

O'zbekiston Respublikasi
Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi

Toshkent arxitektura-qurilish instituti

AKRAMOV HUSNITDIN AXRAROVICH
NURITDINOV HUSNITDIN NURITDINOVICH

BETON

TEXNOLOGIYASI

O'quv qo'llanma

Ikkinchi qism

**5340500 – “Qurilish materiallari, buyumlari va konstruksiyalarini ishlab
chiqarish” ta'lim yo'nalishi**

**5A340501 – “Qurilish materiallari, buyumlari va konstruksiyalarini ishlab
chiqarish” mutaxassisligi uchun**

Toshkent-2011

Mualliflar: Akramov H. A. , Nuritdinov H. N. Beton texnologiyasi. O`quv qo`llanma, ikkinchi qism (Akramov H. A. , Nuritdinov H. N. , Toshkent, TAQI, 2011 yil, 107 bet).

O`quv qo`llanmada beton va temir-beton buyumlarni tayyorlashda ishlatiladigan beton turlari va xususiyatlari, beton qorishmasini tayyorlash uchun ishlatiladigan materiallar, ularning sifati, tarkibini hisoblash, beton qorishiasining xossalari va ularga ta`sir etuvchi omillar batafsil tahlil qilingan. Beton strukturasi va uning asosiy xossalarini beton va temir-beton buyumlari xususiyatlariga ta`siri haqida ma`lumotlar berilgan.

Ushbu o`quv qo`llanma qurilish sohasi oliy o`quv yurtlarining hamda 5340500 – “Qurilish materiallari, buyumlari va konstruksiyalarini ishlab chiqarish” ta`lim yo`nalishi va 5A340501 – “Qurilish materiallari, buyumlari va konstruksiyalarini ishlab chiqarish” mutaxassisligi talabalari uchun mo`ljallangan.

Taqrizchilar: 1Toshkent arxitektura qurilish institutni t.f.d., professor
N.A.Samigov

2 “ASILBO bizness” MChJ raxbari, t.f.n A.A. Mirzayev

O`zbekiston Respublikasi Oliy va O`rta maxsus ta`lim vazirligi turdosh oliy o`quv yurtlari uchun darslik sifatida tavsiya etgan.

So`z boshi

Mustaqillikning 20 yili davomida demokratik jamiyat va bozor iqtisodiyotini barpo etishga yo`naltirilgan bosqichma-bosqich islohotlar siyosati O`zbekiston aholisi farovonligini yaxshilashda anchagina ijobiy ijtimoiy-iqtisodiy o`zgarishlarga olib keldi. Shuningdek yosh respublika jahon hamjamiyati tomonidan tan olinib, unda o`z mavqeiga ega bo`ldi. Bunda faol investitsion siyosat yuritish va mavjud barcha moliyaviy, intellektual va boshqa resurslarni import o`rnini bosuvchi va eksportga yo`naltirilgan, hom – ashyomizni qayta ishlashni nazarda tutuvchi ishlab chiqarishni yaratishga yo`naltirish katta rol o`ynaydi. Iqtisodiy asoslangan investitsion loyihalarni amalga oshirish hamda O`zbekiston iqtisodiyotining ustuvor tarmoqlariga tashqi sarmoyalar va kreditlarni jalb etish, bugungi kunda xalq xo`jaligida tarkibiy o`zgarishlarni yanada chuqurlashtirish borasida belgilab olingan maqsadlarga erishishning eng muhim va ustuvor vazifasi sifatida qaralmoqda.

Respublika xalq xo`jaligining asosiy tarmoqlari qatorida qurilish materiallari sanoati etakchi rol o`ynaydi. Bu o`z xom ashyo bazasiga ega ekanligimiz, qurilish materiallari, sanoat va uy-joy konstruksiyalariga bo`lgan yuqori ehtiyoj hamda malakali mutahassislarining mavjudligi bilan belgilanadi.

Kursning maqsadi – ta`lim oluvchilarning qurilish materiallarini ishlab chiqarishga doir biznes sohasida takliflarni tayyorlash, loyihaviy ishlarni o`tkazish, asosiy qurilish materiallari texnologiyasi sohasidagi bilimlarini tizimlashtirish (jamlash), mustahkamlash va kengaytirish shuningdek, ularni qurilish materiallari va konstruksiyalarini loyihalashtirish va ishlab chiqarishga tadbiq etish bo`yicha iqtisodiy va muhandislik vazifalarini mustaqil ravishda hal etishga o`rgatishdan iborat.

Beton va temir-beton mahsulotlari ishlab chiqarishni rivojlantirish uchun qurilish ishlarini samaradorligi va sifati bo`yicha talablar qo`yiladi. Bularni muvaffaqiyatli ravishda amalga oshirish uchun, asosan material va konstruksiyalar ishlab chiqarishni rivojlantirish, sermetall, qurilish qiymati va sermehnatligini, bino va inshootlarni og`irligini pasaytirishni ta`minlovchi hamda ularni qurilish va

ekspluatatsiya qilishdagi jami energetik mablag`lar sarfini kamaytirishga erishish kerak.

Bunday vazifalarni hal etishda asosiy qurilish materiali hisoblangan beton va temir-betonga katta ahamiyat beriladi.

Beton texnologiyasi va temir-beton sohasini rivojlanishini, uni ishlab chiqarish va ishlatilishini o`lishi, bu sohadagi ilm-fan va texnikada erishilgan yutuqlar va qurilishni quvvatli industrial bazasini barpo etilishi bilan uzliksiz bog`liq. Keyingi yillarda beton ishlarini bajarishning hamma bosqichlari: betonqorishmalarining tarkibini tanlashdan tortib, monolit konstruktsiyalar sifatini nazorat qilishgacha mukammallashtirilgan.

Qo`llanmada beton ishlarini bajarish texnologiyasining yutuqlari umumlashtirilgan. Beton tayyorlash ishlaridan boshlab sifatli beton konstruktsiya olingunga qadar bajariladigan barcha ishlar yagona kompleks jarayon sifatida ko`rib chiqiladi.

Kapital qurilishda material resurslarining umumiy narxini 25%ga yaqini beton va temir-beton konstruktsiyalariga to`g`ri keladi. Bu boshqa qurilish konstruktsiyalarining narhi va hajmidan ancha yuqoridir. Beton va temir-beton o`zining fizik-mexanik xususiyatlari, chidamliligi va ishlab chiqarishda texnik-iqtisodiy samaradorligi hamda hom ashyo resurslarining etarli darajada ekanligi bilan hozir va kelajakda kapital qurilishda eng yuqori potentsialga ega bo`lgan qurilish materiali bo`lib qoladi.

“Beton texnologiyasi” kursining asosiy maqsadi va vazifalari konstrkutsiyalarni ishlab chiqarishda texnologik jarayonni tashkil qilish, qoliplash usullarini takomillashtirish, beton qorishmasini to`g`ri aralashtirish usullarini, beton qorishmasini qo`yishni, zichlash, beton qotishini tezlashtirishni, turli ko`rinishdagi beton tarkibini loyihalashni, ashyolar hossa va xususiyatlarini, betonning sifatini nazorat qilishni tashkil etishni, nazorat usullarini, matematik usullarini ishlata bilishni, beton sifatini va texnologiyasini oshirish usullarini o`rganish, foydalanish, kelajakda beton ishlari texnologiyasini rivojlantirishni o`rgatishdir.

Yig`ma temir-beton sanoati eski korxonalarni qayta ta`mirlash va yangi zamonaviy samarador korxonalarni loyihalash, korxonalarda yuqori sifatli ko`p miqdorda mahsulotlarni ritmik tayyorlashni tashkil qilish bo`yicha korxona bo`limlarida muvafaqqiyatli rahbarlikni amalga oshiradigan mutahassis kadrlarga muhtoj.

Beton va temir-beton texnologiyasini rivojlanish tarixi haqida qisqacha ma`lumot. Beton — eng qadimiy qurilish material-laridan biri hisoblanadi. Eramizdan 3600 yil ilgari Misr labirinti galereyalari, Ulug` Xitoy devorining bir qismi (eramiz-dan 3 asr ilgari), Hindiston, qadimiy Rim va boshqa joydagi qurilish va inshootlarda beton ishlatilgan. Ammo beton va temir-beton konstruksiyalar qurilishda keng ishlatilishi XIX asrning ikkinchi yarmidan boshlandi, bu esa beton va temir-beton uchun asosiy ashyo bo`lgan sementni sanoatda ishlab chiqarishni tashkil etish va ishlab chiqarishni yulga qo`yilaboshlagan davrga to`g`ri keladi. 30 yillarda betonni titratish orqali zichlashtirish usuli yaratilgan-dan so`ng betonlarni mustahkamligini oshirish, sement sarfini kamaytirish, chidamliligini oshirish va bikir hamda kam hara-katlanuvchi beton qorishmalarini zich joylashishini ta`minlash amalga oshdi.

XIX asrning 80 yillarida prof. A. R. Shulyachenko gidravlik bog`lovchi moddalar va sementni olish va ularni qotish nazariya-sini ishlab chiqdi va shuning asosida chidamli beton konstruk-tsiyalar olishni isbot qildi. Prof. N. A. Beleyubskiy 1891 yili temir-beton konstruksiyalar bilan keng miqyosda tajribalar o`tkazib, shu konstruksiyalarni qurilishga tatbiq etgan. Prof. I. G. Malyuga 1895 yili yozgan ilmiy asarida yuqori mustahkamlikka ega bo`lgan beton tarkibini tanlash va olishni hamda beton mustahkamligini asosiy qonuniyatlarini ko`rsatib o`tdi. 1912 yili N. A. Jitkevich-ning "Beton va beton ishlari" nomli kapital asari chop etildi.

XX asr boshlarida turli ellarda ham beton texnologiyasiga tegishli ko`p ishlar yaratildi, ulardan muhimlari quyidagilardir: R. Fere (Frantsiya), O. Graf (Germaniya), I. Bolomey (SHveytsariya), D. Abrams (AQSH).

Yig`ma temir-beton sanoatining rivojlanishi va hozirgi kundagi xolati. Yig`ma temir-betonni rivojlanishiga sement, metallurgiya, mashinasozlik

sanoatlarini rivojlanishi sabab bo'ldi, hamda uning texnologiyasini rivojlanishini sement va betonlar haqida fanga mustahkam ilmiy asoslangan.

Hozirgi vaqtda Respublikamizda temir-beton konstruktsiyalarini g'ovak to'ldiruvchilar asosidagi engil betonlardan tayyorlash talab qilinadi. Masalan, armotsement konstrkutsiyalari, g'ovak (yacheykali) va gazobeton. Bular ma'lum miqdorda konstruktsiyalarni engillashtirish masalalarini hal qilmoqda. Konstruktsiyalarini engillashtirish armatura va sement miqdorini tejashga, konstruktsiyalarni ko'ndalang kesimini kamayishiga va ularni prolyotini uzaytirishga olib keladi. Seysmik kuchlar ta'sirida bo'lgan engillashtirilgan konstruktsiyalar alohida ahamiyatga ega, ular ma'lum miqdorda dinamik kuchlarni so'ndirdi.

Beton texnologiyasi va yig'ma temir-beton konstruktsiyalar ishlab chiqarishni rivojlantirishda asosiy yo'llanmalar qo'yidagilar bo'lishi kerak: yig'ma temir-beton konstruktsiyalarni sifat darajasi va samarasini oshirish; ishlab chiqarishda mehnat sarfini va metall sarfini kamaytirish; bog'lovchi moddalarning samarali turlari, armatura po'latlari, yuqori sifatli to'ldiruvchilar va kompleks ximik qo'shimchalarni ko'plab ishlab chiqarishni tashkil etish va ishlab chiqarish, konstruktsiyalarini og'irligini kamaytirish va o'lchamlarini kattalashtirish; beton va temir-beton konstruktsiyalarini ishlab chiqarish texnologiyasini tubdan yaxshilash uchun eng zamonaviy texnologik jarayonlarni keng ko'lamda tadbiq qilish; yuqori unumdor avtomatik uskunalarni, robotlarni, manipulyatorlarni ishlatish; betonlarning hossalarni aniqlashda mahsulotlarning sifatini boshqarish va nazorat sistemasini eng sifatlisini qo'llash; hisoblash texnikasidan keng foydalanish; chiqindiga chiqarmaydigan va resurslarni tejamlash texnologiyasini qo'llash; sanoat chiqindilari va ikkilamchi mahsulotlarni keng ko'lamda qo'llash; ishchi, energiya va material resurslarini tejamkorligini oshirish maqsadida ishlab chiqarish rezervlaridan foydalanish darkor.

Beton va temir-beton asosiy qurilish materiallari hisoblanadi. Ularni ishlab chiqarish kun sayin o'sib bormoqda. Kapital va umuman qurilishdagi asosiy masala, bu yig'ma temir beton konstruktsiyalarini ishlab chiqarish va qo'llashni

takomillashtirish, sifatini yaxshilash hamda ilmiy-texnik yutuqlarni qurilishda qo'llash. Bu masalalarni hal qilishda beton texnologiyasini takomillashtirish, uning hossalarni yaxshilash, yangi samaradorligi yuqori bo'lgan betonlarni tayyorlash va tadbiq etish, asosan engil, yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan, ximik qo'shimchali betonlar olish, mahsulotni sifatini oshirish, malakali kadrlar tayyorlash, ularni betonshunoslik asoslari, temir-beton konstruksiyalarining ishlab chiqarish hamda texnologik hisoblar asoslari bilan chuqur tanishtirish katta ahamiyat kasb etadi.

I-bo`lim **Beton texnologiyasi**

I -bob. Betonning xususiyatlari

1. 1. Betonning mustahkamligi

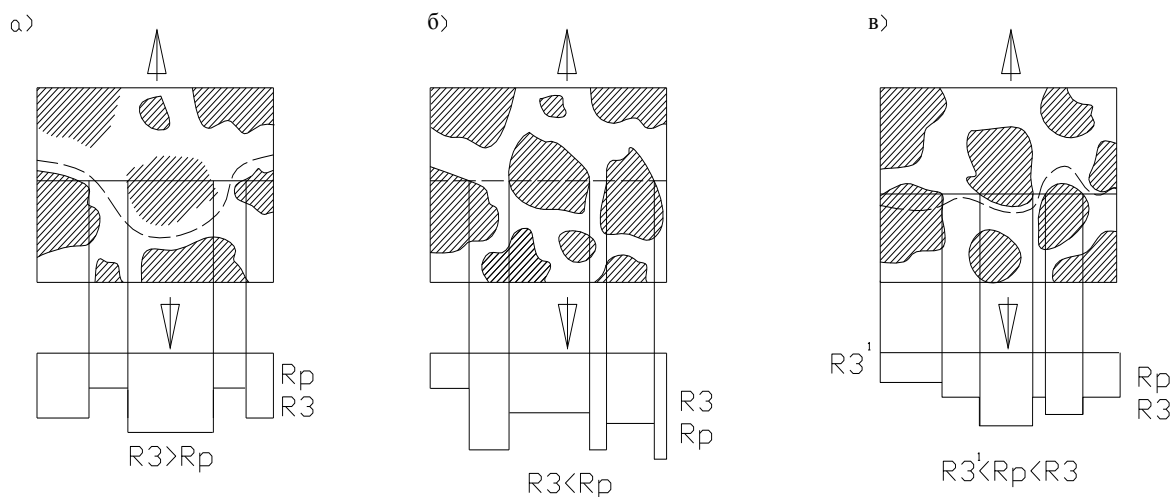
Mustahkamlik – materialning yuk yoki boshqa omillar natijasida hosil bo`ladigan ichki kuchlarning kuchlanishlar ta`sirida buzilishga, qarshilik ko`rsata olish xususiyatini bildiradi. Inshootlardagi materiallarga b va turli –siquvchi, cho`zuvchi, eguvchi, kesuvchi va burovchi ichki kuchlanishlar ta`sir ko`rsatishi mumkin.

Beton siqilishga chidamli, lekin kesuvchi kuchga yomon va cho`zilish ta`siriga undan ham (siqilishga nisbatan 5-50 marta) yomonroq qarshilik qiladigan materiallar sirasiga kiradi. Shuning uchun qurilish konstruktsiyalarining (qurilmalarning) loyihasi odatda beton ulardagi bosuvchi kuchni qabul qiladigan qilib tuziladi. Cho`zuvchi kuchni olishi lozim bo`lgan beton armatura bilan mustahkamlanadi. Temir-beton konstruktsiyalardagi cho`zuvchi va kesuvchi kuchlanish ta`siri bunday yukka qarshilik darajasi yuqori bo`lgan po`lat armaturaga o`tadi. Shuning uchun, betonning muhim sifatlaridan biri – uning siqilishga mustahkamligi hisoblanadi.

Biroq shunday konstruktsiyalar ham borki (bularga misol qilib yo`l qoplamalari, pol va hokozolarni keltirishimiz mumkin) ularda ishlatilgan beton egilish vaqtida cho`zulish kuchlanish qabul qilishi lozim bo`ladi. Bunday holatda beton tarkibini loyihasi betonni egilish va cho`zilishdagi berilgan mustahkamligi kerakligidan kelib chiqib tayyorlash lozim.

Fizik nuqtai nazaridan qaralganda buzilish deb jismning bo`laklarga ajralishi tushuniladi. Materialdagi kamchiliklar buzilish jarayonining oson bo`lishiga olib keladi, ya`ni materialning mustahkamligi kamayadi.

Mo`rt materiallar, shuningdek beton ham, siqilish kuchi ta`siriga perpendikulyar yo`nalishda hosil bo`ladigan cho`zilishdagi kuchlanish yoki ma`lum yuzaga ta`sir etuvchi kesuvchi kuchlanish ta`sirida buziladi.



1. 1-rasm. Betonning buzilish xarakteri

a - to'ldiruvchi buzilmagan xolda sement qorishmasi bo'ylab; b - to'ldiruvchi donalarining yorilishi bilan ; v - aralash xolda buzilishi (buzilish yuzasi uziq chiziq bilan ko'rsatilgan).

Betonning mustahkamligi integral xususiyat bo'lib u betonning komponentlari, tarkibi, tayyorlanish sharoiti, qotishi, ishlatilishi va sinashga bog'liq bo'ladi. O'z navbatida betonning mustahkamligi uning bir qancha omillari bilan ham bog'liqdir.

Betonning mustahkamligi namunani yuk ta'sirida sinab ko'rish bilan aniqlanadi. Sinovda betonning yukka chidamlilik darajasini o'rganib mustahkamligini bilish yagona maqsad emas, asosiy maqsad - eksploatatsiya sharoitida betonga ta'sir etuvchi kuchlar so'nggi qiymatiga etmasada uning ko'p yil ishlashi, darz hosil bo'lishiga chidamliligi va boshqa xususiyatlarining etarli ekanligini bilishdir.

Betonning yukni qanday qabul qilishi va buzilish xususiyatlarini ko'pchilik olimlar tatqiq etishgan. Buziluvchi yuzaning ikki hil bo'lishi aniqlangan (1. 1-rasm). Birinchi holatda, to'ldiruvchining cho'zilishdagi mustahkamligi qorishma yoki sement toshi mustahkamligidan yuqori bo'lgandagi buzilish, to'ldiruvchi donalarini chetlab o'tib qorishmaning o'zida hosil bo'ladi. Ikkinchi holatda, to'ldiruvchining mustahkamligi qorishmaning mustahkamligidan kam bo'lganda buzilish qorishma va to'ldiruvchi donalarida yuz beradi. Aralash buzilish holatlari ham bo'lishi mumkinki, bunda to'ldiruvchi donalari va qorishmaning

mustahkamligi bir-biriga yaqin bo'lganida beton strukturasi turli qismlarida yo to'ldiruvchi yoki beton mustahkamroq bo'ladi.

Betonning buzilish jarayonini o'rganish natijasida B. G. Skramtayev beton mustahkamligining uch hil gipotezasini taklif etdi. Birinchi gipoteza sement toshi va to'ldiruvchi o'rtasida ularning qayishqoqlik moduliga mos ravishda normal kuchlanishni taqsimlanishiga asoslangan, ya'ni qayishqoqlik moduli yuqori bo'gan materialda kuchlanish bir joyda to'planishi va bo'shroq materiallardan yukni olishni nazarda tutgan edi. Ikkinchi gipotezaga ko'ra siqilish ta'sirida betonning buzilishi qiya yuzalardagi kesilishda yuz beradi. Uchinchi gipoteza bo'yicha beton siqilish ta'sirida ko'ndalang kengayishi natijasida buziladi. Bunday buzilish quyidagi sabablarga ko'ra yuz berishi mumkin: a) sement toshining uzilishi; b) sement toshi va to'ldiruvchini tishlashishini buzilishi; v) to'ldiruvchi donalarining uzilishi.

Beton mustahkamligi gipotezasi tekshirib ko'rilganda uchinchi gipotezaning haqiqatga ancha yaqinligi va birinchi gipoteza qisman to'g'ri ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu holat betonning tajriba vaqtida yuk ta'sirida o'zgarishi va buzilish xususiyatlarini tasdiqlaydi.

So'nggi vaqtlarda keng tarqalgan mikroskop va ultra tovush bilan tekshirish usullari buzilishdan ancha oldin betonda mikrodarzlilar paydo bo'lishini ko'rsatdi. Kuzatilgan faktlarning nazariy asosini betondagi kuchlanish maydonini tahlil etgan A. A. Gvozdev ishlari chiqdi. Yuk natijasida hosil bo'ladigan kuchlanish maydoni material turli jinslardan iborat bo'lganligi bois bo'ladigan kuchlanish maydoni bilan ta'sirga kirishadi va natijada bosim yig'ilib darz hosil bo'lishiga sabab bo'ladigan alohida o'rinlar paydo bo'ladi.

Qator tadqiqotchilar olgan natija va xulosalarini umum-lashtiradigan bo'lsak, betonning buzilish jarayoni haqidagi zamonaviy tasavvurlar quyidagicha bo'lishini ko'ramiz:

1. Betonning buzilishi sekin-asta kechadi. Oldiniga ortiqcha zo'riqish hosil bo'lib so'ng alohida mikrohajmda mikrodarzlilar paydo bo'ladi. Jarayon kuchlanishni qayta taqsimlanib, materialning ko'proq qismida darz hosil

bo`lib, namunaning shakli, konstruksiyasi, o`lchami va boshqa omillar ta`sirida u yoki bu ko`rinishdagi yaxlit uzilish bo`lgunga qadar davom etadi. Yuklashning so`nggi bosqichida mikrobuzilish jarayoni beqaror bo`ladi va ko`chki ko`rinishiga o`tadi.

2. Siqilish natijasida betonning buzilishi, ta`sir etuvchi kuchga parallel bo`lgan ajratuvchi mikroyoriqlar paydo bo`lishi bilan izohlanadi. Tashqaridan qaralganda namunaning hajmi oshgandek ko`rinadi, haqiqatda esa materialning yaxlitligi buziladi. Mikroyoriqlarning ko`payish jarayoni beton strukturasi, xususan, undagi defektli o`rinlarning o`lchami, soni, qo`yilgan yukning turi va tartibiga bog`liq bo`ladi.
3. Buzilish jarayoniga betonning suyuq fazasi katta ta`sir qiladi. Suv plastik deformatsiyalar, siljuvchanlik deformatsiyasi va mikroyoriqlar paydo bo`lishini osonlashtirib, betondagi struktura bog`liqliklarni bo`shashtiradi, uning mustahkamligini kamaytiradi. Ushbu omilning ta`sir darajasi yuk tushishi tezligiga bog`liqdir.
4. Betonning mustahkamligi va shaklini o`zgartirmaslik xususiyati, to`ldiruvchi donalarni monolit qilib biriktiruvchi sement toshiga bog`liq bo`ladi. Sement toshining struktura va xususiyati uning mineral tarkibi, suv sement nisbati, sementning maydaligi, uning yoshi, tayyorlanish sharoiti va qo`shimchalarning qotishiga bog`liq bo`ladi. So`nggi vaqtlarda u yoki bu texnologik usullarni ishlatish, masalan, vibratsiya yordamida aralashtirish, qo`shimchalar qo`shish orqali beton mustahkamligi va shakl o`zgarishiga chidamliligini ancha oshirish mumkinligi isbotlandi. Ba`zi hollarda betonning xususiyatlari 1, 5-2 marta o`zgargani kuzatilgan. Betonning xususiyati to`ldiruvchining turi, sifati va tarkibiga ko`proq bog`liq bo`ladi. Bir hil sement ishlatilgan, suv sement nisbati bir hil lekin turli to`ldiruvchilar ishlatilgan betonning mustahkamligi bir-biridan 1, 5-2 marta farq qilishi mumkin.

Albatta, betonning buzilish jarayoni haqiqatda yuqorida aytilgandan ko`ra murakkabroq va juda ko`p boshqa omillarga bog`liq bo`ladi. Hozirga qadar bu boradagi mavjud ba`zi fikrlar bahsli, boshqalari esa isbot talab etadi.

Betonning mustahkamligini aniqlash natijalariga juda ko`p omillar ta`sir qiladi. Hatto bir hil aralashmadan olingan, bir hil sharoitda qotgan va bitta pressda sinab ko`rilgan namunalar turli darajadagi mustahkamlikni ko`rsatadi. Sinash usulida og`ish bo`lsa mustahkamlik ko`rsatkichlaridagi farq ancha katta bo`lishi mumkin. Bir narsani esda tutish kerakki, betonning sinab ko`rilgan mustahkamlik darajasi materialning o`zigagina emas, qandaydir darajada, sinash usuliga ham bog`liq xususiyat hisoblanadi. Shuning uchun sinash qoidalariga qat`iy amal qilish va sinovlarni maksimal darajada bir hil o`tkazish lozim.

Yuqoridagi so`zimizning isboti uchun betonni siqilishdagi mustahkamligiga namunalarni tayyorlash va sinash bilan bog`liq bo`lgan turli omillarning qanday ta`sir qilishini ko`rib chiqamiz. Shartli ravishda bu omillarning uch guruhga bo`lish mumkin: texnologik, metodik va statistik omillar.

So`zimizning avvalida betonning mutlaq bir hil strukturali namunalarni olish imkoni yo`q, deb aytgan edik. Beton alohida komponentlari taqsimlanishida, paydo bo`layotgan defektlar (g`ovaklar, mikrodarzlar) tizimida, (tsement va to`ldiruvchi) tarkibidagi donalar xususiyatida (kam bo`lsa ham) farq bo`ladi. Natijada material qaysidir darajada bir hil bo`lmasdan sinov natijalariga ta`sir qiladi.

