ham bajarilishi mumkin.

Ko‘rib chiqilgan chegaraviy holatlarning ikkinchisida tizimning ayrim elementlarida ko‘prikni uzoq muddatga ishdan chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydigan mustahkamlik shartlarini buzilishiga ruxsat etiladi. Bunda zilzilabardoshlik mezoni sifatida oraliq qurilmani tayanchga nisbatan chekli noelastik siljishlari xizmat qiladi. Bu siljishlarning miqdori ko‘prik ustidagi YUQ ni bir necha soatda tuzatiladigan buzilishlariga olib kelishi mumkin.

Shunda inshoot hisoblashlari 500 yilda bir marta qaytariluvchi zilzila akselerogrammasi (OCP-97 xaritalarning A xaritasi) da berilgan ta’siriga bajariladi.

Ko‘rilgan chegaraviy holatlarning uchinchisi (ULS) uchun tizim elementlarida tayanchlarni buzilishiga yoki ustidan oraliq qurilmalarni qulashiga olib kelmaydigan mustahkamlik shartlariga rioya qilmaslikka yo‘l qo‘yiladi. Bunda zilzilabardoshlik mezoni sifatida ikkinchi chegaraviy holatdagi kabi oraliq qurilmani tayanchga nisbatan chegaraviy siljishlari xizmat qiladi. Bu siljishlarning chegaraviy qiymati oraliq qurilmani tayanchlardan tushib ketishiga yo‘l qo‘ymasligi kerak. Shunda inshootni hisoblashlari 1000 yilda bir marta qaytariluvchi zilzila akselerogrammasi (OCP-97 xaritalarning Б xaritasi)da

ko‘rsatilgan ta’sir uchun bajariladi.

FBT ushbu prinsipni amalga oshirishga juda ham yaraydi. FBT ishi edirilish koeffitsienti k bilan tavsiflanadi. Bu koeffitsient yedirilish nazariyasining quyidagi asosiy tenglamasidan kelib chiqib, eksperimental yo‘l bilan aniqlanadi:

$$\frac{d\Delta}{ds} = k \cdot N\,, \tag{8.46}$$

bunda Δ – siljish jarayonida paket listlarining yedirilishi;

s – siljish miqdori;

N – paket listlarini har tomonlama siqib qo‘yish kuchi.

Bunda FBT paketi listlarini siljish jarayonida edirilishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = \left(1 - e^{-kas}\right) \times k \times N_0 \times a^{-1}\,, \tag{8.47}$$

bunda k – tutashtiriladigan listlarni siljish jarayonida yedirilishi koeffitsienti,

$$a = \frac{EF}{l}\,,$$

bunda l – bolt uzunligi; EF – uning bo‘ylama bikirligi;

N_0 – boltni dastlabki tortilishi.

Tutashmalarni siljish s dan keyingi yuk ko‘tarish qobiliyati quyidagi formuladan topiladi:

$$T = T_0 \times \left[1 - \left(1 - e^{-kas}\right) \times k \times a^{-1}\right].\,, \tag{8.48}$$

bunda T_0 – yuk ko‘tarish qobiliyatini dastlabki miqdori.

A.M. Uzdin va I.O. Kuznetsovalarning rahbarligi va ishtirokida zilzilabardosh transport qurilishida FBTdan foydalanishga oid batafsil tavsiyalar ishlab chiqildi. Ushbu tavsiyalar A.Yu. Simkin tomonidan amalga oshirilgan “Ko‘priklar” ITI ning eksperimental tadqiqotlariga asoslangan [156].

8-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

1. Ko‘priklarni antiseysmik kuchaytirish usullarini tushuntirib bering.
2. Ko‘priklar maxsus seysmohimoyalash usullarining tasniflanishini tushuntiring.
3. Adaptiv va statsionar usullarga qisqacha tushuntirish bering.
4. Ko‘priklarni kuchaytirishning maxsus usullariga misollar keltiring.
5. “Seysmoizolyatsiya” tushunchasiga deganda nimani tushunasiz?
6. Seysmoso‘ndirish usullariga nimalar kiradi?
7. Dempferlash qurilmalariga misollar keltiring.
8. Dunyo bozorida seysmohimoyaviy tayanch qismlar ishlab chiqaradigan qaysi firmalarning mahsuloti taniqli?
9. Seysmoizolyatsiya va seysmoso‘ndirish usullarini solishtiring. Qaysi usul iqtisodiy jihatdan sarf-xarajati kam hisoblanadi?
10. Tebranishlarni dinamik so‘ndirgichlari haqida ma’lumot bering.
11. Zilzilabardosh ko‘priklarning ko‘p pog‘onali loyihalashda friksion-boltli tutashmalardan foydalanish.
12. Oraliq qurilmalar siljishlarini chegaralovchilari (stoporlar)ni hisoblashga tavsiyalar.
13. Seysmoizolyatsiyani temir yo‘l ko‘priklarining ekspluatatsiya xarakteristikalariga ta’siri.
14. Temir yo‘l ko‘priklarida seysmoihimoyalashdan foydalanishga qo‘yiladigan cheklovlar.

9-BOB. YUQORI TEZLIK MAGISTRALLARIDA KO‘PRIKLAR ZILZILABARDOSHLIGINI TA’MINLASHGA DOIR ASOSIY TALABLAR VA CHORALAR

9.1. O‘zbekistonning yuqori tezlik liniyasi va yuqori tezlik harakat tarkibi

Sun’iy inshootlar mamlakatimiz transport tizimining ajralmas va muhim tarkibiy qismidir. Hozirgi kunda O‘zbekiston Respublikasidagi ko‘priklarda poyezdlar harakatining tezlik rejimlarini aniqlashga oid aniq tavsiyalar berilmagan. Temir yo‘l ko‘priklari “to‘siqli” (барьерный) ob’ektdir, bu esa eksplutatsiya xizmatlarini tegishli ravishda tezlik miqdorini cheklashga, va shu bilan birga, yuk va yo‘lovchi tashish hajmini ham kamaytirishga majburlaydi. Bu muammo ayniqsa o‘rta va yirik ko‘priklar uchun o‘ta jiddiydir.

Shu bilan birga, O‘zbekiston Respublikasida poyezdlar tezligini oshirishga qaratilgan qator davlat dastur va loyihalari qo‘llanilmoqda. Tezyurar va yuqori tezlik harakati Konsepsiyasini joriy etilishi bo‘yicha eng muhim choralarni amalga oshirilishining quyidagi asosiy bosqichlari belgilangan:

- ***birinchi bosqich (2010 – 2015 yy.).*** Bu Toshkent–Samarqand stansiyalari yo‘nalishi bo‘yicha “Talgo-250” (Afrosiyob) elektr poyezdini yuqori tezlik harakatini tayyorlash va ishga tushirish bilan bog‘liq bo‘lgan dastlabki bosqich;
- ***ikkinchi bosqich (2016 – 2020 yy.).*** Toshkent–Samarqand–Qarshi temir yo‘l yo‘nalishi bo‘yicha tezyurar harakati ekspluatatsiya mintaqasini kengaytirish. Maroqand–Qarshi uchastkasida temir yo‘llarni elektrifikatsiyalash ishlari tugatiladi. Texnik talablarga asosan dastlab rekonstruksiyalanishi kerak bo‘lgan mavjud yo‘lda tezyurar yo‘lovchi poyezdlar tezligini 160 km/s gacha ko‘tarish ko‘zda tutilgan;
- ***uchinchi bosqich (2021 – 2025 yy.).*** Ushbu bosqichda tezyurar va yuqori tezlik harakati doirasi quyidagi yo‘nalishlar hisobiga kengaytiriladi:
  - Maroqand–Navoiy–Buxoro temir yo‘l poligonini elektrifikatsiyalash bilan Toshkent–Buxoro uchastkasida yuqori tezlik harakati;

o temir yo‘l uchastkasi poligonini elektrifikatsiyalash bilan Toshkent–Buxoro uchastkasida yuqori tezlik harakati;

o Toshkent–Chinor va Toshkent–Angren shahar oldi harakat yo‘nalishlarida – tezyurar harakat.

- ***to‘rtinchi bosqich (2035 yilgacha).*** Bu bosqich – Toshkent–Navoiy–Urgench (Nukus), Toshkent–Andijon poligonlarida tezyurar harakatni yanada rivojlantirish hamda Navoi–Uchkuduk–Urgench (Nukus) liniyasini eliktrifikatsiyalashtirish bilan rekonstruksiya qilish bosqichidir [159].

1-Prezidentimiz I.A. Karimovning 2009 yil may oyida Ispaniyaga qilgan tashrifi vaqtida O‘zbekistonda yuqori tezlik poyezdlar harakatini joriy etish loyihasini amalga oshirish haqida kelishilgan edi. 2009 yil noyabr oyida “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ va “Patentes Talgo S.L.” kompaniyasi orasida umumiy bahosi 38 million yevroga teng ikkita “Talgo 250” yuqori tezlik elektr poyezdlarini sotib olish haqida kontrakt tuzildi. Hozirgi kunda loyihani kengaytirilishi sababli kompaniya Ispaniyaning “Patentes Talgo S.L.” kompaniyasidan ikkitadan to‘rttagacha tezyurar poyezdlarini sotib oldi.

Afrosiyob – bu “Talgo 250” modifikatsiyasi bo‘lgan o‘zgaruvchan tokli yuqori tezlikli firma elektropoyezdi. Bu poyezd “Patentes Talgo S.L.” Ispan kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan va yaratilgan bo‘lib, “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ tomonidn sotib olingan, Toshkent–Samarqand–Qarshi liniyasida ekspluatatsiya qilinmoqda, va unga hozirgi Samarqand shahri shimoliy chekkasida joylashgan qadimgi Afrosiyob shahri nomi berilgan.

344 km li Toshkent – Samarqand yuqori tezlik temir yo‘li O‘zbekistonning ikkita eng yirik shaharlari Toshkent va Samarqandni birlashtiradi. Yo‘l Toshkent, Sirdaryo, Jizzax va Samarqand viloyatlaridan o‘tadi. Liniyada haftada etti kun yuradigan “Afrosiyob” poyezdi xizmat qiladi. Bu liniya Buxoro va Qarshigacha uzaytirilgan (umumiy uzunligi 780 km).

2010 yil 5 yanvarda O‘zbekistonning 1-Prezidenti “Ikkita Talgo 250 yuqori tezlik yo‘lovchi elektropoyezdlarini sotib olish loyihasini amalga oshirish choralari“ haqidagi qarorga imzo chekdi. Bu loyiha “O‘zbekiston temir yo‘llari”

AJ mablag‘lari hisobidan, hamda O‘zbekiston Respublikasining rekonstruksiyalash va rivojlantirish fondi krediti hisobiga moliyalashtirildi.



9.1-rasm. Yuqori tezlikdagi elektropoyezd “Afrosiyob”

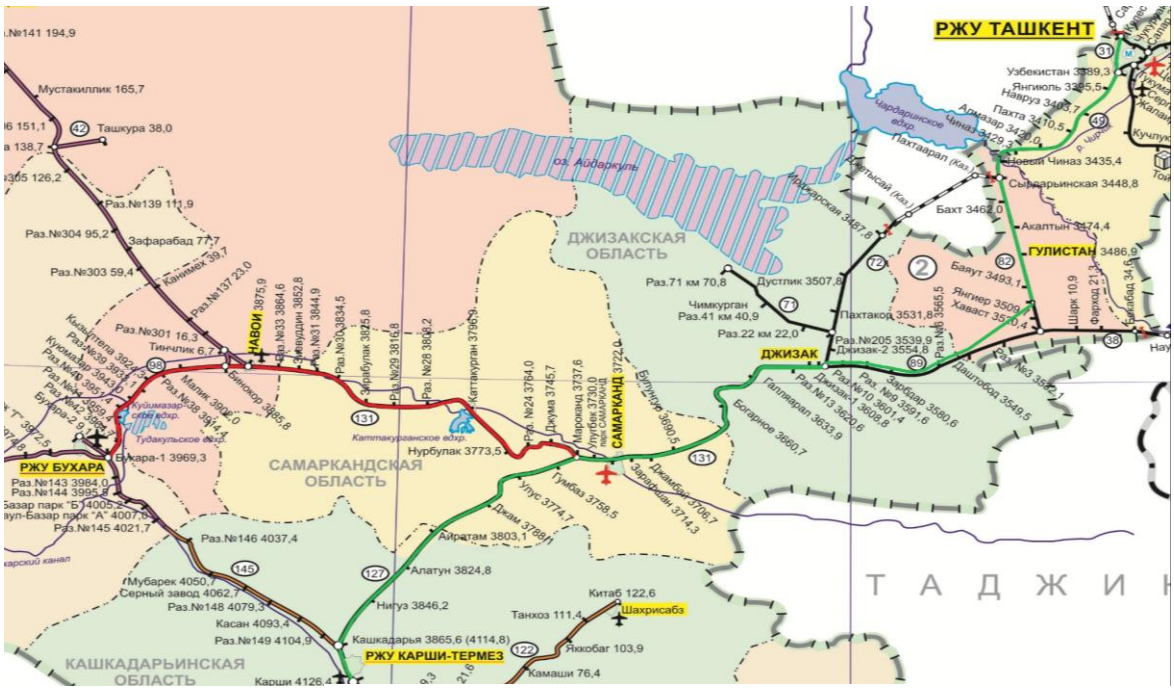
2011 yil 30 avgustda Toshkentda Toshkent-Samarqand marshruti bo‘yicha “Afrosiyob” yuqori tezlikdagi birinchi elektropoyezdini ishga tushirishga bag‘ishlangan taqdimot bo‘lib o‘tdi. 2011 yil 8 oktyabrdn boshlab “Afrosiyob” tijorat reyslarida qatnay boshladi. Shu yilning 9 dekabrida ikkinchi “Afrosiyob” keldi, ammo u faqat 2012 yil may oyidan ishga tushirildi.

Loyihalash ishlari “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ ning “Boshtransloyiha” va “Toshtemiryo‘lloyiha” institutlari tomonidan bajarilgan. Qurilish ishlari 2011 yil 11 martdan boshlanib, 5 oyda tugatildi.

2015 va 2017 yillardan yuqori tezlikdagi “Afrosiyob” poyezdining marshruti Qarshi va Buxoro shaharlarigacha uzaytirildi.

Infrastruktura bo‘yicha ishga tushirish-sozlash ishlari, shu jumladan, aynan shu uchastkada poyezdlarning harakat tezligini 250 km/s ta’minlab beruvchi elektrifikatsiya, signalizatsiya va telekommunikatsiya tizimlarini modernizatsiyalash ishlari ham yakunlangan.

Toshkent–Samarqand uchastkasidagi mavjud 409 sun’iy inshootlar, shu jumladan 154 ko‘priklar holati tekshirilgan. Stansiyalar, qo‘riqlanuvchi o‘tish joylari (pereezd) rekonstruksiyalangan, yangi o‘tish joylari qurilgan.



9.2-rasm. O‘zbekiston Respublikasi yuqori tezlik harakati sxemasi

Toshkent-Samarqand-Qarshi yuqori tezlik harakati liniyasi (500 km)

Toshkent-Buxoro yuqori tezlik harakati liniyasi (592 km, 2016y.

Qurilish boshidan uchastkada loyihaga binoan 189 sun’iy inshootlar, shu jumladan, 148 suv o‘tkazgich quvurlari, 40 dyuker, uzunligi 142 metrli tonnel tipidagi 1 temir yo‘l yo‘l o‘tkazgichi qurildi. Turli mavjud muhandislik kommunikatsiyalarning 65 ta kesishish joylarida, shulardan 43 elektr uzatish liniyalari, o‘rta va yuqori bosimli 10 gaz quvurlari, 6 suv o‘tkazgich va 6 aloqa liniyalarida qayta qurish bo‘yicha ishlar bajarilgan. Mazkur uchastkada birinchi marta kanallar ustidan umumiy uzunligi 400 m, 110 m li oraliqlarga ega 4 ta metall ko‘priklar qurildi. Ko‘priklar konstruksiyasi tezligi 200 km/s poyezdlarni o‘tkazish imkoniyatini beradi.

Toshkent–Samarqand temir yo‘l liniyasida yuqori tezlik poyezdlarini harakatlanish marshrutini boshidan oxirigacha umumiy uzunligi 684 km yig‘ma temirbeton va metall konstruksiyadan ishlangan to‘siqlar o‘rnatildi. “Afrosiyob” yuqori tezlik poyezdini qabul qilish va jo‘natilishini ta’minlash uchun Toshkent-yo‘lovchi va Samarqand stansiyalarida yo‘lovchi platformalari rekonstruksiya qilindi.

Toshkent–Samarqand uchastkasida yuqori tezlik harakatini tashkillashtirish

uchun “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ temir yo‘l infrastrukturasini modernizatsiyalash uchun juda katta mablag‘ sarfladi va loyihaga 170 mln dollar investitsiya qildi. Loyihaning umumiy bahosi 225 mln dollarni tashkil edi.

Tezlikka ta’sir etuvchi omillar:

- temir yo‘l liniyasi to‘g‘ri chiziqli bo‘lmay, notekis relefli past-baland joylardan o‘tadi (masalan, Jizzax viloyatida temir yo‘lning eng baland nuqtasi 699 metrga, Sirdaryo viloyatida esa atigi 155 metrga teng);
- liniyada tezlik bo‘yicha chegaralanishlar belgilangan temir yo‘l va kontakt tarmog‘i liniyalari mavjud;
- ko‘p sonli egri chiziqlar.

Tezlik bo‘yicha cheklanishlar:

- Toshkentda 170 km/s gacha, shahar oldi va Toshkent viloyatida 190 km/s gacha;
- Sirdaryo viloyatida 180 km/s gacha;
- Yangiyer va Jizzax stansiyalari orasidagi uchastkada 225 km/s gacha;
- Jizzax va G‘allaorol stansiyalari orasidagi uchastkada 120 dan 140 km/s gacha.
- G‘allaorol va Bulung‘ur stansiyalari orasidagi uchastkada 190 km/s gacha.
- Bulung‘ur va Samarqand stansiyalari orasidagi uchastkada 160 km/s gacha.

2015 yil 5 sentyabridan boshlab “Afrosiyob” yo‘li Qarshigacha uzaytirildi. Hozirgi vaqtda ikkita “Afrosiyob” poyezdi har kuni bitta Toshkent–Samarqand–Qarshi–Samarqand–Toshkent reysi bo‘ylab qatnamoqda.

Samarqand – Buxoro va Samarqand – Qarshi uchastkalarini uzaytirishning 520 mln dollarlik loyihalari Osiyo rivojlanish banki, Yaponiyaning xalqaro hamkorlik agentligi (LSA) hamda “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ mablag‘lari hisobiga amalga oshirilgan. Loyihaning umumiy bahosi 961,5 mln dollarga teng.

Toshkentdan Qarshigacha marshrut 2015 yil sentyabr oyida, Buxorogacha – 2016 yil sentyabr oyida ochildi. Navoiygacha (ikkinchi marshrutda) “Afrosiyob” poyezdi 3 soatda (taqqoslasak, avvallari shu masofani Sharq poyezdi 6 soatda bosib o‘tar edi), Qarshi va Buxorogacha esa 3,5 soatda boradi [159].

9.2. Yuqori tezlik magistrallarida ko‘priklarning zilzilabardoshligini ta’minlash bo‘yicha asosiy choralar-tadbirlar

Yuqori tezlik temir yo‘llari inshootlari nafaqat zilzilabardosh qurilishga qo‘yiladigan umumiy talablarga, balki YuTM lardan foydalanishning o‘ziga xosliklari bilan bog‘liq boshqa talablarga ham javob berishi kerak. Umumiy talablar seysmik ta’sirlar ostidagi barcha davlatlarning me’yoriy-texnik hujjatlariga kiritilgan. Ushbu asos hujjatlarni takomillashtirish maqsadida turli xil maxsus inshootlarni, shu jumladan transport ob’ektlarini loyihalashga oid tavsiyalar ishlab chiqilgan [160].

Shuning uchun ko‘rilayotgan inshootlar to‘siq-ob’ektlar (барьерный) qatoriga kiritilgan, va ularning zilzilabardoshlik nuqtai nazardan kuchaytirilishi birinchi darajali ahamiyatga ega. Ko‘priklar va tonnellarning zilzilabardoshligiga qo‘yiladigan talablar seysmik ta’sirlar ostidagi barcha davlatlarning joriy me’yorlarida ko‘rsatilgan.

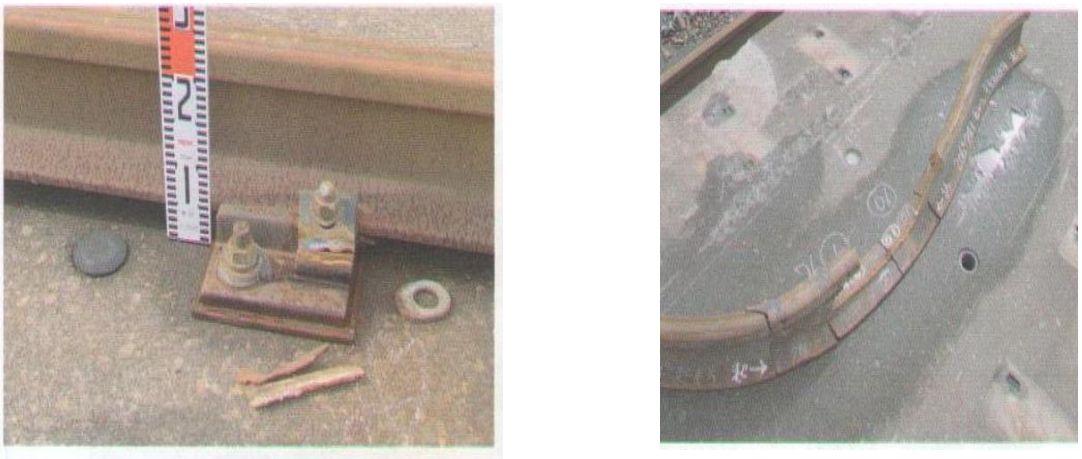
YuTM larda harakatni uzilib qolish holatlari natijasida vujudga keladigan moddiy zarar (temir yo‘l kompaniyasi, davlat va yo‘lovchilarga yetkaziladigan iqtisodiy talafotlar, aholining katta qismi uchun ijtimoiy noqulayliklar) oddiy temir yo‘llardagi noxush hodisalardagiga nisbatan ancha katta.

Shu bois, YuTM yo‘l konstruksiyasi va boshqa inshootlariga yuqori talablar qo‘yiladi. Masalan, Yaponiyaning YuTM da yer polotnosi kuchaytiriladi; liniyalarning ancha uzun qismlari estakadalarda joylashtirilgan; ko‘prik va estakadalarda yo‘lning ustki qismi rels izlarini o‘ta mahkamlangan plitalarga yotqiziladi. Bunday choralar qurilish narxini oshirib yuborishiga qaramasdan, zilzilalardan so‘ng tiklash ishlariga sarflanadigan vaqtni ancha qisqartiradi.

Xonsyu orolining (Yaponiya) g‘arbiy qirg‘oqlarida 2004 yil oktabr oyida sodir bo‘lgan 5.2 magnitudali zilzila vaqtida vujudga kelgan YuTM ob’ektlarini o‘ziga xos buzilishlari hamda oqibatlari 9.3, 9.4-rasmlarda tasvirlangan. Epitsentrga yaqin joydan “Dzyoesu–Sinkansen” liniyasi o‘tadi.



9.3-rasm. 2004 yil 31 oktabr zilzilasi vaqtida estakadada to‘xtagan “Dzyoesu–Sinkansen” poyezdi, seysmik zarba natijasida relslardan chiqib ketgan vagon

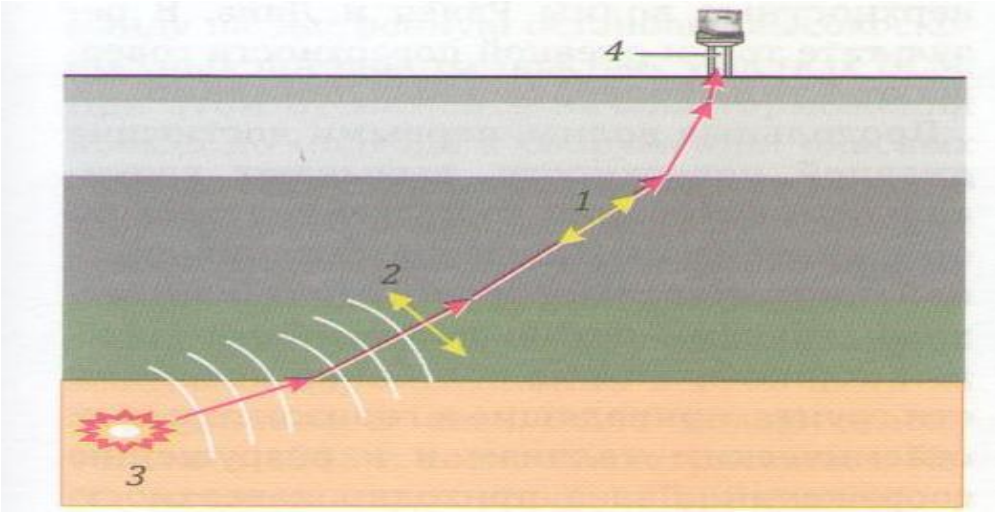


9.4-rasm. 2004 yil 31 oktabr zilzilasi oqibatlari: a – uzilib ketgan rels mahkamlagichlari; b – estakadada plitali asosga yotqizilgan va zilzila vaqtida qiyshayib ketgan va buzilgan relslar

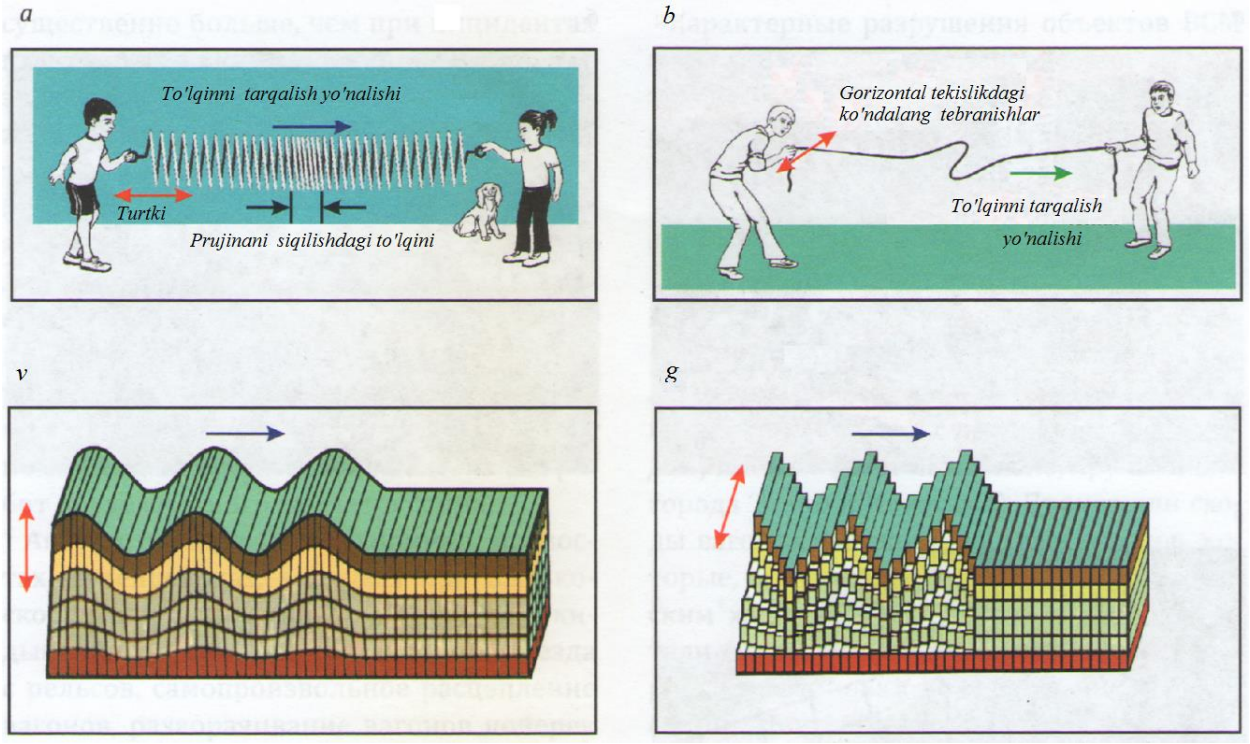
Zilzila vaqtida to‘rt xil seysmik to‘lqinlar vujudga keladi (9.5, 9.6-rasmlar): bo‘ylama, gohida “birlamchi” yoki “*p*-to‘lqinlar” (angl.: primary) deb nomlanadigan; ko‘ndalang, “ikkilamchi”, yoki “*s*-to‘lqinlar” (angl.: secondary) deb nomlanadigan, hamda Reley yuza to‘lqinlari va Lyav to‘lqinlari.

Bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlar bevosita zilzila o‘chog‘idan tarqaladilar. Bo‘ylama to‘lqinlar tezligi ko‘ndalanglar tezligiga nisbatan taxminan 1,5 barobar katta, shuning uchun ular yer yuziga tezroq yetib boradilar. Grunt qatlamining bir xil jinsli bo‘lmaganligi sababli seysmik to‘lqinlarning oldi qismi yuzasi sinadi va ular yer yuzasiga deyarli perpendikulyar holatda yetib boradi (9.5-rasmlar).

Bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlar yer yuzasidan akslanib, Reley va Lyav yuzaki to‘lqinlarni keltirib chiqaradi. Natijada, yer yuzidagi nuqtalar 4 xilda tebranadilar [8, 161].



9.5-rasm. Seysmik to‘lqinlarni tarqalish xususiyatlari:1,2 – zarrachalarni tegishlicha bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlarda harakatlanish yo‘nalishlari; 3–zilzila o‘chog‘i; 4 – yer yuzidagi inshoot

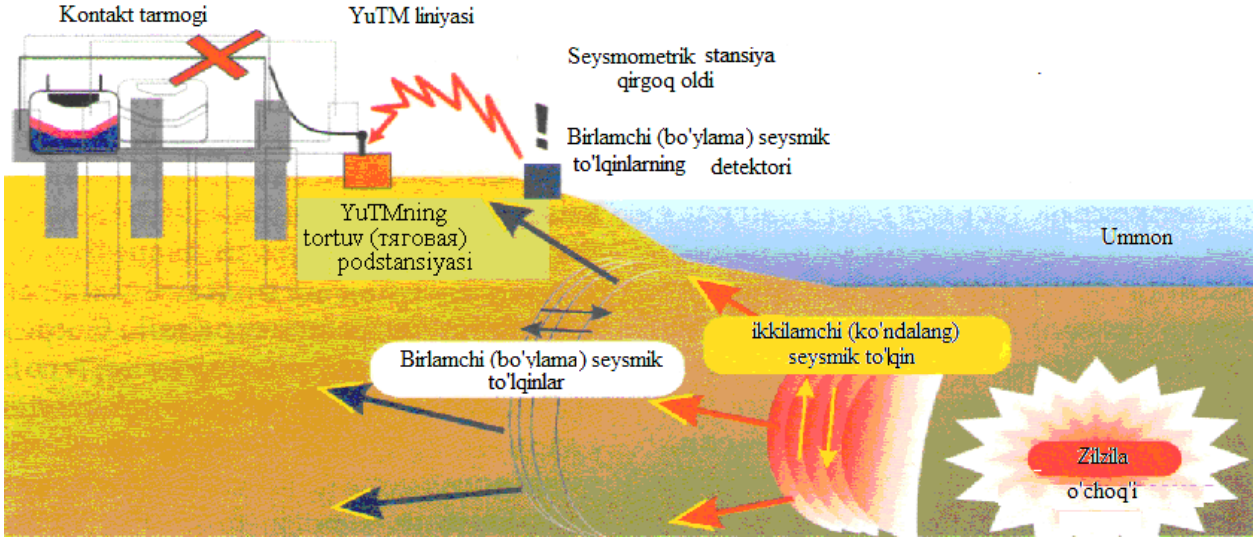


9.6-rasm. To‘lqinlanish hodisalarni yorituvchi sxematik tasvirlar: a, b– bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlar; v – Reley to‘lqinlari; g – Lyav to‘lqinlari

Birinchi bo‘lib yer yuziga yetib kelgan bo‘ylama to‘lqinlar inshootni vertikal tebranishlarini keltirib chiqarib, katta xavf tug‘dirmaydilar. Ko‘ndalang to‘lqinlar

er yuziga etib kelishi bilan gruntda eng xavfli bo‘lgan gorizontal tebranishlar hosil bo‘ladi, va ular gorizontal seysmik silkinishlarga va inshootlarni buzilishiga olib keladi. Bundan so‘ng Reley va Lyav yuzaki to‘lqinlar kelib, ko‘ndalang to‘lqinlar hosil qilgan vayronagarchilikni yanada ko‘paytiradilar. Ko‘rsatib o‘tilgan turlardagi seysmik to‘lqinlarni inshootga etib kelish lahzalari orasidagi vaqt oralig‘i o‘choqning joylashish chuqurligiga va epitsentral masofaga bog‘liq, va odatda 15 dan 30 sekundgacha bo‘lishi mumkin.

Yaponiyaning YUTM larida zilzilalarni xabarlovchi tizimlarni (9.7-rasm) ishlash prinsipi markazlashtirilgan datchiklar tizimi (seysmograflar, akselerometrlar va h.k.) zilzila o‘chog‘idan keladigan kam xavfli vertikal silkinishlar haqida signalni qayd qilishi va boshqaruv postlariga uzatishiga, silkinishlar kuchini tahlil qilishi, zilzila o‘chog‘ining joyini aniqlashiga va favqulodda holatlarda bloklash tizimini yoqib, YuTM ning xavfli uchastkalarida yuqori tezlik poyezdlarini shoshilinch to‘xtatishga buyruq berishiga asoslangan.



9.7-rasm. Yaponiya temir yo‘llarini zilzilalar haqida xabar berish tizimini soddalashtirilgan tasviriy sxemasi

Shunda poyezd tormozlash momentini boshidan to inshootga xavfli seysmik to‘lqinlarni yaqinlashishiga qadar 15 dan 50 sekundgacha vaqt o‘tadi. Poyezd tezligini kamaytirishga yoki uni butunlay to‘xtashi uchun bu vaqtning o‘zi yetarli

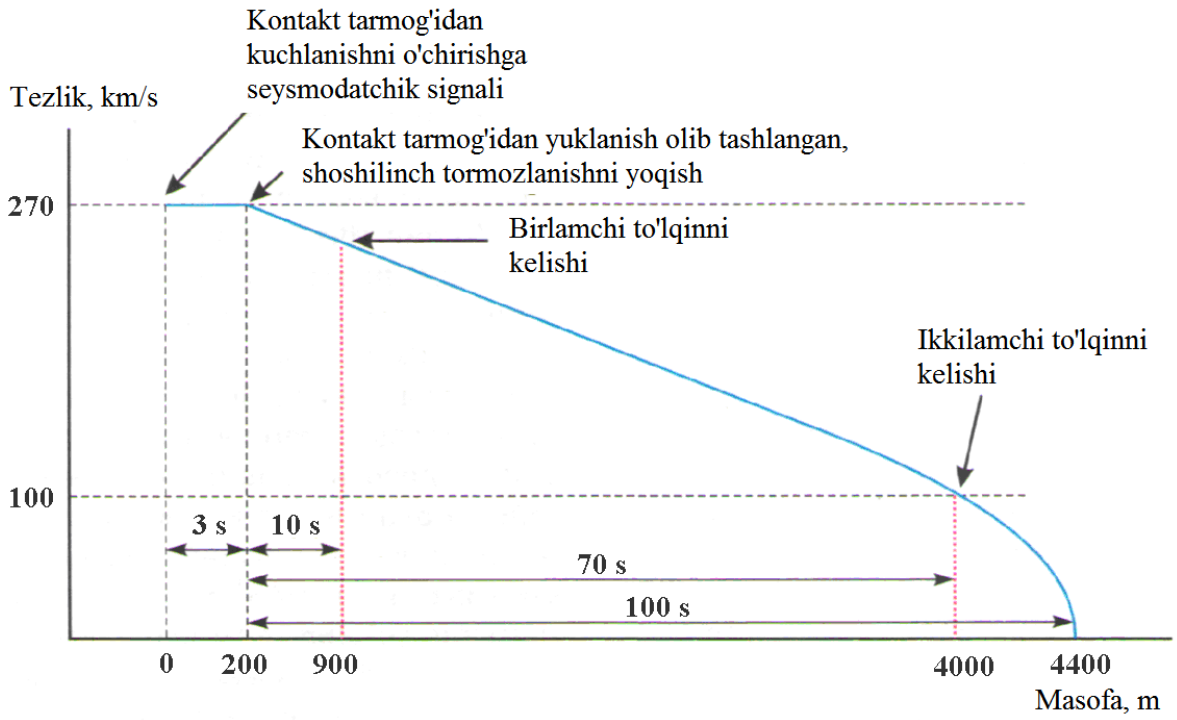
bo‘ladi.

Yaponiya yo‘llarida seysmodatchiklar 1992 yilda o‘rnatila boshlandi, ammo faqat Koba shahrida bo‘lib o‘tgan va “Sanyo” liniyasiga shikast yetkazgan zilziladan so‘ng ular 1995 yilda yagona tarmoqqa birlashtirildi. Bu zilziladan so‘ng zilzilabardoshligini baholashga oid shoshilinch choralar amalga oshirildi va yuqori tezlik liniyalarida turli muhandislik inshootlarida zilzilaga qarshi mustahkamlash ishlari bajarildi. Yaponiyaning Transport vazirligining buyrug‘iga binoan 1995 yil G‘arbiy temir yo‘l kompaniyasi “Sanyo” yuqori tezlik liniyasida temir yo‘l viaduklarining 15 ming tayanchlarini mustahkamlash ishlarini boshladi. Tayanchlar atrofida metalldan yoki temirbetondan “rubashka” (ko‘ylak)lar hosil qilindi, “rubashka” va tayanch orasidagi bo‘shliq maxsus sement qorishma bilan to‘ldirilgan. Bundan tashqari, oraliq qurilmalarni tayanchlardan tushib ketishiga qarshi maxsus choralar (stoporlarni, dempferlovchi qurilmalarni o‘rnatish, ayrim tayanch qismlarni yanada mustahkamroqqa almashtirish va h.k.) ko‘rildi [161, 162].

Yaponiyaning yuqori tezlik temir yo‘llari mamlakatda 2011 yil 11 martda bo‘lib o‘tgan eng kuchli Rixter shkalasi bo‘yicha magnitudasi 9 balli zilzila sinovidan o‘tdi. Bugungi kunda ma’lum bo‘ldiki, Xonsyu o. Shimoliy g‘arbida bo‘lib o‘tgan zilzila va undan so‘ng kelgan sunami to‘lqinidan oddiy temir yo‘llarining ko‘plab yo‘lovchilari shikastlangan va hatto halok bo‘lgan. Shunda zilzila vaqtida liniyada bo‘lgan YuTM lari poyezdlarida hech kim halok bo‘lmagan va deyarli og‘ir jarohatlar olmagan.

2011 yil 11 mart kuni YuTM zilzilalarni xabarlash tizimlari datchiklari *p*-to‘lqinlarni qayd etishidan 3 sekund o‘tgandan so‘ng barcha YuTM tortish podstansiyalarida avariya o‘chirgichlari ishlab ketgan. Kontakt tarmog‘idan kuchlanish o‘chirilgan, va bu poyezdlarni avtomatik boshqarishga, avariyaviy to‘xtashga signal bo‘lgan va mashinist ishtirokisiz shoshilinch tormozlash tizimi yoqilgan. Zilzila epitsentriga eng yaqin joylashgan Yaponiya sharqiy temir yo‘l kompaniyasining poyezdlari shu vaqtda taxminan 270 km/s tezlik bilan harakatlanayotgan edilar. Seysmik *p*-to‘lqin (9.8-rasm) epitsentrga eng yaqin

joylashgan poyezdga seysmodatchik signalidan 13 sekund o‘tgandan so‘ng yetib borgan (shu onda poyezd tezligi taxminan 250 km/s gacha pasaygan) va poyezdga hech qanday ta’sir ko‘rsatmagan. *S*-to‘lqin poyezdga seysmodatchik signalidan 70 sek o‘tgandan so‘ng yetgan, bungacha shoshilinch tormozlash tizimi tezlikni 100 km/s pasaytirib bo‘lgan, va yo‘llar buzilmagan, poyezd rels ustida turgan holda 400 m yurib to‘xtagan (seysmodatchik signalidan 0,01 sek o‘tgandan so‘ng).



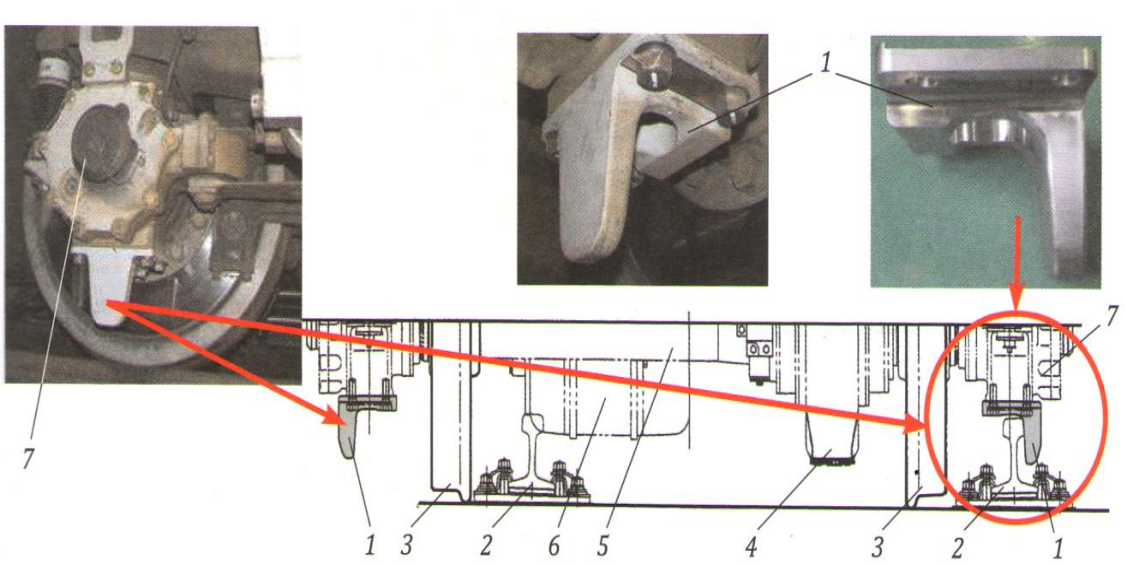
9.8-rasm. №27chi yuqori tezlik “Xayyat” poyezdining shoshilinch tormozlash diagrammasi. 2011 yil, mart. Yaponiya sharqiy temir yo‘l kompaniyasi (diagrammada ma’lumotlarning taxminiy qiymatlari keltirilgan)

Yaponiya YuTM larini loyihalash va qurish sifati talab darajasida bo‘lgani uchun 2011 yil zilzilasi natijasida inshoot va qurilmalarning aksariyati qattiq shikastlanmagan. Shunga qaramay, YuTM lar uchun bu zilzila oqibatlari batafsil o‘rganib chiqilgan edi. O‘tkazilgan tahlillarni hisobga olgan holda Yaponiyada hozirgi kunga kelib YuTM ob’ektlarini loyihalash va qurishga doir yangi, yanada qat’iy me’yorlar ishlab chiqildi.

9.3. Tezyurar va yuqori tezlik liniyalaridagi temir yo‘l ko‘priklari zilzilabardoshligini ta’minlashning o‘ziga xos xususiyatlari

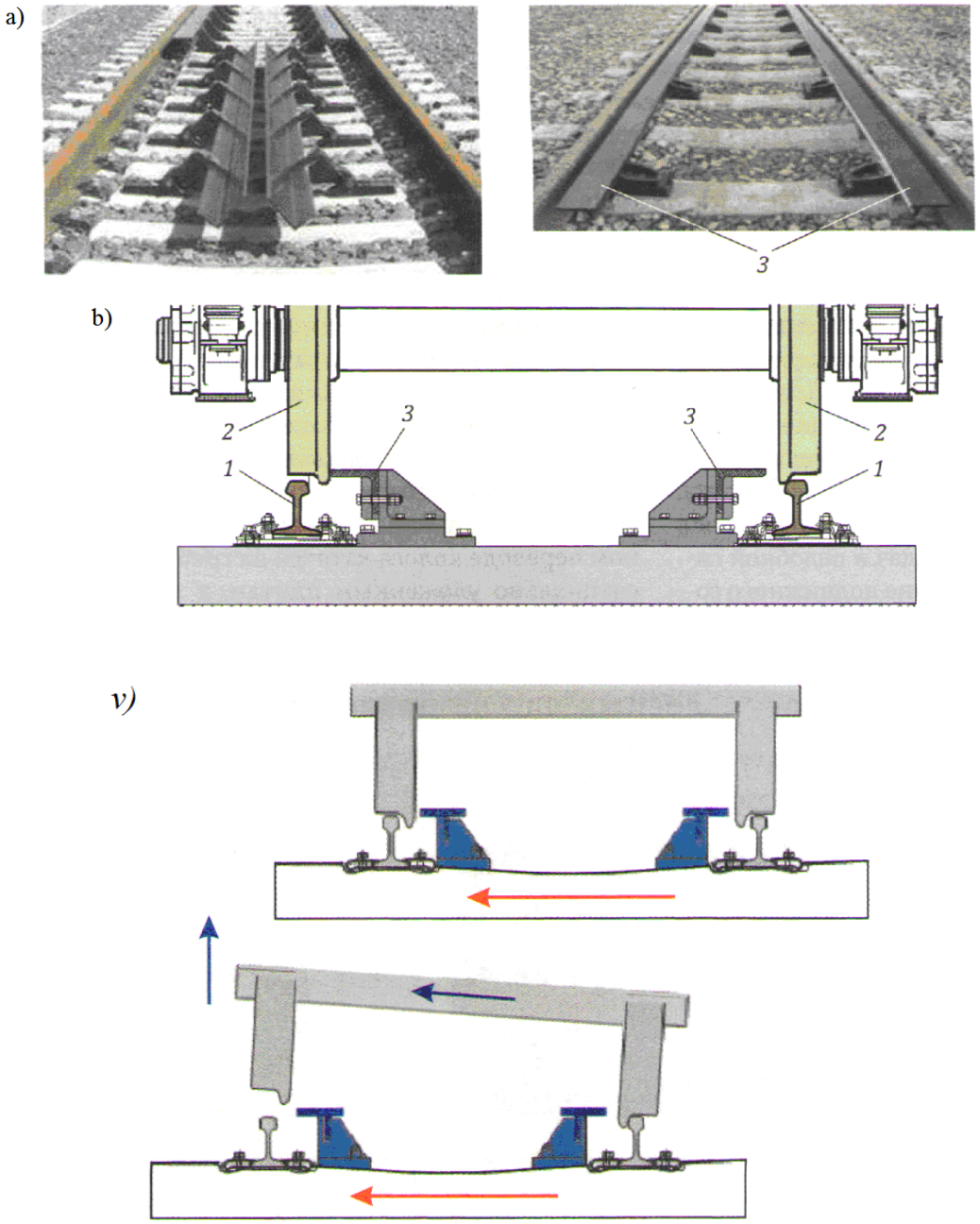
Loyihalash me’yorlarini qat’iylashtirish va qurish sifatini oshirish bilan bir qatorda Yaponiyada keyingi yillar davomida seysmik zarbalar yoki boshqa sabablar natijasida vagonlarni relsdan chiqib ketishining salbiy oqibatlarini kamaytirish uchun mo‘ljallangan YuTM yuqori tezlik tarkiblarini va yo‘l majmualarini jihozlashga qaratilgan chora-tadbirlar amalga oshirilgan.