Namunani tayorlash va uning sifati bilan bog`liq omillar texnologik omil hisoblanadi. Sinov natijalariga namuna qirralarining parallelligi, to`g`riligi, yuzasining notekisligi va tayyorlanish sharoiti ta`sir qiladi. Misol uchun ko`p suv ishlatilgan plastik qorishmadan beton namunasi tayyorlanganda ko`pincha to`ldiruvchi donalari ostida, sedimentatsiya natijasida, bo`shashgan o`rinlar paydo bo`ladi. Yonlamasiga qo`yib sinalgan namunalar siqilish ta`siriga tushirilganda, ya`ni bo`shashgan bo`shliq siquvchi kuchining yo`nalishiga mos kelganda natija past bo`ladi.

Bunday holatda bo'sh joylarning mavjudligi namunaning gorizontal yo'nalishdagi tortuvchi kuchga qarshiligini jiddiy kamaytiradi va uning buzilishiga olib keladi. Yon tomoni bilan qo'yib sinalgan namunaning mustahkamligi namuna qoliplangan holatda sinalganidan 15-20 foiz kam bo'lishi mumkin. Shuning uchun sinash vaqtida aytib o'tilgan omillarni albatta hisobga olish va namunalarni pressga bir hil holatda qo'yish kerak. Qo'shiimcha mustahkamlikka ega bo'lish uchun kubni odatda yon tomoniga qo'yib sinab ko'riladi.

Metodik omillarga sinash usulining turli jihatlari kiradi va ularning har biri sinash natijalariga ta'sir qiladi. Pressning konstruksiyasi va xususiyatlari, namunaning o'lchami, press bilan namuna bir-biriga ta'sir qilish sharoiti, yuklash tezligi, betonning namligi yakuniy natijaga – betonning mustahqamlik chegarasini bilishga katta ta'sir qilishi mumkin.

Beton namunasi pressda sinab ko'rilganda kuchlanish namunadan tashqari press plitalarida ham hosil bo'ladi. Po'latning elastiklik moduli beton elastiklik modulidan yuqori bo'lgani uchun press plitasida hosil bo'ladigan bir hil yo'nalishdagi deformatsiyalar, shu jumladan, cho'zuvchikuchlanishlar ta'sirida bo'ladigan ko'ndalang deformatsiya ham beton deformatsiyasiga nisbatan kam bo'ladi. Press plitalari va namuna o'rtasiga ishqalanish kuchi ta'sir etadi, natijada pressga tegib turgan beton namuna yuzasidagi deformatsiya bilan plita deformatsiyasi bir hil bo'ladi. Ushbu deformatsiyalar boshqa qesimlardagi deformatsiyalardan ancha kam bo'ladi va deformatsiyalar chegaraviy miqdorga etib yoriqlar ko'payganda namuna buzilib ketadi.

Press plitasi unga tegib turgan beton qatlamlarining deformatsiyasini kamaytirib ularni tutib turadi va buzilishdan saqlaydi. Bu hodisa oboyma effekti deb ataladi va deformatsiya namunaning o'rta qismida ayniqsa ko'proq bo'lgani uchun beton kublar bir-biriga o'xshash tarzda buziladi (1. 2, a-rasm).

1. 2-rasm. Turli sinash sharoitlarida beton kublarining buzilish xarakterlari
a - sinashning oddiy sxemasi (uziq chiziqlar bilan taxminiy ta'sir xududlari ko'rsatilgan); b - tayanch yuzlariga maxsus moy surtilganda; v - o'zgaruvchan moslamani qo'llanganda.

1. 3-rasm. Namuna o'lchamlarining beton mustahkamligiga ta'siri

Press bilan namunaning bir-biriga ta'sirini o'zgartirish va sinov natijasida namunada hosil bo'ladigan kuchnalish holatini boshqacha qilish mumkin. Masalan, moy surtib namuna bilan press plitasi o'rtasidagi ishqalanish yo'qotilsa buzilishning harakteri o'zgaradi (1. 2, b-rasm), namuna parallel vertikal yoriqlar natijasida parchalanib ketadi va oboyma effektining tutib turuvchi ta'siri yo'qolganligi bois mustahkamlik 20-30 foizga kamayadi.

Biroq sinovlarda bu usul qo'llanilmaydi, nimagaki, ishqalanishni batamom yo'q qilish mumkin emas va moy ishqalanish koeffitsiyentini qandaydir darajada

kamaytiradi, holos. Ishqalanishning o'zi esa beton strukturasining mustahkamligi va bir qancha boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Moylash sinov sharoitining noaniq bo'lishiga olib keladi, natijalardagi farqni oshirib yuboradi. Shuning uchun betonning haqiqiy mustahkamligini bilish uchun oboyma effekting tutib turuvchi ta'sirini yo'q qiluvchi boshqa usul, ya'ni, prizmalarni sinash usuli qabul qilindi.

Agar press plitasi bilan namuna o'rtasiga deformatsiya moduli beton deformatsiyasi modulidan kam bo'lgan qalin qoplama qo'yilsa unda beton deformatsiyasidan yuqori bo'lgan cho'zilish deformatsiyasi hosil bo'ladi, natijada qoplama betonning parchalanishiga yordam beradi va nazorat kublarining mustahkamligi standart usul bilan sinalgandan 35-50 foiz kam bo'lib chiqishi mumkin(1. 2, c-rasm).

Oboyma effekti sababli sinov natijasiga namunaninng o'lcham va shakli katta ta'sir qiladi. Oboyma effekti betonning press plitasiga tegib turgan yuqa qatlamida hosil bo'ladi. Shuning uchun press plitasi qancha keng ochilgan bo'lsa, ya'ni namunaning o'lchami qancha katta bo'lsa, oboyma effekti ham shuncha kam bo'lib sinovlar vaqtida bir xil betondan olinib bir xil sharoitda qotirilgan namunalar mustahkamligi ancha kam ekanligi ma'lum bo'ladi. Beton markasi aniqlanganda odatda quyida ko'rsatilgan, turli o'lchamdagi kublarni sinash natijasida olingan beton mustahkamligini 15x15x15sm o'lchamli kublar mustahkamligiga o'tkazish koeffitsiyenti ishlatiladi.

Prizmalar sinab ko'rilganda betonning o'lchami mustahkamlikka ta'sir qilishi ayniqsa ko'proq ma'lum bo'ladi. Agar press plitalari o'rtasidagi masofa kengaytirib o'zgartirilsa va oraliq h/a o'zgartirib turilsa (1. 3-rasm) mustahkamlik bir necha marotabagacha o'zgarishi mumkin - yuqa namunalarda u baland prizmalarga qaraganda 2-3 marta kattaroq bo'ladi. Og'ir betondan yasalgan prizmalarining mustahkamligi kublarni sinash ko'rsatkichidan 20-30% kam bo'ladi. Tajribalardan ma'lum bo'ldiki, $h/a > 3$ bo'lganda, h/a qiymati bundan kattalashishi bilan beton mustahkamligi o'zgarmaydi, ya'ni oboyma effekti va boshqa omillarning ta'siri deyarli yo'q bo'ladi, shuning uchun temir-beton konstruktsiyalarni loyihalashtirganda konstruktsiyalardagi betonning haqiqiy

mustahkamligini yuqori darajada xarakterlovchi prizma shaklidagi betonning mustahkamligi olinadi.

Oboyma effektining ta'sir darajasi betonning turi va xususiyatiga ham bog'liq bo'ladi. Bo'sh va ko'proq deformatsiyalanadigan betonda press plitalari deformatsiyasining ta'siri tez tomom bo'ladi va namunaning kamroq qismiga ta'sir qiladi, natijada oboyma effektining ta'siri kamayadi. Shuning uchun past markadagi engil betonlar uchun ma'lum darajagacha turli o'lchamdagi kublar mustahkamligini bir hil qilib qabul qilish mumkin. Beton strukturasi va mustahkamligi uning prizmalı mustahkamligiga ta'sir qiladi. R_{pr}/R_{kub} nisbati og'ir beton uchun 0,6 dan 0,9 gacha, engil beton uchun esa 0,65 dan 1 gacha o'zgarishi mumkin.

Biroq turli o'lchamdagi namunalarni sinash vaqtida mustahkamlik ko'rsatkichlari turlicha bo'lishini oboyma effekti bilangina tushuntirib bo'lmaydi. Bunda boshqa omillar borligini ham nazarda tutish kerak. Namuna qancha katta bo'lsa unda beton mustahkamligini kamaytiruvchi katta defektlar hosil bo'lishi ham shuncha ko'p bo'ladi. Ma'lum ma'noda beton buzilishiga nasbatan ishlatiladigan materiallarning mo'rt buzilishi nazariyasi statistik ma'lumotlariga asosan, mustahkamlik chegarasi R o'rtacha ko'rsatkichining namuna hajmiga V bog'liqligi quyidagi formula bilan ifoda etiladi

$$R = R_0 \left[a + b \left(\frac{V_0}{V} \right)^{1/\alpha} \right], \quad (1.1)$$

bu erda R_0 – standart namunaning mustahkamlik chegarasi; a , b , α - empirik koeffitsiyentlar; V_0 – standart namunaning hajmi.

Tajriba natijalariga ko'ra $a=0,45 - 0,7$; $b=0,4 - 0,6$; $\alpha=3$ deb qabul qilingan. Biroq koeffitsiyentlar bundan ham ko'proq o'zgarishi mumkin.

Sinovlar vaqtida masshtab, press konstruksiyasi, statistik va texnologik omillar ta'sirini ajratishning deyarli imkoni yo'q va shuning uchun yuqoridagi formula qaysidir ma'noda turli omillar ta'sirini aks ettiradi.

Namunalar turli o'lchamda tayyorlanganda mustahkamlikni aniqlashning so'nggi natijasiga texnologik faktorlar ham ta'sir qiladi. Bunday namunalarda struktura turli darajada jipslashgan yoki turli harorat-namlilik sharoitida qotgan bo'lishi mumkin, tashqi omillar va kirishish ta'sirida kuchlanish darajasi turlicha bo'lishi mumkin va h. k. Bularning hammasi beton strukturasini shakllanishi, nazorat namunalarining mustahkamligiga ta'sir qilishi mumkin.

Texnologik jarayonni tashkil qilish ham ma'lum darajada ta'sir qiladi. Mustahkamlikning statik nazariyasi jarayon qancha yaxshi tashkil etilgan va beton mustahkamligi ko'effitsiyenti turliligi qanchalik kam bo'lsa masshtab ta'siri ham shunchalik kam bo'ladi.

Konstruktsiyaning ish chizmalari yoki buyum standartlarida odatda betonning qanday mustahkamligi talab etilishi yoki uning markasi ko'rsatilgan bo'ladi. Og'ir betonning markasi ishlatiladigan beton qorishmasidan metall qoliplarda tayyorlangan va normal (harorat 15-20°S, havoning nisbiy namligi 90-100%) sharoitda 28 kun qotgandan so'ng sinalgan 15x15x15 sm o'lchamli standart beton kublarni siqilishga mustahkamlik chegarasi (10^{-1} MPa) bo'yicha aniqlanadi. Qurilish me'yorlari va qoidalari og'ir betonning quyidagi markalarini belgilab beradi: M 50, M 75, M 100, M 150, M 200, M 250, M 300, M 350, M 400, M 450, M 500, M 600 va undan yuqori (M 100 dan oshib boradi). Ishlab chiqarishda betonning ko'zda tutilgan markasi bo'lishini ta'minlash zarur. Belgilangan beton markasi 15 foizdan oshiq bo'lmasligi kerak, aks holda bu hol sementning ortiqcha ishlatilishiga sabab bo'ladi.

15x15x15sm o'lchamdagi kublar to'ldiruvchi donasining eng katta o'lchami 40mm bo'lganda ishlatiladi. Donaning o'lchami boshqacha bo'lganda boshqa o'lchamdagi kublarni ishlatish mumkin, biroq nazorat beton namunasi qovurg'asining o'lchami to'ldiruvchining eng katta donasidan uch marta katta katta bo'lishi kerak. 15x15x15sm o'lchamdagi boshqa kublar bilan beton markasini aniqlash uchun tajribada olingan beton mustahkamligi ko'rsatkichi quyidagi o'tish ko'effitsiyentlariga ko'paytiriladi:

Kubning o'lchami, sm 7x7x7 10x10x10 15x15x15 20x20x20

Koeffitsiyent 0,85 0,85 1 1,05

Amalda yuqoridagi koeffitsiyentlardan ancha chetlashish kuzatiladi, chunki ularning ko'rsatkichi press plitalari tayanchining bikirligi, betonning markasi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Aniqroq natijaga erishish uchun press tayanch plitalarining qalinligi sinalayotgan kub qovurg'asining yarmidan kam bo'lmasligi kerak. Bu holda haqiqiy o'tish koeffitsiyentlari tavsiya etilganidan ko'proq bo'lishi mumkin va beton shu hol hisobga olinib loyihalansa konstruktsiyaning qo'shimcha mustahkamligi oshadi.

Engil betonning ham markasi 15x15x15sm o'lchamli kublarni siqilishi bo'yicha aniqlanadi. Boshqa o'lchamdagi kublar sinalganda o'tish koeffitsiyentlari qo'llanilmaydi. Engil betonning quyidagi markalari mavjud: M 25, M 35, M 50, M 75, M 100, M 150, M 200, M 250, M 300, M 350, M 400.

Yig'ma temir-beton konstruktsiyalar tayyorlanganda, shoshilinch ish bajarilib tez qotadigan sement ishlatilganda yoki sementni tez qotirish usullari ishlatilganda uning mustahkamligi qisqa muddat qotganidan so'ng, masalan, 1, 3 va 7 kundan so'ng sinab ko'riladi. Aksincha monolit qurilmalarda ishlatiladigan va sekin qotuvchi sement ishlatilganda betonning qotish muddati 28 kundan ko'p xolida belgilanishi mumkin (60, 90 va 120 kun). Beton qotishining belgilangan muddati oshganda sement ko'proq tejaladi. Belgilangan qotish muddati texnik va iqtisodiy jihatdan asoslangan bo'lishi kerak.

ST SEV 1406-78 talablari asosida loyihalashtiriladigan konstruktsiyalar uchun betonning siqilishga chidamliligi klasslar bilan belgilanadi. Betonning klassi siqilishga chidamlilik kafolati 0,95 foiz ta'minlanganlik bilan belgilanadi. Betonlar quyidagi klasslarga bo'linadi: B1; B1,5; B2; B2,5; B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60. B klassdagi betondan ishlab chiqarishda 15x15x15sm namunalar bilan nazorat qilinadigan betonning o'rtacha mustahkamligiga (MPa) o'tish uchun (o'zgarish koeffitsiyenti 13,5 foiz bo'lgan holda) $R_b^{or} = B/0,778$ formulasi ishlatiladi. Misol uchun V5 klassi uchun o'rtacha mustahkamlikni quyidagicha chiqaramiz: $R_b^{or} = 6,43$ MPa, V40 klassi uchun esa $R_b^{or} = 51,4$ MPa ishlatiladi.

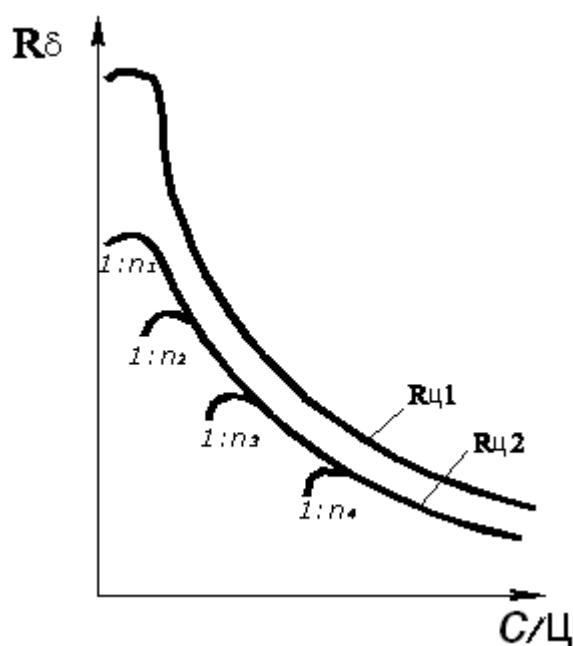
Beton tarkibini to'g'ri aniqlash uchun uning mustahkamligi sement va to'ldiruvchining sifatli bo'lishi, tashkil etuvchilarni o'zaro nisbati va boshqa omillarga bog'liq ekanligini tushunish kerak. Betonning mustahkamligi normal sharoitda va belgilangan muddatda qotgach asosan sementning mustahkamligi (faolligi) va suv sement nisbatiga bog'liq bo'ladi. $SUV/TSEMENT$ nisbati deyilganda yangi tayyorlangan beton aralashmasida suv massasining sement massasiga nisbati tushuniladi. Bunda erkin, ya'ni to'ldiruvchi shimmagan suv hisobga olinadi. Sementning mustahkamligi oshganda yoki suv sement nisbati kamayganda betonning ham mustahkamligi oshadi. Bu bog'liqlikni quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$R_b = \frac{R_{ts}}{A(S/Ts)^{1/2}}, \quad (1.2)$$

bu erda: R_b – normal haroratda 28 kundan so'ng betonning mustahkamligi; R_{ts} – tsementning faolligi; S/TS – suv sement nisbati; A – boshqa omillar ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

Beton mustahkamligining suv sement nisbatiga bog'liqligi giperbolik yoy tarzida ifoda etiladi (1. 4-rasm). Beton mustahkamligining suv sement nisbatiga bog'liqligi beton strukturasi qoliplashining fizik mohiyatidan kelib chiqadi. Sement gidratatsiya jarayonini o'rganish sement qotganda, qotish muddati va sifatiga qarab, o'z vaznining 15-25% miqdorida suvni biriktiradi. Birinchi bir oy davomida suv sement vaznining 20 foizidan ortiq bog'lanmaydi. Shu bilan birga beton qorishmasiga plastiklik berish uchun unga ancha ko'p (tsementning 40-70 foizi miqdorida $S/TS=0,4 - 0,7$) suv qo'shiladi. Chunki $S/TS=0,2$ bo'lganda beton qorishmasi deyarli quruq bo'lib uni sifatli aralashtirish va ishlatishning imkoni bo'lmaydi. Sement bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydigan ortiqcha suv beton ichida suv qatlami va suv kapillyarlari sifatida qoladi va g'ovak qoldirib bug'lanib ketadi. Ikkala holatda ham beton g'ovaklar bo'lgani uchun zaiflashadi va shuning uchun S/TS qancha ko'p bo'lsa betonning mustahkamligi shuncha kamayadi. Suv sement nisbati qonuni mohiyatan beton mustahkamligining zichlik va g'ovaklikka bog'liq ekanligini ko'rsatadi.

Beton mustahkamligining suv sement nisbatiga bogʻliq ekanligi maʼlum chegara doirasidagina bajariladi. Suv sement nisbati juda past boʻlgan holatlarda, sement va suv sarfi koʻpaytirilgan sharoitda ham, qulay joylashuvchan beton qorishmasini olib boʻlmaydi, beton kerakli darajada zich boʻlmaydi. Shuning uchun $R_b = f(S/Ts)$ buziladi. S/TS nisbati yana kamaytirilgan bilan betonning mustahkamligi oshmaydi, soʻngroq esa u kamaya boshlaydi. Beton mustahkamligini kamayishida sement gidratatsiyasi uchun, sement bilan bevosita taʼsirga kirishgan suvga nisbatan maʼlum darajada (2-3 marta) koʻproq suv kerakligi ham taʼsir qiladi. Bu ortiqcha miqdorni belgilangan miqdoridan kamaytirish gidratatsiyani sekinlashtiradi, bu esa oʻz navbatida betonning mustahkamligini kamaytiradi.



1. 4-rasm. S/TS va Rts nisbatiga beton mustahkamligining bogʻliqligi (1 : n - sement massasining toʻldiruvchi massasiga nisbatan, $R_{ts} > R_{ts}$)

1. 5-rasm. S/TS nisbatiga beton mustahkamligining bog`liqligi

Mustahkamlikning suv sement nisbatiga bog`liqligi beton bir hil materialda, beton qorishmasini harakatchanligi yaqin bo`lganda hamda betonni tayyorlash va yotqizish texnologiyalari bir hil bo`lganda sinab ko`riladi. Beton mustahkamligiga, R_{ts} va S/TS dan kam bo`lsa ham, sementning turi, to`ldiruvchining xususiyati, namunalarni tayyorlash usuli va boshqa omillar ham sezilarli ta`sir qiladi.

SHunday qilib, amalda $R_b = f(S/TS)$ ta`sirini ko`rsatuvchi aniq bir yoy emas, beton mustahkamligini o`zgaruvchanligini hisobga olinganda boshqa omillarning ta`siri bilan hosil bo`lgan ko`p tajribalarning natijasi joylanadi. Biroq, hisob-kitoblarni osonlashtirish uchun R_b ning S/TS ga bog`liqligini ko`rsatuvchi o`rtacha yoylar yoki ularning formulalari ishlatiladi. Beton mustahkamligi formulalarida sement, to`ldiruvchi va boshqa omillarning ta`siri odatda empirik koeffitsiyentlar bilan hisobga olinadi.

Amalda beton mustahkamligining u yoki bu o`rtacha yoy yoki formula belgilagan hisoblardan og`ganligini ko`rishimiz mumkin. Ba`zi hollarda haqiqiy

mustahkamlik hisobdagisidan 1, 3-1, 5 marta farq qilishi mumkin. Shuning uchun beton tarkibi loyihalashtirilayotganda hisob bilan olingan tarkib nazorat qorishmasi bilan tekshiriladi.

Beton texnologiyasi rivojlanishi bilan uning mustahkamligiga ta'sir qiluvchi omillar ham ko'payib bormoqda. Nimagaki, sement, to'ldiruvchilarning turi ko'payapti, tayyorlashning yangi texnologiyalari paydo bo'layapti. Shuning uchun ko'zda tutilgan texnologiya asosida ishlatilishi lozim bo'lgan materiallarda betonni sinab ko'rish yana ham katta ahamiyat kasb etadi. Ish hajmi katta bo'lganda ham sinov ishlari majburiy o'tkazilishi lozim. Nimagaki ular beton mustahkamligining suv sement nisbati va boshqa omillarga yanada ishonchli bog'liqligining beradi va ulardan keyinchalik ham foydalanish zarur. Agar dastlabki sinovlar o'tkazilmagan bo'lsa bu bog'liqlikni ish davomida, betonning nazorat sinovlarida aniqlash mumkin.

Odatda qurilish praktikasida ushbu ob'ekt va zavodda ishlatiladigan material va texnologiyalar ishlab chiqarish davomida almashtirilmaydi va shuning uchun turli mustahkamlikdagi beton olishning asosiy omili suv sement nisbati bo'lib qoladi. Bu esa suv sement nisbatining beton texnologiyasidagi ahamiyatini yana bir marta ta'kidlab o'tadi.

Beton tarkibini aniqlash uchun uning mustahkamligi suv sement nisbatiga bog'liqligi emas, mustahkamlikning suv sement nisbatiga teskari bog'liqligi qulayroqdir. Sement-suv nisbati 1, 3dan 1, 5gacha o'zgarganda bu bog'liqlik to'g'ri chiziqli bo'lib quyidagi formula bilan ifodalanishi mumkin:

$$R_b = AR_s[(T_s / S) - D], \quad (1.3)$$

bu erda R_b – 28 kunlik betonning mustahkamligi; s/S sement-suv nisbati; A va D beton mustahkamligiga to'ldiruvchi boshqa omillar ta'sirini hisobga oluvchi empirik koeffitsiyent; o'rtacha olganda $A=0,6$; $D=0,5$.

Yuqoridagi bog'liqliklar 1.2 va 1.3 faqat harakatchan beton qorimasi ishlatilganda hosil bo'ladigan tarzda zich yotqizilgan holatgagina to'g'ri keladi. Bikir beton qorishmalarni yaxshilab zichlash uchun alohida usullardan foydalanish kerak bo'ladi (vibratsiyaning ko'proq bo'lishi, kuchli shibbalash, prokatlash,

presslash va hokoza). Beton zichlanganda uning orasida havoli g'ovak qoladigan bo'lsa bu g'ovaklar hajmi suvdan qoladigan g'ovaklar hajmiga qo'shiladi va formulaga S o'rniga $S+SS$ qo'yiladi. Bu formulada SS havo g'ovaklarining hajmini bildiradi.

Yig'ma temir-beton konstruksiyalardagi bug'lantiriladigan betonning mustahkamligini, yuqoridagi formulalar bilan aniqlash mumkin. Bunda bug'lantirilgandan so'ng 1 kun o'tgach betonning mustahkamligi markasining 70 foizini tashkil etadi, deb hisoblanadi yoki tajriba yordamida olingan bog'liqliklar bilan chiqariladi.

Beton mustahkamligining sement-suv nisbatiga bog'liqligi va sementning faolligi bitta formula bilan ifoda etilmaydi. Aslini olib qaraganda, bu bog'liqlik ko'pincha soddalashtirib aytishgani kabi to'g'ri chiziqli bo'lmaydi. U anchagina murakkab yoy bilan ifoda etiladi (1. 5-rasm). Biroq praktik maqsadlar uchun bu yoyni ikkita to'g'ri chiziq bilan almashtirib beton tarkibini hisoblash uchun ikkita empirik formulani ishlatish mumkin:

$$S/T_s \geq 0,4 (T_s/S \leq 2,5) \text{ betonlar uchun } R_b = AR_{ts}[(T_s/S) - 0,5]; \quad (1. 4)$$

$$S/T_s \geq 0,4 (T_s/S \leq 2,5) \text{ betonlar uchun } R_b = A_1 R_{ts}[(T_s/s) + 0,5] \quad (1. 5)$$

bu erda R_{ts} – portlandtsementning O'z. RST bilan belgilangan mustahkamligi;

A va A_1 koeffitsiyentlar qiymatlari 1. 1-jadvalga asosan qabul qilinadi.

A va A_1 koeffitsiyentlarining (1. 4) va (1. 5) formulalardagi qiymatlari,

1. 1-jadval

Beton materiali	A	A_1
Yuqori sifatli	0, 65	0, 43
Oddiy	0, 6	0, 4
Past sifatli	0, 55	0, 37

I z o h. Yuqori sifatli material: zich tog' jinslaridan olingan chaqiq tosh, optimal yiriklikdagi qum va faolligi yuqori bo'lgan, qo'shimcha aralashtirilmagan yoki aralashma miqdori minimal bo'lgan portlandtsement; to'ldiruvchilar toza, yuvilgan, donalari optimal darajada saralangan. Oddiy materiallar: o'rta sifatli to'ldiruvchilar, shu jumladan shag'al, faolligi o'rta darajada bo'lgan portlandtsement yoki markasi yuqori bo'lgan shlakoportlandtsement. Past sifatli materiallar: mustahkamligi past yirik to'ldiruvchilar, mayda qumlar, faolligi past sementlar.