Bunday holatlarda eng muhim masalalardan biri – harakat tarkibini rels koleyasi chegarasida ushlab qolish, uni qarama-qarshi yo‘lga chiqib ketishiga va ag‘darilishiga yo‘l qo‘ymaslikdadir. Hozirgi kunda Yaponiyada shunga mo‘ljallangan konstruksiyalarning bir nechta turi keng qo‘llanilmoqda. Bularning biri bo‘yicha vagon aravachalarining buksalarida po‘lat saqlovchi, cheklovchi burchakliklarni (9.9-rasm) o‘rnatish nazarda tutiladi. Burchakliklar (уголки) g‘ildirak juftliklari relsdan chiqib ketganida relsga tiralib qolib, ularni shpala (плита) dan chetga chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydi.



9.9-rasm. Yaponiyaning yuqori tezlik poyezdlarining vagon aravachalari buksalarida saqlovchi, cheklovchi burchakliklar: 1 – cheklovchi burchaklik; 2 – rels; 3 – g‘ildirak; 4 – g‘ildirak juftligi o‘qidagi tortuv reduktori; 5 – g‘ildirak juftligi o‘qi; b – tortuv dvigateli; 7 – buksa

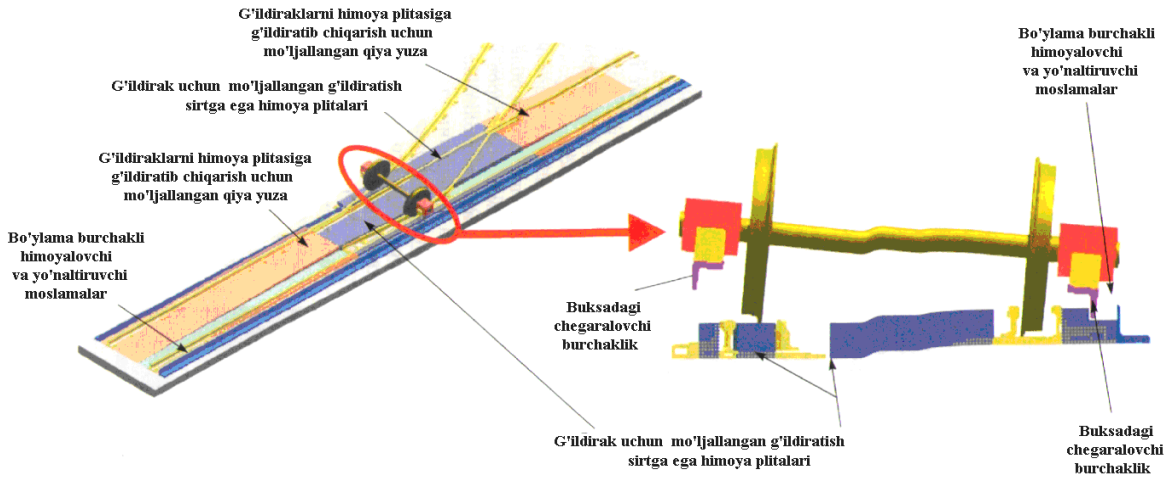
Ayrim hollarda relslar orasiga dunyoda hammaga yaxshi ma’lum bo‘lgan burchakli profildan iborat va g‘ildirakni rels kallagiga chiqib ketishiga to‘sqinlik qiluvchi bo‘ylama konstruksiya ko‘rinishidagi kontrrelslar o‘rnatiladi (9.10-rasm).



9.10-rasm. Yaponiya YuTM da burchakliliklar (ugolki) ko‘rinishidagi kontrrelslar: a – yo‘lning umumiy ko‘rinishi; b – ko‘ndalang kesim: 1 – relslar; 2 – g‘ildirak juftligi; 3 – yo‘lga xizmat ko‘rsatish ishlarini bajarish jarayonida markaz tomon ko‘tarib qo‘yiladigan burchakliliklar ko‘rinishidagi kontrrelslar; v – zilzila vaqtida ta’sirni yoritib beruvchi sxema. Yaponiya

Harakat tarkibini relsdan chiqib ketishi, uni qarama-qarshi yo‘lga chiqib ketishi seysmik zarbaning juda xavfli oqibatlaridan bo‘lishi mumkin. Yaponiya temiryo‘lchilari harakat tarkibi va yo‘l qurilmalarini jihozlash, xususan, zilzila vaqtida tarkibni relsdan chiqib ketishi yoki shunda sodir bo‘ladigan shikastlanishlar sonini kamaytiruvchi maxsus mexanik qurilmalar bilan jihozlashga tegishli choralar ko‘radilar (9.11-rasm).

G‘ildirak juftliklari milli o‘tkazgichda relsdan chiqib ketish hollarida g‘ildiraklar qirralarda maxsus yotqizilgan plitalar bo‘yicha yuradi, bo‘ylama burchaklikli himoyalovchi yo‘naltiruvchi qurilmalar g‘ildirak juftliklariga milli o‘tkazgichdan chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymadi [162, 174].



9.11-rasm. Milli o‘tkazgichlarda harakat tarkibini relslardan chiqib ketishini oldini olish uchun texnik qurilmalar majmuasi. Yaponiya

9-bob materiallarini o‘zlashtirish bo‘yicha nazorat savollari

1. Seysmik hududlarda joylashgan tezyurar va yuqori tezlik liniyalari uchastkalaridagi ko‘priklarning temirbeton elementlarini kuchaytirish usullarini tushuntiring.
2. Tezyurar va yuqori tezlik liniyalari uchastkalaridagi temir yo‘l ko‘priklarini zilzilabardoshligini ta’minlashning o‘ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.

3. Tezyurar va yuqori tezlik liniyalari uchastkalaridagi temir yo‘l ko‘priklarida seysmohimoya usullarini qo‘llashning o‘ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.

4. Ko‘priklarda maxsus seysmohimoya usullarini aytib bering.

5. Seysmik aktiv hududlardagi YuTM temir yo‘llarining rivojlanish bosqichlari.

6. Temir yo‘l ko‘priklari uchun seysmohimoyani qo‘llashning cheklovlari.

7. Yaponiya temir yo‘llarini zilzilalar haqida xabar berish tizimi haqida ma’lumot bering.

10-BOB. SEYSMIK XAVFSIZLIKNI TA’MINLASH MUAMMOLARINING ZAMONAVIY HOLATINI TAHLILI

Geografik jihatdan joylanishining o‘ziga xosliklari sababli Respublikamiz hududining asosiy qismida ijtimoiy va iqtisodiy zararining katta-kichikligiga ko‘ra eng xavfli va eng mudhish tabiiy ofatlardan biri bo‘lgan zilzilalar natijasida sodir bo‘ladigan ham tabiiy, ham texnogen xususiyatga ega favqulodda vaziyatlarni ro‘y berish xavfi mavjud. Zilzilalar qo‘shimcha tarzda ulardan bevosita zarar ko‘rgan hududlardan uzoqda kuzatiladigan ikkilamchi oqibatlarni (yong‘in, suv bosishlar, epidemiyalarni tarqalishi, hududning ijtimoiy va radiatsion zaharlanishi va h.k.) keltirib chiqaradi. Azaldan zilzilalar O‘zbekiston xalqi va xalq xo‘jaligi uchun juda katta xavf tug‘dirib kelgan. Respublika hududining deyarli yarmi intensivligi 7 va undan yuqori balli zilzilalarga duchor bo‘lishi mumkin. Aynan shu zonada 20 mln dan ortiq aholi yashaydi, 330 ortiq aholi punktlari, shu jumladan 120 shahar joylashgan. “Zilzilalar katalogi” ga binoan O‘zbekiston hududida amplitudasi 7.5gacha bo‘lgan zilzilalar ro‘y berishi mumkin. Shularning hammasi O‘zbekiston uchun zilzilalarning, hamda ularning ta’siri natijasida va ular bilan bir vaqtda sodir bo‘ladigan favqulodda vaziyatlarning xavfi ancha yuqori darajada ekanligini ko‘rsatadi.

Bu bobda seysmik xavfni baholash va uni boshqarish doirasida olib borilgan tadqiqotlarning dunyoda va Vatanimizda to‘plangan tajribalarning analitik obzori

keltirildi. Bunda eng yirik va ahamiyatli ishlar, shu jumladan xalqaro hamkorlik doirasida amalga oshirilgan ishlar tahlil qilindi. O‘zbek mutaxassislari, shu jumladan akademik T.R. Rashidov va boshqa chet el mutaxassislarining olib borgan tadqiqot ishlariga alohida e’tibor qaratilgan.

10.1. Seysmik xavfsizlikni ta’minlash muammolarini hal qilish tendensiyalari va dunyoning ilg‘or tajribalarini tahlili

Tadqiqotchilar tabiiy ofatlar, shu jumladan zilzilalar havfini baholash muammolariga bo‘lgan e’tibori keyingi bir necha o‘n yilliklar davomida anchagina oshdi. Bu shaharlarni o‘sib borishi, nisbatan kichik hududlarda ko‘plab odamlarni va moddiy boyliklarni jamlanishi, shaharlar strukturasini murakkablashib borishi, hamda sanoat va transport ob’ektlarini shikastlanishida kimyoviy, radiatsion zaharlanish kabi falokatli jarayonlarni ro‘y berish ehtimoli, insonlarni turar joy binolarini, yirik jamoa va sanoat ob’ektlari buzilishi natijasida ommaviy halok bo‘lishi bilan bog‘liq (chunki bino qancha baland bo‘lsa, uning buzilishida odamlarni tirik qolish ehtimoli shuncha kam bo‘ladi). Ayrim konstruksiyalarni seysmik ta’sirlarga bo‘lgan reaksiyasi haqida to‘plangan ma’lumotlar yaxlit harakatlanuvchi organizm bo‘lgan shahar (aholini yashash hududi) uchun sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan zilzilalar oqibatlarini baholashga oid dastlabki urinishlarga asos bo‘lib hizmat qildi.

Dunyoning turli regionlarda joylashgan shaharlar va aholisi ko‘p bo‘lgan qishloqlar asosida insoniyat rivojlanishining umumtarixiy tajribasi yotgan ma’lum bir umumiy xususiyatlarga, balki iqlimiy sharoitlarga, milliy an’analarga, jamiyatning iqtisodiy rivojlanishi bilan bog‘liq o‘ziga xos tomonlariga egalar. Bularga mos holda, aholi turar joylarida olib boriladigan bino va inshootlarning inventarizatsiyalash tamoyillari, shaharlar qaerda joylashganidan qat’iy nazar umumiy bo‘ladi, ayrim xususiyatlar esa har bir shahar uchun individual bo‘lishi mumkin. Dunyoning turli regionlardagi mutaxassislarning seysmik xavf sohasida to‘plagan tarixiy tajribasini o‘rganish, xuddi shunday umumiy va o‘ziga xos

xususiyatlarini ajratib olish, turli yondashuvlarning afzal tomonlarini va kamchiliklarini baholash, hamda ma’lum bir shahar uchun inventarizatsiyalash tamoyillarini ishlab chiqishda ularni hisobga olish imkonini beradi.

Kuchli zilzilalar oqibatlarini tahlili va muhandislik nuqtai nazardan tekshirish ishlari XIX-XX asrlarning ko‘pchilik zilzilalari, va bundan ham oldin ro‘y bergan ayrim zilzilalar bo‘yicha olib borilgan. Ammo, zilzilalarga chalingan aholini yashash hududlarida inshootlarni inventarizatsiyalash ishlari faqat keyingi bir necha o‘n yillar davomida bajarilgan edi. AQSh mutaxassislari o‘tgan asrning 70-yillaridan boshlab tegishli tadqiqotlarni amalga oshirishni boshlashiga qadar [177-180], maxsus adabiyotlarda bunday ishlar bayon etilmagan.

Bu sohadagi eng birinchi asos bo‘la oladigan ishlardan biri – bu AQShning Favqulodda hodisalar bo‘yicha Federal agentligi (FEMA) buyurtmasiga binoan Amaliy Texnologiyalar bo‘yicha Kengashi (Applied Technology Council – ATC) tomonidan 1982–1985 yy. bajarilgan tadqiqot ishi bo‘ldi [181]. Seysmik xavfni baholash sohasidagi keyinchalik amalga oshirilgan barcha ishlarning deyarli hammasi aynan shu ishga tayangan. Dunyoning turli shaharlarida seysmik xavfni baholashda tadqiqot tamoyillari sifatida [181] ishda taklif etilgan va keltirilgan ayrim modifikatsiyalardan foydalanilgan.

Bu sohadagi tadqiqot ishlari hozirgi kunda ham rivojlantirilmoqda. Milliy va xalqaro tashkilotlarning ko‘pchiligi turli miqiyoslarda bunday tadqiqotlarga qo‘llab-quvvatlash siyosatini olib borishadi.

Hozirgi vaqtda hayotni ta’minlash tizimlaridagi seysmik xavf tahlili [182], binolarni tekshirish va mustahkamlashga [183], spektral siljishlar miqdoriga asoslangan shikastlanuvchanlik egri chiziqlarini tuzish va ulardan foydalanishga [184], hamda muammoning ayrim jihatlarini batafsillashtirishga va rivojlantirishga bag‘ishlangan tadqiqotlar keng ko‘lamda yoritilmoqda.

Ushbu metodologiyadan foydalanish shahar yoki regionlarda belgilangan ssenariy zilzila oqibatlarini baholash imkoniyatini yaratadi.

Metodologiyadan foydalanish natijasi sifatida quyidagi ma’lumotlar hizmat qiladi [185]:

- hayotni ta’minlash tizimlarini tashkil etuvchi qismlarini va shikastlangan binolarni almashtirish va tiklash narxida ifodalangan; funksiyalarni yo‘qolishi bilan bog‘liq bo‘lgan yo‘qotishlar (ya’ni, biznesdan keladigan foyda bo‘lmasligi, narxlarni ko‘tarilishi); aholi orasida qurbonlar bo‘lishi; shikastlangan uylardan ko‘chish zarurati; shikastlangan bino va inshootlardan hosil bo‘lgan chiqindilar miqdori; zilzilaning regional iqtisodiy oqibatlari bilan ifodalangan ***zararni son jihatdan baholanishi***;
- gospitallar, transport tizimining tarkibiy qismlari va hayotni ta’minlash tizimlari kabi muhim ob’ektlarni tiklash uchun funksiya va vaqtni yo‘qotilishi bilan ifodalangan ***funksional yo‘qotishlar,*** hamda elektr energiyani va ichimlik suvini taqsimlash tizimlari uchun funksiyalarni yo‘qolishini soddalashtirilgan tahlili;
- alohida va katta yong‘inlar xavfi, suv bosish hamda xavfli materiallarni tarqalib ketish ehtimoli bo‘lgan mintaqada binolar va aholi soni bilan ifodalangan ***ikkilamchi xavf-xatarlarni tarqalishi***.

Bu ma’lumotlarni ishlab chiqarish uchun, metodologiya quyidagilardan foydalanadi [186]:

- binolar fondi, avtomobil yo‘llari tarkibiy qismlari va hayotni ta’minlash tizimlari, demografik va iqtisodiy ma’lumotlar haqida axborotlarni to‘plash va umumlashtirib inventarizatsiyalashda qo‘llanadigan tasniflash tizimlari;
- shikastlanishlarni baholash va turli xil yo‘qotishlarni hisoblash uslublari;
- aniq va yo‘qotishlarni baholashga yaroqli ma’lumotlar bo‘lmagan hollarda “mavjud” ma’lumotlar bazasidan foydalaniladi.

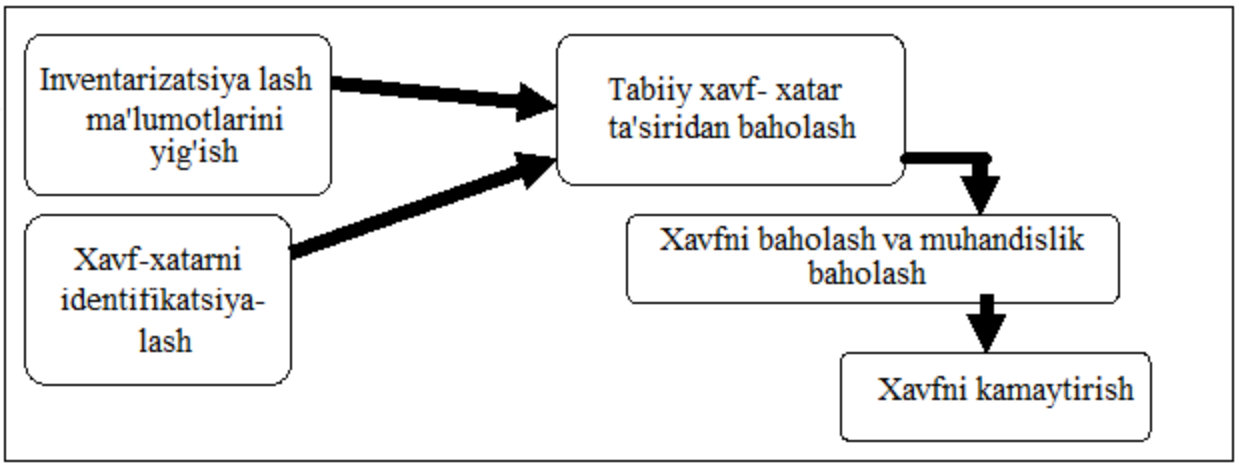
Bu tizimlar, uslublar va ma’lumotlar foydalanishi oson va qulay bo‘lgan dasturiy ta’minot uchun kodlashtirilgan. Bu dasturiy ta’minot GIS muhitda ishlaydi va binolar, aholi va regional iqtisodiyot fondi bo‘yicha ma’lumotlarini qayta ishlab chiqilishini ta’minlaydi.

Dasturiy ta’minot GIS MapInfo dasturidan inventarizatsiyalash ma’lumotlarini aks ettirish va qayta ishlash uchun foydalanadi, bu esa ularni ham jadval, ham xarita shaklida tasvirlashga imkon beradi. Zaruriy ma’lumotlarni to‘plash va ularni

tahliliy dasturlarga kiritish yo‘qotishlarni baholashni amalga oshirishda eng asosiy masala hisoblanadi.

Metodologiya tahlil jarayonida kiritilgan ma’lumotlarni (ya’ni bu “mavjud” foydalaniladigan ma’lumotlar yoki aniq bir hudud uchun aniq ma’lumotlar bo‘lishi mumkin) o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda turli xil murakkablik darajasida baholashga imkon beradi. Inventarizatsiyalash ma’lumotlari qancha to‘liq va batafsil bo‘lsa, natija shuncha aniq bo‘ladi.

10.1-rasmda odatda zilzila oqibatlarini baholashda va ularni kamaytirishda qo‘llanadigan bosqichlar keltirilgan [186].



10.1-rasm. Tabiiy xavfxatar natijasida ro‘y bergan yo‘qotishlarni baholash va kamaytirish bosqichlari

Bundan tashqari, zilziladan so‘ng kelib chiqadigan va bir necha yillar davomida to‘g‘ridan-to‘g‘ri bo‘lmagan va regional iqtisodiyotga ta’sir etadigan iqtisodiy ziyon ham baholanadi.

Metodologiya bo‘lishi mumkin bo‘lgan zararni uch pog‘onada batafsillashtirish bilan baholash imkoniyatiga ega. Har bir pog‘ona uchun xavf-xatar manbalari hamda bino va inshootlarning har xil turlari tanlab olinishi mumkin.

Zilziladan avval metodologiya natijalaridan foydalanishga misol sifatida quyidagilar sanab o‘tilgan:

- dastlabki yo‘qotishlar baholanishini o‘rganishda ko‘rsatilgan seysmik

yo‘qotishlar va vayron bo‘lishlarni kamaytirish uchun mo‘ljallangan siyosat va dasturlarni belgilab beruvchi ***seysmik xavfni kamaytirish strategiyasini ishlab chiqish***. Strategiyalar mavjud bo‘lgan zaif binolarni kuchaytirilishini, gruntlarni suyuqlashishga moyil bo‘lgan hududlarda yerlardan foydalanishni rejalashtirish maqsadida maqbul parametrlarni ishlab chiqish, zilzilabardosh qurilish va loyihalash ishlarida takomillashtirilgan me’yorlarni singdirishlarni o‘z ichiga oladi;

- alternativ transport marshrutlarini, zilzilaga tayyorlik darajasini rejalashtirishni, zilzila vaqtida omon qolish haqida bilim berish seminarlarini belgilovchi ***preventiv rejalashtirish bo‘yicha chora-tadbirlarni ishlab chiqish***;

- ***tiklash bo‘yicha amalga oshirilgan va rejalashtiriladigan chora-tadbirlarni aniqlash***, shu jumladan: alternativ turar joylar va ularni joylanishini identifikatsiyalash, hamma foydalana olish imkoniyati bo‘lgan tibbiy xizmatlar va ularni xizmat ko‘rsatish mintaqasi, suv va energiya resurslarini muhimligiga qarab tiklash tartibini o‘rnatish.

Zilzilaдan keyin metodologiyadan foydalanishga misol sifatida quyidagilar keltiriladi [186]:

- ***federal va regional resurslarni taqsimlash hamda qo‘llab-quvvatlash maqsadida iqtisodiy zararni bevosita baholash ishlarini amalga oshirish,*** shu jumladan, jamoat va xususiy resurslariga, mahalliy boshqaruv va region ishiga keltirilgan to‘g‘ridan-to‘g‘ri va bilvosita iqtisodiy ziyon hisoblanib, regional yoki federal miqiyosdagi tabiiy ofat haqida e’lon qilish;

- ***tezkorlik bilan yordam ko‘rsatish bo‘yicha ishlarni faollashtirish***, shu jumladan, qidiruv va qutqaruv ishlari, jabrlanganlarni tezda identifikatsiyalash va davolash, vaqtincha boshpana bilan ta’minlash, zilziladan keyin yong‘inlarni o‘chirish, eng muhim kommunal tizimlarni tezkorlik bilan ta’mirlash va hammani ta’minlash;

- ***uzoq muddatli rekonstruksiya rejalarini qo‘llash, shu jumladan,*** butun hudud bo‘yicha qurilish bo‘yicha keng miqyosli tegishli iqtisodiy rejalarni tuzish, vaqtincha turar joylarni joylashtirish, yerdan foydalanishni rejalashtirish prinsiplarini qo‘llash.

Hozirgi vaqtda tabiiy ofatlar xavfining turli aspektlari bilan bog‘liq bo‘lgan tadqiqot ishlarini amalga oshirish maqsadlarida AQSh hududida HAZUS metodologiyasidan keng foydalanilmoqda.

Ammo, seysmik xavfni baholash prinsiplari allaqachonlar ishlab chiqilganiga qaramay, inshootlarni inventarizatsiyalash va shikastlanishiga oid ma’lumotlar yetarli emasligi, hamda hisoblash texnikasi imkoniyatlari kam bo‘lganligi sababli yaqin vaqtlargacha aholi hududlari holatini baholashda ulardan foydalanish chegaralangan edi.

Hozirgi vaqtda hududi seysmik xavf tahdid soladigan aksariyat davlatlarning hukumatlari xavfni oldini olish choralariga mablag‘ ajratish nafaqat ijtimoiy foyda nuqtai nazardan (fuqarolarning hayoti va sog‘lig‘ini saqlab qolish, regionlarning ijtimoiy barqarorligi va sh.o‘.), balki iqtisodiy jihatdan samarali ekanligini tushunib etdilar. Seysmik xatar va seysmik xavfni baholanishi uzoq muddatli dasturlarga mablag‘larni oqilona sarflanishiga yordam beruvchi bunday dasturlarning tarkibiga kiradi.

10.2. O‘zbekistonda seysmik xavfsizlikni ta’minlash muammolarini hal qilishga oid tajribalari va dastlabki asosiy shartlari

10.2.1. IDNDR UN “RADIUS” xalqaro ilmiy loyiha doirasida Toshkent sh. uchun olib borilgan izlanishlar tahlili

Yuqorida qayd etilganidek, BMT Bosh Assambleyasi o‘tgan asrning 90-yillarida “Xalqaro tabiiy ofatlarni kamaytirish o‘n yilligi” (IDNDR) deb belgiladi, va BMT qoshida tuzilgan IDNDR Kotibligi 1996 y. “RADIUS” tashabbusini boshladi [186].