Yuqoridagi formulalar zichlik darajasi 0, 98dan kam bo'lmagan holatga keltirilib vibrator bilan zichlashtirilgan o'rta darajadagi bikir va harakatchan beton qorishmalar uchun mos keladi. Beton tarkibi aniqlanganda mustahkamlik formulasi odatda suv sement nisbatini tayinlash uchun ishlatiladi. U yoki bu holatda qaysi formulani ishlatishni bilish uchun, portlandtsement mustahkamligini aniqlashda ko'p ishlatiladigan, $V/S=0,4$ bo'lganda beton bilan sementning mustahkamligini solishtiramiz. Bu holatda o'rtacha

$$R_b = 0,6R_{ts} (2,5 - 0,5) = 1,2R_{ts}. \quad (1.6)$$

Shunday qilib, betonning mustahkamligi ($A = 0,55$ dan $0,65$ gacha o'zgarganda) normal sement qorishmasidan 10-30% yuqoriroq bo'lishi kuzatilmoqda. Buni quyidagicha izohlash mumkin: bir tomondan sement qorishmasining strukturasi va tayyorlanishini o'ziga xosligi sabab, g'ovakligi betondan (3-5%) ko'proq bo'ladi. Boshqa tomondan bir fraktsiya volsk qumi ishlatilishini ham hisobga olish lozimki bu holat qorishmaning mustahkamligini kamaytiradi (tajribaga ko'ra, volsk qumi qo'shilgan qorishmaning mustahkamligi, suv sement nisbati bir hil bo'lganda, yaxshi qurilish qumi qo'shilgan qorishma mustahkamligiga ko'ra kamroq bo'lgan).

SHundan kelib chiqqan holda 1. 4 formulani quyidagi hollarda qo'llash lozim bo'ladi:

$$A = 0,65 R_b \geq 1,3 \text{ bo'lganda}$$

$$A = 0,6 R_b \geq 1,2 \text{ bo'lganda}$$

$$A = 0,55 R_b \geq 1,1 \text{ bo'lganda}$$

Yo'l va aerodromlar qurilishida ishlatiladigan og'ir betonlar uchun beton markasini, kvadrat balkachalarni sinash yo'li bilan aniqlanib, egilishdagi cho'zilishga mustahkamligiga qarab tanlanadi. Balkachani uzunlikning 1/3 oraliq bilan sinab ko'riladi.

Standart balkachalarning o'lchami

1. 2-jadval

To'ldiruvchining eng yirik donasining o'lchami, mm	Balkachaning o'lchami, mm		
	kesm yuzasi	uzunligi	tayanchlar ortasidagi masofa
30	100x100	400	300
50	150x150	600	450
70	200x200	800	600

Egilishdagi cho'zilishga mustahkamlilik chegarasi R_{egl} , MPa, quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$R_{egl} = kP_{max} / bh^2, \quad (1. 7)$$

bu erda P_{max} – buzuvchi kuch kN; b – namunaning eni, sm; h – namunaning balandligi, sm; k – quyidagiga teng qabul qilinadigan koeffitsiyent:
balkachalar uchun uzunlik:

40 sm $k = 31, 5$

50 sm $k = 45$

80 sm $k = 57$

1. 6-rasm. Betonning egilishga (1) R_{eg} va cho'zilishga (2) R_{ch} mustahkamligini siqilishga bo'lgan mustahkamligiga nisbatan bog'liqligi

1. 7-rasm. Xar-xil tarkibdagi betonlar mustahkamliklarini taqsimlanishining egri chiziqlari va me'yoriy qarshiliklardan past mustahkamliklarning yuzaga kelish ehtimollari

1. 8-rasm. Me'yoriy qarshiliklarni doimiy ta'minlanish uchun betonning o'rtacha mustahkamligini bir jinsliligiga bog'liqligi

Betonning egilishga mustahkamliligi uning siqilishga mustahkamliligidan bir necha marta kam bo'ladi. Betonning egilishdagi cho'zilishga bo'lgan markalari: M 5; M 10; M 15; M 20; M 25; M 30; M 35; M 40; M 45; M 50.

Betonning siqilishga mustahkamligi qaysi omillarga bog'liq bo'lsa uning egilishga mustahkamligi ham o'sha omillarga bog'liq bo'ladi, biroq ikkinchi holatda miqdoriy bog'liqliklar boshqacha hosil bo'ladi. Betonning markasi oshishi

bilan R_{siq}/R_{egl} nisbat ham oshib boradi (1. 6-rasm). Amaliyotda betonning egilishga mustahkamliligini 6 MPa dan oshirish qiyin bo`ladi.

TSementning egilish faolligi O`z RSTga muvofiq hisoblansa betonning egilishga mustahkamliligi sement sifatiga bog`liqligini yana ham aniqroq hisoblab chiqarsa bo`ladi. Buning uchun hisob-kitoblarda quyidagi formulani ishlatish mumkin

$$R_{egi} = (A_p R'_{ts} - 0,2), \quad (1. 8)$$

bu erda R_{egl} – betonning egilish markasi; A_p – empirik koeffitsiyent bo`lib yuqori sifatli materillar uchun 0, 42, oddiy materiallar uchun 0, 4 va past sifatli materiallar uchun 0, 37 ga teng deb olinadi; R'_{ts} = sementning egilishdagi faolligi.

Betonning yoshi ortib borgan sari uning egilish va cho`zilishga mustahkamliligi siqilishga mustahkamliligiga qaraganda sekinroq oshadi va  $R_{cho`z}/R_{siq}$ kamayadi.

Betonning sifatini uning o`rtacha mustahkamligi bilangina baholab bo`lmaydi. Amaliyotda bu o`lchamdan chetga chiqish ko`p bo`lishini kuzatish mumkin. Sement faolligining o`zgarib turishi, uning normal quyuqligi, minerologik tarkibi, to`ldiruvchilarning xususiyati, bir-biridan sal bo`lsa ham farq qiladigan donalari, tayyorlash va qotish tartibi, materiallarning dozirovkasi, aralashtirish va qotirish tartibi beton strukturalari turlicha bo`lishiga sabab bo`ladi. Natijada betonning ba`zi o`rinlari boshqasidan ozmi-ko`pmi farq qilishi mumkin, bu esa o`z navbatida ishlatiladigan materialning xususiyati va texnologik jarayonning bir maromda bo`lishiga bog`liq bo`ladi. Demakki, betonning mustahkamlik, zichlik, o`tkazuvchanlik, sovuqqa chidamlilik va boshqa xususiyat ko`rsatkichlari o`zgarib turadi. Betonning bir hilligini baholash uchun statistik usullar ishlatiladi. Ya`ni, betonning sifati uning o`rtacha mustahkamligi (yoki tegishli ko`rsatkichlar majmui) va bir xilligi bilan belgilanadi. Bir xillik esa mustahkamlik koeffitsiyenti (yoki boshqa ko`rsatkichlar)ning o`zgarishiga qarab baholanadi.

Beton va temir-beton konstruksiyalar loyiha qilinganda betonning (beton markasining) normadagi o`rtacha mustahkamligi emas, balki beton mustahkamligi

ko'rsatkichlari turliligini hisobga oladigan, bundan tashqari konstruktsiyaning xavfsiz ishlashiga kafolat beradigan muayyan koeffitsiyentlar qo'shilgan hisobiy qarshilik ko'rsatkichlari olinadi.

Hisobiy qarshilik ko'rsatkichlari quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$R_{hqa} = R^n / k = R(1 - 2v^n) / k, \quad (1.9)$$

bu erda R^h – betonning normativ qarshiligi; k – betonning xavfsizlik koeffitsiyenti; R – beton markasi (normalashtiriladigan o'rtacha mustahkamlik); v^N – beton mustahkamligi o'zgarishini baholash koeffitsiyenti; QMQ bo'yicha o'rtacha ifoda $v^n = 13, 5\%$.

Xavfsizlik koeffitsiyenti bo'lgan k ba'zi salbiy omillar natijasida konstruktsiyaning zaiflashishini hisobga oladi. Masalan, nazorat namunalari va konstruktsiyadagi beton mustahkamligining mos kelmasligi, buyum va konstruktsiya o'lchamlari dan og'ish, armaturani loyiha asosida joylashtirishdan chetga chiqish, notasodifiy ishlab chiqarish xatolari va va boshqa omillar shular jumlasiga kiradi.

Agar betonning haqiqiy o'rtacha mustahkamligi betonning loyihadagi markasiga mos kelsa, farqiy koeffitsiyent o'rtacha olganda 13, 5% bo'lsa normativ qarshilik 97, 7% ta'minlangan bo'ladi. Ya'ni 1000 holatdan 977 tasida betonning haqiqiy mustahkamligi uning normativ qarshiligidan yuqori bo'ladi.

Xaqiqatda farqiy koeffitsiyent o'rtacha ko'rsatkichdan boshqacha bo'lishi mumkin va buning natijasida betonning qo'shimcha mustahkamlik ko'rsatkichi o'zgaradi. Texnologiya yaxshi tartibga solingan korxona va qurilishlarda farq qilish koeffitsiyenti 4-6% kamayishi mumkin. Sifati etarli bo'lmagan, xususiyatlaridagi o'zgarishlari katta bo'lgan materiallar ishlatilganda, texnologik jarayon yomon tashkil etilganda farq qilish koeffitsiyenti 20-25 foiz bo'lishi ham mumkin.

1. 7-rasmda o'rtacha mustahkamlik darajasi doimiy (beton markasi) bo'lib bir xillik (farqiy koeffitsiyent) o'zgarganda mustahkamlikning normativ qarshilikdan past bo'lish holati ko'rsatilgan. Bir xillik ko'rsatkichi qancha kam bo'lsa, farqiy koeffitsiyent shuncha yuqori bo'ladi, konstruktsiyalarda

mustahkamligi normativ qarshilikdan kam bo'lgan beton ishlatiladi, ya'ni konstruktsiyalarning ishonchliligi kamayadi.

Mustahkamlikni doimiy bo'lishini ta'minlash uchun farqiy koeffitsiyent o'zgarganda betonning o'rtacha mustahkamligini turlicha qilib belgilash lozim. 1. 8-rasmda farqiy koeffitsiyentni kamaytirish bilan betonning o'rtacha mustahkamligiga talabni kamaytirish mumkinligini ko'rish mumkin va bu holatda konstruktsiyadagi betonning normativ qarshiligi doimiy ta'minlangan bo'ladi, ya'ni, betonning doim sifatli bo'lishi kafolatlanadi.

Ma'lum konstruktsiyalarda betonni o'rtacha mustahkamligiga talabning kam bo'lishi sement sarfini kamaytirib konstruktsiya harajatlarini tushiradi. Shuning uchun beton mustahkamligi va bir xilligini to'la baholash uning sifatini to'g'ri belgilaydi va ishlab chiqarishni takomillashtirish va iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi.

1. 2. Betonning deformativ xususiyatlari

Tayyorlash, qotish, foydalanish va sinash davomida turli sabablar ta'siri bilan betonda hajmiy o'zgarishlar ro'y beradi, material deformatsiyalanadi. Uning qay miqdorda sodir bo'lishi betonning strukturasi, tarkibidagi moddalar xususiyati, texnologiyasini o'ziga xosligi va bir qancha boshqa omillarga bog'liqdir. Konstruktsiyalarni loyihalashda betonning deformatsiyalanish xususiyatlari e'tiborga olinadi. Sababi, bu holat beton va temir-beton konstruktsiyalarning sifati va ishlash muddatiga ta'sir etadi.

SHartli ravishda beton deformatsisini quyidagi turlarga bo'lib chiqish mumkin: betonda bo'layotgan fizik va kimyoviy jarayonlar ta'sirida ro'y beradigan **beton qorishmasining o'z deformatsiyasi** (betonning birinchi cho'kish) va betonning deformatsiyasi (cho'kish va kengayishi); **mexanik yuklar ta'sirida deformatsiyalanishi**, bu erda qisqa muddatli yuklar va uzoq muddatli yuklar (betonni o'ziga cho'ziluvchanligi) ta'siridagi deformatsiyalarni ajratish lozim bo'ladi; **betonning harorat ta'sirida deformatsiyalanishi**.

Beton qorishmasi yotqizilgandan so'ng qattiq donalarning sedimentatsion cho'kish va asta-sekin zichlashuvi yuz berishi mumkin. Bu jarayon ayniqsa

plastik va quyma qorishmalarda aniqroq namoyon bo`ladi. Bu holatda qorishmaning ustiga suv chiqib qolishi va aralashmaning hajmi o`zgarishi mumkin. Buyum baland bo`lganda uning cho`kkanligini qarab ham bilish mumkin. Nimagaki beton deformatsiyasi ko`p bo`ladi va qotgan oddiy beton odatdagi cho`kishidan o`n martalab ko`proq bo`ladi.

1. 9-rasmda birlamchi cho`kishning borishi ko`rsatilgan. Beton yotqizilib zichlanganidan so`ng deformatsiya jarayoni juda tez boradi va 30-90 daqiqalardan so`ng sekin to`xtaydi. Agar quyma qorishmalar ishlatilayotgan bo`lsa dastlabki davrda beton ustida suv paydo bo`ladi. Suv ajaralishi 10-20 daqiqalardan so`ng maksimal darajaga etib, so`ng, jadal o`tadigan sement hamirini kontraktsiyasi jarayoni sababli suv sekin betonga shimib olinadi.

Birlamchi cho`kishning miqdori beton qorishmasining tarkibi va ishlatilgan materiallarning xususiyatiga bog`liq bo`ladi. Og`ir betonlar birlamchi cho`kish hajmi plastik, ayniqsa quyma betonlarga qaraganda kamroq bo`ladi.

1. 9-rasm. Birlamchi $\Delta \xi_b$ ch. Cho`kishning oquvchan (1) va xarakatchan (2) qorishmalarni quyilgandan keyingi o`tgan t vaqtga bog`liqligi

Birlamchi cho`kish quyidagi hollarda kam bo`ladi: beton qorishmasida suv yoki sement hamiri sarfi kam bo`lganda; suvni yaxshi tutib turuvchi maydalangan qo`shimchalar (trepel, diatomit va h. k) qo`shilganda; beton qorishmasining asosi qattiq bo`lishini ta`minlaydigan yirik to`ldiruvchilar bo`lganda. 1. 3-jadvalda granit to`ldiruvchili oddiy beton qorishmaning balandligi 300 mm va diametri 100 mm bo`lgan plastmassali maxsus silindr qolipda sinab ko`rilganda olingan birlamchi cho`kish ma`lumotlari ko`rsatilgan.

Betonning birlamchi cho`kishi

1. 3 – jadval

Bog`lovchi	TSement sarfi, kg/m^3	Birlamchi cho`kish, %, suv sarfi $\text{kg/m}^3$ bo`lgan holatda		
		150	180	210
Portlandtsement	310	0, 15	0, 82	1, 64
	500	-	0, 21	0, 36
20% trepel qo`shilgan	310	0, 01	0, 11	0, 42

portlandtsement				
-----------------	--	--	--	--

Birlamchi cho`kish miqdoriga qolip, armatura karkasi va ishlab chiqarish omillari ta`sir qilishi mumkin. Armatura zich joylashtirilib qolipning tor bo`lishi birlamchi cho`kish hosil bo`lishining oldini oladi.

Beton qorishma asosi qattiq bo`lishi suv sarfining ko`pligida ham birlamchi tashqi cho`kishni kamaytiradi, lekin yirik to`ldiruvchi donalari orasida sedimenttsiya jarayonlar bo`lishiga to`squinlik qila olmaydi. Shuning uchun betonda yashirin cho`kish miqdori ba`zi mikrohajmlarda ko`payib beton qatlamlanib sifati yomonlashadi.

Beton qorishmaga temir-beton buyumlarni qoliplashda ishlatiladigan bosim ta`sir qilganda beton qorishmasining jipsligi oshadi. Natijada bosim olinganda material qandaydir miqdorda kengayadi. Beton qorishmasining siqilishi uning tarkibi va ishlatiladigan materiallarga bog`liq bo`ladi. Siqilishga ayniqsa bu jarayonda qo`shilgan havo ko`p ta`sir qiladi: havo qanchalik ko`p bo`lsa siqilish ham shunchalik ko`p bo`ladi. Bosim ishlatilganda qorishmadan havo bilan suv chiqarib tashlansa uning jipslashishi ham kam bo`ladi. Agar havo beton qorishmada qolsa undan so`ng bo`ladigan deformatsiya ham katta bo`ladi. Beton va temir-beton buyumlar qoliplanayotganda betonning birinchi cho`kish deformatsiyasi va jipslashish xususiyati albatta hisobga olinishi kerak. Xususan ular buyumning so`nggi o`lchami va ochiq yuzalarning sifatiga ta`sir qiladi.

Beton qotish jarayonida uning hajmi o`zgarib boradi. Atmosfera sharoitida yoki muhit etarli darajada nam bo`lmaganda qotishi, betonning cho`kishi, deb atalib hajmining kamayishiga ayniqsa ko`p ta`sir qiladi. Suvda yoki nam sharoitda qotganda beton hajmining kamayishi bo`lmasligi mumkin. Aksincha ba`zi hollarda uning hajmi oz bo`lsa ham ko`payganligi kuzatilgan. Cho`kishning yakuniy miqdori bir qancha tarkibiy qismlardan iborat bo`ladi. Ulardan ayniqsa ahamiyatlisi nam, kontraktsion va karbonizatsion deformatsiya deb ataladi.

Nam cho`kish sement toshi asosida namlikning taqsimlanishi, siljishi va bug`lanishini o`zgartirishi sababli sodir bo`ladi. Uning betonni umumiy

cho`kishiga ta`siri ayniqsa katta bo`ladi. Kontraktsion cho`kish sement toshidagi yangi hosil bo`lgan jismlar hajmi reaksiyaga kirishayotgan moddalar hajmidan kam bo`lganligi bois sodir bo`ladi. Cho`kish sement bilan suv o`rtasidagi kimyoviy reaksiya intensiv borayotgan vaqtda sodir bo`ladi va namunaning tashqi o`lchamini o`gartirishdan tashqari materialdagi g`ovaklar strukturasi o`zgartiradi: suv egallagan g`ovaklar hajmi kamayib havoli g`ovaklar miqdori ko`payadi. Odatda bunday cho`kish beton qotayotgan lekin hali etarli darajada yumshoq bo`lgan vaqtda sodir bo`ladi va shuning uchun material yorilmaydi. Karbonizatsion cho`kish kaltsiy oksidi gidratining karbonlashuvi natijasida sodir bo`lib beton yuzasida boshlanib sekin-asta uning ichiga o`tadi.

Betonning cho`kishi, ayniqsa qotgan materialda bo`layotgan namlik va korbonizatsiyali cho`kish betonning yorilishiga sabab bo`lishi mumkin. Masalan, oldindan zo`riqtirilgan armatura bo`ylab yoki ochiq yuzasi katta bo`lgan buyumlarda darz paydo bo`lib konstruktsiyalarning sifati va ish muddatiga ta`sir qiladi. Ba`zi holatlarda esa konstruktsiyalarni ta`mirlash lozim bo`ladi. Shuning uchun beton va temir-beton buyumlar loyihalashtirilayotganda beton cho`kishining ta`sirini hisobga olish lozim.

Betonning cho`kishi uning tarkibi, ishlatilgan materiallarning xususiyatiga bog`liq bo`ladi. Sement bilan suv miqdori oshib ketganda, yuqori alyuminatli sement, mayda zarrali va g`ovakli to`ldiruvchilar ishlatilganda betonning cho`kishi oshib ketadi. Betonning tez qurishi uni tez va noteks cho`ktiradi (material yuzasining cho`kishi ko`proq bo`ladi) va betonda darz paydo bo`lishi mumkin.

Beton cho`kishini uning tarkibi bilan bog`lovchi bir qancha fikrlar taklif etilgan. Biroq amalda cho`kish hisoblashdagidan ancha farq qilishi mumkin. Sababi, hisobga olish qiyin bo`lgan omillarning ta`siri ko`p bo`ladi.

Beton cho`kishini material bilan bog`lovchi quyidagi formula R. Lermi tomonidan taklif etilgan:

$$\varepsilon_{ch.ts.} / \varepsilon_{ch.b.} = 1 + \beta(V_T / V_u), \quad (1. 10)$$

bu erda $\varepsilon_{ch.ts.}$ va $\varepsilon_{ch.b.}$ – sement toshi va betonning choʻkishi; β – material konstantasi, S/TS , toʻldiruvchining yirikligi va boshqa omillarga bogʻliq boʻladi ($\beta=1, 5-3, 1$); V_T va V_{ts} – toʻldiruvchi va sementning hajmi.

Turli omillarning beton choʻkishiga taʼsirini quyidagi formula asosida baholash mumkin

$$\varepsilon_{ch} = \varepsilon_{ch.max} \xi_{ch1} \xi_{ch2} \xi_{ch3} \xi_{ch4}, \quad (1.11)$$

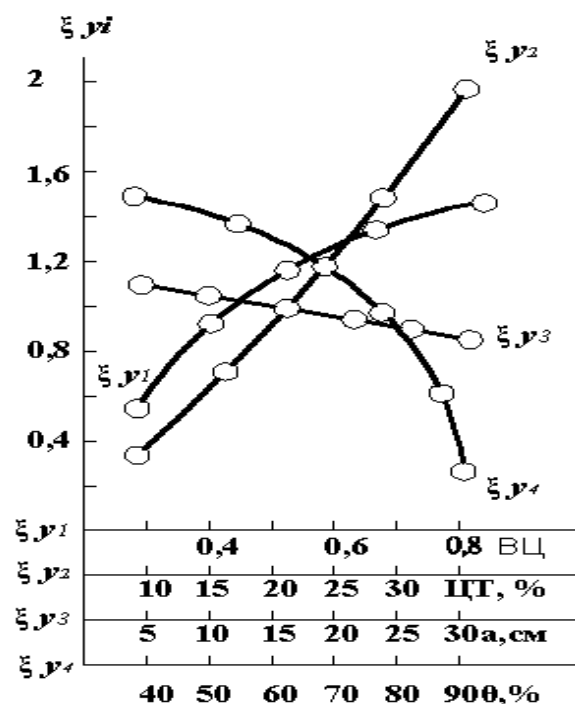
bu erda ε_{ch} – ushbu beton choʻkish deformatsiyasining eng katta miqdori; $\varepsilon_{ch.max}$ – berilgan birlamchi shartga asosan maʼlum tarkibdagi beton choʻkish deformatsiyasining eng katta miqdori; ξ_{ch1} – nisbiy taʼsirni hisobga oluvchi oʻlchovsiz koeffitsiyentlar: S/TS , sement hamirining (TSX) miqdori, namunaning oʻlchami $r=F/R$ (F – koʻndalang kesimning maydoni; R – uning perimetri) va havoning namligi N .

$\varepsilon_{ch.max}$ aniqlanganda $S/TS=0, 5$; $TSX=0, 2$; $r=2, 5$ sm; $N=70\%$ olinadi. Formulada choʻkish boshlanishida beton yoshini hisobga oluvchi koeffitsiyent yoʻq, nimagaki nam sharoitda beton qotishining boshlanishi beton maksimal choʻkish darajasiga kam taʼsir qiladi.

Odatdagi ogʻir beton uchun ξ_{ch1} koeffitsientining ifodasi 1. 10-rasmda koʻrsatilgan. Uni oʻzgarishi beton choʻkishiga turli omillar taʼsirini baholash imkonini beradi.

Yuk tushganda beton deformatsiyasi uning tarkibi, tarkibidagi materiallarning xususiyati va kuchlanish holatining turiga bogʻliq boʻladi. Betonni siqilish diagrammasi yoy shaklida boʻladi va kuchlanish ortishi bilan egrilik ham ortib boradi (1. 11-rasm).

Beton mustahkamligi ortishi bilan uning deformatsiyasi va egrilik diagrammasi σ - ε kamayadi. Mustahkamligi past boʻlgan betonlarda siqilish hatto diagrammasini pasayuvchi shaxobchasi boʻladi. Biroq bu joyda materialning yaxlitligi buzilib mikroskopik darzlar paydo boʻladi va baʼzi joylar ajralib ketadi. Temir-beton konstruksiyalarda armatura beton alohida qismlarini bir butun qilib birlashtirib turadi va konstruksiya hisob ishlarining alohida holatlari uchun betonning siqilish diagrammasi pasayuvchi shaxobchasini hisobga olish zarur.



1. 10-rasm. Beton cho`kishini aniqlash uchun tuzatish kirituvchi ξ_u , koefitsiyentlarning axamiyati

1. 11-rasm. Siqilayotgan betonning diagrammasi

ε_q - qoldiqli deformatsiya; ε_{pl} - plastik deformatsiya; ε_{pp} - psevdoplastik deformatsiya.

1. 12-rasm. Yuklash jarayonida betonning deformatsiyanish modulini o`zgarishi

1. 13-rasm. Beton oquvchanligini aniqlash uchun tuzatish kirituvchi ξ_{pi} koefitsiyentlarning axamiyati

Yuk ostida deformatsiyaning oshishiga uning tezligi, namunaning o`lchami, beton va atrof muhitni harorat-namlik holati va bir qancha boshqa omillar ta`sir qiladi.

Beton deformatsiyasi elastik ε_e , plastik ε_{pl} va psevdoplastik ε_{pp} qismlardan iborat bo`ladi (1. 11 - rasm):

$$\varepsilon_b = \varepsilon_e + \varepsilon_{pl} + \varepsilon_{pp}. \quad (1. 12)$$

Ularning nisbati beton tarkibi, ishlatilgan materiallar va boshqa omillarga bog`liq bo`ladi. Plastik va psevdoplastik qismlarning miqdori yukni davomlilik oshganda, beton mustahkamligi kamayganda, suv sement nisbati ko`payganda va zaif to`ldiruvchilar ishlatilganda oshadi.

Betonning yuk ostida deformatsiyalanish xususiyat haqida uning **deformatsiya moduli**ga, ya'ni kuchlanishni nisbiy deformatsiya nisbatiga qarab baho beriladi. Deformatsiya moduli qancha yuqori bo'lsa material shunchalik kam deformatsiyalanadigan bo'ladi.

Betonni siqilishish diagrammasi yoysimon bo'lgani bois uning deformatsiya moduli nisbiy kuchlanishga σ/R bog'liq bo'ladi va kuchlanish ortgan sari kamayib boradi (1. 12 -rasm). Beton markasi qancha past bo'lsa deformatsiya moduli shuncha yuqori bo'ladi. Odatda σ/R ni ma'lum qiymatida betonning boshlang'ich deformatsiya moduli yoki deformatsiya moduli aniqlanadi, masalan $\sigma/R_{pr}=0,5$ da.

Amalda deformatsiya modulining turli omillarga empirik bog'liqligi ishlatiladi. Temir-beton konstruktsiyalarni hisoblash uchun deformatsiya modulining beton mustahkamligiga bog'liqligi muhimdir. $\sigma/R_{pr}=0,5$ bo'lganda deformatsiya modulining o'rtacha ifodasini taqriban quyidagi formula bilan aniqlash mumkin

$$E_b = \frac{100000}{1,7 + (3600/R)}.$$

Amalda deformatsiya moduli bu ifodadan ancha farq qilishi mumkin. 1. 4-jadvalda ba'zi beton turlarining siqilishdagi deformatsiya moduli ko'rsatilgan. Jadvaldan texnologik omillarning ta'siri katta ekanligini ko'rish mumkin.

Ba'zi beton turlari deformatsiya modulining o'rtacha ifodasi, MPa

1. 4 – jadval

Beton	Beton deformatsiyasi moduli, MPa, markalarda		
	M 100	M 300	M 500
Oddiy og'ir beton	19	34	410
Engil beton	11	19	-
Mayda donali beton	13	23	300

Yuk ta'sirida konstruktsiyalarni hisoblash ularning holatini baholash betonning buzilishi boshlanadigan chegaraviy deformatsiya ayniqsa ahamiyatlidir. Tajribalarda olingan ma'lumotlarga ko'ra betonning chegaraviy siqiluvchanligi 0,0015-0,003 atrofida o'zgarib, beton mustahkamligi oshganda ko'tarilib boradi.

Betonning chegaraviy siqiluvchanligi shuningdek deformativligi ko`proq bo`lgan komponentlar ishlatish va ularning tishlashishini etarli bo`lishini ta`minlash yo`li bilan ham oshirish mumkin. Betonning chegaraviy cho`ziluvchanligi 0, 0001-0, 0015ni tashkil etadi, ya`ni uning chegaraviy siqiluvchanligidan tahminan 15-20 marta kam. Betonga plastiklashtiruvchi qushimchalar qo`shilishi, belitli sement ishlatilishi, to`ldiruvchi yirikligini kamaytirish yoki deformativ xususiyati yuqori bo`lgan to`ldiruvchilarni ishlatish uning chegaraviy cho`ziluvchanligini oshiradi.

Betonning siljuvchanligi deb uzoq muddat davom etgan yuk ta`sirida uning deformatsiyalanishi tushuniladi. Siljuvchanlikning fizik tabiati hali etarli darajada aniqlanmagan. Biroq ko`pchilik tatqiqotchilar siljuvchanlikni plastik deformatsiyasi sement toshining plastik xususiyatlari va beton asosiy tarkibining o`zgarishi bilan bog`liq deb tushuntirishadi. Siljuvchanlik natijasidagi deformatsiya yuk tushganning birinchi davrida ko`proq kuzatilib so`ng asta-sekin kamayib boradi. Lekin ba`zan uni bir yildan oshiq yoshdagi betonda ham ko`rish mumkin. To`la siljuvchanlik deformatsiyasi beton yuk ostiga quyilgandagi deformatsiyadan ko`p bo`lishi mumkin.

Betonning siljuvchanligi uning cho`kishidan boshqa bir qancha omillarga ham bog`liq bo`ladi. Ko`pchilik omillar siljuvchan deformatsiyaga cho`kish deformatsiyasi kabi ta`sir qiladi. Beton siljuvchanligiga sementning turi, suv sement nisbati, to`ldiruvchining turi va yirikligi, betonning zichlashtirish darajasi, yuk tushganda sementning gidratatsiyalanish darajasi, beton va atrof muhitning harorati va namligi, hamda namunaning o`lchami va betondagi nisbiy kuchlanish darajasi ham ta`sir qiladi. Sement miqdorining oshishi, suv sement nisbatining ortishi, to`ldiruvchi yirikligining kamayishi va uning deformativlik darajasini oshishi bilan masalan g`ovak to`ldiruvchilar ishlatilganda betonning siljuvchanligi ham oshadi.

Betonning siljuvchanligi bir marta yuk qo`yilgandagi  $S$  siljuvchanlik o`lchovi bilan o`lchanadi:

$$S_{il} = \varepsilon_{tsd} / \sigma ,$$

bu erda ε_{tsd} – to`la siljuvchanlik deformatsiyasi.

Siljuvchanlikning taqribiy o`lchovi quyidagi formula bilan o`lchanadi

$$S_t = S_0 \xi_{n1} \xi_{n2} \xi_{n3} \xi_{n4} \xi_{n5}, \quad (1.13)$$

bu erda S_0 – siljuchanlikning birlamchi o'lchovi bo'lib, qotishni tezlashtiruvchi vositalar qo'shilmagan oddiy portlandtsementli beton uchun $15, 2 \cdot 10^{-7}$ va mustahkamligi yuqori beton uchun esa $10, 2 \cdot 10^{-7} \text{ sm}^2/\text{N}$ ga teng deb olinadi; ξ_{ni} - yuk tushish vaqti, S/TS , sement sarfi, namuna kesmasining o'lchami va havo namligining ta'sirini hisobga oluvchi tuzatuvchi koeffitsiyentlar.

1. 13-rasmda ξ_{n1} tuzatuvchi koeffitsiyentlarning o'zgarish grafigi turli omillarning oddiy og'ir betonning siljuchanlik deformatsiyasiga ta'siri ko'rsatilgan.

1. 14-rasm. 1:6 tarkibdagi beton $\alpha\delta$ chiziqli kengayish harorat koeffitsiyentining to'ldiruvchi at chiziqli kengayish koeffitsiyentiga bog'liqligi
ingichka chiziq - suvda qotish; qalin chiziq - havoda qotish.

Beton ham boshqa materiallar kabi issiqda kengayib sovuqda torayish xususiyatiga ega. O'rtacha olganda betonning chiziqli kengayish harorat koeffitsiyenti $\alpha=10 \cdot 10^{-6}$ ni tashkil etadi. Biroq real sharoitda bu ko'rsatkich betonning tarkibi, to'ldiruvchi va bog'lovchining xususiyatiga bog'liq bo'ladi. Sement toshi miqdori ko'payishi bilan α koeffitsiyenti oshadi. To'ldiruvchining turi ham α koeffitsiyentga ta'sir qiladi. Misol uchun granitli beton bilan tajriba

o`tkazilganda  $\alpha = 9,8 \cdot 10^{-6}$ , keramzitda  $\alpha = 7,4 \cdot 10^{-6}$ , oxaktoshli betonda esa  $\alpha = 8,6 \cdot 10^{-6}$  bo`lgan. Beton α koeffitsiyentining to`ldiruvchi  $\alpha$  koeffitsiyentiga bog`liqligi 1. 14-rasmda ko`rsatilgan. Betonda fizik va kimyoviy o`zgarishlar bo`lmagan holatda haroratning  $0 - 50^{\circ}\text{S}$  o`zgarishi quruq betonning α koeffitsiyentiga kam ta`sir qiladi. Xo`l betonning harorati o`zgarganda harorat deformatsiyasi namli cho`kish yoki kengayish miqdoridan olinadi. Nam beton muzlaganda g`ovaklarida muz hosil bo`lib uning deformatsiyasiga jiddiy ta`sir qiladi. Ko`pincha beton 0°S darajadan past haroratda sovuganda hosil bo`layotgan muzning kengayishi natijasida kengayuvchi deformatsiya sodir bo`ladi.

Betonning harorat deformatsiyasi po`latning harorat deformatsiyasiga yaqin va shuning uchun ikkala material turli haroratda foydalaniladigan temir-beton buyumlarda birga ishlatiladi.

1. 3. Betonning zichligi, o`tkazuvchanligi va sovuqqa chidamliligi

Qotmagan beton bilan qotgan betonning zichligini farqlash kerak bo`ladi. To`g`ri hisoblanib zich yotkazilgan beton qorishmasi mutlaqo zich bo`lishi (qorishmadagi suv ham hisobga olingan holdagi zichlik) mumkin. Bu holatdagi beton qorishmasining zichligi, agar havo qo`shilmagan va material absolyut hajmi ja`mi olib hisoblangan bo`lsa, nazariy zichlik bilan bir xil bo`ladi.

Betonning zichlashtirish sifati odatda quyidagi zichlashtirish koeffitsiyenti bilan hisoblanadi:

$$K_{zich} = \gamma_{haq} / \gamma_{his} \quad (1. 14)$$

bu formulada γ_{haq} va γ_{his} - beton qorishmasining haqiqiy va hisobiy zichligi.

Odatda koeffitsiyentni $k_{zich} \approx 1$ olishga harakat qilinadi. Biroq vibratsiya (titratish) va boshqa omillar ta`sirida beton qorishmasiga havo aralashgani sababli  $k_{zich}$  ko`pincha $0,96 - 0,98$ ga teng bo`ladi.

Qotgan betonda suvning faqat bir qismigina kimyoviy birikkan holatda bo`ladi. Qolgan (erkin) suv g`ovaklarda qoladi yoki bug`lanib ketadi. Shuning uchun qotgan beton hech qachon absolyut zich bo`lmaydi. Betonning g`ovakligini (% ko`rinishida) quyidagi formula bilan aniqlash mumkin

$$Q' = \frac{S - \omega Ts}{1000} 100,$$

bu erda S va Ts – 1m^3 beton uchun suv va sement sarfi, kg; ω - kimyoviy birikkan suv miqdori, sement massasiga nisbatan %.

28 sutkada sement o'z massasining 15 foizi miqdoridagi suvni biriktirib turadi. Masalan, 1m^3 beton qorishmasida 320 kg sement va 180 litr suv bo'lganda betonning g'ovakligi quyidagicha bo'ladi:

$$Q' = \frac{180 - 0,15 \cdot 320}{1000} 100 = 13,2\% \quad \text{zichlik esa } 100 - 13,2 = 86,8\%.$$

Beton nisbiy zichligini to'ldiruvchilar donadorlik tarkibini diqqat bilan tanlab oshirish mumkin. Natijada to'ldiruvchi aralashmasida bo'sh joylar kamayib sement toshining betondagi miqdori minimal bo'ladi. Bundan tashqari gidratatsiyada ko'proq suvni biriktiradigan (yuqori darajada mustahkam portlandtsement, giltuproqli va kengayadigan sement) yoki ko'proq absolyut hajmni egallaydigan (putstsolanli) sement turlarini ishlatish mumkin. Beton zichligini suv sement nisbatini kamaytirish bilan ham oshirish mumkin. Buning uchun unga maxsus qo'shimchalar – plastifikatorlar qo'shiladi, beton qorishmasini vibrator, markazdan qochuvchi va boshqa mexanik usul bilan zichlashtiriladi. Betondagi erkin suvning bir qismini yotqizish vaqtida vakuum yoki presslash usuli bilan chiqarib tashlash mumkin.

Betonning zichligi muhim xususiyat hisoblanib uning mustahkamligi, o'tkazmaslik xususiyati va uzoq vaqt ishlashini ta'minlaydi.

Gidrotexnik va boshqa inshootlar uchun betonning o'tkazuvchanligi ayniqsa muhim xususiyat sanaladi. U shuningdek materialning namlanish va muzlash, agressiv muhit va turli atmosfera omillarining ta'siriga qarshiligi xususiyatini ham belgilaydi.

Betonning o'tkazuvchanligi uning g'ovakligi, g'ovaklarning strukturasi, bog'lovchi va to'ldiruvchining xususiyatiga ham bog'liq bo'ladi. Beton turli o'lchamdagi g'ovak va kapillyarlarning mayda to'ri o'tgan kapillyarli-g'ovak material hisoblanadi. Mayda g'ovak va kapillyarlar (mikrog'ovaklar) o'lchami 10^{-}

⁵ sm bo`lib ularga xususan sement gelining g`ovaklari ham kiradi va deyarli suv o`tkazmaydi.

O`lchami  $10^{-5}$  sm dan katta bo`lgan makrog`ovak va kapillyarlar bosim, namlik gradiyenti yoki osmotik ta`sir sababli suvni filtrlashi mumkin. Shuning uchun betonning o`tkazuvchanligi undagi makrog`ovak va kapillyarlarning hajmi va taqsimlanishiga bog`liq bo`ladi.

Makrog`ovaklar ning taqribiy hajmi V_{mg} % bilan quyidagi formula yordamida hisoblaniladi

$$V_{mg}' = \frac{S - 2\omega Ts}{1000} 100. \quad (1. 15)$$

Betondagi makrog`ovaklarning hajmi 0 dan 40 foizgacha o`zgarib turadi. S/TS darajasi kamayganda, sement gidratatsiyasi oshganda, beton qorishmasining havoni olishi kamayganda, beton strukturasini zichlovchi kimyoviy qo`shimchalar qo`shilganda beton makrog`ovaklari kamayadi. O`tkazuvchanlik bilan makrog`ovaklikning bog`liq ekanligi 1. 15-rasmda ko`rsatilgan. Makrog`ovaklik asosan suv sement nisbatiga bog`liq bo`lgani uchun o`tkazuvchanlikni S/TS bog`lash mumkin va bu holat amalda foydalanish uchun ancha qulayroq ham. Amalda bu bog`liqdagi chetlashish ancha katta bo`lishi mumkin. Chunki suv sement nisbati bir hil bo`lgan sharoitda makrog`ovaklik sementning turi va sarfi, zichlashganlik darajasi va betonning o`tkazuvchanligiga ta`sir etuvchi boshqa bir qancha omillarga bog`liq bo`ladi.

Beton namlanganda mayda g`ovak va kapillyarlar suv bilan to`lib, u esa sirtqi kuchlar ta`sirida o`z harakatchanligini sezilarli yo`qotib kapillyarlarni berkitib qo`ygandek bo`ladi. G`ovak va kapillyarlarning «kolmatatsiyasi» degan holat yuzaga kelib betonning o`tkazuvchanligini kamaytiradi.

Betonning yoshi oshib borishi bilan uning g`ovaklik holati ham o`zgaradi. Makrog`ovaklar sement gidratatsiyasi mahsulotlari bilan to`lib hajmi kamayadi va natijada betonning o`tkazuvchanligi kamayadi.

Betonning o'tkazuvchanligini o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti ya'ni doimiy bosim sharoitida, 1 soat davomida, 1 sm²dan o'tgan suv bilan hisoblab topish mumkin:

$$k_{o,t} = V_S F t (P_1 - P_2), \quad (1.16)$$

bu formulada V_S – namunadan o'tgan suvning miqdori; F – namunaning yuzasi; t – vaqt; $P_1 - P_2$ – bosim gradiyenti.

1. 15-rasm. Betonning o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining mikrog'ovaklik V_{mg} xajmiga bog'liqligi

Zich betonlar odatda suvni filtrlamaydi. Shuning uchun ularni baholash uchun boshqa tushuncha – suv o'tkazuvchanlik markasi ishlatiladi, masalan, S2, S4 va hokozo. Ushbu xususiyat maxsus sinovlarda aniqlanib, beton qanday bosimgacha suv o'tkazmasligini ko'rsatadi.

1. 16-rasm. Oddiy (1) va havo aralashgan (2) betonning sovuqqa chidamliligini
S/TS nisbatiga bog'liqligi

Sinov o'tkazishda namunaning suvga tegib turgan tomonida bosim asta-sekin orttirib boriladi. Namunaning boshqa tomoni kuzatilib bosim qanchaga etganda uning yuzasida suv yoki alohida tomchi paydo bo'lishi aniqlanadi. Mana shu bosim betonning suv o'tkazmaslik xususiyatini belgilaydi.

Betonning o'tkazmaslik xususiyatiga uning bir xilligi, qotish va ishlash davomida material yaxlitligining saqlanishi katta ta'sir qiladi. Yuk ta'siri bilan beton cho'kkanda, ketma-ket nam bo'lish va muzlash yoki qurish yoki boshqa omillar sabab paydo bo'ladigan mikroyoriqlar betonning o'tkazmaslik xususiyatini ancha kamaytirishi mumkin.

Yuqorida aytib o'tilganlar singari betonga boshqa suyuqliklar – tuz va kislota eritmasi, neftmaxsulotlari va hokozolarning ta'siri ham tegishlidir. Ba'zi hollarda bunday ta'sir sement toshi va to'ldiruvchining singgan suyuqlik bilan faoliyatga kirishishi sababli ham sodir bo'ladi. Bu esa o'z navbatida betonning o'tkazuvchanligini asta-sekin oshirib boradi. Ba'zan esa g'ovaklar o'zara ta'sir mahsulotlari bilan kolmatatsiyalanganda betonning o'tkazuvchanligi kamayishi ham mumkin.

G'ovaklik hajmi va xususiyati betonning gazo'tkazuvchanlik xususiyatiga hal qiluvchi ta'sir etishi mumkin. G'ovaklarning namlik yoki kimyoviy reaksiya maxsullari bilan kolmatatsiyalanishi betonning gazo'tkazuvchanlik darajasini

ancha kamaytiradi. Gazo`tkazuvchanlik beton va po`latning atmosfera omillari ta`sirida korroziyalanishiga katta ta`sir qiladi. Uning bu xususiyati 4-paragrafda batafsil keltirilgan.

Beton o`tkazmaslik xususiyatini oshirish uchun tarkib ratsional tanlanib va ish puxta tashkil etilishidan tashqari boshqa maxsus usullar ham qo`llaniladi (1. 5-jadval).

Beton o`tkazuvchanligini kamaytirish usullari

1. 5-jadval

Usul nomi	Beton o`tkazuvchanligining kamayish darajasi, marta
Beton tayyorlanayotganda quyidagilarni qo`shish: -organik va gidrofob qo`shimchalar	2-10
-noorganik qo`shimchalar	5-1000
-maxsus quyushadigan moddalar yoki termoplastik polimerlar	10-500
Tayyorlangandan so`ng beton maxsus moddalarning shimdirilishi	50-1000
Beton yuqori qatlamining gidrofobizatsiyalanishi	2-10
Beton yuzasini plenka hosil qiluvchi maxsus eritma bilan qoplash	10-100
Betonga manomer shimdirilib so`ng polimerizatsiyalash	50-1000

Beton tayyorlanayotganda unga qo`shimcha va maxsus moddalarni qo`shish nisbatan oddiy va etarli darajada samarali usul hisoblanadi. Bu maqsadlar uchun ishlatiladigan qo`shimchalarning bir qancha turlari ma`lum. Bu borada GJK turidagi ko`shimchalar, sirt-faol moddalar, suvda eriydigan smolalar, ba`zi latekslar, emulsiyalar (masalan bitumli emulsiya) va suspenziyalar samarali ta`sir etishini isbotladi. Ba`zan polimerlarning maydalangan kukuni yoki pek kabi moddalar ishlatiladi. Beton qotgandan so`ng u qizitiladi, polimer materiallar yumshaydi va beton g`ovaklarini kolmatatsiyalab o`tuvchanligini kamaytiradi. Noorganik qo`shimchalar ichida xlorli temir, natriy alyuminat, suyuq shisha va boshqa hokazo mahsulotlar ko`p ishlatiladi. Mayda qilib kukunga aylantirilgan

qo'shimchalar - kul, bentonit loyi va boshqalar ham betonning o'tkazmaslik xususiyatini oshiradi. Kompleks qo'shimchalar yoki kengayadigan yoki cho'kmaydigan qorishma olishni ta'minlovchi maxsus bog'lovchi moddalar qo'shilganda ham yaxshi natijalarga erishiladi.

Qotgan betonga betonni g'ovak va kapillyarlarini kolmatirlovchi petrolatum, suyuq shisha, oltingugurt, parafin va shunga o'xshash boshqa moddalarni shimdirganda uning o'tkazuvchanligi ancha pasayadi. Betonga manomer yoki manomer asosli eritmalar shimdirish va shimiluvchi moddaning betonda polimerizatsiyalashining ta'siri ayniqsa katta bo'ladi.

Betonning sovuqqa chidamliligi deb uning suvga to'yingan holatda qayta-qayta muzlash va erishga chidash xususiyatiga aytiladi. Bunday sharoitda beton buzilishining asosiy sababi suv muzlab g'ovaklarning devorlari va mikrodarzlari chetiga bosimning ortishi bo'ladi. Muzlagan suvning hajmi 9% ortadi; betonni qattiq asosi suvning kengayishiga yo'l bermaydi, uning ichidagi kuchlanish nihoyatda oshib ketadi. Muzlash va erishning qayta-qayta bo'lishi beton strukturasini bo'shashtirib uning emirilishiga sabab bo'ladi. Oldiniga betonning chetlari, so'ng yuzasi va oxirida uning ichki qismi buziladi. Betonni tashkil etuvchilarini chiziqli harorat koeffitsiyenti va harorat-namlik gradiyenti o'trasidagi farq natijasida hosil bo'lgan kuchlanish ham ma'lum ma'noda ta'sir qiladi.

Betonni sovuqqa chidamliligini aniqlash uchun ketma-ket muzlatish va eritish usulidan foydalaniladi. Sinash usuli, xususan muzlatish harorati, namunaning suvni shimish sharoiti, namunaning o'lchami, siklning davomiyligi betonni sovuqqa chidamliligi ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir qiladi. Muzlatish harorati pasaytirilganda, ayniqsa suv yoki tuzlar eritmasida muzlatilganda betonning emirilishi ayniqsa tezroq boradi.

Betonning sovuqqa chidamliligi kriteriyasi sifatida namuna massasining kamayishi 5 foizdan kam va mustahkamligi 25 foizdan oshiq pasaymagan sikllar miqdori olinadi. Sikllar miqdori sovuqqa chidamlilik bo'yicha betonning markasini aniqlaydi. Misol uchun Muz 100, Muz 200 va undan yuqori bo'lib ishlatish sharoitidan kelib chiqqan holda tayinlanadi.

Betonning sovuqqa chidamliligi uning tuzilishi va ayniqsa g'ovaklik xususiyatiga bog'liq bo'ladi. Nimagaki aynan g'ovaklik sovuq havoda betonda hosil bo'ladigan muzning hajmi va taqsimlanishi, demakki, vujudga kelgan kuchlanish va beton strukturasini bo'shashish tezligini belgilaydi. 10^{-5} o'lchamli beton mikrog'ovaklarida birikkan suv bo'lib juda past haroratda (-70°S darajada) ham muzlamasdan turadi. Shuning uchun mikrodarzlar betonni sovuqqa chidamliligiga sezilarli ta'sir qilmaydi. Sovuqqa chidamlilik asosan betondagi makrog'ovaklar xajliga va ularning tuzilishiga bog'liq bo'ladi.

Betonni sovuqqa chidamliligini oshirishning ikki yo'li mavjud:

a) betonning zichligini oshirish, makrog'ovaklar hajmi va ularning suv o'tkazish xususiyatini kamaytirish. Bu misol uchun S/TS nisbatini kamaytirish, g'ovak devorlarini gidrofobizatsiya qiluvchi qo'shimchalar ishlatish yoki maxsus modda shimdirib g'ovaklarni kolmatatsiya qilish orqali amalga oshiriladi;

b) maxsus havo jalb etuvchi qo'shimcha ishlatib betonda havo g'ovaklarining(muzlaydigan suv hajmining 20 foizidan ortiq) qo'shimcha hajmini yaratish. Bunday g'ovaklar beton odatdagidek suvga shimdirilganda to'lmay, lekin muzlashda ro'y beruvchi bosim ostida suv kirishi uchun ochiladi.

Sovuqqa chidamlilikning suv sement nisbatiga bog'liq ekanligi 1. 16-rasmda ko'rsatilgan. Beton sovuqqa etarli darajada chidamli bo'lishi uchun S/TS 0, 5 dan kam bo'lmasligi kerak.

Sovuqqa chidamlilik darajasi oshirishning oddiy va samarali usuli havoni tortuvchi qo'shimchalarni qo'shish hisoblanadi. Qo'shimchalar havo g'ovaklari o'lchamini imkon qadar kichik qilib, betonning sovuqqa chidamlilik darajasini oshiradi shu bilan birga havo tortilgani bois mustahkamlik minimal kamayadi. Havo tortilishning optimal hajmi odatda 4-6 foizni tashkil etadi hamda sement, suv va yirik to'ldiruvchi sarfi bilan aniqlanadi. Mazkur hajm to'ldiruvchi maydalashib sement sarfi ko'paygan sari oshib boradi.

Havo tortuvchi qo'shimcha qo'shilgan betonda g'ovaklarning umumiy hajmi tahminan $1000-2000\text{ sm}^{-1}$ ni tashkil etib, o'lchami 0, 005-0, 1sm atrofida o'zgarib turadi. Alohida g'ovaklar orasidagi masofa 0, 025 sm dan oshmaydi.

1. 4. Beton korroziyasi va u bilan kurashish usullari

Sanoat, fuqaro, uy-joy va qishloq xo'jaligida ishlatiladigan temir-beton konstruktsiyalarga agressiv muhit ta'sir qilishi mumkin. Konstruktsiyaning ko'p vaqt ishlashi beton va armaturaning agressiv muhit ta'siriga chidamliligiga bog'liq bo'ladi.

Beton va temir-beton konstruktsiyalarga agressiv ta'sir darajasi quyidagicha aniqlanadi: suyuq muhit uchun – agressiv agentlarning mavjudligi va kontsentratsiyasi, harorat, bosimi yoki suyuqlikning yuzada harakatlanish tezligi bilan; gazli muhit uchun – gazlarning turi va kontsentratsiyasi, ularning suvda eruvchanligi, muhitning namligi va harorati bilan; qattiq muhit (tuzlar, aerozollar, changlar) uchun – dispersligi, suvda eruvchanligi, atrof muhitning namligi bilan. Ularning betonga agressiv ta'siri qurilish konstruktsiyalarini korroziyaga qarshi himoya qilish bo'yicha maxsus me'yorlar bilan belgilanadi (QMQ). Korroziyada betonning emirilish chuqurligiga qarab agressiv muhit sust, o'rta va kuchli turlarga bo'linadi (1. 6-jadval).