Ishchi dastur 4 blokdan iborat edi: seysmik xavfni baholash; binolar zaifligini va seysmik xavfni baholash; hayotni ta’minlash tizimlari zaifligini va seysmik xavfni baholash; zilzilalar ssenariylari oqibatlarini bartaraf etish bo‘yicha harakat rejalarini ishlab chiqish.

Quyida “RADIUS” loyihasini Toshkent sh. uchun bajarish jarayonida olingan asosiy natijalar hamda bajarish metodologiyasi keltirilgan.

Loyihani tashkil etilishiga oid umumiy ma’lumotlar.

Loyiha doirasida Toshkent sh. uchun bajarilgan izlanishlarning asosiy maqsadlari IDNDR RADIUS tashabbusi maqsadlariga monand bo‘lgan, ya’ni [187]:

- qarorlarni qabul qiluvchi shaxslar hamda jamoatchilik e’tiborini mavjud seysmik xavfga jalb qilish va tayyorgarlik darajasini oshirish;
- haqiqatdan sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan zilzilalarning ehtimoliy oqibatlarini tasvirlovchi seysmik zarar ssenariylarini ishlab chiqish;
- zilzilalardan ko‘rilgan potensial zararni kamaytirishga qaratilgan har taraflama harakatlar rejasini tayyorlash;
- mahalliy hukumat, shahar va avariya xizmatlarini, olimlar, loyihalovchi va quruvchilarning hamkorligi birgalikda harakat olib borishlarini qo‘llab-quvvatlash;
- butun dunyodagi seysmik jihatdan xavfli regionlarda joylashgan boshqa shaharlar bilan birgalikda hamkorlik qilish va halqaro tajribadan foydalanish.

Qo‘yilgan maqsadlarga erishish uchun quyidagi masalalar amalga oshirildi:

- seysmik xavfni va kelajakda ro‘y berishi mumkin bo‘lgan zilzilalardan ko‘riladigan zarar miqdorini baholash maqsadida regionning tarixiy seysmikligi haqidagi va geologik ma’lumotlardan foydalanish;
- sodir bo‘lishining ehtimoli eng yuqori bo‘lgan va shahar uchun haqiqiy xavfli bo‘lgan xodisa sifatida ssenariyli zilzilani tanlash;
- shahar hududida mahalliy grunt sharoitlarini hisobga olgan holda ssenariydagi zilzilaning seysmik effektining taqsimlanishini baholash;
- eng zaif uchastkalarni va konstruktiv tizimlar turlarini identifikatsiyalashtirish maqsadlarida turar joy va ijtimoiy binolarni, hayotni ta’minlash tizimlari hamda infrastrukturalarni inventarizatsiyasini amalga oshirish;
- turar joy va davlat mulkiga, hayotni ta’minlash va infrastruktura tizimlariga ssenariyli zilziladan ko‘rilgan zararni baholash;
- tanlangan seysmik hodisa oqibatlari ssenariysini ishlab chiqish;

- fikrlarini bildirishlari uchun, zilzilaga tayyorlik bo‘yicha mas’ul bo‘lgan shahar xizmatlari vakillariga natijalarni va baholanishlarni taqdim etish;
- seysmik xavfni kamaytirish uchun harakat rejalarini tayyorlash;
- seysmik jihatdan faol regionlarda joylashgan boshqa shaharlarda foydalanish maqsadida zilzilalarga tayyorgarlik va seysmik xavfni kamaytirishga qaratilgan tavsiyalarni ishlab chiqish.

Umumiy ma’lumotlar va infrastrukturaning asosiy tavsiflari

Bu ma’lumot an’anaviy tarzda seysmik xavfni baholashga qaratilgan barcha tadqiqotlarning eng muhim va ajralmas qismi hisoblanadi.

Shu munosabatda shaharning yoshi, geografik jihatdan joylanishi, relefi va iqlimining o‘ziga xos xususiyatlari, suv havzalari, umumiy maydoni va aholisi soni, sanoat majmuasi, ta’lim, ilm-fan va infrastruktura sohalarining tavsiflariga oid ma’lumotlar to‘planib tasniflandi.

Bundan tashqari, tarixiy seysmikligi, kuchli zilzilalar oqibatlari, shahar hududini mikroseysmohududlashtirishga doir tadqiqotlar va ishlanmalar, zilzilabardosh qurilish me’yorlarini rivojlanish tarixi haqida umumiy ma’lumotlar to‘plandi.

Alohida e’tibor shaharning turar joy fondi, hamda hayotni ta’minlash tizimlarining (shu jumladan, transport infrastrukturasi, injenerlik kommunikatsiyalari ob’ektlari va b.) tavsiflariga qaratilgan edi. Ssenariyli zilzilalarda ko‘priklar va avtomobil yo‘llarining shikastlanuvchanlik darajasi (10.4- va 10.5-rasmga q.), hamda yerdan foydalanish va zilzilabardosh qurilish sohalarida xavfsizlik masalalarini rivojlanish tarixi tahlil qilindi.

Seysmik xatarni baholash

Loyiha bo‘yicha tayyorlangan [187] ishda shaharga xavf tug‘diradigan tabiiy va texnogen ofatlar orasida zilzilalar alohida o‘rin egallaydi. Butun tarixi davomida Toshkent ko‘p marta minglab odamlarning o‘limiga sabab bo‘lgan zilzilalarga chalingan edi. Shaharda ro‘y bergan nisbatan kuchli zilzilalar haqidagi eng birinchi aniq ma’lumot 1886 yilga tegishli bo‘lib, ularning intensivligi MSK shkalasi (10.1-

jadv.) bo‘yicha tahminan VII-VIII ballga to‘g‘ri kelishini ko‘rsatadi.

1966 y. zilzila oqibatlarining tahlili o‘ta batafsil o‘tkazilib, maxsus nashr etilgan monografiyalar aynan shu hodisaga va oqibatlarining tahliliga bag‘ishlandi. 10.2- va 10.3-rasmlarda shu zilzilaning ayrim oqibatlari keltirildi.

10.1-jadval

Tarixiy zilzilalar va ularni Toshkent sh. hududiga ko‘rsatgan ta’siri

Zilzila	Magnituda	Tashkent shahridagi intensivligi (MSK)
Toshkent, 1868	6.5	VII-VIII
Toshkent, 1886	6.7	VII
Kostakoz, 1888	6.4	VI-VII
Ura-Tyube, 1897	6.6	VI-VII
Toshkent, 1924	4.3	VII
Pskent, 1937	6.5	VI
Chotqol, 1946	7.5	VII-VIII
Toshkent, 1966	5.3	VIII
Tovoqsoy, 1977	5.0	VI
Nazarbek, 1980	5.1	VI-VII
Susamur, 1992	7.3	VI



10.2-rasm. 1966y. 26 aprel zilzilasidan keyin binolarning shikastlanishi



10.3-rasm. 1966 y. zilzilasidan keyin Toshkent shahridagi palatka shaharchalaridan biri

[187] ishda regionning va shahar hududining tarixiy seysmikligiga doir

ma’lumotlarni, hamda mavjud seysmologik vaziyatni hisobga olganda, zilzilalar Toshkent uchun kelajakda ham muqarrar haqiqat ekanligi ta’kidlab o‘tildi. Shunda, agar zilzila bugun yuz bersa, uning ta’siriga o‘tgan davrlardagi zilzilalarga nisbatan ancha katta hudud, undan ham ko‘p aholi va undan ham murakkablashgan infrastruktura mubtalo bo‘ladi.

Prognozlar ma’lumotiga ko‘ra seysmik faol hududda joylashgan shahar 1966 y. zilzilasidan (magnitudasi 5,3) kuchliroq zilzilalarga duchor bo‘lishi mumkinligi aniqlandi. Seysmologik tadqiqotlarga asosan Toshkentda ro‘y berishi mumkin bo‘lgan zilzilaning seysmik intensivligi VIII ballga teng bo‘ladi deb baholandi.

Zilzilabardosh qurilishning amaldagi me’yorlari ma’lumotlariga muvofiq intensivligi 8 ballga teng zilzilalarning qaytarilish intervallari 100 yilni, intensivligi 7 balli zilzilalarniki esa 25 yilni tashkil etadi. Shuni aytib o‘tish joizki, shahar hududining katta qismi seysmik nuqtai nazardan nobop grunt sharoitlariga ega. Grunt sharoitlarini hisobga olgan holda Toshkentning seysmik mikrohududlashtirish xaritasi MSK shkalasi bo‘yicha kutiladigan (hisobiy) maksimal seysmik intensivligi VIII va IX balli ikki zonaga bo‘lingan.

[187] da bo‘lishi mumkin bo‘lgan zilzilalar natijasida namoyon bo‘lish ehtimoliga ega boshqa tabiiy va texnogen ofatlarning xavflari ham tahlil qilingan. Bu ishda Toshkent shahrining seysmik nuqtai nazardan yuqori darajali zaifligini tasdiqlovchi omillar ichida quyidagilar ko‘rsatilgan:

- yuqori darajali seysmik xavflilik;
- seysmik jihatdan murakkab va noqulay geologik sharoitlar;
- aholining asosiy qismi hisobiy intensivligi IX ball bo‘lgan zonalardagi zichligi yuqori darajada ekanligi;
- zamonaviy seysmik talablarga rioya qilinmagan holda qurilgan shaxsiy va eski binolarning seysmik jihatdan ancha zaifligi va ularni rekonstruksiya qilish zarurati;
- anchagina rivojlangan va murakkab infrastruktura;
- shahar aholisini yetarli darajada xabardor emasligi.

Keltirilgan omillar Toshkentni RADIUS loyihasida ishtirok etishi haqidagi

qarorni qabul qilishda asos bo‘lib hizmat qildilar. Bundan tashqari, shaharning 1966 y. ro‘y bergan zilzila oqibatlarini bartaraf etish bo‘yicha amaliy tajribaga egaligi, yetarli darajada malakali mutaxassislarning va mahalliy sharoitlar uchun qo‘lga kiritilgan tadqiqot natijalarining mavjudligi hisobga olinib, seysmik xavfini baholash va uni boshqarish bo‘yicha samarali vositalarni ishlab chiqishda RADIUS loyihasi maqsadlari va tashabbuslariga so‘zsiz erishish mumkin deb topildi.

Loyihaning birinchi bloki (seksiyasi) doirasida quyidagi tadqiqot ishlari amalga oshirildi:

- regiondagi zilzila o‘chog‘i mintaqalarini aniqlash, baholash va tahlil qilish, hamda kuchli va vayron qiluvchi tebranishlar xavfini keltirib chiqaruvchi zilzilalarning potensial manbalarini identifikatsiyalash;
- potensial manbalarni lokallashtirish va ularning ehtimoliy parametrlarini aniqlash;
- masofa ortishi bilan seysmik energiya va seysmik intensivliklarning so‘nish parametrlarini baholash va potensial zilzilalar uchun tanlab olingan variantlariga izoseystlarni tuzish;
- potensial zilzilalar variantlarini tahlil qilish hamda ssenariyli zilzilani tanlash;
- shahardagi geologik sharoitlarning tahlil qilish va ularning seysmik effektni taqsimlanishiga ehtimoliy ta’sirini baholash;
- seysmik effekt bo‘yicha eng xavfli taqsimlanish uchastkalarini identifikatsiyalashtirish;
- tebranishlarning kutilayotgan intensivligini baholash va ssenariyli zilzilaga muvofiq tarzda shahar hududi uchun seysmik hududlashtirish xaritasini tuzish;
- tebranishlar intensivligi har xil bo‘lgan zonalar uchun ssenariyli akselerogrammalarni ishlab chiqish.

Shahar uchun ishlab chiqilgan va barcha mahalliy grunt sharoitlarini hisobga oluvchi seysmik mikrohududlashtirish xaritasiga muvofiq Toshkentda kutiladigan maksimal seysmik effekt intensivligi MSK shkalasi bo‘yicha VIII-IX ballga yetishi

mumkin. Ssenariyli zilzilani ishlab chiqish uchun olib borilgan tadqiqot va baholash ishlari natijasida seysmik intensivligi VII-IX ball atrofida bo‘lgan zonalar aniqlandi. Shunga o‘xshash zilzilalarning realizatsiyasi tanlash uchun yana bir mezon bo‘lib xizmat qilgan. Shunday qilib, ssenariyli zilzilani aniqlash uchun potensial zilzilalar variantlari ikki mezondan foydalanib o‘tkazilgan: **1-mezon** – shahar hududida grunt sharoitlari hisobga olinganda, kutilishi mumkin bo‘lgan maksimal intensivlikni namoyon bo‘lishi mumkinligi; **2-mezon** – bunday hodisani realizatsiya qilishning maksimal ehtimolini baholash.

Har bir zona uchun zilzilalarning potensial manbalari tanlab olingan. Masofa kattalashgan sari seysmik energiyaning so‘nib borishini hisobga olgan holda, nazariy izoseystlar qurildi hamda shahar hududi bo‘yicha seysmik effektni taqsimlanishi baholandi. Seysmologlar tomonidan gipotetik zilzilalarning 7 varianti ko‘rib chiqildi, va ulardan potensial nuqtai nazardan yuz berish ehtimoli eng yuqori bo‘lgan 3 xil hodisa tanlab olindi.

Potensial zilzilalar variantlarini hamda ularni shaharga ko‘rsatgan ta’siri natijalarini taqqoslash natijasida, bir guruh tadqiqotchilar tomonidan quyidagi xulosa chiqarildi: amalga oshish ehtimoli yuqori bo‘lgan eng yomon hodisa – bu epitsentr shahar hududida joylashgan hodisadir. Aynan shu hodisa ssenariyli zilzila sifatidan olingan edi. Bu ssenariyli zilzilaning magnitudasi M=6,1, Toshkent yer yorig‘i zonasi bilan bog‘liq bo‘lgan gipomarkazning chuqurligi H=10 km deb qabul qilindi. Shu zona Karjantauz yer yorig‘ida joylashgani bo‘lib Toshkent viloyatida bo‘lib o‘tgan kuchli zilzilalarning 20% ga manba bo‘lgan. Grunt sharoitlarining ta’siri quyidagi omillarga asoslanib baholandi: tuzilgan geologik kesimlarga muvofiq yer yuzasini qoplagan qatlamlar gruntlarining turlari; grutlarning seysmik tavsiflari hamda seysmik reaksiyasi tavsifi; grunt suvlari sathi; seysmik effektni namoyon bo‘lishi mumkinligi.

Bino va inshootlarning seysmik zaifligini baholash

Inventarizatsiyani o‘tkazish jarayonida binolarning quyidagi turlari ko‘rib chiqildi:

- davlat qurilish tashkilotlari va yakka tartibda imorat quruvchilar tomonidan

qurilgan turar joy binolari;

- jamoat binolari, shu jumladan, maktablar, bolalar bog‘chalari va b. muassasalar (1-guruh); kasalxonalar (2-guruh); magazin va xizmat ko‘rsatish sohasi (3-guruh); klublar, kinoteatr va teatrlar (4-guruh); institutlar, kollejlar, poliklinikalar, ilmiy tadqiqot va loyihalash tashkilotlari, ma’muriy binolar, ofislar (5-guruh); mehmonxonalar (6- guruh);
- sanoat binolari (bir qavatli va ko‘p qavatlilari).

Turar joy binolari. Turli xil konstruktiv tizimga ega binolarga doir ma’lumotlar to‘plandi va tasniflandi. Tadqiqot ishlarini olib borish rejasiga muvofiq turli xil konstruktiv tizimlarga ega va qavatligi har xil bo‘lgan binolar orasida turaur joy fondi tavsiflari ham aniqlab borildi.

Binolar konstruktiv tizimlarining barcha turlari zaiflik darajasiga qarab tasniflandi. Shahar ichidagi turur joy binolari 6 xil asosiy konstruktiv tizimlari turlariga ajratildi:

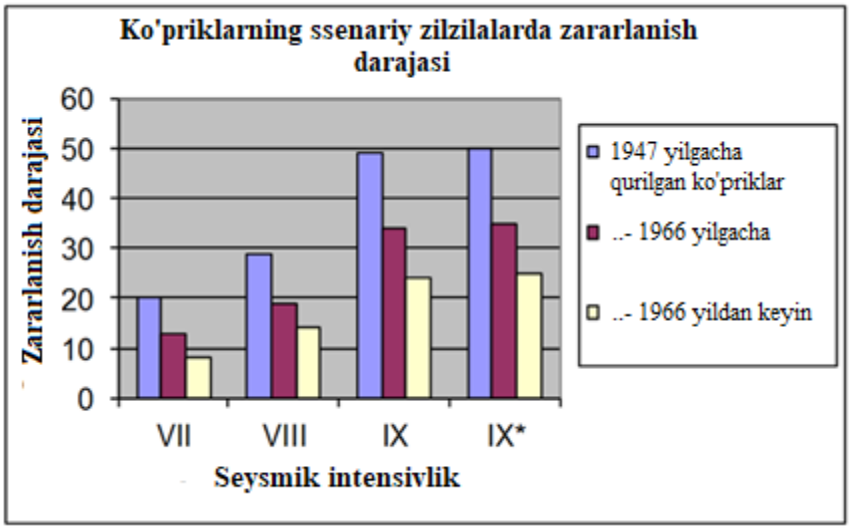
1. Mahalliy (loyli) materiallardan foydalanib qurilgan va zilzilabardoshlik talablariga rioya qilinmay qurilgan g‘ishtli binolar;
2. G‘ishtli binolar;
3. Aralash konstruktiv tizimlilari (tashqi ko‘tarib turuvchi g‘ishtli devorli to‘liqmas (неполный) karkas);
4. Karkasli binolar;
5. Panelli binolar;
6. Yog‘ochdan ishlangan turar joy binolari.

O‘z navbatida, binolarning yuqorida qayd etilgan 6 turi har xil ko‘tarib turuvchi konstruksiyalarni qo‘llanishiga qarab yana 24 turga bo‘lindi. Aytib o‘tilgan tizimlar nafaqat Toshkent shahriga, balki Markaziy Osiyoning barcha shaharlariga ham xosdir. Binolar qavatlar soniga va ko‘tarib turuvchi konstruksiyalarning materialiga ko‘ra tasniflandilar.

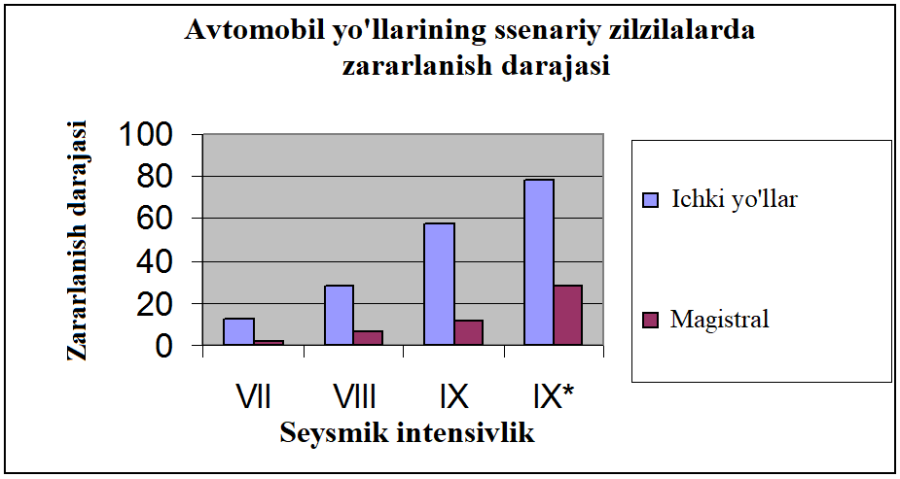
Oldingi zilzilalarning mikroseysmik tahlili natijalaridan, eksperimental tadqiqotlar va nazariy hisob-kitoblardan foydalanib, binolarning har bir konstruktiv tizim turiga qarab shikastlanuvchanlik matritsalari va zaiflik egri chiziqlari qurildi.

Shikastlanuvchanlik darajasi MSK-98 makroseysmiklik shkalasiga binoan beshta kategoriya bilan baholandi. Misol tariqasida, 10.4-10.5- rasmlarda ssenariyli zilzila vaqtida ko‘prik va avtomobil yo‘llarining shikastlanuvchanlik gistogrammalari keltirilgan.

Shahar hududidagi turli xil konstruktiv tizimlarga ega bino va inshootlarning joylanishini aks ettiruvchi xarita ishlab chiqildi.



10.4-rasm. Ssenariyli zilzila vaqtida ko‘priklarning shikastlanish darajasi (Loyihani amalga oshirish davri ma’lumotlari)



10.5-rasm. Ssenariyli zilzila vaqtida avtomobil yo‘llarining shikastlanish darajasi (Loyihani amalga oshirish davri ma’lumotlari)

Turli xil konstruktiv tizimli binolar va inshootlarga oid ma’lumotlardan

foydalanib, zaiflik egri chiziqlari va seysmik intensivlikka hamda himoya darajasiga muvofiq ro‘y berishi mumkin bo‘lgan yo‘qotishlar egri chiziqlari qurildi. Bundan tashqari, har bir bino va inshoot turlari uchun ssenariyli zilzila natijasida ko‘riladigan iqtisodiy talofotlar hisoblandi, hamda ssenariyli zilziladan ko‘riladigan zararni taqsimlanishini aks ettiruvchi xarita tuzildi.

O‘tkazilgan tahlillarning ko‘rsatishicha, intensivligi IX balli zonalarda (ssenariyli zilzilalarda) xom g‘ishtdan qurilgan binolarning butunlay buzilib ketishi kutilmoqda. Zilzilabardosh choralar ko‘rilmasdan qurilgan binolar qattiq shikastlanib, ko‘plab g‘ishtdan ishlangan binolarning buzilib ketishi ham kutilmoqda. Temirbeton yirik panelli, monolit va hajmli blokli binolar va yog‘ochdan qurilgan uylar zaifligi kamroq bo‘ladi.

[187] ishda yuqorida ko‘rsatilgan binolar turlarining ssenariyli zilzilaning belgilangan parametrlarida zilzilabardoshligi ta’minlanmagan, va ularda yashovchi odamlar uchun potensial xavfli deb ta’kidlangan. 7 ball va undan ham katta seysmik intensivlikka ega zonalarda bunaqa tipdagi binolarni qurish mumkin emas. Toshkent shahrining katta qismida intensivligi 9 ballga teng seysmik ta’sir ostida ko‘taruvchanlik qobiliyati yo‘qolib (yoki kamayib) ketadigan gruntlar mavjud. Bunday hududlarda mustahkamligi past mahalliy materiallardan qurilgan binolar ham, istiqomat qiluvchilar uchun potensial xavfli deb hisoblanadigan zamonaviy binolar ham ko‘tarilgan. Bu binolarda asoslarni mustahkamlash va ko‘tarib turuvchi konstruksiyalarni kuchaytirishga qaratilgan kompleks choralar amalga oshirilishi kerak.

Hayotni ta’minlash tizimlarini seysmik xavfliligi va zaifligini baholash, ularni inventarizatsiyadan o‘tkazish

Shaharning hayotiy faoliyati hayotni ta’minlash ob’ektlarini murakkab tizimi orqali ta’minlanishi [187] da ko‘rsatib o‘tilgan. Suv ta’minoti, kanalizatsiya va issiqlik ta’minoti ob’ektlari, kichik, o‘rtacha va yirik ko‘priklar, yo‘l o‘tkazgichlar, transport tonnellari haqida, yo‘lovchilarning o‘tish joylari, injenerlik tonnel (kollektor)lari, metropoliten liniyalari, shahar va tuman ahamiyatiga ega

yo‘llarning uzunligi haqida umumiy statistik ma’lumotlar keltirilgan.

Seysmik xavfni baholash uchun ishlab chiqilgan metodologiyaga muvofiq, ularni inventarizatsiyasi va klassifikatsiyasi bajarildi.

Suv ta’minoti tizimlarini inventarizatsiya qilish jarayonida shahar hududidagi suv olish inshootlari, nasos stansiyalari, quduqlar va kameralar, yong‘in gidrantlari va suv o‘tkazish tizimlari bilan shahar suv o’tkazish tarmoqlarining boshqa elementlari o‘rganib chiqildi. Qo‘shimcha tarzda daryo, jar, temir yo‘llardan kechib o‘tish joylari, harakatdagi metropoliten va boshqa kommunikatsiyalar bilan kesishish joylarining konstruktiv yechimlari va tizimlari, hamda sbroslar o‘rganildi. Material turlari, diametrlari, ekspluatatsiya muddatlari va boshqa ko‘rsatkichlar bo‘yicha suv ta’minoti tizimlari elementlari klassifikatsiya qilindi.

Kanalizatsiya tizimlarini inventarizatsiya qilishda oqova suvlarni bir joydan boshqa joyga o‘tkazish nasos stansiyalari, tarmoqlar va kollektorlardagi quvurlar va kameralar, avariyaviy ko‘rib chiqildi. Bundan tashqari, temir yo‘l izlari, magistral yo‘llari va metropolitenlar bilan kesishuv joylaridagi katta diametrli o‘tish joylarining tizimlari va konstruktiv yechimlari ham o‘rganib chiqildi. Material turi, diametri va ekspluatatsiya muddatlariga ko‘ra kanalizatsiya tarmoqlari elementlarining klassifikatsiyasi tuzildi.

Issiqlik ta’minoti tizimlarini inventarizatsiya qilishda issiqlik markazlari, kichik mahalliy qozonxonalar va nasos stansiyalari, hamda issiqlik ta’minoti tizimlari elementlarining diametri, ekspluatatsiya muddati va b. ko‘rsatkichlar bo‘yicha klassifikatsiyasi tuzildi.

Gaz bilan ta’minlash tizimlarini inventarizatsiya qilishda gaz taqsimlash va gaz-nasos stansiyalari, yuqori va o‘rtacha bosimli gazoregulyator punktlari diametri, ekspluatatsiya muddatlari va bosim ko‘rsatkichlari bo‘yicha ko‘rib chiqildi. Gaz bilan ta’minlash tizimlari elementlarining diametri, ekspluatatsiya muddatlari va bosim ko‘rsatkichlari bo‘yicha klassifikatsiyasi tuzildi.

Elektr ta’minoti tizimlarini inventarizatsiya qilishda elektr ta’minoti manbalari, taqsimlash va transformator punktlari hamda ularni bir-biriga ulovchi yer osti kabel va havo liniyalari o‘rganib chiqildi. Ushbu elektr ta’minoti tizimi

elementlari ekspluatatsiya vaqti va eskirish darajasi bo‘yicha klassifikatsiyalandi, bu tizimlardagi bino va inshootlar qo‘shimcha tarzda ularning zilzilabardoshligi ta’minlanganligi nuqtai nazardan ham o‘rganib chiqildi.

Seysmik xavf nuqtai nazaridan *metropoliten inshootlarini ko‘rib chiqishda* asosiy e’tibor loyihalash va qurish jarayonida amalga oshirilgan zilzilabardoshligini ta’minlanishi masalalariga qaratilgan edi.

Toshkentni cho‘kuvchan gruntli va grunt suvlari sathi yuqori bo‘lgan seysmik faol zonada joylashganligi, seysmik ta’sirga qarshilik ko‘rsata oladigan ma’lum hisoblash sxemalarni va original konstruktiv yechimlarni qabul qilinishiga undadi. Zilzilabardoshlikni ta’minlashning asosiy shartlari bo‘lib, bo‘ylama va ko‘ndalang yo‘nalishlarda bog‘lanishlarni ta’minlovchi konstruktiv yechimlar xizmat qildi. Bekatlararo tonnellarini ochiq usulda qurish jarayonida ilk bor Toshkent metropolitenini qurishda qo‘llangan dempferlovchi bog‘lanishli yaxlit seksiyali qoplamadan foydalanildi.

Cho‘kuvchan gruntga yuk bir maromda uzatilishi uchun, asosning temirbeton monolit plitasi – stansiyaning lotoki qo‘llandi. Stansiya konstruksiyalarida quyidagi seysmik va cho‘kishga qarshi choralar amalga oshirilgan:

- asosli (lotokli) devor bloklari mahkamlash moslamalari bilan o‘ta mustahkam (закладной) detallar yordamida va keyinchalik monolitlangan;
- ustunlar lotok bilan devor xuddi bloklariga o‘xshab poydevor stakanlariga monolitlashtirilib birlashtirilgan;
- devor bloklarini tom yopma plitalari bilan rigellarni bir-biriga biriktirilgan uzellaridagi ishchi armaturaning chiqish joylarini biriktiruvi, hamda ularni ustunlar bilan biriktiruv ishlari vanna-chokli payvandlash usulida bajarilib, keyin monolitlashtirilgan;
- stansiyalar butun uzunasi bo‘yicha (102 m) ikkita zilzilabardosh chok bilan kesib qo‘yiladi.

Toshkent metropolitenini (O‘zbekiston liniyasining “Tinchlik” va “Toshkent” stansiyalarini) qurishda ilk bor stansiyalarning zilzilabardoshligini 1,2 - 1,5 barobarga oshirgan ustun tipidagi yirik stansiya elementlari qo‘llangani [187] qayd

etib o‘tildi.

Ammo, ekspluatatsiya tajribasi monolit temirbetondan qurilgan yakka gumbazli stansiyalar eng zilzilabardosh bo‘lishini ko‘rsatdi. Bunday stansiyalar seysmikligi va gruntlarining cho‘kuvchanligi yuqori bo‘lgan, grunt suvlari yer yuziga yaqin joylashgan sharoitlarda o‘ta mustahkam va barqaror bo‘ladi.

“Mustaqillik”, “Navoiy” kabi ayrim stansiyalar ustunli-monolit usulida qurilgan, va ularning zilzilabardoshligi ustun tipidagi stansiyalardan ancha yuqori; ammo, ularni qurish sarf-xarajatlari ham ancha katta.

Ko‘priklarning zaifligini baholash jarayonida ular inventarizatsiyadan o‘tkazilib, klassifikatsiyalandilar. Qo‘shimcha tarzda ularning o‘tkazuvchanlik qobiliyati, hamda konstruktiv va ekspluatatsion nuqsonlari o‘rganib chiqildi.

Yo‘lovchilar o‘tish joylarini o‘rganishda ham loyiha doirasida inventarizatsiya o‘tkazilib, konstruksiyalarining zilzilabardoshligi baholandi. Metropoliten va transport magistrallarini qurilishi sababli keyingi yillarda bunday inshootlarni qurish ishlari jadallashib ketganligi qayd etib o‘tildi. Bir vaqtning o‘zida metro stansiyalarigi kirish joyi sifatida qo‘llaniladigan yo‘lovchilarni o‘tish joylarining zilzilabardoshligi odatda ta’minlangan bo‘ladi.

Seysmik ta’sirlar ostida *injenerlik kollektorlarini zaiflik darajasini baholash maqsadida*, ularni konstruktiv yechimlari o‘rganildi, hamda zilzilabardosh choralar ko‘rilgani va ularni o‘tkazish joylaridagi grunt sharoitlari tekshirildi.

Shahar transport magistrallarini o‘rganish jarayonida loyiha doirasida ularning umumiy uzunligi, o‘tkazuvchanlik qobiliyati aniqlandi va 1966 y. zilzila oqibatlarini baholash natijalariga asosan shikastlanishlar o‘rganib chiqildi.

Ssenariyli zilzila keltirgan zarar Toshkent sh. mikroseysmohududlashtirish xaritasi, hamda hayotni ta’minlash tarmoqlarini joylashish sxemalari asosida baholandi. Ssenariyli zilzila ta’sirida kelib chiqqan solishtirma avariyaviylik va hayotni ta’minlash tizimlari elementlarini shikastlanuvchanlik darajalari hisoblab topildi, hamda hayotni ta’minlash tizimlari: suv ta’minoti, kanalizatsiya, gaz ta’minoti bilan infrastruktura: avtomobil yo‘llari, ko‘priklar, tonnellar, metropolitenlarning shikastlanuvchanlik xaritalari tuzildi

Solishtirma avariyaviylikni seysmik ta’sir intensivligiga bog‘liqlik grafik va xaritalari, hayotni ta’minlash tizimlarining turli xil elementlarini ta’mirlash va tiklashga ketgan sarf-xarajatlarning miqdori haqidagi ma’lumotlar asosida hayotni ta’minlovchi suv, gaz, elektr va issiqlik ta’minoti, kanalizatsiya tarmoqlarida yetkazilgan zarar baholandi. Ushbu ishlar 2-bo’limda batafsil tahlil qilingan.

Hayotni ta’minlash tizimlari hamda infrastruktura inshootlari va jihozlariga yetkazilgan zarar, ularni shahar hududida joylanishiga, holati va baholash narxiga asoslangan holda baholandi.

10.2.2. Xalqaro ilmiy loyiha doirasidagi tadqiqotlar tahlili SfP 971923 – "Ilm-fan tinchlik uchun” Toshkent sh. Seysmik xavfni baholash

Loyiha oldiga qo‘yilgan vazifalarga muvofiq Toshkent regionining geologik, seysmotektonik tavsiflari bo‘yicha, tarixiy seysmikligi, gruntlar tavsifi, determinantlash usullarida bajarilgan shahar hududini mikroseysmohududlashtirilishi haqida ma’lumotlar to‘plandi.

Bu ma’lumotlarning hammasi regionning seysmik xavfliligi ehtimoliy xaritalarini ishlab chiqish uchun zarur edi. Bunaqa xaritalar mazkur loyihada ishtirok etgan USGS mutaxassislari tomonidan taqdim etilgan metodikalar hamda dasturiy ta’minotdan foydalanib tuzildi [186, 187]. Bu xaritalar Toshkent regionida ma’lum vaqt davomida ma’lum bir ehtimoliy darajada ortishi mumkin bo‘lgan seysmik tezlanishlarning taqsimlanishini ifodalaydi.

Xususan, zamonaviy GIS-texnologiyalardan foydalangan holda, 50 yil davomida oshish ehtimoli 2% dan 10% gacha bo‘lgan maksimal (PGA) va spektrli (1, 3 va 5 Gs) tezlanishlarning taqsimlanish xaritalari tuzildi. Bu xaritalar asosning qoya toshli gruntlari uchun regiondagi bo‘lishi mumkin bo‘lgan seysmik tezlanishlar darajasi haqida tasavvur beradi.

Kuchli zilzilalar (Toshkent, 1966 y.; Tovoqsoy, 1977 y.; Nazarbek, 1980 y.) [192] oqibatlarini makroseysmik tekshiruvi ma’lumotlariga ko‘ra amalga

oshirilgan tadqiqot ishlari doirasida Toshkent oldi rayoni chegarasida joy relefining seysmik intensivlikka ta’siri, hamda shahar hududida grunt sharoitlarini maksimal seysmik tezlanishlar qiymatiga bo‘lgan ta’siri ham baholab o‘tilgan.

Shu maqsadda shahar hududi tahminan bir xil xususiyatga ega uchastkalarga ajratib olindi. Bo‘lish jarayonida joy relefi, grntlarning litologik turi, grunt qatlamlarining qalinligi va grunt suvlari sathi kabi parametrlar hisobga olingan edi.

Natijada, shahar hududi har bir uchastka chegarasida taxminan bir xil tavsiflarga ega grunt sharoitlarining 11 turi bo‘yicha uchastkalarga ajratilgan.

Topilgan kuchaytirish koeffitsientlarini qo‘llanishi, shahar hududida grunt sharoitlarini hisobga olgan holda, seysmik tezlanishlar taqsimlanishining ehtimoliy xaritalarini yaratishga imkon beradi. Xususan, 50 yil davomida 2 va 10% ehtimoli bilan oshishi mumkin bo‘lgan maksimal seysmik tezlanishlarning taqsimlanish xaritalari, hamda spektral tezlanishlar uchun ham shunga o‘xshash xaritalar ishlab chiqildi.

Xaritalar ArcView GIS dasturiy ta’minot yordamida tuzilgan edi, bu esa shahar hududidagi inventarizatsiyasi ham shu dasturiy ta’minot yordamida amalga oshirilgan bino va inshootlarning ko‘rgan zararini baholash jarayonida ulardan foydalanish imkonini beradi.

Seysmik yo‘qotishlarni baholash

Shahar hududidagi binolarni inventarizatsiyadan o‘tkazish uchun, USGS tomonidan taqdim etilgan Toshkent shahrining sputnikli s’yomkasi materiallaridan foydalanildi. Sputnikli s’yomka butun shahar hududini qoplamaganligi sababli, aktual kartografik materiallar, hamda “RADIUS” loyihasi bo‘yicha ishlar olib borilgan davrda yaratilgan shahar hududida binolarni joylashishining raqamli modelidan ham foydalanildi [187].

Toshkent shaharidagi bino va inshootlarning holati haqidagi aniq ma’lumotlarni, hamda aholini shahar huududi bo‘yicha taqsimlanishiga oid ma’lumotlarni olish maqsadida turar joy, jamoat va sanoat binolar haqida ma’lumot to‘plash uchun inventarizatsiyalash anketasi tarqatildi. Anketaga

quyidagi savollar kiritildi:

- joylanishi (ilova qilingan tumanlar xaritalarida ko‘proq bir qavatli turar joy binolar joylashgan uchastkalar ko‘rsatilishi, hamda jamoat va sanoat binolari identifikatsiyalashtirilishi kerak);
- har xil konstruktiv tipga mansub binolarda turar joy maydoni miqdori (turar joylar uchun 11ta kategoriya, jamoat binolari uchun 4-8 ta kategoriya, sanoat binolari uchun 7 ta kategoriya);
- turar joy binolarida yashovchilar soni, jamoat bino va inshootlar sig‘imi, korxonalardagi ishchilar soni.

Toshkent sh. Favqulodda Vaziyatlat Boshqarmasi (УЧС) yordami bilan anketa shahar munitsipal organlari orasida tarqatilgan edi.

Shahar ichida joylashgan turli tipdagi turar joy binolarini joylanishining ArcViev GIS dasturiy ta’minotdan foydalanuvchi raqamli modeli ishlab chiqildi. Ma’lumot birligi bo‘lib, ihtiyoriy ravishda bironta bir turga mansub binolari bo‘lgan uchastka hududini qamrab olgan poligon xizmat qildi. Uchastka chegaralari bitta tipdagi imoratlar qurilgan joyni belgilar edi. Uchastka kamida – 1uy, ko‘pi bilan 3442 uydan tashkil topgan. Shaharning ma’muriy chegaralarida imoratlar qurilgan uchastkalar (poligonlar) joylanishini tasvirlovchi xarita tuzildi. Turar joy binolarining strukturasi shahar hududida binolarni taqsimlanish xaritasining maxsus ishlab chiqilgan “izohlari” ga muvofiq bo‘lgan 11 turdan iborat. Turlarni o‘ziga xos belgilari keltirilgan jadval hoshiyalarida uylar turining nomi, poligonda joylashgan uylar soni (dona), aholi soni (kishi), turar joy fondining umumiy maydoni (kv.m) ko‘rsatilgan.

Seysmik yo‘qotishlarni baholash uchun qulay vositani ishlab chiqish maqsadida, shahar hududi 0.005x0.005 gradus o‘lchamdagi kataklarga bo‘lindi. Injener-geologik parametrlar, seysmik xavf tavsiflari, bino va inshootlarni inventarizatsiyasi haqidagi boshlang‘ich ma’lumotlar bazasi shahar hududini qamrab oluvchi aynan shu kataklar to‘ri uchun yaratilgan edi.

Qayd etilgan binolar turlarining har biri uchun shahar hududida taqsimlanish xaritalari tuzildi.

To‘plangan va qayta ishlab chiqilgan ma’lumotlar asosida shahar hududidagi ma’lum bir tipga mansub binolarda turar joy maydonlarini taqsimlanish xaritalari tuzildi.

Sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan yo‘qotishlarni baholash maqsadida, har tipdagi binolarni joylanishiga oid ishlab chiqilgan xaritalar determinantlangan va ehtimollashtirilgan seysmik xavf xaritalari bilan solishtirilar edi.

Binolarning shikastlanishlaridan seysmik zararlanishni baholash

Turar joy binolarining seysmik ta’sir natijasida **shikastlanish darajalarini** hamda **zarar ko‘rganlarning** soni ***ikki usul*** bilan baholandi:

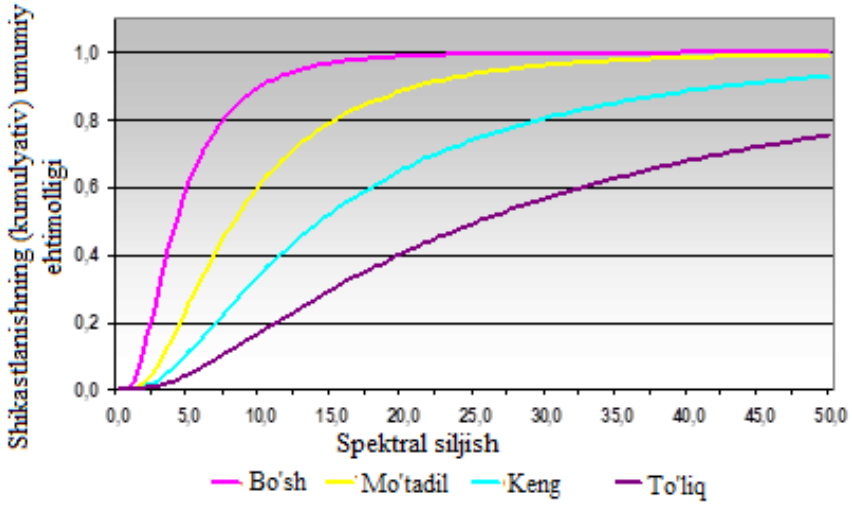
1) KOERI mutaxassislari rivojlantirgan spektral siljishlar metodi asosida (bunda boshlang‘ich seysmik xavf spektral tezlanishlarning ehtimoliy xaritalari asosida baholanadi);

2) shahar hududida ssenariyli zilziladagi seysmik intensivlik xaritasi asosida [184, 186].

Seysmik xavfni baholash uchun qo‘llanadigan ko‘taruvchanlik qobiliyati (yoki spektral siljishlar) usuli konstruksiyalarning sonli tahliliga asoslanadi. Ushbu usul zaifliklar bog‘lanishini analitik yo‘l bilan hisoblash vositasidir, va u konstruksiyaning reaksiyasi spektral egri chiziqlar orqali baholaydigan soddalashtirilgan usul deb hisoblanadi. Spektral egri chiziq, odatda, spektral tezlanishni spektral siljishga bog‘lanish sifatida hosil qilingan tezlanishlar reaksiyasining elastik spektridan aniqlanadi. Inshootni turli darajali qarshilik bilan deformatsiyalanish qobiliyatini ko‘rsatuvchi ko‘taruvchanlik qobiliyati spektral egri chiziqdir. Bu egri chiziq, odatda, deformatsiyalarni spektral tezlanishlar hamda spektral siljishlar bog‘lanishi sifatida “yuklanish-разгрузка” jarayoni tahlilidan kelib chiqqan holda quriladi. **Spektral ko‘taruvchanlik qobiliyati metodining asosiy mohiyati** – kutilayotgan o‘rtacha reaksiya spektral egri chiziq bilan ko‘taruvchanlik qobiliyatining spektral egri chizig‘ini kesishtirish yordamida aniqlanishidadir. Spektral siljishlarga asoslangan zaiflik egri chiziqlarida gorizontal o‘q – spektral siljishni, vertikal o‘q esa konstruksiyani shikastlanishning

ma’lum darajasiga yetishi yoki undan o‘zib ketishining (kumulyativ) umumiy ehtimolini ifodalaydi. Har bir zaiflik egri chizig‘i uchun analitik ifoda seysmik shikastlanishlarning taqsimlanishi lognormal taqsimlanish funksiya ko‘rinishida keltirilishi mumkin degan taxmin bilan tuzilgan [184].

Spektral siljishlarga asoslangan zaiflik egri chiziqlari turar joy binolarining 11 turining hammasi uchun qurilgan edi (alohida belgilangan spektral egri chiziqlari tegishli parametrlar jadvallariga ega). Misol tariqasida 10.6-rasmda 4-5 qavatli yirik panelli binolar uchun tuzilgan spektral egri chiziqlar keltirilgan.



10.6-rasm. 4-5 qavatli yirik panelli binolar uchun zaiflik egri chiziqlari

Binolarning seysmik shikastlanilashlarini hisoblash uchun, GIS-texnologiyalardan foydalanishga asoslangan KOERILoss dasturidan foydalanildi. Ushbu dasturiy ta’minot Kandilli Observatoriyasining Zilzilabardosh Qurilish bo‘limi hamda Bosfor Universitetining Seysmik Izlanishlar instituti (KOERI) mutaxassislari tomonidan ishlab chiqilgan [186].

Binolarning seysmik shikastlanishlarini baholash maqsadida, 50 yil davomida ortish ehtimoli 2 va 10% bo‘lgan mahalliy grunt sharoitlari uchun tuzilgan spektral tezlanishlar xaritalaridan foydalanilgan.

Olingan natijalarni yaqqol va aniqligini ta’minlash maqsadida, binolarning turli tiplarida seysmik shikastlanishlarning umumlashtiruvchi gistogrammalari tuzilgan.

Xususan, turar joy binolarining butunlay hamma turlari uchun zarar taqsimlanishining to‘rtta kategoriyasiga tegishli (kam shikastlangan, o‘rtacha, keng tarqalgan, to‘liq buzilgan) zararning xaritalar tuzilgan.

Bundan tashqari, zararni baholash uchun, ssenariyli zilzilaning MSK shkalasi bo‘yicha seysmik intensivligi darajasiga asoslangan seysmik xavfning determinantlangan xaritasidan foydalanilgan.

Eng katta xavf tug‘diruvchi zilzilalar uchun shahar hududiga mikroseysmorayonlashtirish xaritasi ishlab chiqiladi.

Ehtimoliy zararlarni baholashda gruntning seysmik tebranishlari intensivligi bilan binolarni shikastlanish darajasi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi shikastlanuvchanlik matritsalaridan foydalaniladi.

Binolarning har bir tipi uchun, ularning zilzilabardoshligini loyihaviy ko‘rsatkichiga mos bo‘lgan grunt tebranishlarining intensivligida shikastlanuvchanlik indeksining o‘rtacha qiymati aniqlandi [187]. Shikastlanishlar darajasi umumiy qabul qilingan MSK-98 seysmik intensivlik shkalasi bo‘yicha aniqlanib borildi. Shikastlanuvchanlik matritsalarini ishlab chiqishda, seysmik ta’sir natijasida binolarning zaifliklarini tadqiqot qilish jarayonida olingan boshqa materiallar ham qo‘llangan [177-188]. Ehtimoliy shikastlanuvchanlik matritsalari binolarning har bir tipi uchun ishlab chiqildi. Misol sifatida, 4-5 qavatli yirik panelli binolarning shikastlanuvchanlik matritsasi 10.2-jadvalda keltirildi.

Amalga oshirilgan hisoblash ishlari binolar, turar joy binolari va maydonlarining sonini hamda binolarning alohida har bitta tipi uchun ehtimoliy ijtimoyi talafotlarni tahlil qilishga imkoniyat yaratildi.

Zarar ko‘rganlar sonini baholash maxsus metodikalar asosida olib borildi: 50 yil davomida oshish ehtimoli 10% va 2% tashkil etuvchi spektral siljishlar metodidan foydalanishga asoslangan yondashuv (binolarni seysmik shikastlanishlarini baholash uchun); va ssenariyli zilziladan kelib chiqadigan seysmik intensivlik xaritasidan foydalanishga asoslangan yondashuv.

Seysmik zararga, shu jumladan, ehtimoliy ijtimoyi talafotlarga tegishli ma’lumotlar vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib turadigan (aholi soni, binolar soni, tavsiflari

va h.k.) axborotlarga asoslanadi.