50 yil ekspluatatsiya qilingan holatda beton emirilishining ruxsat etilgan chuqurligi

1. 6-jadval

Suv – muhitning agressivlik darajasi	Konstruktsiyadagi betonning emirilish chuqurligi, sm	
	temir-beton	beton
Noagressiv	1	2
Sust agressiv	1-2	2-4
O'rtacha agressiv	2-4	4-6
Kuchli agressiv	4 dan ortiq	6 dan ortiq

Agressiv muhit ta'sirida beton emirilib ketishi mumkin. Ya'ni, konstruktsiya beton etarli darajada chidamli bo'lmagani uchun buziladi. Konstruktsiyalarni loyihalashtirishda agressiv muhitning tarkibi, konstruktsiyaning ekspluatatsiya qilinish sharoitini hisobga olish, materialni to'g'ri tanlab beton zichligini to'g'ri belgilash va konstruktsiyaning ko'p yil ishlashini ta'minlash lozim.

Temir-beton konstruktsiyalarni loyihalashtirganda betondagi armaturaning saqlanishiga ham ahamiyat berish zarur. Betonga po`latga nisbatan agressiv bo`lmagan ionli (Cl^- , SO_4^{2-}) suyuq muhit ta`sir qilganda birinchi navbatda beton emiriladi. Gazli havoli muhitda (havoning nisbiy namligi  $>60\%$ ), shuningdek konstruktsiyaga po`latga nisbatan agressiv ionli (Cl^-) qattiq va suyuq muhit ta`sir qilganda armatura korroziyasi bo`lishi mumkin. Bu holda konstruktsiyaning emirilishi armatura korroziya natijasida bo`ladi. Zang mahsuli armaturada yig`ilib betonga bosim tushiradi, darz paydo bo`lishi so`ng esa himoya qatlaminin emirilishiga sabab bo`ladi. Korroziyada yorilib ketishi mumkin bo`lgan mustahkamligi yuqori po`lat ishlatilishi ayniqsa xavf darajasini oshiradi. Bu holatda zo`riqqan armatura uzilib ketishi mumkin.

Gazli muhitdagi korroziya nam bo`lgan sharoitda yuz berib uning o`tishi betonning suvli muhitda korroziyaga uchrashidan farq qilmaydi.

V. M. Moskvina korroziya asosiy turlarini sinflarga ajratishni taklif etgan. Olingan eksperimental ma`lumotlar va konstruktsiyalar eksplutatsiyasida to`plangan tajribaga ko`ra betonda bo`ladigan korroziya jarayonlari uch turga bo`lindi:

Korroziyaning birinchi guruhi (I tur korroziya)ga yumshoq suv ta`siri bilan betonda korroziya jarayonlari birlashtirilib unda sement tarkibiy qismlari erib suv bilan oqib ketadi. Betonning I tur korroziyasi suv betonda filtratsiyalanganda ayniqsa tez boradi.

Korroziyaning ikkinchi guruhi (II tur korroziya) ga tarkibidagi kimyoviy moddalar sement toshi tashkil etuvchilari bilan reaksiyaga kirishadigan suv sabab bo`ladigan korroziyalar kiradi. Reaksiya mahsullari suvda oson erib biriktirish xususiyati bo`lmagan amorf massa sifatida oqib ketadi, yoki reaksiya joyida qoladi. Bu guruh kislot va magnezial tuzlar ta`sirida bo`ladigan jarayonlarni qamrab oladi.

Korroziyaning uchinchi guruhi (III tur korroziya)ga beton g`ovaklari va kapillyarlarida kam eriydigan tuzlar yig`iladigan jarayonlar kiradi. Ularning kristallashuvi g`ovak devorlari va kapillyarlardagi bosimni oshirib beton

strukturasi elementlarini buzadi. Ular sirasiga beton kal'tsiy gidrosul'foalyuminat kristallarining ko'payishi natijasida emiriladigan sul'fatlar ta'sirida bo'ladigan korroziyani kiritish mumkin

Tabiiy sharoitda betonga bir qancha omillarning ta'sirini ko'rish mumkin. Lekin ularning birortasi boshqasidan ko'ra ko'proq ta'sir qiladi.

I tur korroziya devori yuqa va suv bosimi sharoitida ishlatiladigan konstruktsiyalar uchun ayniqsa xavfli bo'ladi. Bunday sharoitda sement toshining tarkibiy qismlari erib suvda yuvilib ketishi mumkin. Sement gidratatsiyasining ayniqsa oson eriydigan mahsuli kaltsiy oksidining gidrati hisoblanadi va uning yuvilishi sement klinkerining gidroliziga sabab bo'ladi. Birinchi navbatda uch kaltsiyli va ikki kaltsiyli gidrosilikat kabi ko'p asosli so'ng past asosli birikmalar [masalan $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot aq$] emiriladi. Hidroalyuminatlardan to'rt kaltsiyli alyumoferrit (C_4AF) kamroq chidamli bo'ladi.

Betondagi kaltsiy gidrookisining ajralishi beton qorishma qismi mustahkamligi yo'qolishiga sabab bo'ladi. Beton 33% CaO yo'qotganda uning emirilishi boshlanadi. Beton korroziyasining tezligi betonni yuvadigan suv oqimi tezligiga to'g'ri proporsionaldir. Biroq oqim tezligi katta bo'lganda ishqor yuvilish asosan CaO ni beton yuzasidan ajralish tezligiga bog'liq bo'ladi. I tur korroziya jarayonining o'tishiga suv – muhitning kimyoviy tarkibi katta ta'sir qiladi. Suvdagi tuz sement toshi elementlari bilan reaksiyaga kirishmasa ham aralashmaning ionli kuchini oshirib CaO ishqor yuvilishini tezlashtiradi. Aralashmada kaltsiy tuzi (CaHCO_3) CaCO_3) ishqor yuvilish tezligini kamaytiradi. Shuning uchun beton karbonlanganda I tur korroziyaning rivojlanish tezligini kamayadi. Betonning I tur korroziyaga chidamliligi ishlatilayotgan sementning kimyoviy tarkibiga ham bog'liq bo'ladi Agar emirilish sementning tarkibiy qismining erishi natijasida sodir bo'lsa, ya'ni CaO ning ko'p qismi eritmaga o'tsa, portlandtsementda yuqori asosli birikmalar (alit C_3S , belit C_2S) ning ko'proq bo'lishi sement toshining chidamliligini kamaytiradi.

Sementga faol gidravlik qo'shimchalar (trepel, trass va h. k.) qo'shib ham beton chidamliligini oshirsa bo'ladi. Mazkur moddalar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ni erimaydigan

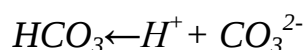
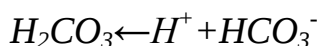
birikmaga aylantirib CaO yuvilishini kamaytiradi. Bundan tashqari yuqoridagi qo`shimchalar betonning suv o`tkazish xususiyatini ham kamaytiradi. Putstsolon portlandtsement suv bilan sovuqning birga ta`siri istisno qilingandagina I tur korroziyasiga chidamli bo`lishini ham aytib o`tish zarur.

Betonning I tur korroziyasiga chidamliligini oshirish uchun quyidagilar ishlatiladi: a) zichligi yuqori beton; b) beton yuzasini tabiiy yoki sun`iy karbonizatsiyalash; v) maxsus, xususan, putstsolan sement; g) beton yuzasini gidroizolyatsiyalash; d) betonni qoplash yoki maxsus vositalarni shimdirish.

Korroziyaning II turida beton ketma-ket emirilmaydi. Betonning tashqi muhitga ochiq yuzasida gidratlangan sement toshi struktura elementlari, ba`zan esa sement klinkerining gidratlanmagan zarrasi buziladi. Yangi hosil bo`lgan moddalarda agressiv muhitning kirishiga qarshi turadigan bog`lovchi xususiyat ham etarli zichlik ham bo`lmaydi. Ular yuvilib yoki erib betonning ichki qatlamlari ochilib qoladi.

Tabiiy suvda korroziyaning karbonat angidritli suv ta`siri bilan bo`ladigan turi ko`proq uchraydi. Karbonat angidrit  $H_2CO_3$  hamma suvda bo`ladi. Suvning o`zi va tuproqda bo`ladigan jarayonlar suvda karbonat angidritni hosil qiladi.

Karbonat angidritda dissotsiatsiya ikki bosqich bilan bo`ladi:



Aralashmada vodorod ionlari (H^+)ning ko`payishi reaksiyaning muvozanatini buzadi, shuningdek  $HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3, CO_3^{2-} \rightarrow HCO_3^-$  Vodorod ionlarining kamayishi aksincha karbonat angidritni hosil qiladi  $HCO_3^-$  va  $CO_3^{2-}$  Aralashmadagi turli pH asosiy shakli turlicha bo`lishi harakterlidir: $pH > 8,4$ bo`lganda suvda karbonat angidrit  $H_2CO_3$  bo`lmaydi, $pH < 6,5$ bo`lganda  $H_2CO_3$  asosiy shakl,  $pH < 4$  da  $HCO_3^-$  yo`q bo`ladi,  $pH > 6,5$  da  $HCO_3^-$  - asosiy shakl,  $pH > 11$  da -  $CO_3^{2-}$  asosiy shakl. Aralashmada barqaror holat  $HCO_3^-$  bo`lishi uchun unda ma`lum miqdorda  $CO_2$  bo`lishi kerak. H^+ , CO_3^{2-} va HCO_3^- muvozanatga kelgan suv karbonat plenani eritmaydi, ya`ni, sement toshiga nisbatan agressiv emas. CO_2 muvozanatdagi

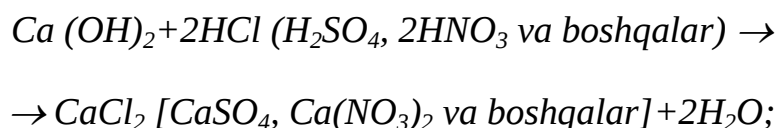
holatidan oshganda karbonat plenkani eritadigan sharoit yaraladi, ya'ni suv betondagi sement toshiga nisbatan agressiv xususiyatga ega bo'ladi.

Aralashmada reaksiyaga kirishmaydigan ionlarning bo'lishi (Cl^- , Na^+ va h. k.) aralashmaning ion kuchini oshirib yuboradi, reaksiyani tezlashtiradi va ko'p miqdordagi CaHSO_3 ni eritadi. Agar betonga turg'un yoki sekin oqadigan suv ta'sir qilsa betonning yuzasida karbonat muvozanat hosil bo'ladi, ya'ni emirilish sekinlashadi. Suv tez oqqanda reaksiyaning sekinlashishi ta'sirga uchrovchi yuzaning kamayganligi sababli yuz beradi, aralashmada OH^- ionlar kamayishi CaHSO_3 ni CaCO_3 ga aylantirib cho'kma holatiga keltiradi. Sement toshida OH^- kontsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa agressiv suvning yuza qismida tez almashinishi uni shunchalik tez emiradi.

Bundan xulosa qilish mumkinki, oldiniga portlandtsement va putstsolan portlandtsementidagi sement toshining buzilish tezligi bir xil bo'ladi, so'ngra putstsolan sementli sement toshida uning borishi kamayadi. Nimagaki suyuq fazada uning tarkibidagi gidroksil ionlar (OH^-) ancha kam bo'ladi. Shu sababli gil tuproq sementli beton II tur korroziyaga chidamliroq bo'ladi. Bunda beton va korroziya mahsulining zichligi ayniqsa ahamiyatli bo'ladi.

Karbonat angidritli korroziya sharoitida bo'ladigan korroziya jarayoniga xulosa yasab aytib o'tish kerakki, agressiv H_2CO_3 qancha ko'p bo'lsa aralashmaning kislotalik xususiyatlari ortib korroziya tezlashadi.

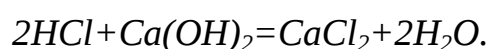
Betonga noorganik kislotalarning ta'siri ham II tur korroziyaga sabab bo'ladi va beton sement toshini to'la emirib I tur korroziyaga o'tishi mumkin.



Kislotaning turiga qarab reaksiya vaqtida turli tuzlar hosil bo'ladi. Sement toshining emirilishi kaltsiy tuzlarining eruvchanligiga bog'liq bo'ladi. Reaksiya moddalarining eruvchanligi yuqori bo'lganda sement toshining emirilishi tezroq

bo`ladi. Bu holatdagi korroziya tezligi agressiv muhitning reaksiyaga kirishuv darajasi, uning beton yuzasida almashinishi va muhit bilan sement toshi bir-biriga ta`sir qiluvchi yuza bilan chegaralanadi. Agar reaksiya moddalari kam eruvchan bo`lsa ular reaksiya joyida, ya`ni beton yuzasida qolib agressiv muhitni beton ichkarisiga kiritmay korroziya tezligini sekinlashtiradi.

II tur korroziya jarayoni rivojlanishiga sement toshi yuzasida aralashma almashinish tezligi katta ta`sir qiladi. Almashinish tezligi va kislota konsentratsiyasi kam bo`lganda ($\text{pH} > 4$) kislotalarning kal`tsiy gidroksidi bilan ta`siri to`la davom etadi



Shundan so`ng rastvor neytrallashib  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  eriydi,  $\text{CaCO}_3$  hosil bo`ladi va shundan so`ng II tur korroziya jarayoni I tur korroziya jarayoni bilan almashadi. Katta tezlik sharoitida agressiv aralashma bilan sement toshining tutashish maydoni hamda agressiv muhitning oqish tezligi korroziya tezligini chegaralovchi omil bo`ladi. Sementni kam konsentratsiyali kislotalarga chidamliligi bo`yicha quyidagi tartibda joylashtirish mumkin: g`iltuproqli, putstsolanli, portlandtsement va bu tartib I tur korroziya bilan bir hildir. Buning sababi II tur korroziya I tur korroziya bilan birga bo`ladi va bu jarayonda I tur korroziya asosiy rol o`ynaydi. Kislotalar konsentratsiyasi oshganda sementlar chidamliligi orasidagi farq deyarli bilinmaydi. Bundan sharoitda kislotalarga chidamli maxsus sement chidamli hisoblanadi.

Himoya vositalari sifatida bunday holatda maxsus bog`lovchilarni ishlatish va yuza qismni bo`yoq, qoplama va boshqa materiallar bilan izolyatsiya qilish vositasidan foydalaniladi.

III tur korroziya beton kapillyarlari va g`ovaklarida kam eriydigan tuzlar hosil qilib ular o`z navbatida beton strukturasini buzuvchi bosimni keltirib chiqaradi. Betonga sul`fatlar ta`sir qilgandagi shunday mahsulotlardan gips va kal`tsiy gidrosulfoalyuminatni aytib o`tish mumkin va ular ikki hil ko`rinishda uchraydi:



va



III tur korroziyasining boshlanishida kristallsimon tuzlar hosil bo`lganligi bois beton zichlashib boradi. Zich betonda tuzlarning ko`payishi sekin boradi va korroziya bo`layotganligini ba`zan bir necha yildan so`nggina bilish mumkin. G`ovakli betonda jarayon tezroq borib bir necha hafta yoki oydan so`ng to`la ko`rinishga o`tadi.

Mikro va makro g`ovaklar, ochiq g`ovaklarning mavjudligi III tur korroziyasining rivojlanishiga katta ta`sir qiladi. Biroq sement toshining agressiv muhitga ta`siridagi maydon o`lchami va uning kimyoviy tarkibi ham muhim rol o`ynaydi. Sul`fat tarkibli suv hamma joyda uchraydi. Chuchuk suvli ko`l va daryolarda SO_4^{2-} tahminan 60 mg/l miqdorida bo`lishi mumkin.  $SO_4^{2-}$  100 mg/l bo`lgan suv juda kam uchraydi va mavjudlari ham ma`danli suvlar hisoblanadi. Tarkibida tuz miqdori 33-35 g/l bo`lgan dengiz suvida SO_4^{2-} 2500-2700 mg/l bo`ladi. Tabiatdagi suvda  $SO_4^{2-}$  miqdori Ca, Na, Mg larni erishi bilan bog`liq bo`ladi.

Suvda sul`fatlarning bo`lishi sement toshi tashkil etuvchilarini eruvchanligini oshirib I tur korroziyani tezlashtiradi va almashinish reaksiyasiga olib kelib II tur korroziyaga sabab bo`ladi. Ma`lum sharoitlarda III tur korroziya rivojlanadi.

Tarkibida sul`fat darajasi  $CaSO_4 > 2100$  mg/l bo`lgan suvga tekkan beton unga to`yinib  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  hosil bo`ladi.

Betonda hosil bo`ladigan kompleks tuzlardan suvning 30-32 molekulasini biriktirib hajmini ancha oshiradigan kaltsiy gidrosulfoaluminat (KGSA) ayniqsa havflidir. Ushbu tuz hosil bo`lishida aralashma holatida kelgan yoki sul`fat bilan  $Ca(OH)_2$  o`rtasidagi reaksiya natijasida hosil bo`lgan sement toshini gidroaluminati va gips ishtirok etadi. Aralashmada SO_4^{2-} kontsentrati qancha

yuqori va sementda C_3A (uch kaltsiyli alyuminat) ko'p bo'lsa kaltsiy gidrosulfoalyuminat hosil bo'lishiga sharoit shunchalik yaxshilanadi.

$SO_4^{2-} > 2500$ mg/l konsentratsiyada KGSA hosil bo'lib betonning xususiyatlariga ta'sir qiladi. KGSA hosil bo'lish reaksiyasining to'la o'tishi aralashmada kaltsiy gidroalyuminat ($C_3A \cdot aq$)ning ortiqcha bo'lishiga bog'liq bo'ladi. Ya'ni $SO_4^{2-} / C_3A = 1,04$. Agar C_3A talab qilingan miqdordan kam bo'lsa KGSA miqdori reaksiya joyida C_3A mavjudligi bilan chegaralanadi. Agar C_3A talab qilinganidan oshib ketsa KGSA miqdori reaksiya joyidagi SO_4^{2-} ionlar miqdori bilan chegaralanadi.

Aralashmada KGSA tarkibiy qismi bilan reaksiyada ishtirok etmaydigan tuzlar ($NaCl$, $NaNO_3$, KCl va boshqalar)ning mavjudligi aralashmaning ion kuchini oshiradi, demakki, reaksiyalanuvchi moddalar va reaksiya mahsulining eruvchanligini oshiradi, ya'ni KGSA hosil bo'lishi va ko'payishiga to'sqinlik qiladi. Yuqorida aytib o'tilgandek, KGSAning hosil bo'lishi va keyinchalik 30-32 suv molekulalari bilan kristallanishi qattiq faza hajmining keskin oshganligi bilan bog'liqdir. Reaksiyada C_3A ishtirok etganda hajmning oshishi taxminan 1,63, C_3A bilan $Ca(OH)_2$ ishtirokida esa 2,27 martani tashkil etadi.

III tur korroziyada oldiniga beton yuzasida gips kristallaridan yuqa plenka hosil bo'ladi so'ng to'plangan gips va KGSAning kristallari qatlam bo'lib sement toshining ichida to'planadi.

Gips odatda $Ca(OH)_2$ to'plangan joyda yig'iladi. Hosil bo'lgan gips va KGSAning kristallari sement toshi g'ovaklari devoriga bosimi ortib yuzasiga parallel bo'lgan buzilishlar, ya'ni darz, yoriqlarni hosil qiladi va beton asta emirilaboylaydi.

Beton nisbatan ko'p suvga bo'ktirilganda $Ca(OH)_2$ va $CaSO_4$ lar erib bosim kamayadi biroq $Ca(OH)_2$ va korroziya mahsulining yuvilishi natijasida betonni buzilish mumkin. Bu holatda III tur korroziyaga I tur korroziya qo'shiladi. Qotayotgan sementda $Ca(OH)_2$ bo'lishi III tur korroziyaning kimyoviy jarayoni va yangi moddalarning kengayish darajasiga ta'sir qilganligi uchun mineral tarkibi turlicha bo'lgan sement bunday sharoitda turli darajada chidamli bo'ladi.

Alitalyuminatli sementlarning chidamliligi belitli va sul'fatga chidamli sementlarga nisbatan kamroq bo'ladi. Gil tuproqli sementning III tur korroziyaga chidamliligi kuchliroq bo'ladi.

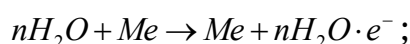
Putstsolanli portlandtsementning ham chidamlili yuqori hisoblandi. Uning tarkibida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kamligi ko'p asosli gidroalyuminat hosil bo'lishi va mavjud bo'lishiga imkon bermaydi, ba'zan esa KGSA hosil bo'lishiga yo'l qo'ymaydi.

III tur beton korroziyasiga qarshi tadbirlar quyidagilardan iboratdir: sementni konstruktsiyaning ishlash sharoiti va muhitning agressivlik darajasidan kelib chiqib tanlash; havoni tortuvchi, plastiklovchi hamda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ va CaSO_4 larni eruvchanligini oshiruvchi CaCl_2 , CHB, SDB kabi kremniyorganik qo'shimchalarni qo'shish; turli usullar bilan betonning zichligini oshirish, shu jumladan S/TS nisbatini kamaytirish va zichlovchi qo'shimchalar qo'shish.

Agar aytilgan vositalar himoyani ta'minlay olmasa beton yuzasiga suv kelish yo'lini yopib qo'yish, ya'ni yuza qismni himoya qilish lozim. Turli tadbirlarning betonni agressiv muhit ta'siridan himoya qilaolishdagi samarasi laboratoriya tajribalari yordamida aniqlanadi.

Betondagi armatura korroziyasi. Betonning armaturaga nisbatan himoya xususiyati sement toshining po'latni passivlay olishi bilan aniqlanadi. Ma'lumki, ko'pchilik hollarda metallar korroziyasi elektromexanik mexanizm bo'yicha sodir bo'ladi va u yuzaga kelishi uchun quyidagi sharoit mavjud bo'lishi kerak:

- 1) metall yuzasida potentsiallarning turlicha ekanligi;
- 2) metall yuzasi qismlarining turli potentsiallar bilan elektrolit aloqasi mavjudligi;
- 3) quyidagi reaksiya bo'yicha metall emiriladigan yuza anod qismlarda yuzani faol holatda bo'lishi



- 4) metall yuzasidagi katod qismlarda ortiqcha elektronlarni assimilyatsiya qilish uchun depolyarizator miqdori, xususan, kislorodning etarli ekanligi



Birinchi shart doim bajariladi, chunki texnik metallarning strukturasi turlicha bo`ladi. Ichki yuzasi faol va gidrofil kapillyar-g`ovak jism ko`rinishdagi po`lat bilan betonning bog`lanish sharliti ham har xil. Shuning uchun 2-4 korroziya jarayonlari betonda ham yuz beradi deb aytish mumkin. Haqiqatan, sement gidratatsiyasida kiyoviy bog`langandan tashqari betonda fizik bog`langan, ya`ni kapillyar va osmotik suv ham bo`ladi. Betondagi fizik bog`langan suv, kimyoviy bog`langandan farqli ravishda, po`lat yuza qismlari orasidagi anod va katod zaryadlarni elektrolit – o`tkazuvchi vazifasini bajaradi va uning miqdori betonning xususiyatlari, muhit va uning konstruktsiya bilan o`zaro ta`sir sharoitiga bog`liq bo`ladi. Beton suvga etarli ravishda uzoq tushirilganda uning kapillyar va g`ovaklari suvga to`la to`yinadi. Bu holatda g`ovaklar qancha ko`p bo`lsa suv miqdori ham shuncha ko`p bo`ladi.

Bosimsiz bir tomonlama aloqada, ya`ni kapillyarlar suvni shimganda betonning to`yinish darajasi odatda kamroq bo`ladi. Nimagaki suvning so`rilish balandligi kapillyarlar kesmasiga teskari bog`liq bo`ladi. Odatda makrokapillyar deb ataladigan radiusi $1 \cdot 10^{-5}$ dan oshiq bo`lgan kapillyarlardagi to`yingan bug` bosimi deyarli bug`ning yassi yuzadagi bosimiga teng. Shuning uchun bunday kapillyarlar suvni so`rib olmaydi va suv bosimi yoki betonda kondensat hosil bo`lgandagina suvga to`yinishi mumkin.

Konstruktsiya nam havo sharoitda ekspluatatsiya qilinganda uning tarkibidagi suv miqdori nisbiy namlikka bog`liq bo`ladi. Namlik miqdori 100 foizga etganda betondagi suv miqdori kapillyar so`rilish vaqtidagi miqdorga yaqinlashadi. Namlik kamayganda betondagi suv darajasi ham kamayadi. Betondagi po`lat uchun, ochiq turgan po`latda bo`lgan kabi, havo namligining kritik chegarasi mavjud bo`ladiki o`sha darajadan kam bo`lganda namlik plenksi ionlarni anod va katod qismlarga o`tishini ta`min olmaydi. Betonda bu ko`rsatkichni kamaytiradigan gigroskopik moddalar, masalan xlor tuzlari qo`shimchalari bo`lmasa, beton uchun bunday chegara havoning 50-60% namligi hisoblanadi. Shunday qilib betonda doim korroziya o`tishi uchun etarli darajada suv bo`ladi.

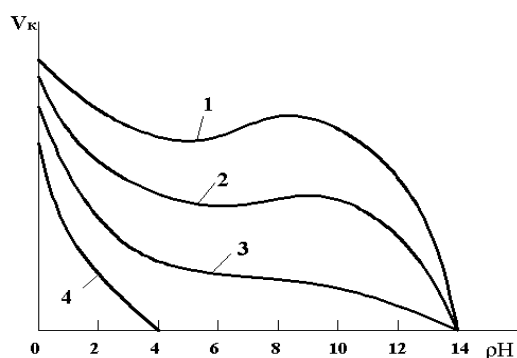
Kislorodga to'xtaladigan bo'lsak, uning etishmasligi po'lat korroziyasini chegaralab qo'yishi mumkin, tatqiqotlardan ma'lum bo'ldiki bu holat faqat beton suv bilan deyarli to'la to'yinib kislorod diffuziyasi keskin sekinlashganda sodir bo'ladi. Zichligi yuqori bo'lgan betonlarda ($S/TS < 0,5$) havoning namligi 80-85 foizdan oshsa ham korroziya kamayadi. Ko'pchilik hollarda beton g'ovaklari armatura korroziyasi bo'lishi uchun etarli darajada havo o'tkazib turadi.