10.2-jadval

4-5 qavatli yirik panelli binolar uchun shikastlanuvchanlik matritsasi

Tip 7. 4-5-etajli yirik panelli							
MSK shkalasi bo‘yicha shikastlanishlar-ning toifasi		Shikastlanuvchanlik koeffitsienti	Seysmik intensivlik				
			VII	VIII	IX	IX+ Grunt shikastlanishi	IX+ ko‘chki
			Muayyan toifaga mos keladigan shikastlanish ehtimoli				
Shikastlanish mavjud emas		0,00	0,90	0,60	0,00	0,00	0,00
1	engil	0,15	0,10	0,40	0,80	0,00	0,00
2	o‘rta	0,25	0,00	0,00	0,20	0,80	0,00
3	og‘ir	0,50	0,00	0,00	0,10	0,15	0,80
4	kuchli	0,80	0,00	0,00	0,00	0,05	0,15
5	buzilish	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Shikastlanuvchanlik koeffitsientining o‘rtacha miqdori			0,015	0,06	0,17	0,315	0,57

Shu nuqtai nazardan, dastlabki ma’lumotlarni o‘zgarishini hisobga olgan holda, foydalaniladigan dasturiy ta’minotning seysmik xavfni baholanishini to‘g‘rilab turishga imkon yaratishi – metodikaning eng muhim afzal tomonidir.

Seysmik xavfni kamaytirish strategiyasini rivojlantirish

Potensial seysmik zararni baholashga doir amalga oshirilgan ishlar tadqiqot ishlarining yagona maqsadi bo‘lmagan. Ularning asosiy maqsadi – seysmik xavfni kamaytirish choralarini ishlab chiqish va amalga oshirish uchun dastlabki material sifatida bo‘lishi mumkin bo‘ladigan seysmik talafotlar darajasini ta’riflab berishdan iborat.

Seysmik xavfni kamaytirishning bir necha yo‘llari bor:

- jamoat tushunchasi darajasini ko‘tarish; juda muhim qarorlarni qabul qiluvchi shaxslarga seysmik xavf haqidagi axborotni yetkazish; mahalliy sharoitlarga tegishli ma’lumotlarga tayangan holda oqilona harakat rejalarini tuzishga qodir bo‘lgan malakali mutaxassislarni o‘rgatish;
- shahar infrastrukturasida eng zaif joylarini aniqlash va shu rayonlarni mustahkamlashga qaratilgan choralarni ko‘rish; bino va inshootlarni tekshiruvdan o‘tkazish natijasida ularning texnik holatini baholash, va buzish yoki kuchaytirish haqida qaror qabul qilish;
- mavjud binolarning zilzilabardoshligini tekshirish, va zamonaviy seysmohimoya usullarini loyihalash va binolarni qurish amaliyotiga joriy qilish;
- zilzilabardosh qurilish normalarini takomillashtirish va qonunchilik asoslarini ishlab chiqish; seysmik normalarga rioya etilishini va qurilish sifatini nazorat qilish; binolar ekspluatatsiyasi jarayonida monitoringni amalga oshirish;
- zilzila ro‘y berganda hayotni ta’minlash tizimlari, tibbiyot muassasalarini, yong‘in stansiyalarini, boshqarish va aloqa organlari turg‘unligini oshirish, yo‘l qoplamalari, ko‘priklarni ro‘y berishi mumkin bo‘lgan shikastlanishlari, yo‘llarda hosil bo‘ladigan uyumlar va boshqalar hisobga olib, transport vositalari uchun bir nechta eng maqbul marshrut variantlarini tayyorlash;
- zilzila holati uchun relevant tashkilotlarning harakat rejalarini ishlab chiqish; kuchli zilzila holatida binolar, inshootlar, hayotni ta’minlash tizimlarining shikastlanish darajasini, yaralanganlar va boshpanaga muhtojlar sonini tezkorlik bilan aniqlash ishlariga tayyorgarlik ko‘rish.

Turli tipdagi bino va inshootlardagi turli xil darajadagi seysmik shikastlanishlarni va aholi orasida bo‘lishi mumkin bo‘lgan talafotlarni baholash uchun, tuzilgan xaritalar shaharni rekonstruksiya qilish va rivojlantirishda birinchi darajali ahamiyatga ega yo‘nalishlarni aniqlashda qarorlarni qabul qilish uchun dastlabki ma’lumotlar bo‘lib hizmat qiladi.

Har xil tipga va qurish yillariga mansub turar joy binolari va inshootlarni shahar hududida taqsimlanish xaritalari, bu binolarda yashovchi aholini taqsimlanishi va turar joy maydoni miqdori xaritalari, hamda seysmik zarar

taqsimlanish xaritalari va shu tipdagi uylarda istiqomat qiluvchi aholi orasida sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan talafotlarni taqsimlanish xaritalari tuzildi.

O‘z navbatida, bu natijalar FVB ning shahar tumanlari bo‘yicha tegishli harakat rejalari asosini tashkil etdi. Bu harakatlar zilzila sodir bo‘lgan holatlarda aholi orasida talafotlarni kamaytirishga hamda aholini tegishli tarzda tayyorlashga, qutqaruvchilar va texnikani zarar ko‘rgan hududlarga tezlik bilan yetib kelishlari uchun yo‘llarni tozalashga, tibbiy yordam ko‘rsatish, yaradorlarni gospitallashtirishga, aholini buzilgan va shikastlangan uylardan evakuatsiya qilish hamda vaqtincha boshpana bilan ta’minlash va h.k. larga qaratilgan bo‘ladi.

Qayd etilgan natijalar yong‘inni nazorat qilish tashkilotlari, hamda tibbiy muassasalarining harakat rejalarini ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qildi.

ATAMALAR, TUSHUNCHA VA TA’RIFLAR

Akselerogramma – grunt tebranishlari tezlanishlarini asbob yordamida ifodalanishi.

Antiseysmik choralar (qurilishda) – seysmik xavfni kamaytirishga qaratilgan harakatlar majmui. Bu harakatlar majmui ishlab chiqish va amaliyotda qo‘llash bilan me’yoriy-huquqiy dalolatnomalar, QMQ, dasturlar va h.k. ni seysmik xavfsizlikni ta’minlash ishlariga joriy etilishdan iborat.

Aftershok – asosiy zilziladan so‘ng bitta o‘choq doirasida sodir bo‘ladigan yer osti silkinishlari. Ayrim aftershoklarning intensivligi asosiy silkinish instensivligiga yaqin bo‘lishi kerak. Odatda, aftershoklar hamma zilzila vaqtida sodir bo‘lib, seysmik jarayon so‘nayotganini bildiradi.

Ball – o‘lchamsiz miqdor bo‘lib, zilzila kuchini uning yer yuzida qoldirgan izlariga ko‘ra baholaydi. Silkinishlar shiddatining 12 balli MSK-64 shkalasi (***I = 1 –12***) bo‘yicha yoki turli mamlakatlarda silkinishlar intensivligini baholash uchun qabul qilingan boshqa mavjud bo‘lgan shkalalar bo‘yicha baholanadi.

Falokat – natijasida favqulodda vaziyat vujudga keladigan xalokatli hodisa.

Velosigramma – maxsus asbob yordamida olingan grunt tebranishlari tezligini

ifodalovchi yozuv.

Zilzilani boshlanish vaqti – zilzila o‘chog‘ida yoriqlarni hosil bo‘lish vaqtining boshi. Seysmologik xizmatda Grinvich vaqti bilan ifodalanadi.

Gipotsentr – zilzila o‘chog‘ida yorilish hosil bo‘ladigan nuqta (zilzila sodir bo‘ladigan yer qobig‘ining chuqur qatlamlarida joylashgan nuqta).

Gipomarkaziy masofa – kuzatuv nuqtasidan gipomarkazgacha bo‘lgan masofa.

Zilzila – tektonik jarayonlar natijasida vujudga keluvchi yer osti silkinishlari va yer qobig‘ining tebranishlari (texnogen zilzilalardan farqli o‘laroq).

Izoseysta – xaritada silkinish intensivligi bir xil bo‘lgan nuqtalarni tutashtiruvchi hamda silkinish intensivligi har xil bo‘lgan zonalarni ajratuvchi chiziq.

Injenerlik seysmologiya – seysmologiyaning zilzilabardoshlik qurilish maqsadlari uchun zarur ma’lumotlarni o‘rganuvchi bo‘limi.

Injenerlik-seysmometrik xizmat (ISX) – bino va inshootlar hamda ularning atrofidagi gruntlar tebranishlarini qayd etuvchi xizmat. ISX olingan ma’lumotlar zilzilabardoshlik nazariyasida qo‘llanadi.

Zilzila intensivligi (ballarda**)** – zilzilaning yer yuzasidagi kuchini ifodalaydi. Har bir zilzila uchun umumiy Rixter magnitudasi mavjud, ammo u epitsentrdan har xil masofada joylashgan hududlarda turli intensivlikka ega seysmik tebranishlarni keltirib chiqaradi. “Rixter shkalasi bo‘yicha ballari” degan keng tarqalgan ibora qo‘pol xato bo‘ladi.

O‘chog‘ining chuqurligi “***N”*** bo‘lgan zilzilani epitsentridagi intensivligi “***I”*** bilan magnituda “***M”*** orasidagi bog‘lanish quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$I = 1{,}5\,M - 3{,}8\,\lg H + 3{,}6.$$

Favqulodda vaziyatlarni tugatilishi – favqulodda vaziyatlarda amalga oshiriladigan va insonlar hayotini hamda sog‘lig‘ini saqlashga, keltirilgan ziyon hajmini va moddiy talafotlarni kamaytirishga, hamda favqulodda vaziyat

zonalariga barham berilishiga qaratilgan qutqaruv, avariya-tiklov va boshqa shoshilinch ishlar.

Magnituda – zilzila ajratib chiqaradigan seysmik energiyani tavsiflovchi o‘lchamsiz kattalik. Magnituda – bu son jihatdan 100 km (mikronda ifodalangan) epitsentral masofada grunt tebranishlarini maksimal amplitudasining o‘nlik logarifmini qabul qilingan standart tebranish logarifmiga bo‘lgan nisbatiga teng. Qayd etilgan magnitudalarning eng kattasi 8,6 … 8,9 orasida bo‘ladi. Magnitudalar shkalasini 1935 y. I. Rixter joriy etgan.

Magnitudani baholash uslubiga, hamda to‘lqinlarning qaysi turi bo‘yicha aniqlanganligiga ko‘ra hajmiy to‘lqinlar magnitudasi “m_V”, mahalliy magnituda “M_L„ teleseysmik magnituda “M_S” va momentli magnituda “M_W” larga ajratiladi. MDH davlatlarida mahalliy magnituda “M_{LH}”, hajmli P-to‘lqinlarning magnitudasi “m_{pv}” va Rautian “K” bo‘yicha energetik sinflar keng tarqalgan.

Seysmik xavfsizlikni ta’minlash – huquqiy normalarni qabul qilish va ularga rioya qilish, ekologik va seysmohimoyalov qoida va talablarga amal qilish, zilzilaning insonlarga, iqtisodiyot va atrof muhit ob’ektlariga ko‘rsatadigan zararli ta’siridan himoyalashga qaratilgan maxsus tashkiliy, bashoratli, muhandis-texnik, zilzilabardoshlik hamda maxsus choralar majmuini amalga oshirish. “Seysmik xavfsizlikni ta’minlash” tushunchasi “seysmik xavf” tushunchasi bilan aynan o‘xshash.

Xavf – tabiiy, texnogen yoki aralash sabablar natijasida vujudga kelishi, hamda intensivligi, ta’sir va davomiyligining katta-kichikligiga ko‘ra insonlarga, iqtisodiyot ob’ektlari va atrofdagi tabiiy muhitga shikast yetkazishi mumkin bo‘lgan hodisa.

Zilzila o‘chog‘i – tektonik deformatsiyalar jarayonida to‘planuvchi kuchlanishlar ta’siri natijasida paydo bo‘lib, yaxlit holatdagi Yer jinslarini u yoki bu darajada yassi maydonning yorilishi. Yoriqlar bo‘yicha siljishlar turlicha o‘tishi mumkin. Surilishlarning asosiy turlariga: surilmalar, uzilmalar va ko‘tarilishlar (сдвиг, сброс va взброс), (hamda aralash turlari: ko‘tarma-surilmalar va uzilma-

surilmalar) kiradi. Zilzila o‘chog‘i – bu qisqa muddat ichida (1-3 daq.) zilzilani keltirib chiqaruvchi buzilishlar sodir bo‘lgan yerni tarkibidagi moddalarning bir joydagi jamlamasi (yer qobig‘i) deb ham ta’riflanadi.

Favqulodda hodisalar oldini olish – favqulodda vaziyatlarni vujudga kelishi ehtimolini, insonlar umri va sog‘lig‘ini saqlash, keltirilgan moddiy talafotlar va zarar miqdorlarini kamaytirishga qaratilgan choralar majmui.

Zilzila prognozi – kelajakda sodir bo‘ladigan zilzilalarning joyi, vaqti va kuchini oldindan bashorat qilish. Qancha vaqt avval bashorat qilinishiga ko‘ra prognoz tezkor (operativ) (soatlar davomida), qisqa muddatli (sutkalar davomida), o‘rtacha muddatli (oylar davomida) va uzoq muddatli (yillar davomida) larga bo‘linadi.

Ta’sirga javob bermoq (реагирование) – xalokat sodir bo‘lishidan bevosita oldin, sodir bo‘layotgan vaqtda hamda darhol o‘tib bo‘lishidan so‘ng ko‘riladigan choralar.

Seysmik faolligi – seysmik rejimning miqdori o‘lchami bo‘lib, energetik kattalikning ma’lum bir diapazonida joylashgan va ko‘rib chiqilayotgan nuqta atrofidagi makon (hajm, maydon) hamda vaqt birligida vujudga keluvchi zilzila o‘choqlarining o‘rtacha soni bilan belgilanadi.

Seysmik xavfsizlik – aholi, iqtisodiyot va atrofdagi tabiat muhiti ob’ektlarini zilzila natijasida vujudga keladigan xavf-xatarlardan himoyalanganlik darajasi.

Seysmik xavf (xavf-xatar) – mazkur punktda kutiladigan ta’sirlarning kattaligi (jadalligi ballarda belgilanadi), va ma’lum kutish vaqti davomida ularni namoyon bo‘lish ehtimoli. Bu ehtimollik kategoriyasi – zilzila bo‘lishining xavfi, ya’ni bu odamzot ta’sir ko‘rsata olmaydigan ob’ektiv voqelikdir (har holda hozircha), ammo uni ma’lum daraja yuz berish ehtimolligi bilan oldindan bashorat qilish va hisobga olish mumkin.

Seysmik tavakkallik (risk) – zilzila sodir bo‘lishi mumkinligini nazarda tutgan holda ma’lum hududda, ma’lum vaqt oralig‘ida talafotlar (odamlarni halok bo‘lishi, zarar ko‘rganlar, moddiy zarar)ning ehtimoliy miqdori. Seysmik tavakkallik ikki omil – “seysmik xavf” va “ob’ekt zaifligi” ning funksiyasi bo‘lib,

aynan ushbu omillar bo‘yicha o‘rganiladi.

Seysmik stansiya – zilzila, portlash yoki boshqa manba ta’sirida vujudga kelgan yer yuzi tebranishlarini qayd etish apparatlari majmui.

Seysmik to‘lqinlar – zilzila natijasida grunt bo‘ylab tarqaladigan to‘lqinlar. **Bo‘ylama “*P*” to‘lqinlar, ko‘ndalang “*S*” to‘lqinlar, yer yuzi Reley va Lyav to‘lqinlari farqlanadi**. **Bo‘ylama to‘lqinlar** siqilish-cho‘zilish deformatsiyalarni keltirib chiqaradi, ular eng katta chastotaga va tarqalish tezligiga (5…8 km/s). **Ko‘ndalang to‘lqinlar** siljish deformatsiyalarga olib keladi, tarqalish tezligi 3…5 km/s, bo‘ylama to‘lqinlarga nisbatan tebranish amplitudasi ancha katta, chastotasi past bo‘lib, eng yuqori tezlanishlarni keltirib chiqaradi. **Yer usti tebranishlari** eng kichik tarqalish tezligiga, eng katta tebranish davriga, eng katta amplitudali siljishlar va eng kichik amplitudali tezliklarga ega.

Seysmik belbog‘ – zilzila o‘choqlari joylashgan va uzunligi global darajada katta zonalar.

Seysmik rejim – bo‘shliq va energetik nuqtai nazardan o‘rganiladigan aniq bir hududdagi jami zilzila o‘choqlari.

Seysmik mikrohududlashtirish (mikrorayonlashtirish) – yer yuzidagi seysmik tebranishlar intensivligiga mahalliy grunt sharoitlarini ta’siri hisobga olinadigan hamda umumiy yoki batafsil seysmik rayonlashtirish xaritalarida ko‘rsatilgan rayon seysmikligini kamaytiruvchi yoki kattalashtiruvchi tuzatmalar aniqlanadigan seysmik xavfni baholash turi.

Seysmik rayonlashtirish – seysmologiyaning asosiy yo‘nalishlaridan biri, uning vazifasi har bir punktning potensial seysmik xavflilik darajasini baholashdan iborat.

Seysmiklik – maydon bo‘yicha taqsimlanishi, turli kuchga ega hodisalarni vaqt bo‘yicha qaytarilishi, buzilish hamda deformatsiya turlari bilan maydonining kattaligi, o‘choqlarni geologik tuzilishga bog‘liqligi bilan tavsiflanuvchi zilzilalarning turli xil ko‘rinishlarini jami.

Seysmik shkala – zilzila kuchi baholanadigan shkala. Hozirgi vaqtda O‘zbekiston Respublikasi hududida joriy etilgan RST O‘z 836-97 “6 balldan 10

ballgacha zilzilalar kuchini (intensivligini) aniqlash shkalasi” mavjudligiga qaramay 16.11.1993 y. tasdiqlagan shkala loyihasidan va MSK-64 shkalasidan foydalaniladi.

AQSh va ayrim boshqa davlatlarda silkinishlar kuchi Merkalli shkalasi bo‘yicha baholanadi. Dunyo amaliyotida eng ko‘p qo‘llanadigan seysmik shkalalarni solishtirish jadvali quyida keltiriladi.

Seysmik shkalalarni solishtirish jadvali

Shkalalar nomi	Ballar										
MSK-64	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
YFI FA Loyiha 2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Modifikatsiyalangan Merkalli	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rossi-Forel	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Yapon shkalasi	1	2	3	4	5	6	7				

Seysmik shkalalar asbob-uskunali qismdan hamda tavsiflov qismidan iborat. Asbob-uskunali qismga ma’lum ballga ega zilzilalarda uchraydigan tezlanishlar, tezliklar hamda gruntning seysmik tebranishlarini siljish diapazoni kiradi. Tavsiflov qismi, odatda, binolarning shikastlanishlarini, gruntlardagi qoldiq hodisalar va boshqa alomatlarni tasvirloviga bo‘linadi. Turli alomatlar bo‘yicha aniqlangan jadalliklar orasida farq bo‘lgan hollarda, ko‘proq tavsiflov qismini afzal ko‘rish lozim.

Zilzilalarni vujudga keltiruvchi zona – yer qobig‘idagi faollashtirilgan razlom yoki bir nechta faol razlomlar zonasi, ularda sodir bo‘lgan siljishlar, ular orqali qobiq ichidagi kuchlanishlarni kamaytirishga va seysmik to‘lqinlarni kelib chiqishiga erishiladi.

Seysmogramma – grunt siljishlarini asboblar yordamida yozilishi.

Seysmograflar – grunt harakatlarini yozib boruvchi asboblar.

Seysmologiya – zilzilalarni, ularni vujudga kelish sabablarini hamda oqibatlarini o‘rganuvchi fan.

Seysmik kuzatuv xizmati – gruntning seysmik tebranishlarini qayd etish usullarini o‘rganuvchi fan, uning vazifasi epitsentr o‘rnini, zilzila jarayonida ajralib

chiqadigan energiyani va seysmologlar uchun zarur bo‘lgan boshqa ma’lumotlarni aniqlashdan iborat. Ushbu xizmat stansiyalari aholi punktlaridan ma’lum masofada maxsus chuqurlashtirilgan shtolnyalarda joylashadi.

Zaiflik (уязвимость) – ma’lum miqyosda xavf amalga oshganda, ob’ektlar, odamlar va atrof muhitga zarar etkazish ehtimoli. Bir-biri bilan uzluksiz bog‘liq zaiflik turlari mavjud: ob’ektlar zaifligi va insonlar zaifligi. Ob’ektlarning zaifligi ularni noqulay hodisalarni ta’siriga chidamliligi bo‘yicha aniqlanadi. Insonlar zaifligi ularni favqulodda vaziyatlarga tayyorlik darajasiga bog‘liq. Ob’ektning seysmik xavfga nisbatan zaifligini yoki shikastlanuvchanlik darajasini to‘g‘ri aniqlash, uni kamaytirishga intilish, ya’ni uning zilzilabardoshligini oshirish maqsadida to‘g‘rilash zarur.

Forshok – asosiy zilziladan avvalroq sodir bo‘ladigan yer osti silkinishlari.

Favqulodda vaziyat – ma’lum hududda insonlar o‘limiga olib keluvchi, sog‘ligiga, atrof muhitga va xo‘jalik ob’ektlariga zarar yetkazuvchi yoki yetkazishi mumkin bo‘lgan, katta moddiy talafotlar hamda insonlarni hayot faoliyati sharoitlarini barbod bo‘lishiga sabab bo‘lgan avariya, xalokat yoki falokat natijasida sodir bo‘ladigan holat.

Tabiiy xususiyatga ega favqulodda vaziyatlar – tabiiy ofatlar (zilzila, sel, ko‘chki, suv toshqini, qurg‘oqchilik, bo‘ron, sunami va b.), tabiatdagi yong‘in, epidemiya hamda epizootiyalar, qishloq xo‘jaligi ekinlarini va o‘rmonlarni kasalliklarga, zararkunandalarga chalinishi va h.k. larga bog‘liq favqulodda vaziyatlar.

Texnogen xususiyatga ega favqulodda vaziyatlar – sanoat, transport va boshqalardagi avariyalar, yong‘in (portlash), o‘ta zaxarli, radioaktiv va biologik jihatdan xavfli moddalarni tarqalib ketishi (tarqalish xavfi), bino va inshootlarni to‘satdan qulashi, to‘g‘onlarni yorilishi, hayotni ta’minlash elektr energetika va kommunikatsiya tizimlarida, tozalash inshootlaridagi avariyalar bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlar.

Seysmik intensivlikning MSK shkalasi:

- 1 ball – sezilmaydigan zilzila;

- 2 ball – kam seziladiggan zilzila;
- 3 ball – kuchsiz zilzila;
- 4 ball – seziluvchan zilzila;
- 5 ball (kuchsiz zilzila) – binolar suvog‘ida ingichka yoriqlarni paydo bo‘lish ehtimoli;
- 6 ballov (kuchli zilzila) – odamlarda vahima, g‘ishtli va loydan qurilgan binolarda ingichka yoriqlarni paydo bo‘lishi;
- 7 ball (o‘ta kuchli zilzila) – g‘ishtli va loydan qurilgan binolarni shikastlanishi;
- 8 ball (xalokatli zilzila) – binolarda juda katta shikastlanishlar, aholini qo‘rquv va sarosimaga tushishi;
- 9 ball (butkul vayron qiluvchi zilzila) – hamma binolarni shikastlanishi, loydan qurilgan uylarni butunlay buzilib ketishi, panelli uylarda sharparay yoriqlarni, gruntda 10 sm gacha bo‘lgan yoriqlarni paydo bo‘lishi;
- 10 ball (butkul hammasini vayron qiluvchi zilzila) – hamma binolarni buzilishi, temir yo‘l relslarini qiyshayib ketishi, damba va to‘g‘onlarni xavfli darajada shikastlanishi;
- 11 ball - xalokat, gruntlarni juda katta deformatsiyalarga chalinishi;
- 12 ball - global miqyosdagi xalokat, relefni keskin o‘zgarishi.

Zilzilaning energetik sinfi (“***K”***) – zilzila vaqtida ajralib chiqadigan energiya miqdorini ifodalovchi va T.G. Rautian bog‘lanishi orqali magnituda “$\boldsymbol{M_{LH}}$” ga bog‘liq tushuncha:

$$\boldsymbol{K = 4 + 1{,}8\, M_{LH}}\ .$$

Epitsentr – zilzila gipotsentrining yer yuzidagi proeksiyasi.

Epitsentral zona – zilziladan eng ko‘p talafot ko‘rgan epitsentr atrofidagi zona (gruntda eng kuchli tebranishlar sodir bo‘lgan zona).

Epitsentral masofa – yer yuzidagi ko‘rilayotgan nuqtadan epitsentrgacha bo‘lgan masofa. Zilzilalarni o‘choqning chuqurligi bo‘yicha turlari (tiplari): yuzaki (normal) yoki qoplama (o‘choq chuqurligi 70 km gacha bo‘lsa; ularga

zilzilalarning 75-80% to‘g‘ri keladi), oraliq va chuqur fokuslangan (o‘choq chuqurligi 300 km gacha bo‘lsa; soni 3% yaqin).

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 4 октябрдаги “Автомобил йўллари кўприкларини, йўл ўтказгичлар ва бошқа сунъий иншоотларни қуриш ҳамда фойдаланишни ташкил этиш тизимини такомиллаштириш тўғрисида”ги ПҚ-3309- сонли Қарори.

2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 29 мартдаги “Тошкент шаҳрида, вилоятларда ва Қорақалпоғистон Республикасида 2018-2022 йилларда автомобил йўллари кўприкларини, йўл ўтказгичлар ва бошқа сунъий иншоотларни қуриш, капитал таъмирлаш ва реконструкция қилиш Дастурини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПҚ–3632-сонли Қарори.

3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли Қарори.

4. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли Қарори.

5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Йўл соҳасини бошқариш тизимини янада такомиллаштиришга оид чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2019 йил 9 декабрдаги ПҚ-4545-сонли Қарори.

6. Ўзбекистон темир йўллари тасарруфидаги сунъий иншоотлар бўйича маълумот. Йўл хўжалиги бошқармаси. 2019 й.

7. Автомобиль йўлларидаги кўприк иншоотлари жойлашган автомобиль йўлларининг аҳамияти бўйича маълумот. 2018 й.

8. А.М. Уздин, И.О. Кузнецова. Сейсмостойкость мостов. Книга. Palmarium Academic Publishing. 2014. – 456 с.

9. B.S. Rahmonov. Inshootlar dinamikasiva zilzilabardoshligi asoslari. O’quv qo`llanma. Urganch, 2007 y. 275 b.

10. Raxmanov U. Muhandislik geologiyasi va gidrogeologiya. O’quv qo’llanma. O’zROO’MTV. 2018 y. – 180 b.

11. Окамото Ш. Сейсмостойкость инженерных сооружений. – М.: Стройиздат, 1980. – 321с.

12. КМК 2.01.03-96. Строительство в сейсмических районах. – Ташкент, 1997. – 127 с.

13. Н.А. Красин. Сейсмостойкость транспортных сооружений. Инженерная сейсмология. Учебное пособие. Часть 1. Ташкент. – 2005. – 80 с.

14. B.S. Rahmonov. Binolar zilzilabardoshligi. O’quv qo`llanma. Urganch, 2006 y. –256 b.

15. U.Z. Shermuxamedov. Transport inshootlarining zilzilabardoshligi. O’quv qo’llanma. Toshkent, 2019. – 181 b.

16. Шестоперов Г.С. Сейсмостойкость мостов. – М.: Транспорт, 1984. – 143с.

17. Omori F. Seismic Experiments on the Fracturing and Overturning of Columns, Publ. Earthquake Invest. Comm. in foreign Languages, №4, Tokyo, 1900.

18. Завриев К.С. и др. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1970. – 224 с.

19. Корчинский И.Л. и др. Основы проектирования зданий в сейсмических районах.// М.,Госстройиздат. – 1961. – 488 с.

20. Корчинский И.Л. Расчет сооружений на сейсмические воздействия/Научное сообщение ЦНИПС, М., Гос.изд. по строительству и архитектуре, 1954,76 с.

21. Назаров А.Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Издательство АН Арм. ССР. – Ереван: 1955. – 141 с.

22. Гольденблат И.И., Карцивадзе Г.Н., Напетваридзе Ш.Г, Николаенко Н.А. Проектирование сейсмостойких гидротехнических, транспортных, и специальных сооружений. М., Стройиздат, 1971.

23. Карцивадзе Г.Н. Сейсмостойкость дорожных искусственных сооружений при сильных землетрясениях. М.:Транспорт ,1974. – 260 с.

24. Карцивадзе Г.Н., Словинский Ю.В. Экспериментальные исследования продольных сейсмических колебаний балочных мостов с высокими опорами. Труды грузинского политехнического института имени В.ИЛенина, 1967, №3. – с. 109-112.

25. Ярохно В.И. К вопросу о влиянии сил трения подвижных опорных частей на динамические характеристики балочных пролетных строений. Некоторые вопросы исследования мостовых конструкций. Труды ЛИИЖТа, Вып. 245, М.: Транспорт, 1966. – с. 72-79.

26. Уздин А.М., Сандович Т.А., Аль-Насер-Мохомад Самих Амин. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. – С.Петербург: Изд.ВНИИГ, 1993. – 175с.

27. Кузнецова И.О. Основные проблемы оценки сейсмостойкости железнодорожных мостов. Сейсмостойкое строительство. - М.: ВНИИНТПИ, 2002, вып.2, с.3-6.

28. Кузнецова И.О. Уточнение динамических расчетных схем мостов с учетом фрикционного взаимодействия опор, пролетных строений и элементов специальной сейсмозащиты. Сейсмостойкое строительство. -М.: ВНИИНТПИ, 1997, вып.4, с.22-27.

29. Бондарь Н.Г., Казей И.И., Лесохин Б.Ф., Козьмин Ю.Г. Динамика железнодорожных мостов. Транспорт.: М., 1965. – 412 с.

30. Пак Б.Е., Сердюков М.М., Чуднецов В.П. Исследование динамических характеристик металлического автодорожного моста, расположенного в районе высокой сейсмической активности. Труды Фрунзенского политехнического института. Вып. 26, Фрунзе, 1968, с. 114-121.

31. Курбацкий Е.Н., Нгуен Вьет Кхоа Транспортное строительство в сейсмоопасных районах. // Транспортное строительство. 2007г. №4, стр. 11-14.

32. Nishiki T. Rationalization of structure of concrete bridge against earthquake // Japanise Railway Engineering. 1967, Vol.8, №3. – P.10-13.

33. Уздин А.М. Задание сейсмического воздействия. Взгляд инженера-строителя. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2005, №1, с. 27-31.

34. Уздин А.М. Об учете рассеяния энергии при оценке сейсмостойкости транспортных сооружений// Сейсмостойкость транспортных и сетевых сооружений /М.,Наука, 1986, с.35-44.

35. Уздин А.М. Уточнение коэффициента сочетаний сейсмической и подвижной нагрузок при расчете железнодорожных мостов. Экспресс-информация "Сейсмостойкое строительство", 1983, Вып. 10, с.20-23.

36. Bayrak O. Seismic design of bridge piers: Ductility demand and supply. Proc. of 12-th European Conference on Earthquake Engineering. Paper Reference 10. 2002.

37. Lee D.H. Seismic response of RC highway bridge piers. Proc. of 12-th European Conference on Earthquake Engineering. Paper Reference 322. 2002.

38. Zaslavsky Y., Shapira A., and Kenigsberg M. "Earthquake site response study for designed bridges in Israel" // The proceedings of the 12-th European conference on earthquake engineering (12-th ECEE), 9-13 September 2002, Barbican Centre, London, UK; Paper reference 059.

39. Barr J. The seismic safety of bridges: A view from the design office // 12th European Conference on Earthquake Engineering, Elsevier Science Ltd, Oxford, UK. – 2002. – pp. 840-845.

40. Гольденблат И.И., Николаенко Н.А., Поляков СВ., Современные проблемы науки о сейсмостойком строительстве. В сб." Совершенствование методов расчетов и конструирования зданий и сооружений, возводимых в

сейсмических районах // М.-ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. – 1976. – с.9-15.

41. Кузнецова И.О., Уздин А.М. Современные проблемы сейсмостойкости мостов. (По материалам 12-ой Европейской конференции. Лондон. Сентябрь, 2002), Сейсмостойкое строительство, №4, с.63-68.

42. David Collings. The influence of seismic design on the Bhairab bridge - Bangladesh. Proc. of 12-th European Conference on Earthquake Engineering. Paper Reference 635. – 2002.

43. Hirokazu Iemura, Shuji Iwata, Kiyomitsu Murata, Hiroshi Inaguma. Seismic isolation of railway structures in Japan and strong earthquake response simulator test. Proc. of 12-th European Conference on Earthquake Engineering. Paper Reference 563. – 2002.

44. Мирходжаев Ш.А. Учет сейсмичности при расположении мостов автомагистрали Андижан-Ташкент-Кунград: Магистерская диссертация. – Т.: ТАДИ, 2003. – 120 с.

45. Т.Р. Рашидов, В.А. Кондратьев, С.Ж. Раззаков, Н.А. Нишонов. Обеспечение сейсмической безопасности зданий индивидуальной жилой застройки Ферганской долины. Монография. Ташкент, Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз, 2016 г. – 285 с.

46. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. –Ташкент: Фан, 1971. –672 с.

47. Рашидов Т.Р. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружения. – Ташкент.: Фан, 1973. – 180 с.

48. Рашидов Т.Р., Дорман И.Я., Ишанходжаев А.А., Афендиков Л., Гельман Я.Н., Оганесов Г.И. Сейсмостойкость тоннельных конструкций метрополитенов. – М.: Транспорт, 1975. – 120 с.

49. Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х., Мардонов Б. Колебания сооружений, взаимодействующих с грунтом. – Ташкент.: Фан, 1975. – 174 с.

50. Красин Н.А. Проектирование и расчет мостов на сейсмостойкость в различных странах. – Ташкент: ТашИИТ, 2005. – 88с.

51. Азаев Т.М., Кузнецова И.О., Уздин А.М. Оценка сейсмостойкости мостов по условию сброса пролетных строений с опор. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2003, №1, – с.38-42.

52. Дмитровская Л.Н., Уздин А.М. Развитие линейно-спектральной теории сейсмостойкости на основе принципов, сформулированных О.А.Савиновым. В сб. Избранные статьи профессора О.А.Савинова и ключевые доклады, представленные на шестые савиновские чтения. – СПб. – 2010. – с. 45 – 57.

53. Okamoto S., Tamura C., Kato K., Hamada M. Behaviour of Submerged tunnels during Earthquake // Proc. Of the 5 WCEE. Rome. 1973.

54. Рашидов Т.Р., Ишанходжаев А.А. Сейсмостойкость тоннельных конструкций метрополитена мелкого заложения. Ташкент.: Фан, 1993. –136 с.

55. Проскурина С.Ф., Рашидов Т.Р. Основные проблемы сейсмостойкости подземных сооружений // Сборник Всес. конференции IV “Динамика оснований, фундаментов и подземных сооружений”. Ташкент, 1977. – с. 3-35.

56. Рашидов Т.Р., Ишанходжаев А.А., Корниенко В.П. Обследование повреждений подземных конструкций шахт г.Шураб после Исфара-Баткенского землетрясения // сейсмостойкость транспортных сооружений. М.1990. – с.56-58.

57. Газлийское землетрясение 1984 г.: Инженерный анализ последствий. – М.: Наука, 1988. – 157 с.

58. Сейсмические воздействия на здания и заглубленные сооружения / Ципенюк И.Ф., Проскурина С.Ф., Мардонов Б.М. и др.; Отв. ред. Рашидов Т.Р., Рассказовский В.Т. – Ташкент: Фан, –1986. –295 с.

59. Уломов В.И. Газлийское землетрясение 20 марта 1984г.– Ташкент: Архитектура и строительство Узбекистана.–1984,–№8. – с.1–4.

60. Shirozu T., Yune S., Isoyama R., Iwamoto T. Report on Damage to Water Distribution Pipes Caused by the 1995 Hyogo-ken-Nanbu (Kobe) Earthquake., Technical Report NCEER-96- 0012. National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo. Buffalo; NY, 1996. P. 93–110.

61. Юсупов А., Мухамедова С.М., Рашидова Э.С., Нишонов Н.А. Воздействия землетрясений на подземные трубопроводы систем жизнеобеспечения // Материалы международной конференции «Современные проблемы механики» 28-29 июня 2007 г. Самарканд. – С. 205-209.

62. O'Rourke T.D., Jeon S.-S. Seismic zonation for lifelines and utilities. Thomas R. Briggs Professor of Engineering and Graduate Research Assistant, respectively, School of Civil & Environmental Engineering. Ithaca, NY: Cornell University.

63. Cubrinovski M., Hughes M., O'Rourke T.D. Impacts of Liquefaction on the Potable Water System of Christchurch in the 2010-2011 Canterbury (NZ) Earthquakes.

64. Нишонов Н.А. Сейсмодинамика подземных полимерных трубопроводов с переменными коэффициентами взаимодействия: Дис. докт. PhD по техн. наук. –Ташкент, 2017. -158 с.

65. Уздин А.М. Об учете рассеяния энергии при оценке сейсмостойкости транспортных сооружений// Сейсмостойкость транспортных и сетевых сооружений / М., Наука, 1986, с.35-44.

66. Уздин А.М. Уточнение коэффициента сочетаний сейсмической и подвижной нагрузок при расчете железнодорожных мостов. Экспресс-информация "Сейсмостойкое строительство", 1983, Вып. 10, с.20-23.

67. Уздин А.М., Кузнецова И.О., Лунев А.В., Ткаченко А.С. Оценка хода подвижных опорных частей мостов при сейсмическом воздействии. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №2, 2002 с.7-9.

68. Кузнецова И.О. Опыт применения специальных систем сейсмоизоляции в транспортном строительстве // Экспресс-информация ВНИИИС. Сер.14. Сейсмостойкое строительство, 1995, Вып.5, с.58-66.

69. Кузнецова И.О., Сахаров О.А. К вопросу об оценке коэффициентов сочетаний сейсмической и железнодорожной нагрузки. Сейсмостойкое строительство, 2006, №3, с. 21-25.

70. Ван Хайбинь. Особенности расчета и проектирования больших мостов в сейсмоопасных районах // Диссертация кандидата технических наук. ВАК РФ. Москва. 2010.

71. Р.Клаф, Дж. Пензиен. Динамика сооружений. Перевод с англ. – М.: Стройиздат. 1979. – 320 с.

72. Назаров Ю.П., Николаенко Н.А. Динамика и сейсмостойкость сооружений. М., Стройиздат, 1988, 312 с.

73. Долгая А.А., Индейкин А.В., Уздин А.М. Теория диссипативных систем. СПб, ПГУПС,1999. - 99с.

74. Цейтлин А.И. Об учете внутреннего трения в нормативных документах по динамическому расчету сооружений// Строительная механика и расчет сооружений,1981,N4,с.33-38.

75. Елисеев О.Н., Уздин А.М. Сейсмостойкое строительство. Учебник. СПб., Изд. ПВВИСУ, 1997, 371с.

76. Напетваридзе Ш.Г. Вопросы усовершенствования существующей методики определения сейсмической нагрузки., Сейсмостойкость сооружений. – Тбилиси. – Мецниерба. – 1965. – С. 5 – 36.

77. Петров А.А. Рекомендации по расчету протяженных и высотных металлических конструкций на сейсмические и динамические ветровые воздействия. – ЦНИИПСК им. Мельникова, 1988, 60с.

78. Уздин А.М., Цибарова М.Ю.Влияние демпфирования на величину коэффициента динамичности. Экспресс-информация “Сейсмостойкое строительство”,1985 Вып.11, с.27-30.

79. Савинов О.А., Уздин А.М. Об учете грунтовых условий в расчетах на сейсмостойкость крупных инженерных сооружений. Строительная механика и расчет сооружений,1979, №6,- с.61-65.

80. Савинов О.А., Уздин А.М., Шульман С.Г. О системе расчетных коэффициентов для определения сейсмических нагрузок на большие плотины. IV Всесоюзная школа семинар "Методы количественной оценки сейсмических воздействий и применение спектрального анализа в

сейсмологии. Тезисы лекций 20-25 октября1980 г.,г.Сигнахи", Тбилиси, Мецниерба, 1980, с.168-182.

81. Уздин А.М. Учет демпфирования колебаний в рамках линейно-спектральной теории сейсмостойкости//Материалы конференций и совещаний по гидротехнике/ Методы исследований и расчетов сейсмостойкости гидротехнических и энергетических сооружений/ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 1982,с.29-34.

82. Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. СПб, Наука, 1998, 254 с.

83. Петров А.А. Суммирование сейсмических усилий по формам колебаний сооружений с учетом взаимной корреляции обобщенных координат. НТРС «Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство», ВНИИС, серия 14, вып.11, 1982, с.1-5.

84. Kiureghian A. A. Coherency model for spatially varying ground motions., Earthquake engineering and structural dynamics/ – Vol. 25. – 1996. – P. 99 – 111.

85. Kiureghian A. Response spectrum method for random vibration analysis of MDF systems.// Earthquake Engineering and Structural Dynamics.-1981.-vol.9.-N5, p.419-435.

86. Инструкция по оценке сейсмостойкости эксплуатируемых мостов на сети железных и автомобильных дорог(на территории Туркменской ССР).-Ашхабад:Ылым,1988.-106 с.

87. Строительные нормы и правила. СНиП II-7-81*. «Строительство в сейсмических районах», М., Госстроц России, 2000, 45 с.

88. Свод правил СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах (Актуализированная редакция СНиП II-7-81*). – Министерство Регионального развития Российской Федерации. – Москва. – 2011 г. – 91 с.

89. Уздин А.М., Елизаров С.В., Белаш Т.А. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений. Учебное пособие. ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012-500 с.

90. Уздин А.М. Что скрывается за линейно-спектральной теорией сейсмостойкости. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009, №2, с. 18-23.

91. Назин В.В. Индустриализация строительства сооружений сейсмостойкой конструкции – Киев: Будивельник. – 1977. – 120 с.

92. Ойзерман В.И. Расчет конструкций на сейсмические воздействия по методу предельных состояний. Реферативная информация / ЦИНИС. Сер. XIV. Сейсмостойкое строительство, 1978, Вып. 9, с.4-7.

93. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. prEN 1998 – 1:2003 (E), part 2, p.15.

94. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. prEN 1998 – 2:200X part 2, p.23.

95. 中华人民共和国行业标准，《公路桥梁抗震设计规范》Code of Seismic Design of Highway Bridges. JTG/T B02-01-2008.

96. Илясов А.Б. Нормативная база для проектирования сейсмоизолирующих фундаментов в Туркменистане. Основания, фундаменты и механика грунтов. №1, 2013, с.15-21.

97. Илясов А.Б. Развитие нормативной базы сейсмостойкого транспортного строительства в Туркменистане. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №1, 2012, с.15-21.

98. Сахаров О.А. К вопросу задания сейсмического воздействия при многоуровневом проектировании сейсмостойких конструкций Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, №4, 2004 г. С.7-9.

99. Сахаров О.А. К вопросу о назначении коэффициентов сочетаний сейсмической и других нагрузок. Сейсмостойкое строительство, 2003, №2.

100. Сахаров О.А. Назначение расчетного ускорения с учетом новых карт сейсмического районирования. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, №2, 2003 г. С.48-49.

101. Кузнецова И.О., Сахаров О.А., Харина Ю.А. Анализ работы плит безбалластного мостового полотна при сейсмических нагрузках. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2004, №1, с.9-13.

102. А.А. Амосов, С.Б. Синицын. Основы теории сейсмостойкости сооружений. 2010. –137 с.

103. Ильюшин А.А., Рашидов Т.Р. Упрощенные уравнения сейсмодинамики сложных систем подземных сооружений // Изв. АН УзССР. Сер. Техн. 1970. №2. С.20-30.

104. Рашидов Т.Р. Вопросы динамической теории сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. Автореф. дисс. докт. техн. наук. Ташкент. 1971. – 25 с.

105. Омельяненко В.А. Сейсмодинамика сложных систем подземных трубопроводов конечных длин. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Ташкент. 1974. – 23 с.

106. Проскурина С.Ф. К вопросу сейсмодинамических колебаний сложных систем подземных сооружений с нецентральной и неортогональной стыковкой в узлах. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Ташкент. 1978. – 22 с.

107. Хожметов Г.Х. Экспериментально-теоретические исследование параметров сейсмодинамики подземных сооружений. Автореф. дисс. докт. техн. наук. М.: 1979.

108. Ишанходжаев А.А. Основные направления создания и совершенствования новых конструктивных решений и методик расчета на сейсмостойкость перегонных тоннелей и станций Ташкентского метрополитена // Тезисы докл. Школы-семинара «Динамика подземных сооружений и конструкций». Алма-Ата. 1990. – с. 20-21.

109. Фотиева Н.Н. Определение напряженного состояния в окрестности незакрепленных горных выработок и расчет обделок тоннелей при сейсмических воздействиях // Сейсмостойкость транспортных сооружений. М.: 1980. – с. 58-60.

110. Фотиева Н.Н., Дорман И.Я. Определение напряженного состояния обделки тоннеля кругового очертания от сейсмических воздействий // Сейсмостойкость транспортных сооружений. М.: 1975. – с. 107-114.

111. Булычев Н.С. Расчет многослойных обделок горных транспортных тоннелей на сейсмические воздействия // Сейсмостойкость транспортных сооружений. М.: 1980. – с. 66-74.

112. Козлов А.Н. Расчет оптимальных расстояний между параллельными выработками в сейсмических районах // Проблемы механики подземных сооружений. Тула: ТПИ. 1982. – с.55-56.

113. Фотиева Н.Н. Определение минимального сейсмобезопасного расстояния между двумя параллельными тоннелями // Основания фундаменты и механика грунтов. 1980. №3. – с. 16-18.

114. Constantopoulis J.V., Cole-Baker J.R., Michalopoulos A.P. Seismic Analysis of Buried Tunnels/7 WCEE. Turkey, Istambul. 1981. Vol. 7.

115. Kuribayashi E., Iwasaki T. Effect of Soil Deposits of Seismic Behaviour of Prefabricated Highways Tunnels /Proc. of the 5 WCEE. Rome. 1973.

116. Nasu N., Marioka T., Oishi H. Earthquake Observations on Stress of Submerged Tunnels/Proc. of 7 WCEE. Turkey. 1980. Vol. 7. P. 241-245.

117. Okamoto S., Tamura C., Kato K., Hamada M., Behaviour of Submerged Tunnels During Earthquake/ Proc. Of the 5 WCEE. Rome. 1973.

118. Takada Shiro. Earthquake Resistant Design of Underground Pipelines/ Proc. of the 6 WCEE. India. 1977. Vol.12. P. 118-120.

119. Бекмирзаев Д.А. Сейсмодинамика подземных трубопроводов со сложными условиями взаимодействий с грунтом. Автореф. Дисс. Доктор философии (PhD). – Ташкент: ТИПСЭАД, 2017. - 48с.

120. Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х. Сейсмостойкость подземных трубопроводов. Т.: Фан. 1985. – 152 с.

121. Александров А.А., Ларионов В.И., Юзефович А.В., Гумеров А.К. Математическая постановка и численное решение задачи о пространственном изгибе трубопровода в сложных геологических условиях //

Вестник МГТУ им.Н.Э. Баумана. Сер.Естественные науки. Москва, 2012. №3. – с.100-108.

122. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы. М.: Недра, 1982. – 384 с.

123. Takada Shiro. Earthquake Resistant Design of Underground Pipelines // Proceedings of the 6th World Conference Earthquake Engineering. – New Dehli, 1977. –Pp. 3376-3381.

124. Джурабеков С., Тешабаев З.Р., Юсупов А. Исследование изменения давления грунта на подземных сооружениях при динамических воздействиях методом центробежного моделирования // Известия АН РУз. – Ташкент,1983. -№6.-с. 26-29.

125. Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х. Экспериментальные исследования взаимодействия подземных труб с окружающим грунтом // ДАН РУз. – Ташкент, 1970. - №11. – с. 12-14.

126. Каюмов А., Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х. Зависимость между коэффициентами взаимодействия подземных сооружений с грунтом // Динамика оснований фундаментов и подземных сооружений. Кн.II. – Ташкент, 1977. – с.68-72.

127. Dimitris Pitilakis. Nonlinear soil-foundation-structure interaction aiming in performance based design // Proceedings of the International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering. – Tokyo, 2009. –Pp. 635-641.