Po'lat korroziyasining tezligi bu holat uchun pH va kislorod miqdori bilan baholanadigan suv-muhitning agressivlik darajasiga bog'liq bo'ladi (1. 17-rasm). Betondagi po'latda korroziya bo'lmasligi uning ishqorli muhitda passiv bo'lishi bilan izohlanadi, ya'ni yuqorida keltirilgan reaksiyada erimaydi. Agar u yoki bu sabab bilan armaturaning yuzasi faol bo'lib qolsa yoki konstruktsiyani tayyorlash vaqtida to'la passivlanmasa yoki konstruktsiyani ekspluatatsiya jarayonida passivligini yo'qotsa betondagi armaturaning korroziyasi yuz beradi.

Betondagi po'lat passivligini saqlash uchun u ishqorliligining vodorod ko'rsatkichi $pH \geq 11,8$ bo'lgan g'ovak suyuqligi bilan doyim kontaktda bo'lishi kerak. Bu shartga odatda portlandtsemetli zich beton va uning boshqa turlari (shlakoportlandtsement, putstsolanli portlandtsement)da rioya qilinadi. Ular suv bilan korishtirilganda kaltsiy oksidining gidrati bilan to'yingan $pH \geq 12,6$ mm aralashma hosil bo'ladi. Sement hamirining tishlashishi va qotishi vaqtida pH 13,5-13,8 darajagacha etishi mumkin. Bu hol sement toshining kristalli tutashuvini hosil bo'lishi uchun asos bo'ladigan suyuq fazaning ortiqcha to'yinishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Qotgan betonda g'ovak suyuqligi pH miqdori 12-12,5 ni tashkil etadi va u rN ning kritik ko'rsatkichi hisoblanmish 11,8 dan ancha baland.

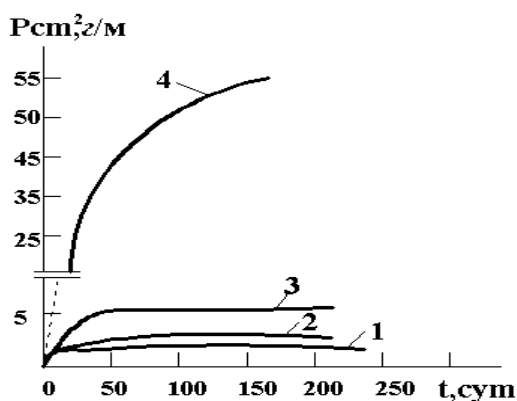
Portlandtsementda tayyorlanib normal usulda qotgan oddiy zich betonda ortiqcha kaltsiy oksidining gidrati miqdori ancha ko'p bo'ladi va taxminan sement massasining 10-15 foizini tashkil etadi. Bundan tashqari sement klinkeri zarrasining to'la gidratlanmagan shaklida «klinker fondi» ham ko'p vaqt davomida saqlanib turadi va biror sabab bilan sarflanayotgan bo'lsa, undan betondagi $Ca(OH)_2$ zahirasi to'ldirib turiladi.

Agar sementda faol gidravlik qo'shimchalar bo'lsa (putstsolon, shlakoportlandtsement) kaltsiy oksidining gidrati ko'p qismi u bilan bog'lanadi. To'ldiruvchi gidravlik faol bo'lganda ham shunday holat sodir bo'ladi. G'ovakli maydalangan keramzit yoki perlit qumi, ayniqsa ularning changsimon fraktsiyalarida shunday xususiyat bo'ladi. Kaltsiy oksidining gidratini bog'lanishi betonga issiq bilan ishlov berilganda ancha tezlashadi va g'ovak suyuqligining pH darajasi sezilarli pasayadi. Yuqori darajadagi mustahkamlikka kaltsiy oksidini gidrati maydalangan qum kremnezemi, kul va shlak bilan bog'lash orqali erishiladigan avtoklavda qotuvchi – yacheykali va silikatli betonlarda rN darajasi pasayib ketadi. Avtoklavda qotgan betonlar bir yil tabiiy atmosfera sharoitida saqlanib doym namlanib turilganda armatura yuzasining 100% korroziya bilan zararlanishini ko'rish mumkin.



1. 17-rasm. Po'lat zanglashi v_3 tezligining tarkibda kislorod bo'lgan pH qorishmasiga bog'liqligi

1-yuqori; 2-o'rtacha; 3-past; 4-kislorod ishtirok etmaganda.



1. 18-rasm. Namunalardagi po'lat zanglashining R_{po} kinetikasi

1-bug'lantirilmagan; 2-aynisi, 2%li $CaCl_2$ va 1%li $NaNO_3$ qo'shimchalari bilan; 3-aynisi, 2%li $CaCl_2$ qo'shimchasi bilan; 4-bug'latilgan va 2%li $CaCl_2$ qo'shimchasi bilan.

Ayniqsa xlorli tuz qo`shimchalarning ta`siriga ko`proq ahamiyat berish zarur. Chunki normal qotgan sementli betonda, g`ovak suyuqligi rN darajasi yuqori bo`lishiga qaramay, xlor ionlarining bo`lishi po`lat yuzasining passiv holatini buzadi (2. 18-rasm). Biroq ba`zi holatlarda xlorli tuz qo`shilgan betonda armaturaning korroziyaga uchrashidan havotirlanmasa ham bo`ladi. Xloridlar sement alyuminati bilan kam eruvchan kompleks tuz – gidroxloralyuminatni hosil qilishi mumkin. Shuning uchun beton qorishtirilganda unga biroz qo`shilgan kaltsiy xlorid to`laligicha birikib po`lat passivligini buzmaydi. Biroq sement alyuminatliligi qancha kam va undagi gips miqdori qancha ko`p bo`lsa ko`shish mumkin bo`lgan miqdor ham kamroq bo`ladi, nimagaki bu so`ngisi birinchi navbatda alyuminatlar bilan birikadi.

Bundan tashqari xloridlarning gidroxloralyuminatda birikishi betonga issiq bilan ishlov berilganda keskin sekinlashadi. Bunda g`ovak suyuqligi rN darajasi kamayishi hisobga olinsa issiq bilan ishlov beriladigan betonga xlorid qo`shmaslikka harakat qilish kerak degan xulosa kelib chiqadi.

Beton tarkibidagi materiallar uning po`latni passivlashtirish darajasiga ta`sir qilishi haqida gapirganda shlak va kul asosidagi to`ldiruvchilarning xususiyatini e`tiborga olish kerak bo`ladi. Bu to`ldiruvchilar tarkibida ko`pincha oltingugurtning sul`fat va sul`fid ko`rinishidagi suvda eriydigan va betonda kimyoviy o`zgarishga uchraydigan birikmalari bo`ladi. Shuningdek ko`mirning to`la yonmagan zarralari ko`pincha armatura yuzasiga tekkanda samarali katod vazifasini bajarishi mumkin.

Sul`fat ionlar, xlor ionlardan kamroq bo`lsa ham, po`latning passivligini buzishi mumkin. Betonda sul`fidlarning kimyoviy o`zgarishi natijasida ma`lum sharoitda po`lat yuza bilan ta`sirga kirishib tortilish ta`siridagi yuqori darajada mustahkam armaturada vodorod mo`rtligini keltirib chiqaradigan serovodorod hosil bo`lishi.

Vaqt o`tishi bilan muhit ta`sirida betonning xususiyati o`zgaradi. Nam sharoitda beton mustahkamligini ko`p vaqt davomida oshirib boradi va uning strukturasi zichlashadi. Quruq sharoitda bunday bo`lmaydi. Doimiy muzlash va

erish, namlanish va qurish, qizish va sovush uning strukturasi bo'shashtiradi, buzadi, beton yumshaydi va qisman yoki to'laligicha buziladi. Ko'p suyuq va gazsimon muhitda ham beton buziladi. Beton korroziyasi yuqorida ko'rib chiqildi, albatta agar u yoki bu tashqi ta'sir natijasida betonning armatura girdidagi himoya qobig'i buzilsa uning passivlashtiruvchi ta'siri ham to'xtaydi.

Biroq betonga agressiv yoki sust agressiv bo'lgan ko'p muhit turlari po'latga agressiv hisoblanadi. Misol uchun nam havoli sharoitni keltirish mumkin. Agar beton u yoki bu sabab natijasida passiv bo'lmasa bunday muhit armaturaning korroziyasini keltirib chiqaradi. Chuchuk, betonga agressiv bo'lmagan suv bilan doimiy namlanib turish ham shunday ta'sir qiladi. Aytib o'tish kerakki beton ichidagi po'lat passiv holatda bo'lganda bunday ta'sir korroziyaga sabab bo'lmaydi.

Oldiniga to'laligicha egalik qilgan, xlorid qo'shilmagan portlandtsementdan tayyorlangan zich betonda po'latni passivlash xususiyati yo'qolish sababini o'rganishga harkat qilib ko'raylik. Bunday betonda armatura passivligining buzilishi tashqi muhit bilan bog'langan bo'ladi. Natijada betondagi armatura yuzasida g'ovak suyuqligining rN darajasi tushib ketadi yoki xlor ionlar paydo bo'ladi. Betondagi rN pasayishi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsentratsiyasi kamayganligi bilan bog'liq. Bu uning betonda filtrlanadigan yoki oqib o'tadigan suvda emirilishi (yuvilishi) yohud nordon suyuqlik va gazlar ta'sirida neytrallasuvi natijasida yuz berishi mumkin.

Betonning neytrallasuvi – uning muhit bilan ta'sirga kirishishining keng tarqalgan ko'rinishidir. Misol sifatida er usti konstruksiyalari betonining havodagi is gazi ta'sirida karbonlashuvini keltirish mumkin. Sanoat tumanlarida bu ta'sir boshqa nordon gazlar (SO_2 , H_2S va boshqalar) ta'sirida neytrallashadi.

Havoning nisbiy namligi 50-60% bo'lgan sharoitda betonning karbonlashuv tezligi ayniqsa yuqori bo'ladi. Bunday sharoitda g'vaklardagi plenka ko'rinishidagi nam reaksiya uchun etarli lekin mikrokapillyarlar suv bilan to'lmagan bo'ladi. Havoning nisbiy namligi 25% bo'lganda betonda suv etishmasligi sabab karbonlashuv deyarli to'xtaydi. Nisbiy namlik 100 foizga

yaqinlashganda ham shunday holat sodir bo`ladi. Ya`ni mikrog`ovaklarda suv bug`ining kapillyar kondensatsiyasi sodir bo`lib ularning diffuzion o`tuvchanligi bir necha marotaba kamayadi. Suv muzga aylanadigan 0°S da karbonlashuv deyarli to`xtaydi. Harorat ko`tarilishi bilan betonning karbonlashuvi tezlashadi. Buni karbonat angidrit diffuziyasi engillashuvi bilan izohlash mumkin.

Karbonat kislota ta`sirining o`ziga xosligi shundaki, ba`zi nardon gaz va suyuqliklardan farqli ravishda beton strukturasini buzmaydi. Lekin karbonlashganda qattiq fazaning hajmi birlamchi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  hajmiga nisbatan 17% oshishi mumkin va bu o`z navbatida beton strukturasining zichlashuviga sabab bo`ladi. Buni g`ovak va qisman mikrokapillyarlarning karbonlashuv ta`sirida to`la berkilishi bilan izohlash mumkin.

Karbonat kislota dan farqli ravishda betonga SO_2 ta`sir qilganda oldin struktura gips hosil qiluvchilar bilan zichlashadi, natijada mustahkamliq sezilarli ortadi biroq so`ng uning yuza qismidan emirilishi boshlanadi. Bunday ta`sir qattiq faza hajmining karbonlashuvga nisbatan ancha ko`p oshganligi bilan bog`liq bo`lishi mumkin.

Xlorli vodorod betonni to`la emiradi. Chunki u bilan sement gidratatsiyasi ta`sirida hosil bo`ladigan xlorli tuzlar tez eriydi va bog`lovchi xususiyatlarni yo`qotadi.

Uchta asosiy jarayondan – beton g`ovaklarida karbonat angidrid gazi diffuziyasi, g`ovakdagi nam plenkasida kal`tsiy oksidining gidrati diffuziyasi va ular orasidagi kimyoviy reaksiyadan eng sekin boradigani  $\text{CO}_2$ ning diffuziyasi bo`ladi. Mazkur diffuziya jarayon tezligi va uning qatlamlardagi harakterini belgilaydi. Tabiiy, havoning nisbiy namligi kam bo`lganda ( $\leq 25\%$ ) va albatta quruq betonda uning karbonlashuvi  $\text{CO}_2$  diffuziyasi bilan emas bolki  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  diffuziyasi va ular orasida bo`lishi mumkin bo`lgan kimyoviy reaksiya bilan chegaralanadi.

Karbonlashuv jarayonining karbonat kislota kontsentratsiyasiga bog`liqligidan foydalanib uning borishini CO_2 kontsentratsiyasi yuqori sharoitda

beton namunalarining tezlashtirilgan sinoviga asoslanib quyidagi formula bilan oldindan aytish mumkin

$$x_1 = x_2 \sqrt{c_1 t_1 / c_2 t_2} ,$$

bu formulada x_1 va x_2 – karbonat kislotaning havoda kontsentratsiyasi s_1 , s_2 va t_1 , t_2 vaqtda karbonlashuvning chuqurligi.

Keltirilgan tenglama nisbatan bir xil zich strukturali betonga qo'llaniladi. Donalar orasida bo'shliq bo'lishi beton ichida CO₂ diffuziyasini engillashtiradi. Katta bo'shliqlar karbonat kislotaning beton ichiga to'siqsiz kirish, armaturaga ta'sir qilib uning passivligini tez buzish imkonini beradi. G'ovakliligi katta bo'lgan ba'zi engil betonlar ishlatilganda po'lat korroziyasiga qarshi tegishli choralar qo'rish lozim.

Og'ir va engil betonlarda zichlikni oshirish, ularning o'tkazuvchanligini kamaytirish, ingibirlashtiruvchi va zichlovchi qo'shimchalar qo'shib himoya xususiyatlarini oshirish bilan armatura saqlanishini ta'minlash mumkin. Biroq g'ovak suyuqligida pH kam bo'lganligi uchun armaturaning saqlanishini ta'minlay olmaydigan beton turlari ham mavjud. Bularga avtoklavda qotirilgan sement va ohakli betonlar, gipstsement – putstsolan bog'lovchili betonlar va boshqalar taaluqli. Bunday betonlarda armatura maxsus - sement bitumli, sement-polistirolli, sement-lateksli qoplamalar surish bilan himoya qilinadi.

Agar yuqorida aytib o'tilgan choralar temir-beton konstruktsiyalarning ko'p yil xizmat qilishini ta'minlash uchun etarli bo'lmasa, betonning o'ziga qurilish me'yorlari va qoidalari tavsiya etgan maxsus himoya qoplamalari surtish lozim bo'ladi.

2-bob. Engil va mayda zarrachali betonlarning xususiyatlari

2. 1. G`ovakli to`ldiruvchilar asosidagi engil betonlar

Engil betonlarni ishlab chiqarishda har-xil g`ovak to`ldiruvchilardan foydalaniladi, jumladan, sun`iylari – keramzit, agloporit, perlit, shlakli pemza va boshqalar, hamda tabiiylari – tuf, pemza va boshqalarni misol sifatida keltirish mumkin. Engil betonlar asosan devorlar va yuk ko`taruvchi konstruksiyalarning og`irligini kamaytirish uchun ishlatiladi. Shu sababli bu betonlarning zichligi alohida ahamiyat kasb etadi. Betonlarning zichligiga qarab o`ta engil 500 kg/m^3 zichlikdan kam issiqlik saqlovchi beton va engil zichligi $500\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$ bo`lgan betonlarga ajratiladi.

Engil betonlarning mustahkamligi 2, 5 dan 30 MPa gacha va undan yuqori bo`lishi mumkin. Engil betonlar asosan zichligi  $500\text{-}1400 \text{ kg/m}^2$  bo`lgan konstruksion-issiqni saqlovchi va zichliklari $1400\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$ bo`lgan konstruksion betonlarga bo`linadi.

Betonlar tuzilishiga ko`ra zichlashtirilgan va oddiy turlarga ajratiladi. Ularga, sement qorishmasining yirik to`ldiruvchilari orasidagi g`ovaklarni engil yoki og`ir qum bilan to`ldiriladigan oddiy betonlar, sement qorishmasining g`ovaklarini ko`pik yoki gaz hosil qiluvchi boshqa qo`shimchalar bilan ko`pchitiladigan serg`ovak engil betonlar va qumsiz, donalar orasidagi bo`shliqlari saqlangan yirik g`ovakli engil betonlar kiradi. Qurilishda asosan yirik g`ovak to`ldiruvchilarning o`lchamlari 20-40 mm bo`lgan engil betonlar va mayda donador engil betonlar ishlatiladi.

Engil betonlarning mustahkamligi og`ir betonlardagi kabi tarkibidagi sement-suv nisbatiga bog`liq, chunki asosan u sement toshini mustahkamligini belgilaydi. Lekin g`ovakli to`ldiruvchilar o`zining strukturaviy xususiyatlariga ko`ra sement qorishmasiga nisbatan kamroq mustahkamlikka ega. G`ovak to`ldiruvchilarni engil beton tarkibiga kiritilishi ularning miqdori va zichligiga bog`liq holda beton mustahkamligini kamaytiradi.

Engil betonlarni mustahkamligiga sement-suv nisbatlarining bog`liqliklarini 2. 1- rasmda ko`rish mumkin.

2. 1-rasm. G`ovakli to`ldiruvchi oddiy (1) va engil (2, 3) betonlar mustahkamligining suv-tsement nisbatiga bog`liqligi

G`ovak to`ldiruvchi tarkibli engil betonlarning asosiy xususiyatlaridan biri, har bir yirik to`ldiruvchi faqat ma`lum bir mustahkamlikka ega bo`lgan betonlarni olish imkonini berishidir. Mazkur mustahkamlikka erishgan beton keyinchalik qorishma mustahkamligi oshirilganda ham mustahkamlikning ahamiyatli darajada oshishiga olib kelmaydi (2. 2-rasm).  $R_b = f(R_q)$  bog`liqlik ikki zonaga ega. Birinchi zonada qorishma mustahkamligining ortishi beton mustahkamligini oshishiga olib keladi va bu erda sement-suv nisbatining ta`siri namoyon bo`ladi. Ikkinchi zonada qorishma mustahkamligini oshirish betonning mustahkamligini oshishiga olib kelmaydi. Bunga to`ldiruvchining zaifligi va sement yupqa karkasining mo`rtligi sabab bo`ladi.

Bundan keyingi qorishma mustahkamligini oshirish iqtisodiy nuqtai nazardan maqsadga muvofiq bo`lmaydi. Turli markadagi engil betonni olish uchun to`ldiruvchining mustahkamligini shunday tanlash lozimki, sement sarfi samarali ravishda qo`llanilsin, ya`ni birinchi zonadagi betonga mos bo`lsin. Betonlarning alohida xususiyatlariga mos holda talab qo`yilgandagina ikkinchi zona zichligiga mos betonlarni tayyorlash mumkin.

2. 2-rasm. Keramzitli shag'al va qorishma mustaxkamligining keramzitbeton mustaxkamligiga ta'siri

a-umumlashgan bog'liqlik: 1-granitdan olingan chaqilgan toshli beton; 2, 3-g'ovakli to'ldiruvchi asosidagi beton; I-beton mustaxkamligining o'sish xududi; II-beton mustaxkamligining maksimal chegaraviy xududi; b ? tajribalar natijasilari; keramzitning mustahkamligi, MPa: 1 - 7; 2 - 5; 3 - 4; 4 - 3; 5 - 2.

Engil betonlarning mustahkamligiga asosan tarkibidagi yirik g'ovakli to'ldiruvchilar yoki ularning kontsentratsiyasi ta'sir etib, beton tarkibidagi to'ldiruvchilar miqdori, ularning mustahkamligi va sement qorishmasi mustahkamlikka nisbatiga bog'liq bo'ladi. Odatda nisbatan yuqori mustahkamligiga ega bo'lgan sement qorishmasi bo'lganda to'ldiruvchi miqdorini oshishi beton mustahkamligini pasaytiradi. Sement qorishmasi va beton mustahkamliklari bir xil bo'lganda betonning maksimal mustahkamligi to'ldiruvchining maqbul miqdoriga bog'liq (2. 3-rasm).

2. 3-rasm. Engil to'ldiruvchi miqdorining ϕ beton mustaxkamligiga ta'siri (R_k^{ts} - silindrdagi keramzit mustaxkamligi)

$$1 - Rq/R_k^{ts}=5, 7; 2 - Rq/R_k^{ts}=7, 5; 3 - Rq/R_k^{ts}=10, 6$$

G'ovak to'ldiruvchili engil betonlarni tarkibini aniqlayotganda to'ldiruvchining mustahkamlikka ta'sirini barcha uch xususiyatiga e'tibor qaratiladi. Shu sababli hisob ishlari aniq bir formula yoki garfik bilan emas, balki mazkur xususiyatlarni e'tiborga oladigan qator jadval qiymatlari va aniqlik kirituvchi koeffitsiyentlar asosida amalga oshiriladi

G'ovak to'ldiruvchilar engil betonlarning deformativ xususiyatlariga ham ta'sir ko'rsatadi. To'ldiruvchini deformativligi va miqdorini oshishi bilan betonning qovushqoqlik moduli kamayyadi.

Engil betonning asosiy xususiyatlaridan yana biri ularning issiqlik o'tkazuvchanligi bo'lib, bu o'z navbatida to'suvchi konstruksiyalarning qalinligini belgilaydi. Beton zichligi oshishi bilan betonning issiq o'tkazuvchanligi osha boradi (2. 4-rasm). Tarkibdagi engil to'ldiruvchilar miqdorini oshishi, zichligini kamayishi beton issiqlik o'tkazuvchanligini kamayishiga olib keladi, xususan issiqlik-fizik xususiyatlari yaxshilanadi. Biroq, bu holda betonning mustahkamligi kamayadi. Shu sababli amaliyotda yakuniy materiallarning eng mukammal nisbatlarini topish talab etiladi. Bu holda sement sarfini minimal darajaga tushirish ham muhim sifatlardan biri hisoblanadi.

Engil to'ldiruvchilar ahamiyatli darajadagi suv talabchanlik xususiyatiga ega bo'lib, ular beton qorishmasi tarkibiga kiritilganda sement qorishmasidan ma'lum miqdordagi suvni so'rib oladilar. Bu jarayon beton qorishmasi tayyorlanayotgan ilk 10-15 minutda nisbatan jadalroq davom etadi. Bu erda shimilayotgan suvning miqdori beton qorishmasini tarkibiga bog'liq: suyuq va harakatchan betonlarda suv-tsement nisbati ahamiyatli bo'lib, bu miqdor ortib boradi va aksincha suv-tsement nisbati kamroq ahamiyat kasb etuvchi quyuq betonlar qorishmalarida miqdor kamayib boradi.

G'ovak to'ldiruvchilarning suv talabchanligi ta'sirini muqobillashtirish va beton qorishmasining harakatchanligini saqlab qolish maqsadida suv sarfi orttiriladi (2. 5-rasm). Beton qorishmasini suv talabchanligi oshish darajasi engil to'ldiruvchilar miqdori va ularning suv talabchanligiga bog'liq: to'ldiruvchining miqdori va suv talabchanligi qancha ko'p bo'lsa talabga javob beradigan, harakatchan beton qorishmasini olish uchun suv sarfi oshiriladi. G'ovak to'ldiruvchini suv talabchanlik xususiyati beton qorishmasining suv tutuvchanlik xususiyatiga ham ahamiyatli ta'sir ko'rsatib, quyma va harakatchan betonlarni qatlamlashuviga mone'lik qiladi, shuningdek yuqori darajadagi suv-tsement nisbatidagi qorishmalarni qo'llashga zamin yaratadi. Bu xususiyatlar konstruktiv-teploizolyatsion engil betonlarni ishlab chiqarishda katta ahamiyat kasb etadi.

2. 4-rasm. G`ovakli to`ldiruvchi asosidagi engil betonning issiqlik o`tkazuvchanligi  $\lambda$  uning zichligiga  $\gamma$  bog`liqligi

2. 5-rasm. Bir xildagi chegaraviy yirikligi 20 mm bo`lgan shag`al (yuqorida) va keramzit (pastda) asosida tayyorlangan beton qorishmasining suvshimuvchanligi

G`ovakli to`ldiruvchilar sement hamiri bilan boshqa zich to`ldiruvchilarga nisbatan ko`proq suv almashinuvi xususiyatiga ega bo`lganligi uchun uning tarkib topishi jarayonlariga ta`sir ko`rsatadi. Birinchi bosqichda g`ovak to`ldiruvchilar namlikni shimib sement toshi bilan to`ldiruvchilar orasidagi qatlamda mustahkam va mahkam bog`lanishni hosil qiladi. Ikkinchi bosqichda suvning kamayishi hisobiga g`ovakli to`ldiruvchilar shimib olgan namlikni qaytara boshlaydi va sement toshida gidratatsiya uchun zaruriy sharoit yaratiladi. Engil to`ldiruvchilarning yuzalarini o`ta notekisligi hisobiga sement toshi bilan yaxshi yopishishadi va to`ldiruvchining deformatsiyalanuvchanligi hisobiga sement toshining cho`kishi, mikroyoriqlar paydo bo`lishi kabi sement tarkibiga ta`sir etuvchi salbiy holatlar kamayadi.

Natijada g`ovak to`ldiruvchili engil betonlarda sement toshi talab darajasidagi zichlik va birjinslilikka ega bo`ladi va bu xususiyati bilan ularni temir-beton konstruktsiyalarida va ba`zi agressiv muhitlarda ham ishlatilishiga imkoniyat yaratiladi.

G`ovak shag`al va qumlarning yuzasi noto`g`ri shaklga ega bo`lganligi hisobiga qorishmada donalar aro bo`shliqlar ko`payadi. Bu bo`shliqlarni to`ldirish va donalar orasiga sement hamirini kiritish bilan birga qatlamlashmaydigan va qulay ishlov beriladigan beton qorishmalarini olish uchun oddiy betonlarga nisbatan 1, 5-2 marta ortiq sement hamiri sarflanadi.

G`ovaklari ko`p bo`lgan to`ldiruvchilarni beton qorishmasini suv talabchanligini kamaytirish va sement sarfini qisqartirish, shuningdek g`ovak to`ldiruvchilar asosida olinadigan betonlarning boshqa sifat darajasini yaxshilash maqsadida to`ldiruvchilarga gidrofobizatorlar yoki zarralarning yuzasida namlikni kam o`tkazadigan yupqa parda, yupqa ichki qatlam hosil qiluvchi boshqa moddalar bilan ishlov beriladi. Lekin bunday tadbirlar beton tannarxini oshirib yuborganligi uchun ularni texnik-iqtisodiy hisoblar asosida bajarilishi zarur.