128. Бекмирзаев Д.А. Численный метод решения сейсмодинамики подземных трубопроводов. –Т.: Монография. “Fan va texnologiya”,2017,148 с.

129. Halabian A.M., Hokmabadi T., Hashemolhosseini S.H. Numerical study on soil-pipe pipeline interaction subjected to permanent ground deformation // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. - China, 2008. - Pdf. (06-0006).

130. Takada S., Kuwata Y., Tanaka Y. Fragility function of buried pipelines under high level of ground motion with the aid of dem analysis // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. China, 2008. - Pdf. (06-0128).

131. Kim J., Nadukuru S.S., Asce S.M. & others. Assessment of the Behavior of Buried Concrete Pipelines Subjected to Ground Rupture: Experimental Study // Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice. - American Society of Civil Engineers. Vol. 3, 2012. № 1. -Pp. 8-16.

132. Fayaz R.R., Himan H.J & others. Full-Scale laboratory testing of buried pipelines subjected to permanent ground displacement caused by reverse faulting // The 15th World Conference on Earthquake Engineering. - Lisbon, 2012. - WCEE2012_4381.pdf.

133. Li H., Xue N., Li X., Li Z. An in-situ Experimental study on buried pipelines with internal pressure subject to a simulated reverse-slip fault movement // The 15th World Conference on Earthquake Engineering. - Lisbon, 2012. WCEE2012_2106.pdf.

134. Shimizu A., Ogata Y., Matsushima T., Yamada Y. Dynamic behaior of liquefied sand around pile fundation: Model experiment and numerical simulation // Proceedings of the Intenational Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering: Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering. - Tokyo, 2009. - Pp. 753-760.

135. Sim W.W., Towhata I., Sakr M.A. 1G Shaking table experiments on the effect of shaking and vertical shear displacement on buried instrumented pipes-implications for design // Proceedings of the Intenational Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering: Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering. - Tokyo, 2009. - Pp. 1033-1040.

136. Lin T.J., Liu G.Y & others. Verification of numerical modeling in buried pipelines under large fault movements by small-scale experiments // The 15th World Conference on Earthquake Engineering. - Lisbon, 2012.

137. Nagaoka S., Bransby M.F., Davies M.C. Centrifuge modeling of normal fault-pipeline interaction // Proceedings of the Intenational Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering: Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering. - Tokyo, 2009. - Pp. 1121-1026.

138. Behnamiar F., Rajabipour A. Probabilistic estimation of fire spreading following an earthquake due to gas pipeline damage // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. - China, 2008. - Pdf. (06-0124).

139. Liu Ch., Zhang A., He Sh. Seismic performance control analysis on water network system // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. - China, 2008. - Pdf. (06-0016).

140. Satoshi M., Kazumoto Ch., Takeshi K. Seismic performance analysis of the transmission gas pipeline in the 2011 great east Japan earthquake // The 15th World Conference on Earthquake Engineering.Lisbon, 2012. - WCEE2012_1776.pdf.

141. Ильюшин А.А. Труды. Т4. Моделирование динамических процессов в твердых телах и инженерные приложения. – ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 526 с.

142. Fardis M.N. Code Developments in Earthquake Engineering. Proc. of 12-th European Conference on Earthquake Engineering. Paper Reference 845.

143. Уздин А.М., Кузнецова И.О., Карлина Е.А. Учет сил трения в подвижных опорных частях при назначении расчетных схем балочных железнодорожных мостов. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2007, №5, с. 45-48.

144. КМК 2.01.07–97. Нагрузки и воздействия. Утвержден Госархитекстроем РУз от (13.08.96) (изменение) от 30.12.2003.

145. Skiner R.I., Robinson / W.H., McVerry G.H. An introduction to seismic isolation. Ney Zeuland. John Wiley & Sons. – 1993. – 353p.

146. Верхолин В.А. Оценка сейсмостойкости подвижного состава. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2002, №2, с.9-10.

147. Seismic isolation of railway structures in Japan and strong earthquake response simulator test / Hirokazu Iemura, Shuji Iwata, Kiyomitsu Murata, Hiroshi Inaguma. // Proc. of 12-th European Conference on Earthquake Engineering, Elsevier Science Ltd, Oxford, UK, 2002, Paper Reference 563.

148. Азаев Т.М., Кузнецова И.О., Уздин А.М. Оценка сейсмостойкости мостов по условию сброса пролетных строений с опор. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2003, №1, – с.38-42.

149. Белаш Т.А., Беляев В.С., Уздин А.М., Ермошин А.А., Кузнецова И.О. Сейсмоизоляция. Современное состояние. В сб. «Избранные статьи профессора О.А.Савинова и ключевые доклады, представленные на четвертые Савиновские чтения», СПб., Изд. ЗАО «Ленинградский Промстройпроект», 2004, с.95-128.

150. Huber, Peter. Realized projects of Isolation Systems for Railway Bridges in Spain, Hungary and Greece / Peter Huber // PROCEEDINGS OF WORKSHOP “Bridges seismic isolation and large-scale modeling” Saint-Petersburg 29.06 - 03.07.2010. - pp. 37 – 50.

151. Infanti Samuele. The Behavior of Rion – Antirion Bridge Seismic Protection System During the Earthquake of “Achaia-Ilia” on June 8, 2008 / Samuele Infanti, Papanikolas Panayotis // PROCEEDINGS OF WORKSHOP “Bridges seismic isolation and large-scale modeling” Saint-Petersburg 29.06 - 03.07.2010. - pp. 7 – 15

152. Kostarev V.V., Pavlov L.Yu., Schukin A.Yu., Berkovsky A.M. Prosiding the Earthquake Stability and Increasing the Reliability and Resources Using Viscous Dampers // PROCEEDINGS OF WORKSHOP “Bridges seismic isolation and large-scale modeling” Saint-Petersburg 29.06 - 03.07.2010. – pp. 59 – 69.

153. Уздин А.М., Елизаров С.В., Белаш Т.А. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений. Учебное пособие. ФГОУ “Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте”, 2012. – 500 с.

154. Robinson W.N., Greenbank L. R. An extrusion energy absorber suitable

for the protection of structures during an earthquake. Earthquake engineering and structural dynamics. – 1976. – vol. 4–3. – P. 251 – 259.

155. Уздин А.М., Федорова М.Ю., Дурсенева Н.В. Оценка сейсмостойкости специальных демпфированных систем. VI Поляховские чтения. Международная конференция по механике, посвященная 95-летию со дня рождения С.В. Валландера. Избранные труды. СПб, 2012. – с. 52-53.

156. Уздин А.М., Елисеев О.Н., Кузнецова И.О., Никитин А.А., Павлов В.Е., Симкин А.Ю. Элементы теории трения, расчет и технология применения фрикционно-подвижных соединений. С-Петербург, ВИТУ, 2001. – 75 с.

157. Di Sarno Luigi, Del Principe Balduino. Base isolation system for railway bridges:beneficial or detrimental?//PROCEEDINGS OF WORKSHOP “Bridges seismic isolation and large-scale modeling” Saint-Petersburg 29.06 - 03.07.2010. – pp. 16 – 27.

158. Сейсмозащита железнодорожных мостов в Сочи / И. О. Кузнецова, А.М. Уздин, Т.В. Жгутова // Сейсмоизоляция мостов и крупномасштабное моделирование. Труды международного семинара ASSISI–2011.–с. 119 – 131.

159. У.З. Шермухамедов, С.С. Салиханов. Современное состояние и перспективы строительства эстакадных высокоскоростных железнодорожных магистралей в сейсмических условиях Республики Узбекистан // // Вестник ТашИИТа. Вып. №3. – Ташкент, 2019.

160. Shermuxamedov U.Z. Tezyurar va yuqori tezlikdagi magistrallar transport inshootlarining ekspluatatsiyasi. 5340600 – Transport inshootlarining ekspluatatsiyasi (temir yo‘llar) ta’lim yo‘nalishi 4-bosqich bakalavriat talabalari va professor-o’qituvchilar uchun o’quv qo’llanma. ToshTYMI, 2018.–92 b.

161. Киселев И.П. и др. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб.пособие в 2 т. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», Том 1, 2014. – 308 с.

162. Киселев И.П. и др. Высокоскоростной железнодорожный

транспорт. Общий курс: учеб.пособие в 2 т. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», Том 2, 2014. – 372 с.

163. Кузнецова И.О. Многоуровневое проектирование мостов для сейсмических районов. 125 лет в мостостроении. Сборник трудов. СПб.:ПГУПС, 2008. – с. 74-83.

164. Bridge Engineering Handbook, Second Edition: Fundamentals. © 2014 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. ISBN-13: 978-1-4398-5234-7. - 574 pp.

165. Bridge Engineering Handbook, Second Edition: Superstructure Design. Edited by Wai-Fah Chen and Lian Duan. © 2014 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. International Standard Book Number-13: 978-1-4398-5229-3 (eBook - PDF). – 734 pp.

166. Bridge Engineering Handbook, Second Edition: Construction and Maintenance. Edited by Wai-Fah Chen and Lian Duan. © 2014 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. International Standard Book Number-13: 978-1-4398-5233-0 (eBook - PDF). – 646 pp.

167. Bridge Engineering Handbook, Second Edition: Seismic Design. Edited by Wai-Fah Chen and Lian Duan. © 2014 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. International Standard Book Number-13: 978-1-4398-5232-3 (eBook - PDF). Visit the Taylor & Francis 722 pp.

168. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. – М.: Стройиздат, 1982. – 49 с.

169. Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко. – М.: Наука, 1967. – 444 с.

170. Уздин А.М., Долгая А.А. Расчет элементов и оптимизация параметров сейсмоизолирующих фундаментов.-М.: ВНИИНТПИ, 1997. –76 с.

171. Шермухамедов У.З., Кузнецова И.О. Проблемы сейсмостойкости мостов в республике Узбекистан // Научные проблемы техники. – Джизак. – 2008. – с. 108-114.

172. Шермухамедов У.З. Методы антисейсмического усиления мостов // Журнал «Проблемы механики». – Ташкент: ИМиСС, Узбекистан. №2-3. – 2017. – с. 87-88.

173. Ulugbek Shermuxamedov, Said Shaumarov. Impact of configuration errors on the dynamic oscillation absorbers effectiveness of different masses on the seismic resistance of bridges // XXII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering. Construction the formation of living environment 2019. April 18-21, Tashkent, Uzbekistan. **(Scopus conference).**

174. Шермухамедов У.З., Кадырова Ш.Ш. Методика расчета мостовых конструкций с учетом сейсмических нагрузок на высокоскоростных линиях // Международная научно-техническая конференция “Прочность конструкций, сейсмодинамика зданий и сооружений”. Институт сейсмостойкости сооружений. – Ташкент: ИСС АН РУз. – 2016.– с.102-104.

175. Shermuxamedov U.Z. Influence of dynamic oscillation dampers adjustment accuracy on the seismic resistance of bridges // TRANSPORT PROBLEMS 2014. Under the Honorary Patronage of the Silesian Governor and mayor of Katowice City. Poland III INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF YOUNG RESEARCHERS.

176. ШНК 2.05.03–12. Кўприклар ва қувурлар. –Т.: ЎзР Даварҳқурилиш-қўм, 2012. – 452 б.

177. Algermissen S.T., Steinbrugge, K.V. “Seismic Hazard and Risk Assessment: Some Case Histories”. The Geneva Papers on Risk and Insurance, Vol. 9, No. 30, Association International, pour 1, etude de 1, Economic de 1, Assurance, Geneva, 1984, pp. 8-26.

178. Arnold C., Eisner R. “Planning Information for Earthquake Hazard Response and Reduction”. Building Systems Development Inc. San Mateo, California. 1984.

179. GeoHazards (1997). Lessons for Central Asia: From Armenia to Sakhalin, GeoHazards International, Stanford, California.

180. EAOC. “Recommended Lateral Force Requirements and Commentary”. Seismology Committee, Structural Engineers Association of California. San Francisco, California. 1980.

181. Rojahn Chr., Sharpe R.L. et al. Earthquake Damage Evaluation Data for California. Applied Technology Council Report ATC-25. Redwood City, California, USA. 1985. 492 pp.

182. Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States. Applied Technology Council Report ATC-25.- Redwood City, California, USA. 1991.

183. Applied Technology Council (ATC), 1991, "Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings (ATC-20)". State of California Governor's Office of Emergency Services: Sacramento, CA, 144 pp.

184. Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Report ATC-40, Applied Technology COUNCIL, Redwood City, California, USA. 1996.

185. HAZUS Earthquake Loss Estimation Methodology. User’s Manual, FEMA and NIBS.- 1999 (http://www.fema.gov/hazus/hazus4a.htm).

186. Т.Р. Рашидов, В.А. Кондратьев, С.Ж. Раззаков, Н.А. Нишонов. Обеспечение сейсмиче-ской безопасности зданий индивидуальной жилой застройки Ферганской долины. – Т.:«Fan va texnologiya», 2016, 248 с.

187. Rashidov T.R., Khakimov Sh.A, Mirjalilov A.D., Sudo K. , Shaw R., Ikramov E.D, Abdullaev T.K, Mubarakov Y.N, Tyagunov S., Kuzmina Y. IDNDR RADIUS. Project for city of Tashkent. RADIUS Summary Reports (2000). - UN. Geneva.

188. Нурмухамедов К., Исмаилов В.А. Основные компоненты инженерно-геологических условий, определяющие сейсмическую интенсивность территории и их информативность при сейсмомикрорайонировании // Прогноз сейсмической опасности Узбекистана. Т.1. Сейсморайонирование и долгосрочный прогноз

сейсмической обстановки. Ташкент: Фан. 1994. 284 с.

***Foydalanilgan electron saytlar**:*

http://www.lex.uz

http://www.ziyonet.uz

http://www.uza.uz

http://www.fip-group.it

http://kitai-art.ru/source/drevnjaja-arkhitektura/foto/6.jpg

http://bestbridge.net/

http://www.maurer-soehne.com.

MUNDARIJA

№	Bo‘limlar nomi	Beti
	Kirish	**3**
1.	**1-bob. Zilzilalar xaqida umumiy ma’lumot**	**7**
1.1.	Zilzila paydo bo‘lish sabablari, mexanizmi, klassifikatsiyasi va geografiyasi	7
1.2.	Zilzila paytida tarqaluvchi seysmik to‘lqinlar	14
1.3.	Seysmik tebranishlarni qayd qiluvchi asboblar	19
1.4.	Seysmik shkalalar	22
1.5	Zilzilaning intensivligi va magnitudasi	26
1.6.	MDH davlatlari hududining seysmikligi	31
1.7.	Zilzilalar o‘choqlari mintaqasi	33
1.8.	Qurilish maydonchalarini seysmikligi, hamda ko‘prik va tonnellarning hisobiy seysmikligi	36
1.9.	Gruntning seysmik tebranishlarini son miqdori bo‘yicha baholash	41
1.10.	Zilzilabardosh ko‘priksozlik tarixi haqida qisqacha ma’lumot	42
1.11.	O‘zbekiston Respublikasi hududining seysmik xavfliligini tahlili. Zilzila oqibatlarini o’rganishga o’zbek olimlarining qo’shgan hissasi	50
2.	**2-bob. Kuchli zilzilalarda transport inshootlarini shikastlanishi**	**62**
2.1.	Sun’iy inshootlarni seysmik shikastlanish sabablari	62
2.2.	Kuchli zilzilalarda ko‘priklarni shikastlanishi	64
2.3.	Zilzilalar natijasida tonnellarning o‘ziga xos shikastlanishlari	74
2.4.	Zilzilalar ta’sirida quvurlarning shikastlanishlari	80
2.5.	Ko‘priklarning seysmik tebranishlarini asosiy o‘ziga xos xususiyatlari va ularni loyihaviy hisoblashlarda hisobga olish	92
2.6.	O‘zbekiston Respublikasi temir va avtomobil yo‘llaridagi	

	ko‘priklarni holati va monitoringi masalalari	95
2.7.	Antiseysmik choralar	98
3.	**3-bob. Inshootlar dinamikasi**	101
3.1.	Inshootlar dinamik tahlilining asosiy maqsadi	101
3.2.	Dinamik yuk turlari	102
3.3.	Inshootlar dinamikasi masalalarining asosiy tavsiflari	104
3.4.	Diskretlash usullari	105
3.5.	Dinamik harakat tenglamalarni keltirib chiqarish usullari	110
3.6.	Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan tizimlar. Harakat tenglamalarini keltirib chiqarish	115
3.6.1.	Asosiy dinamik tizimning tarkibiy qismlari	115
3.6.2.	Harakat tenglamalarini keltirib chiqarish usullari	115
3.7.	Vertikal yuklar ta’siri	119
3.8.	Asosning kinematik qo‘zg‘alishlari ta’sirida dinamik tizimlarning harakat tenglamalari	121
3.9.	Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan umumlashtirilgan tizimlar. Bikir jism tizimlari	123
3.10.	Erkin tebranishlarda dinamik tizimlar reaksiyasi	131
3.10.1.	Erkin tebranishlar tenglamalarining yechilishi	131
3.10.2.	So‘nishlarni hisobga olinmaganda tizimlarning erkin tebranishlari	133
3.10.3.	Tizimlarning so‘nishlarini hisobga olgan holdagi erkin tebranishlari	135
3.11.	Garmonik yuklarda tizimlar reaksiyasi	145
3.11.1.	Dempferlanmagan tizim	145
3.11.2.	Dempferlangan tizim	149
3.11.3	Rezonansli rejim	153
3.11.4	Vibroizolyatsiya	157
3.12.	Erkinlik darajasi ko‘p bo‘lgan dinamik tizimlar	164
3.12.1.	Erkinlik darajasi ko‘p bo‘lgan dinamik tizimlar harakat	

	tenglamalarini keltirib chiqarish. Erkinlik darajasi sonini tanlash	164
3.12.2.	Dinamik muvozanat shartlari	166
3.12.3.	O‘q bo‘ylab yo‘nalgan yuklarning ta’siri	170
4.	**4-bob. Transport inshootlari zilzilabardoshligining nazariy asoslari**	**173**
4.1.	Inshootlarni seysmik ta’sirlarga hisoblashning statik usuli	175
4.2.	Inshootlarni seysmik ta’sirlarga hisoblashning dinamik usuli	176
4.3.	Inshootlarni seysmik ta’sirlarga hisoblashning spektral usuli	177
4.4.	Spektral usulning nazariy asoslari	181
4.5.	Seysmik yuklarni spektral uslubda me’yorlashtirish	191
5.	**5-bob. Yer osti inshootlari zilzilabardoshligi bo‘yicha tadqiqotlarning holati**	199
5.1.	Yer osti inshootlarini zilzilabardoshlikka hisoblash	199
5.2.	Quvuro‘tkazgichlarni atrof grunt bilan o‘zaro ta’sirining statik va dinamik koeffitsientlarini aniqlash	203
5.3.	Yer osti quvuro‘tkazgichlarning dinamikasining eksperimental tadqiqotlari	209
5.4.	Grunt bilan elastik o‘zaro ta’sirdagi to‘g‘ri chiziqli yer osti quvurlarini bo‘ylama tebranishi seysmodinamikasi masalalarini chekli–ayirmalar usulida hisoblash	215
5.4.1.	Yer osti quvurlarini seysmik kuch ta’sirida bo‘ylama tebranishi masalalarini hisoblash algoritmi	217
5.4.2.	Grunt bilan o‘zaro ta’sirdagi yer osti quvuro‘tkazgichlarning bo‘ylama tebranishi va solishtirma baholanishi	222
5.5.	Toshkent metropoliteni liniyasi bekatlari va bekatlararo tonnellar konstruksiyalarini takomillashtirishning asosiy perspektiv yo‘nalishlari	225
6.	**6-bob. Zilzilabardosh transport inshootlarini loyihalashga zamonaviy yondashuv**	237

6.1.	Ko‘priklarni zilzilabardoshligini ta’minlash bo‘yicha asosiy talablar va tadbirlar	237
6.2.	Sun’iy inshootlar o‘rnini aniqlash	239
6.3.	Zilzilabardosh transport inshootlarini loyihalash tamoyillari	241
6.4.	Ko‘priklarni ko‘p pog‘onali loyihalashning asosiy tamoyillari	243
7.	**7-bob. Ko‘prik inshootlarini hisobiy sxemalarini belgilash**	**251**
7.1.	Hisobiy sxemalarini tanlashga ta’sir etuvchi omillar	251
7.2.	Loyihaviy zilzila va maksimal hisobiy zilzilalarda hisobiy sxemalarni belgilash	252
7.3.	Ko‘prik oraliq tayanchlarining sayoz joylashgan poydevorli asoslarini zilzilabardoshlikka hisoblash	256
7.4.	Sayoz joylashgan poydevorlardagi oraliq tayanchlarning dinamik hisoblash sxemalari	257
7.5.	Oraliq tayanchlardagi seysmik kuchlanishlarni aniqlash	264
7.6.	Dinamiklik koeffitsienti	264
8.	**8-bob. Ko‘priklarni zilzilabardoshlikka loyihalash va hisoblashning maxsus usullari**	**268**
8.1.	Ko‘priklarni mavjud seysmoizolyatsiyalash tizimlarining tahlili	268
8.2.	Ko‘priklarni maxsus seysmohimoyalash tizimlarini loyihalash va hisoblash usullari. Seysmoizolyatsiyalar. Seysmohimoyalovchi tayanch qismlar	271
8.3.	Ko‘priklarni seysmohimoyalashda qo‘llanadigan dempferlovchi qurilmalar	284
8.4.	Tebranishlarni dinamik so‘ndirgichlari	303
8.5.	Seysmoizolyatsiyani temir yo‘l ko‘priklarining ekspluatatsiya xarakteristikalariga ta’siri	307
8.6.	Temir yo‘l ko‘priklarida seysmoihimoyalashdan foydalanishga qo‘yiladigan cheklovlar	313
8.7.	Oraliq qurilmalar siljishlarini chegaralovchilari (stoporlar)ni	

	hisoblashga tavsiyalar	316
8.8.	Zilzilabardosh ko‘priklarning ko‘p pog‘onali loyihalashda friksion-boltli tutashmalardan foydalanish	321
9.	**9-bob. Yuqori tezlik magistrallarida ko‘priklar zilzilabardoshligini ta’minlashga doir asosiy talablar va choralar**	**325**
9.1.	O‘zbekistonning yuqori tezlik liniyasi va yuqori tezlik harakat tarkibi	325
9.2.	Yuqori tezlik magistrallarida ko‘priklarning zilzilabardoshligini ta’minlash bo‘yicha asosiy choralar-tadbirlar	330
9.3.	Yuqori tezlik magistrallaridagi temir yo‘l ko‘priklari zilzilabardoshligini ta’minlashning o‘ziga xos xususiyatlari	336
10.	**10-bob. Seysmik xavfsizlikni ta’minlash muammolarining zamonaviy holatini tahlili**	339
10.1.	Seysmik xavfsizlikni ta’minlash muammolarini hal qilish tendensiyalari va dunyoning ilg‘or tajribalarini tahlili	340
10.2.	O‘zbekistonda seysmik xavfsizlikni ta’minlash muammolarini hal qilishga oid tajribalari va dastlabki asosiy shartlari	345
10.2.1.	IDNDR UN “RADIUS” xalqaro ilmiy loyiha doirasida Toshkent sh. uchun olib borilgan izlanishlar tahlili	345
10.2.2.	Xalqaro ilmiy loyiha doirasidagi tadqiqotlar tahlili SfP 971923 – “Ilm-fan tinchlik uchun” Toshkent sh. Seysmik xavfni baholash	358
	Atamalar, tushuncha va ta’riflar	**366**
	Foydalanilgan adabiyotlar	**374**

Tursunboy Rashidovich Rashidov

Ulug‘bek Zabixullayevich Shermuxamedov

TRANSPORT INSHOOTLARINING ZILZILABARDOSHLILIGI

Darslik

Muharrir: Qayumova H.T.

Texnik muharrir va sahifalovchi:

Nashrga ruxsat etildi 2020 y.

Qog`oz bichimi 60×84/16. Hajmi 25 b.t.

Adadi __ nusxa. Buyurtma №