2. 2. Serg`ovak betonlar

Tarkibida katta miqdorda o`lchamlari 1-1, 5 mm gacha bo`lgan mayda va o`rtacha kattalikdagi havoli g`ovaklari bo`lgan (betonning umumiy hajmidan 85% gacha) o`ta engil betonlar **serg`ovak betonlar** deb ataladi. Serg`ovak betonlarning g`ovaklari asosan mexanik yoki kimyoviy yo`llar bilan olinadi. Birinchi holda bog`lovchi va suvdan tashkil topgan hamirga mayin qum va oldindan tayyorlangan ko`pik qo`shilib mexanik usulda aralashtiriladi.

Qotish natijasida g`ovaksimon **ko`pikbeton** deb ataluvchi material olinadi. Ikkinchi holda bog`lovchi material tarkibiga gaz hosil qiluvchi qo`shimchalar qo`shiladi va hamirda gaz paydo bo`luvchi reaksiya ketishi natijasida ko`pchib, g`ovakli bo`lib qoladi. Qotgandan so`ng bu material **gazobeton** deb ataladi.

Serg`ovak betonlar ishlatilish joylariga qarab zichligi 300-600 kg/m<sup>3</sup> va mustahkamligi 0, 4-1, 2 MPa bo`lgan issiqlik izolyatsilovchi va zichliklari 600-1200 kg/m³ va mustahkamligi 2, 5-15 MPa bo`lgan konstruktiv betonlarga farqlanadi.

Mamlakatimizda avtoklav yordamida olinadigan g`ovakli betonlar ishlatilishi keng tarqalmoqda, jumladan bunda beton 0, 8-1 MPa bosimdagi bug`

avtoklavlarida qotadi. Avtoklav serg`ovak betonlar quyidagi tarkibdagi qorishmalar orqali tayyorlanadi:

- a) Sement va kvarts qumi qorishmasi bilan, bu holda qumning bir qismi maydalanadi;
- б) maydalangan so`nmagan ohak va qisman maydalangan kvarts qumi; bu qorishmadan tayyorlangan betonlar ko`piksilikat yoki gazosilikat betonlar deb ataladi;
- b) Sement, oxak va qumlarni har xil nisbatda qorishtirib olinadi.

Ba`zan qumni kul bilan almashtirilishi mumkin. Unda bu betonlarni **ko`pikli kulbeton** yoki **gazli kulbeton** deb ataladi.

Avtoklavsiz qotirilgan serg`ovak betonlar uchun asosan markasi 400 dan kam bo`lmagan sement ishlatiladi. Qotish tezligining sekinligi bilan farqlanadigan puntstsolan portlantsement va shlakli portlandtsementlarni tajribaviy sinovsiz ishlatish tavsiya etilmaydi.

Avtoklavli serg`ovak betonlar uchun portlandtsementni qaynama-oxak bilan og`irliklarini 1:1 nisbatda olib ishlatish maqsadga muvofiq. Avtoklavli serg`ovak betonlarni tayyorlash uchun tarkibida 70% dan kam bo`lmagan faol CaO va 5% dan ortiq bo`lmagan MgO ohak ishlatiladi. Yuqori ekzotermik so`nish harorati 85° bo`ladi. Maydalangan oxak zarralarining nisbiy yuzasi bilan harakterlanadigan zarrachalarining maydalanish darajasi 3500-4000 sm<sup>2</sup>/g dan kam bo`lmasligi kerak.

Kremniyli tarkibiy qism sifatida tarkibida 90% dan kam bo`lmagan kremniy, 5% oshmagan loy va 0, 5% slyudali toza kvarts qumi qo`llaniladi. Qumning nisbiy yuzasi serg`ovak betonlarning zichligiga qarab 1200-2000 sm<sup>2</sup>/g bo`lishi kerak.

Maydalangan qum o`rniga ishlatiladigan chiqindi-kul o`zining kimyoviy-mineral tarkibining birjinsli emasligi bilan ajralib turadi. Kul yuqori g`ovakli va dispers moddadir. Kulning bu xususiyatlari betonning yuqori namlik tutib turish va betonni asta namlik berish xususiyatlarini oshiradi hamda darz ketishga mustahkamligini kamaytiradi. Kulning afzalligi sifatida uni oldindan maydalash zaruratining yo`qligi deb aytish mumkin. Bu xususiyatlar kvarts qumli betonlardan

tayyorlanganga nisbatan zichligi kamroq bo'lgan maxsulotlarni olish imkonini yaratadi. Chiqindi-kul tarkibida kremnezem 40% dan kam bo'lmasligi, kuydirish natijasidagi og'irligini pasayish darajasi 8% dan oshmasligi, nisbiy yuzasi 2000-3000 sm²/g bo'lishi kerak.

Betonda g'ovaksimon tarkib hosil bo'lishi uchun ko'pik va gaz hosil qiluvchi to'ldiruvchilar ishlatiladi. Ko'pik hosil qiluvchi sifatida bir necha sirt-faol turg'un ko'pik hosil qiluvchi moddalardan foydalaniladi. Ularga suyakdan ajratib olinadigan elim asosida tayyorlanadigan konifol-elim, kanifol va ishqoriy natriyning suvdagi aralashmasini keltirish mumkin. Bu ko'pik hosil qiluvchi emul'siyani uzoq muddat ko'pirtirilganda turg'un ko'pik beradi.

Smolosaponinli ko'pik hosil qiluvchi moddani sovun asosi va suvdan tayyorlaydilar. Uning tarkibiga suyuq shishaning me'yorlashtiruvchi sifatida kiritilishi ko'pikning turg'unligini oshiradi. Bu ko'pik hosil qiluvchi o'z xususiyatlarini havoning normal harorati va namligida bir oygacha saqlaydi.

Alyumosul'fonaftenli ko'pik hosil qiluvchini glinozem kerosin, oltingugurt(giltuproq) sul'fati va ishqoriy natriydan olinadi. U ijobiy haroratda xususiyatlarini 6 oygacha saqlaydi.

GK ko'pik hosil qiluvchini gidrolizatsiyalangan PO-6 rusumli qushxona qonidan va temir sul'fatidan olinadi. Uni qotish jarayonini jadallashtiruvchi qo'shimchalar bilan birga ishlatish mumkin. Bu modda ham o'z xususiyatlarini 6 oygacha saqlaydi.

Ko'pik hosil qiluvchi to'ldiruvchilar suv massasidan % hisobida: kanifol-elimli 8-12, smolosaponinli 12-16, alyumosul'fonaftenli 16-20 ko'pik hosil qiluvchi va GK 4-6 foizga suv miqdori nisbatida olinadi.

Gazbeton va gaz silikat betonlarda gaz hosil qiluvchi modda sifatida 4 xil rusumda chiqariladigan (GOST – 5494-71) alyumin kukuni ishlatiladi. Gazbeton ishlab chiqarishda tarkibida 82% faol allyuminiy bo'lgan va mayinlik darajasi 5000-6000 sm²/g bo'lgan PAK-3 yoki PAK-4 gaz hosil qiluvchilar ishlatiladi. Alyumin kukunini miqdori gaz betonlarning zichligiga bog'liq bo'lib 0, 25-0, 6 kg/m³ ni tashkil qiladi.

G`ovak betonlarning tarkibini aniqlashda bog`lovchi modda hamda ko`pik tashkil etuvchining sarfini eng kam miqdorida olish bilan uning berilgan zichligi va mustahkamligini ta`minlash zarur.

G`ovak betonlarning zichliklari va g`ovaklilik darajalari ular tarkibidagi ko`pik hosil qiluvchilar miqdoriga va ko`pik hosil qilish xususiyatlariga bog`liq. Ayrim paytlarda ularga beton qorishmasi harorati va ular tarkibidagi suv/qattiq moddalar S/Q (%) nisbatiga ham bog`liq bo`lishi mumkin. S/Q nisbatini oshirish bilan qorishmani suyultirish va ularda g`ovak hosil bo`lishi uchun yaxshi sharoit yaratiladi.

2. 6-rasm. Katakchali beton mustahkamligini R_b uning zichligiga bog`liqligi

2. 6-rasmda g`ovak beton mustahkamligini uning zichligiga bog`liqlik nisbatlari ko`rsatilgan. Serg`ovak betonlar zichliklari ulardagi g`ovaklar harakteriga, ularning o`lchamlari va g`ovak strukturasiga hamda g`ovak orasidagi qobiqlar mustahkamligiga ham bog`liq. S/Q miqdorini maqbul oshirish bilan, beton qorishmasini tarkibiy o`zgarishlari yaxshilanadi va serg`ovak betonlarning mustahkamligi oshadi.

G`ovak qobig`ining mustahkamligi esa bog`lovchi va kremnezem komponentini nisbatiga, S/Q va issiqlik-namlilik ishloviga bog`liq.

2. 3. Mayda zarrachali betonlar

Yupqa temir-beton buyumlarini tayyorlash uchun tarkibida shag`al bo`lmagan mayda zarrachali betonlar ishlatiladi. Bu betonni po`lat simlaridan to`qilgan to`rlar bilan armaturalash orqali yupqa devorli konstruktsiyalar uchun yuqori mustahkamlikdagi **armotsementlar** olinadi. Mayda zarrachali betonlarni shuningdek shag`al va qum-tosh aralashmalari bo`lmagan tumanlarda temir-beton konstruktsiyalarini barpo etishda qo`llash mumkin.

Mayda zarrachali beton xususiyatlari xuddi og`ir betondagi jihatlar kabi aniqlanadi. Ammo bu betonlar mayda zarrachali sement-qumli beton o`z tarkibiga ko`ra taqazzo etiladigan birjinslilik, mayda zarralilik, sement toshining katta

miqdordaligi, qattiq toshli strukturaning yo`qligi, g`ovaklarning ortishi, va qattiq fazaning nisbiy yuzasini yuqoriligi kabi xususiyatlarga ega.

2. 7-rasm. Qumli beton mustahkamligini uning tarkibi (a) va S/TS nisbatiga (b) bog`likligi

$1-S/TS = 0.3$; $2-S/TS = 0.4$; $3-S/TS = 0.5$; $4-TS/Q = 1:0$; $5-TS/Q = 1:2$; $6-TS/Q = 1:4$;
7-oddiy beton (taqqoslashsiz).

2. 7, a-rasmida qumli betonning mustahkamligini uning tarkibiga bog`liqligi ko`rsatilgan. S/TS nisbati 0, 3 bo`lgan bunday betonda sement sarfining mustahkamlikka bo`lgan nisbati to`g`ri chizik bo`yicha davom etadi: beton mustahkamligini oshishi bilan, uning tarkibidagi sement miqdorini oshishini ko`rish mumkin, ayni paytda sement miqdorining kamayishi beton mustahkamligini pasayishiga olib keladi.

Suvtsement nisbati 0, 4 va undan ortganda betonning eng yuqori mustahkamligiga sement va qum nisbatini eng maqbul holatda bo`lgandagina olish mumkin va bu nisbatda beton zichligi maksimal darajaga etadi. Sement miqdorining kamayishi beton mustahkamligini pasayishiga olib keladi. Sement miqdorini juda ham oshirish beton tarkibida ortiqcha suv miqdorini ko`payishiga va g`ovaklikni oshirib, mustahkamlikni pasaytirishi mumkin.

Har bir beton tarkibi uchun o`zining maqbul S/TS nisbati aniqlanib, eng yuqori mustahkamlik va zichlikka erishish mumkin (2. 7, b-rasm) S/TS nisbatini pasaytirib yuqori mustahkamlikka erishish mumkin. Bunda zichlashtirish orqali oddiy, yirik to`ldiruvchili betonlardagidan ham ortiqroq mustahkamlikka erishiladi. Biroq bunday betonlarda sement sarfining katta miqdorda bo`lganligi uchun maxsus texnik-iqtisodiy asosnomalarga ko`ra o`ziga xos bo`lgan konstruksiyalarda qo`llaniladi.

Qator hollarda sement-qumli qorishmalarni oddiy usulda titratish yo`li bilan zichlashtirish jarayonida ma`lum miqdordagi mayda pufakchalar sifatidagi havo so`riladi hamda ular butun qorishma hajmida bir tekisda taqsimlanadi. Havoning bunday so`rib olinishi 3-6%gacha va undan ortiq miqdorga etib, betonning g`ovakligini oshiradi hamda mustahkamligini pasaytiradi.

Qum, qum va shag'al qorishmasiga nisbatan yuqoriroq g'ovaklikka ega. Qorishmalardagi sementning kamligi, jumladan 1:3 nisbatdan kamayishi, sement hamirining qum donalarini qamrab olishi va barcha bo'liqlarni to'ldirishi uchun etishmay qoladi. Bu holda sement hamirining kamligi tufayli qo'shimcha g'ovakliklar yuzaga keladi va beton g'ovakligi oshib, uning mustahkamligi pasayadi. Mazkur holatlar sement sarfi darajasining ($200-300\text{kg/m}^3$) pastligi tufayli qumli betonlarni talab darajasidagi mustahkamlikda olishda murakkabliklarni yuzaga keltiradi. Yuqorida ifodalangan xususiyatlarni inobatga olib, umumlashtirilgan bog'liqligini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$R_{q.b.} = AR_{ts}(TS/S+SH)-0,8),$$

bunda S, Ts – suv va sement miqdori, kg/m^3 ;

SH – so'rilgan havo miqdori. l. ;

A – empirik koeffitsiyent (yuqori sifatga ega materiallar uchun $A=0,8$; o'rta sifatli materiallar uchun $A=0,75$ va past sifatli uchun $A=0,65$).

Empirik koeffitsiyent A ni ishlatilayotgan materiallar sifatiga qarab tajriba asosida ham aniqlash mumkin (2. 8-rasm).

2. 8-rasm. Mayda qumning qumli beton mustahkamligiga ta'siri

1-betonning erishilgan maksimal darajadagi mustaxkamlik qiymatlarining pasayishi (ijobiy S/TS nisbatida); 2-bir xil xarakatchanlikdagi qorishmalarning mustaxkamliklarini pasayishi (siltovchi stoldagi konus oquvchanligi 130 mm).

Mayda zarrachali qum betonlarni egilishga bo'lgan mustahkamliklari (2. 9-rasm), suv o'tkazuvchanlik va sovuqqa nisbatan chidamliligi katta bo'lgani uchun maydalangan shag'al yo'q tumanlarda yo'l plitalari, quvirlar va gidrotexnika inshootlarida qo'llash mumkin.

To'ldiruvchilarning maydaligi va ularning nisbiy yuzalarini yuqoriligi hisobiga beton qorishmasining suv talabchanligi ortiq bo'ladi (2. 10-rasm) va beton titratilganda beton qorishmasining havo so'rishi ko'payadi. Beton qorishmasi uchun kerak bo'ladigan suv miqdori qorishmaning quyuq-suyuqligiga va ular tarkibidagi materiallarga bog'liq. Masalan, tarkibi 1:3 nisbatda bo'lgan beton uchun konus cho'kmasi 2 sm bo'lgan qorishmani olishda suv sarfi 260 l/m^3 , va tarkibi 1:2 nisbatdagi beton uchun esa -300 l/m^3 ni tashkil etadi.

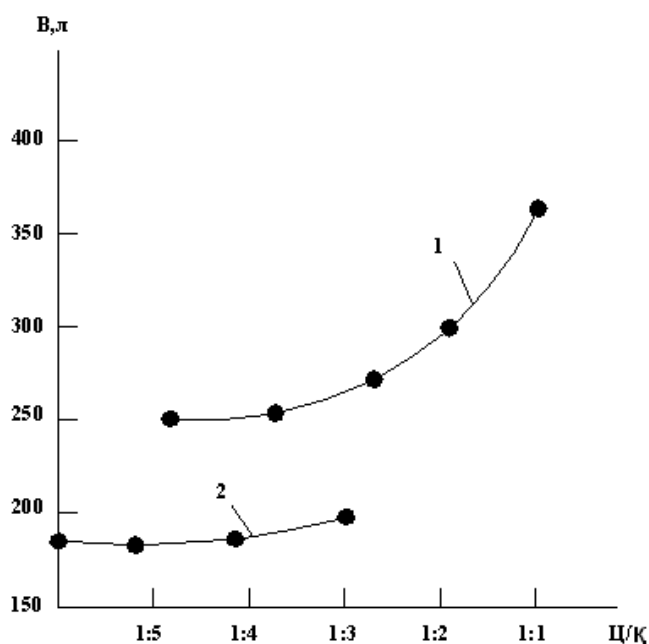
2. 9-rasm. Betonning egilish va cho'zilishga bo'lgan mustahkamligini uning siqilishga bo'lgan mustahkamligiga bog'liqligi

1-oddiy betonda Reg; 2-qumli betonda Reg; 3-qumli betonda Rts.

Natijada bir xil mustahkamlikka ega bo'lgan betonni va bir xilda harakatlanuvchan beton qorishmasini olish uchun oddiy betonga nisbatan mayda zarrali betonda sement 20-40% ortiq sarflanadi. Sement sarfini kamaytirish maqsadida turli xil kimyoviy qo'shimchalar kiritish, qumli beton qorishmalarini samarali zichlashtirish va yirik zarrali qumlarni qo'shish talab etiladi.

Sement-qum qorishmasini zichlashishini yaxshilash maqsadida bosim berish, trambovkalash, rolik bilan tekislash va vibrovakuum orqali zichlikni oshirish usullarini qo'llash mumkin.

Yupqa devorli temir-beton konstruksiyalari ishlab chiqarishda asosan 1:3-1:4 nisbatdagi sement-qum qorishmasi ishlatiladi, armotsement uchun bu tarkib 1:2 teng.



2. 10-rasm. Konus cho'kishi 2-4 mm bo'lgan beton qorishmasining suvshimuvchanligi

1-o'rtacha yiriklikdagi qumdan tayyorlangan turli tarkibli sement-qumli qorishma; 2-chegaraviy yirikligi 10 mm bo'lgan shag'aldan tayyorlangan oddiy beton qorishma.

2. 11-rasm. Armotsementning qoliplanuvchanligini aniqlash uchun mo`ljallangan moslama

1-po`lat silindr; 2-zadvijka; 3-armaturali panjara; 4-fiksatsiyalovchi katakcha; 5-moslamani 15x15x15 sm. li standart qolipga maxkamlagichlar; 6-organik shisha plastinkasi.

3-bob. Betonning qotishiga haroratning ta`siri

3. 1. Normal haroratda betonning qotishi

Polinoglarda mahsulotlarni tayyorlashda va yig`ma-monolit va monolit konstruktsiyalarni tiklash jarayonida beton normal sharoitda 15-20 darajada qotadi. Bunday holda beton mustahkamligi sement qumining mineralogik tarkibi va nozikligi, birinchi navbatda betonning S/TS tarkibi, kimyoviy qo`shimchalar bilan belgilanadi. Tez qotuvchi sementlar, qotishni tezlashtiruvchi qo`shimchalar, suvga kam talabchan betonlar qo`llanilsa mustahkamlikning ortishi tezlashadi.

Boshlang`ich davrda, ayniqsa zaruriy nam muqit ta`minlangan sharoitda betonning qotishi ustida ishlashni tashkil etish muhim ahamiyat kasb etadi. Buning uchun beton polimer plenka bilan yopiladi, unga qum sepiladi, doimiy ravishda ho`llab turiladi, sintetik material qo`llaniladi, cho`ktiriladigan suv basseynlari tayyorlanadi yoki sementning gidratatsiyalashuv jarayonini sekinlashtirish va beton mustahkamligini oshirish uchun beton qurishining oldini olishning boshqa usullari qo`llaniladi. Dastlabki davrdayoq betonning tez qurishi qurilma shakllarining buzilishiga sabab bo`ladi, mayda g`ovaklar paydo bo`ladi. Natijada beton tarkibi yomonlashadi, uning yakuniy mustahkamligi kamayadi. Keyinchalik yaxshi

sharoit yaratish orqali beton tarkibini qayta tiklash mumkin emas, shuning uchun dastlabki davrda yaxshi parvarishlash sifatli beton tayyorlashning muhim shartidir.

Talab darajasidagi sharoitda beton mustahkamligining ortishi uzoq davr davom etadi. Har qanday yoshdagi beton mustahkamligini taxminan aniqlash uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$R_n = R_{28}(\lg n / \lg 28) \quad (3.1)$$

bu erda: R_n – istalgan yoshdagi betonni siqilishga sinashdagi mustahkamligi; R_{28} – 28 sutkalik betonning mustahkamligi; $\lg n$ – beton yoshining o'nlik logarifmi.

Bu formula $n > 3$ dan boshlab o'rta navdagi oddiy portlandtsementdan tayyorlangan betonlar uchun qoniqarli natijalar bera boshlaydi. Haqiqiy mustahkamlik hisobdagidan farq qilishi mumkin, uni beton konstruktsiyalarining qotish sharoitidagidek muhida tayyorlangan namunalarni tekshirish natijalari yoki bevosita konstruktsiyaning o'zidan olingan betonni tekshirish orqali aniqlanadi.

Turli yoshda beton mustahkamligini aniq baholash uchun sementning minerologik tarkibini hisobga olish kerak.

Normal haroratda beton mustahkamligi ortishining intensivligiga qarab hozirgi sementlarni shartli ravishda uchga ajratish mumkin (3.1 jadval).

Qotish tezligi bo'yicha sementlarning turqumlanishi

3.1 jadval.

TSement toifasi	Mineralogik harakteristika	Mustahkamlik ortishining koeffitsiyenti		
		$k_{7-28} = R_7/R_{28}$	$k_{28-90} = R_{28}/R_{90}$	$k_{28-180} = R_{180}/R_{28}$
I	Alyuminatli sement ($C_3A > 12\%$)	0,65-0,8	1-1,05	1-1,1
II	Alitli sement ($C_3A > 50\%$, $C_3A < 8\%$)	0,6-0,7	1,05-1,2	1,1-1,3
III	Qiyin meneralogik harakterli sement (putstsolanli, $C_4AF < 14\%$, tarkibli portlandtsement 30-40% shlak tarkibli shlakoportlantsement)	0,5-0,6	1,2-1,5	1,3-1,8

IV	Tarkibida 50% dan yuqori boʻlgan shlakoportland-tsement va portlantsement $R_n=R_{28}(lg_n/lg_{28})$ formula boʻyicha taqqoslash uchun	0, 45-0, 5	1, 6-1, 7	1, 85
		0, 58	1, 35	1, 55

Bunda betonning dastlabki davrida mustahkamlikni tez oshiruvchi sementlar mustahkamlikning keyingi muddatlardagi qotish jarayonini keskin pasaytirib yuboradi. Aksincha, boshida sekin qotuvchi 3-, 4-toifa sementlarida mustahkamlikning anchagina oʻsishi namoyon boʻladi. Normal sharoitda bu sementlarda mustahkamlik yarim yillik yoshida 28 sutkalik yoshidagi mustahkamgiga nisbatan 1, 5-1, 8 marta oshadi, shuningdek keyingi davrlar davomida ham ancha sekin surʼatda boʻlsa-da mustahkamlikning ortishi kuzatiladi.

3. 1-jadval maʼlumotlari betonning qotish kinetikasini ifodalash uchun qoʻllaniluvchi formula 3-toifa betonlarini qoʻllashda ancha ishonchli natijalarni beradi. Boshqa hollarda betonlarni turli sementlarda qotish xususiyatlarini hisobga oluvchi koeffitsiyentlarni kiritish kerak.

3. 1-jadvalda keltirilgan k_{28-90} va k_{28-180} koeffitsiyentlar katta boʻlmagan namunalarni saqlashning normal sharoitiga mos keladi ($T=15-20^{\circ}S$, $W=90-100\%$). Harort va namlikning kamayishida qotishuv keskin pasayadi.

Konstruktsiyalarni tayyorlashda betonning butun qotish muddati davomida namlikni hamma vaqt ham tutib tura olinmaydi, chunki ishlov berish, montaj va boshqa ishlar nafaqat beton namligining pasayishini, balki uning ust qismining qurishini talab etadi. Bunday sharoitda formula(3. 1)ni yoki 3. 1-jadvalda keltirilgan koeffitsiyent qiymatlarini qoʻllash mumkin emas. Taxminiy taʼkidlash mumkinki, 1- va 2-toifali sementlarning ochiq havoda qotishi uchun $k_{28-90} = 1, 05$; $k_{28-180} = 1, 1$; 3 toifa sementlari uchun $k_{28-90} = 1, 05$; $k_{28-180} = 1, 25$; 4 toifa sementlari uchun $k_{28-90} = 1, 1$; $k_{28-180} = 1, 3$ ga teng.

Betonning uzoq qotishidan sementni iqtisod qilish uchun foydalansa boʻladi. Ayrim hollarda konstruktsiya hisobdagi ogʻirlikni 28 sutkaga nisbatan ham kechroq muddatlarni talab etadi. Qulay sharoitda betonning qotishi konstruktsiyaga ekspluatatsion ogʻirlikni uzatishda ham davom etadi. Bunday

hollarda betonning loyihaviy mustahkamligi uchun belgilangan uzoqroq muddatlarda (90 yoki 180 sutka) R_{28} ni kamaytirish va sementni iqtisod qilish mumkin, chunki betonning kamroq mustahkamligi uchun ancha kamroq sement sarf qilinishi talab etiladi.

3. 2. Yuqori haroratlarda betonning qotishi va qotish jarayonini tezlashtirish

Temir-beton konstruksiyalarini ishlab chiqarishda betonning tez qotishi uchun turli usullardan foydalaniladi: mexanik – sementning solishtirma ustki qismini oshirish yoki beton qorishmasining faollashuvi; kimyoviy – qotishuvni tezlashtiruvchi to'ldiruvchi vositalarni kiritish (CaCl_2 , NNK va b.); issqlik – qaynatish va elektr bilan qizdirish. Betonning qotish muddatini 10-20 marta kamaytiruvchi issiqlik usullari yig'ma temir-beton zavodlarda keng tarqalgan.

Ma'lumki, isitish kimyoviy reaksiyani tezlashtiradi. Beton haroratining ortishi suv va sementning o'zaro ta'sirlashuvini faollashtiradi va betonning qotishini tezlashtiradi. Bunda sement gidratatsiyasi mahsulotlarning turli haroratlarda qotuvchi boshlang'ich tarkibi qariyb bir xil bo'ladi. Isitish jarayonida beton mustahkamligining ortishi, normal haroratdagi kabi logarifmik bog'liqda bo'lishi mumkin, biroq u o'z koeffitsiyenlari bilan farqlanadi. Temir-betonning VNII ma'lumotlariga muvofiq:

$$R = A (\lg t - \lg t_0) \quad (3. 2)$$

Bu erda A – sementning tekshiruvning qabul qilingan sharoitlarida qaynatilishidagi holatini ifodalovchi qiymat. MPa ; t – istish vaqti, u t_1 izotermik chidash davrini va qizish va sovush davrining bir qismini qamrab oladi, bunda namunalarning harorati 60 darajadan oshadi; O'rtacha $t=t_1+3$; t_0 - qotishning induksion davri (mustahkam strukturaning qoliplash davrining boshlanishidan oldingi davr).

3. 2-formula turli mineralogik tarkibdagi sementlardan maxsus tayyorlangan beton uchun kiritilgan bo'lib, mazkur beton $3+t_1+2$ soat rejimda 2 soat oldindan qizdirilgan va bug'lash kamerasidan olinib 6 soatdan so'ng sinalgan. Tajribalar A va t_0 qiymatlarini aniqlash ikonini berib (bog'liqlikning grafik tuzilishida; 3. 1-

rasm) va shu yoʻl bilan sementning mineralogik tarkibini bugʻlash jarayonida beton chidamliligiga taʼsirini aniqlash imkonini beradi (3. 2 jadval).

Har xil mineralogik tarkibli sementlar uchun A va t_0 qiymatlari

3. 2-jadval

TSement guruhi	TSementning mineralogik tarkibi, %		Nisbiy ahamiyati A, %	t_0 , S	Funtsiyaning chegarasi, s
	C_3S	C_3A			
I-past alyuminatli	60	2-3	12, 5	0, 6	20-25
	50	2-3	9, 5	0, 45	20
II-oʻrta alyuminatli	60-65	8	10, 0	0, 15	9-10
	50	8	9, 5	0, 2	9-10
III-yuqori alyuminatli	55	11-22	8, 5	0, 15	9
	40-50	11-12	7, 0	0, 18	7-8

A qiymatni Rning t q 10 t_0 dagi mustahkamlik qiymati sifatida qabul qilish mumkin; I guruh sementlari uchun u taxminan 25ga, II guruh – 20ga, III guruh – 17, 5 ga teng. A va t_1 ning boshqa sharoitlarda olingan qiymatlari

Yuqorida keltirilganlardan farq qilishi mumkin, ammo uni betonni 2-3 rejimda sinash yoʻli bilan aniqlash va hisobga aniq shartlar uchun qiymatlarini kiritish mumkin boʻladi.

3. 1-rasm. Bir xildagi faollikka ega boʻlgan va I - III mineralogik guruxlardagi (1 - 3 egrilarga mos xolda) sementlardan tayyorlangan betonlar mustaxkamligini, boʻgʻ bilan ishlov berish vaqtiga bogʻliqligi (yarimlogarifmik masshtabda).

Keltirilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, sementning minerologik tarkibi beton mustahkamligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Bug'lanishning birinchi soatlarida I va III guruh sementlari eng yuqori mustahkamlikni ko'rsatadilar. Agarda ularning tarkibida klinker C_3S qancha ko'p bo'lsa, mustahkamlik shuncha yuqori bo'ladi. I guruh sementlardan tayyorlangan betonlar mustahkamligi bu davrda ancha kam bo'lib, faqat 3-4 soatga etadi, keyin esa III guruh, 6-7 soatdan keyin esa II guruhlardan sementlardan tayyorlangan betonlar mustahkamlanib boradi. Shundan keyin I guruh sementlarniki 20-24 soat izotermik ishlovga qadar davom etadi, II guruh sementlar mustahkamligining ortishi esa 9-10 soat, III guruhlariniki esa 7-9 soatda izotermik ishlov to'xtaydi.

Betonga isiiqlik bilan ishlov berish orqali olinishi mumkin bo'lgan mustahkamlik qiymati sementning turiga bog'liq. 3. 3 jadvalda temir-beton bo'yicha faoliyat yurituvchi VNIIning ma'lumotlari keltirilgan va ularda bug'lash jarayonidagi betonning faolligiga nisbatan suv/tsement nisbati $S/St=2-2, 5$ bo'lganda betonning chegaraviy mustahkamligi, hamda mazkur qiymatlarga erishish uchun ketgan harorat bilan ishlov berish vaqti qayd etilgan.

Bug'lash jarayonida sement mineralogik tarkibini betonning chegaraviy mustahkamligiga ta'siri

3. 3-jadval

TSement turlari	TSementning o'rtacha faolligi, MPa	Beton chegaraviy mustahkamligining sement faolligiga nisbati	CHegaraviy mustahkamlikka erishishning taqribiy muddati, s	Izometrik ishlov berishning 0, $8R_{pr}$ ga erishilgunga qadar davomiyligi, s
Portlantsement:				
I-guruh	32, 5	1, 45	27-33	12
II-guruh	35	1, 15	15-18	6
III-guruh	27, 5	1, 10	10-12	4
OBTTS	39	1, 05	12-15	3
SHlakaportland sement:				
shlak 30%	24	1, 55	25-30	8
shlak 50%	17	1, 85	27-33	14

Isitish jarayonida mustahkamlikni oshirish tezligi birinchi soatlar ichida eng yuqori qiymatiga etadi, keyinchalik keskin kamayadi, ayrim hollarda

mustahkamlik chegarasiga etgunga qadar isitish maqsadga muvofiq bo'lmaydi. Odatda isitish mustahkamlikning chegaraviy nuqtasining 70-80%ga kelganda to'xtatiladi. Ushbu holda ishlov berilgandan va keltirilgan marka 28 sutkadan keyin beton mustahkamligining sezilarli darajada jadal o'sishi ta'minlanadi, isitish muddati esa eng katta mustahkamlikka erishishga qadar ketadigan vaqtga nisbatan 2-3 marta kamayadi. Bunda bug'lash mahsulot shakllangandan so'ng taxminan 2 soatdan keyin boshlanadi, haroratning oshishi esa o'zgaruvchan bo'ladi (3 s davomida 80 daraja). 3. 3-jadvalda ko'rsatilganlardan farqli, qisqaroq rejimlarni ishlatish sementning ortiqcha sarflanishiga olib kelishi mumkin.

Agarda sement bug'lanish jarayonida beton mustahkamligi va issiqlik bilan ishlov berishning umumiy ta'siri ko'rib chiqilsa, mos keluvchi sement turlari sifatida shlakoportlandtsement va ayniqsa ko'p shlak qo'shilgan hamda yuqori S_3S tarkibdagi o'rtaalyuminatli sementlar hisoblanadi. Ta'kidlash joizki, istishda beton mustahkamligining ortishiga beton tarkibi va boshqa qator omillar ta'sir ko'rsatadi. Xususan, bug'lash va boshqa yuqori harorat bilan ishlov berish turlarida qotishning tezlashuviga betondagi suv/tsement nisbati ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Betonga yuqori harorat bilan ishlov berishda murakkab fizik va kimyoviy jarayonlar kechadi. Betonning qizishi uning kengayishiga olib keladi. Sement toshining yangi yuzaga keladigan moddalari xuddi betonning kengaygan hajmini mustahkamlagandek bo'ladi. Sovutilganda beton siqiladi, lekin yuzaga kelgan struktura bunga qarshilik ko'rsatadi va betonda qoldiq deformatsiyalar kuzatiladi, ya'ni uning hajmi istitish orqali ishlov berilgan boshlang'ich holatidagiga nisbatan katta bo'ladi. Hajmning ortishi beton g'ovakliligini ortishiga va uning mustahkamligini pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, qizitish jarayonida paydo bo'lgan mikrog'ovaklar beton g'ovakligini o'zgartirib, uning mustahkamligini pasaytiruvi boshqa omillarni yuzaga keltirishi mumkin.

Berilgan miqdordagi materiallar hajmi eng kam bo'lgan, uzoq muddatda qotirilgan beton eng mustahkam hisoblanadi, ya'ni bu holdayangi paydo bo'lgan sement toshlarining zichligi ko'payadi. Bu talablarga betonni yoyish va 0-4 daraja haroratda qotirish mos keladi, chunki 4 darajada suv zichligi eng yuqori bo'ladi.

Issiqlik bilan ishlov berishda chegaraviy mustahkamlikning pasayishi uning rejimiga bogʻliq. Qizitishda sement, qum va shagʻal kam kengayadi, chiziqli kengayishning harorat koeffitsiyenti α $8 \cdot 10^{-6}$ dan $12 \cdot 10^{-6}$ gacha oraliqda oʻzgarib turadi (hajmy kengayishning harorat koeffitsiyenti $\beta=3\alpha$ ga teng, yaʼni 3 marta koʻp). Suvning hajmiy kengayishning harorat koeffitsiyenti ikki barobar yuqori boʻlib, uning haroratiga qarab oʻzgaradi:

Harorat, S^0	20-40	40-60	60-80	80-100
$\beta \cdot 10^{-4}$	3,02	4,58	5,87	6,88
Qizdirganda suv hajmi mos holda ortib boradi:				
Qizdirishning harorat oraligʻi, S^0	20-40	40-60	20-80	20-100
Suv hajmining ortishi, %	0,6	1,5	2,7	4,10

Agar moneʼliklar boʻlmasa, qizdirishda havo yoki bugʻ yanada koʻproq kengayadi. 3. 2-rasmda 80 darajagacha qizdirishda boshlangʻich hajmini ikki martagacha oshirishi kerak boʻlgan erkin kengayish sharoitida betonda gazsimon faza hajmining ortishi koʻrsatilgan. Haqiqatda bu sodir boʻlmaydi, chunki beton tarkibi gazsimon fazaning erkin kengayishiga yoʻl qoʻymaydi. Natijada betonda 0, 01-0, 015 MPa gacha etib borishi mumkin boʻlgan ichki bosim yuzaga keladi (havo va bugʻ pufakchalarida). Ortiqcha bosim beton qurilmasiga bogʻliq. Muayyan bosimda qurilmaning butunligi buziladi – bugʻ betondan chiqib ketadi, soʻng ortiqcha bosim ortmaydi, hatto kamayadi ham, lekin bunda beton tarkibi yomonlashishi mumkin.

3. 2-rasm. Betondagi gaz fazasining kengayishi

1- gʻovaklardagi bosim 0, 1 MPa boʻlganda, boʻgʻsiz, havoning kengayishi natijasida; 2-4-gʻovaklardagi bosim mos xolda 0, 1, 0, 11 va 0, 15 MPa boʻlganda boʻgʻ xosil boʻlishi bilan havoning kengayishi natijasida.

Qotish jarayonida sement toshining kontraktsiyasi ham muhim ahamiyatga ega. Kontraktsiya natijasida paydo boʻlgan qoʻshimcha gʻovaklar hajmi uning kengayishida suv soʻrilishi mumkin boʻlgan rezerv hisoblanadi, shuning uchun kontraktsiya beton tuzilishidagi boʻzilishlarni oldini oladi.

Betonda ortiqcha bosimning yuzaga kelishi qizitish rejimiga bog'liq. Odatda beton ust qismidan qiziydi, shuning uchun ham ortiqcha bosim ana shu joyda birinchi navbatda yuzaga keladi. Sekin qizishda ortiqcha bosim juda kam bo'ladi, chunki yuqori bosim maydonidan mahsulotning sovuq joyga namlikning ko'chishi va bug' diffuziyasi ortiqcha bosimning kamayishiga olib keladi. Juda tez qizdirishda bu omillar kerakli me'yorda paydo bo'lishga ulgurmaydi va ortiqcha bosim keskin ortadi, bu ayrim hollarda tuzalmas defekt va brak, xususan mahsulotlarning ustki qismining ko'chishiga olib keladi.

Beton tuzilishi qanchalik mustahkam bo'lsa, suv va gazsimon faza qizdirilganda paydo bo'ladigan ichki keskinliklarga shuncha yaxshi qarshilik ko'rsatishi mumkin. Agar mustahkamlik kichik va beton tarkibidagi moddalarning kengayishiga qarshilik ko'rsata olmaydigan va harorat deformatsiyalari hech narsa bilan chegaralanmasa, mahsulot qoliplash davrining tugashi bilan birdaniga beton qizdirilsa uning tarkibida eng ko'p o'zgarishlar yuzaga keladi. Bunda beton harorati qancha tez ortsa, uning tarkibi shuncha ojizlashadi va qoldiq deformatsiya ortadi. Agar qizdirish beton qotgach va muayyan mustahkamlikka erishilgach boshlansa, harorat deformatsiyasi birdaniga tushadi, chunki shakllangan struktura suv va gazsimon fazaning kengayishiga qarshilik ko'rsatadi. Strukturaga putur etishi va qoldiq deformatsiyalar keskin kamayadi (3. 3-rasm) va beton xususiyatlari yaxshilanadi. Eng yashxi natijalarga erishish uchun qizitish jarayonida struktura mustahkamligi betondagi ichki zo'riqishdan yuqori bo'lishi talab etiladi.

3. 3-rasm. Oldindan tutib turish t vaqtigi bog'liq holda betonni qizdirishdagi ϵ deformatsiyasi
1-80 S haroratda izotermik qizdirish vaqtidagi deformatsiya; qoldiq deformatsiya.

Beton faqat qattiq faza hajmi ortgandagina juda kam kengayadi. Suvning kengayishi esa havo g'ovaklari hisobiga chegiriladi, gazsimon faza bosimi esa beton tarkibining qarshiligi bilan susaytiriladi. Bunday holda taxminiy qo'shimcha hajm (aslida g'ovaklarning qo'shimcha hajmi) qizdirishda 80 daraja bo'lganda

$$\Delta V_1 = \beta \Delta t = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 1,8 \cdot 10^{-3},$$

Yoki $1,8 \text{ l/m}^3$ beton (0,18%)ni tashkil etadi.

Agar suvning kengayishi kompensatsiya qilinmasa, betonning qo'shimcha hajmi suvning kengayishi hisobiga $\Delta V_2 = 0,2 \cdot 500 \cdot 10^{-6} = 6 \cdot 10^{-3}$ yoki 6 l/m^3 beton (0,6%)ga ortadi. Hisoblashlar suv betonning 1/5 qismini (taxminan 200 l/m^3 sarfda) egallashi, hajman kengayishning o'rtacha harorat koeffitsiyenti esa 20dan 80 daraja intervalda $500 \cdot 10^{-6}$ ga tengligini ko'rsatadi. Suvning va qattiq fazaning kengayishidan yuzaga keluvchi yakuniy qo'shimcha hajm 0,78 %ni tashkil etadi. Agar istish bilan ishlov berishda beton hajmining ortishi ushbu o'lchamdan ortiq bo'lsa, bu uning o'sishiga gazsimon faza va beton tarkibining qarshiligi bilan kompensatsiya qilinmagan ortiqcha bosim ta'sir ko'rsatganligini ko'rsatadi. Tabiiyki, bunday holatda strukturada defektlar miqdori ortadi, betonning mustahkamligi esa kamayadi.

Istish bilan ishlov berish jarayonida betonning kengayishi ustidan nazoratni amalga oshirishda quyidagi tenglik to'g'ri:

$$\Delta V = V_2 - V_1,$$

bu erda $V_1 - a^3$ kubiga teng (bu erda a^3 - kubning tomoni) betonning boshlang'ich hajmi; $V_2 - (a + x)^3$ ga teng (bu erda x -kub tomonining uzayishi) kengaygandan keyingi betonning hajmi;

$$\Delta V = a^3 + 3a^2x + 3ax^2 + x^3 - a^3 \approx 3a^2x \approx 3\alpha_t a^3,$$

Chunki $3ax^2$ va x^3 $3a^2x$ din kam. $a^3 + V$ bo'lgani uchun, beton deformatsiyasining chiziqli harorati $\alpha_t = \Delta V/3$.

Yuqorida ko'rilgan misollarga nisbatan qattiq fazaning issiqlik kengayishida 0,18:3=0,06%, yoki 0,6 mm/mni tashkil etadi; qattiq faza va suvning kengayishida 0,78:3=0,26 yoki 2,6 mm/mni. 3.3. -rasm ma'lumotlari amaliyotda beton tarkibining qarshiligi natijasida deformatsiyalar hamma vaqt kichik bo'lishini ko'rsatadi.

Sovutilganda betonda zo'riqish yuzaga keladi, natijda paydo bo'lgan struktura uning harorat orqali siqilishga to'sqinlik qiladi. Natijada beton boshlang'ich o'lchamlarga qadar kichraya olmaydi, paydo bo'lgan ichki zo'riqishlar asta-sekin susayadi, lekin uning keyingi qotishiga muayyan ta'sir ko'rsatib, beton mustahkamligini, ayniqsa sovutilgandan keyin birdaniga tekshirilganida, pasaytiradi.

Isitish orqali ishlov berish jarayonida g'ovaklik asosan kapillyar g'ovaklar hisobiga ko'payadi, chunki sement toshining qotishida paydo bo'luvchi gel g'ovagi odatda qizdirish paytidagi betonning asosiy kengayishiga nisbatan ancha keng paydo bo'ladi va rivojlanadi. Bundan tashqari, gel g'ovaklarida bosimni kompensatsiya qilish uchun talab qilinadigan qo'shimcha hajm juda kam va odatda buning uchun sement toshi kontraktsiyasida yuzaga keladigan g'ovaklar hajmi etarli hisoblanadi. Zero agarda qaynatilganda kapillyar g'ovaklar hajmi ortsa, uning sovuqqa mustahkamligi va betonning boshqa xususiyatlari kamayadi. Betonning kengayishini tutib turuvchi qattiq yopiq qoliplarni qo'llash uning sifatini oshirishga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Qaynatilgan beton sifatiga shuningdek issiqlik-namlik ishlov berishdagi issiqlik almashuvi jarayoni ham katta ta'sir ko'rsatadi. Bunday sharoitlarda mahsulotlarda harorat va namlik gradiyentlari yuzaga keladi, ulrning ta'sirida esa namlik va gazsimon faza beton tarkibida uning tarkibiga putur etkazib, ko'chib turadi. Ayrim hollarda (issiqlik bilan ishlov berishning noto'g'ri rejimlarida) namlik sement gidratatsiyasini sekinlashtirib, beton mustahkamligini keskin kamaytiruvchi va uning uzoq davrga mustahkamligini yomonlashtiruvchi oraliq kapillyarni qoldirib, betondan bug'lanib chiqishi mumkin.

Isitish bilan ishlov berishda harorat va namlik gradiyentlari eng kam bo'lishi yoki hech bo'lmasa beton distruktsiyasi boshlanadigan eng kam namlikdan bo'ladigan minimal ko'rsatkichda bo'lishi kerak. Yakuniy gradiyentlarning ahamiyati qizitish davrida beton tarkibining mustahkamgi va boshqa omillarga bog'liq hamda amaliy yo'l bilan aniqlanishi mumkin. Issiqlik-massa almashinuvi natijasida destruktsiyaning kamayishiga mahsulot muayyan haroratiga qadar oldindan qizdirilgan beton aralashmasidan shakllantirganda issiq beton aralashmasini qo'llashga imkon beradi.

YUqorida ko'rsatilgan qoidalar amaliyotda o'z tasdig'ini topadi. 3. 4-jadvalda L. A. Malinin ma'lumotlari keltirilgan. S/TS-0, 45da Belgorod portlandtsementida 1:1, 87:2, 77dagi og'ir beton tarkibdagi namunalar 1+6 s rejimda 80 darajada bug'langan, keyinchalik esa kamera bilan so'ngan. Qaynatish

namunalarni tayyorlagandan keyin 1 soatdan so`ng boshlashgan. Deformatsiyasiz bug`langan namunalarning 28 sutkada normal qotishdagi beton bilan taqqoslaganda mustahkamligining ancha yuqoriligi qaynatishda sementning chuqur gidratatsiyasi bilan aniqlanadi.

Issiqlik sharoitida qayta ishlashning betonda destruktiv jarayonlarning rivojlanish darajasiga ta`siri

3. 4-jadval

Qotish sharti	Issiq fizikaviy jarayon		Siqishga mustahkamgi		28 sut-kada g`o-vaklik, %
			$\frac{R_{sj}}{R_{28}}$ dan%da, MPa		
			1 cut	28 sut	
Yopiq shakldagi termokompensirda qizish paytida o`zgarmas o`lcham	Qatnashmaydi		$\frac{47,3}{103}$	$\frac{56,6}{123}$	14, 8
	Barcha yo`nalishlarda chegarlangan	Qatnashmaydi	$\frac{36,3}{79}$	$\frac{49,5}{108}$	16, 5
Yopiq shaklda					
Ochiq shaklda	Ikki yo`nalishlarda chegaralangan	Bir tomonlama yuzaga ega	$\frac{31,3}{68}$	$\frac{44,5}{97}$	17, 6
Poddon shaklida	Chegaralanmagan		$\frac{18}{39}$	$\frac{26,6}{53}$	24, 8
Poddon ustida plenkada	Chegaralanmagan	Amaliyotda uchramaydi	$\frac{24}{52}$	$\frac{36,3}{79}$	22
20° S germetik shaklida 28 sutkada qotishi	Amaliyotda uchramaydi	uchramaydi	-	$\frac{46}{100}$	15, 5

Tajribalar beton tarkibi va mustahkamligiga uning issiqlik kengayishi va issiqlik massa almashinuvi ham katta ta`sir ko`rsatishini tasdiqlaydi. Taxminiy hisob-kitoblar uchun, normal qotishda ham, g`ovaklining 1%ga ortishi 28 sutkadagi beton mustahkamligini 5%ga kamaytirishini ko`rsatib o`tish mumkin.

Betonning qizdirishdagi holati bo`yicha o`tkazilgan tajriba betonga istish bilan ishlov berishda sifatini oshirishini ta`minlovchi texnologik usullarni aniqlash imkonini beradi.

Isitish va namli ishlov berishning eng ko`p tarqalgan ko`rinishi betonni qaynatish hisoblanadi. Qaynatishdan keyingi beton zichligi qaynatish rejimi, sement turi va faolligi hamda beton tarkibi bilan aniqlanadi. Tajriba ma`lumotlarini umumlashtirish optimal rejimda qaynatilgan betonning suv sement munosabatiga nisbatan bog`liqligini aniqlash imkonini beradi (3. 6-jadval).

Tarkibida yuqori alit bo'lgan o'rta alyuminatli sementlar 3. 6-jadvalda keltirilgan belgilardan 0, 05ga yuqori nisbiy mustahkamlikni ko'rsatadi. Beton tarkibini loyihalashtirish odatda beton qaynatilgandan keyin markalik mustahkamligining 70%ni to'playdi degan taxmin qilinadi. 3. 6-jadvalda ko'rsatilganidek, bu qotirishning to'g'ri rejimini to'g'ri tanlaganda to'liq qo'lga kiritiladi.

Qaynatishdan keyin 100%lik mustahkamlikni qo'lga kiritish zarurati tug'ilganda sement sarf-harajatini oshirishga sababchi bo'ladigan yuqoriroq markadagi beton tarkibini loyihalashtirish kerak bo'ladi, shuning uchun betonning 100%lik mustahkamligini olish faqat istisno hollarda belgilanishi kerak, masalan, qish davri uchun tayyorlanadigan va ishlatiladigan tashqi konstruktsiyalar uchun.

Isitish bilan ishlov berishga qadar betonni boshlang'ich chidami betonning umumiy mustahkamligi oshiradi, ancha tez rejimlarni qo'llash imkonini berib, bu issiqlik bilan ishlov berish davomiyligini qisqartiradi. Harakatchan aralashmali betonlar uchun 3-6 soat, qattiq aralashmalar uchun-kamida 2-3 soat, alohida qattiq aralashmalar uchun esa 1-2 soat turish tavsiya etiladi. Beton markasi qancha yuqori va S/TS esa qancha past bo'lsa, boshlang'ich chidam shuncha qisqa bo'ladi. Qotirishni tezlashtiruvchi to'ldiruvchilarni kiritish qotirish jarayonini kamaytiradi, ustki-faol to'ldiruvchilarning kiritilishi esa uzaytiradi. Masalan, betonga 0, 2% SDBni kiritilganda boshlang'ich chidam 4-6 soatgacha uzayadi.

Harorat oshganda betonda destruktiv jarayonlar ta'sirini kamaytirish usullari

3. 5-jadval

Texnologik usul	Qo'llashning jismoniy mohiyati
Bug`-havo yoki bug`li muhitda ortiqcha bosim bilan issiqlik-namli ishlov berish (avtoklav va bosimli bug` kameralarda)	Bug` va havoli muhitda yuzaga keluvchi bosim betonda kuzatiladigan ortiqcha bosimni mutanosiblashtiradi, uning erkin kengayishiga to'sqinlik qiladi, ichki massa almashinuvini kamaytiradi, beton tarkibini zichlashtiradi.
YOpiq metall shakllarda issiqlik bilan ishlov berish	Issiqlikdan erkin kengayishini chegaralaydi, tashqi massa almashinuvini chetlashtiradi.
Ijobiy o'sish sur'atida haroratni oshirish orqali yoki ichki bosim muayyan vaqt ichida beton zichligidan ortmaydigan darajada bug`lantirish	Betonda shakllanuvchi ortiqcha bosim ichki almashinuv vakuumi bilan kompensatsiyalanadi; shakllangan beton tarkibining zichligi yuzaga kelgan keskinlarga qarshilik ko'rsatadi.
Boshlang'ich tutib turish	Kontraktsiya hodisalarining rivojlanishi va betonning boshlang'ich noqulay zichligining yuzaga kelishiga olib keladi, bu esa betonning qizdirishda paydo bo'ladigan ichki keskinlarga qarshilik ko'rsatishiga, ularning kamayishiga ta'sir ko'rsatadi.
O'zgaruvchan nisbiy namlik muhitida issiqlik-namlik ishlov berish	Betondagi ortiqcha bosimni kamaytiradi, tashqi va ichki issiqlik massa almashinuvini tartibga soladi.
YAxshi zichlashtirilgan beton qorishmalarining va qizitishning boshlang'ich davrida betonni qotirishning barcha usullarining qo'llanilishi	Suv va havo tarkibini kamaytiradi, beton zichligining ortishi va kontraktsion hodisalarining yuzaga kelishini qisqartiradi.
Mahsulotlarni shakllantirish maqsadida beton qoishmasining boshlang'ich elektr va bug` bilan qizdirilishi	Maxsulotlarining kesim yuzalari bo'ylab harorat-namlik gradiyentini yo'qotadi. Sementning gidratatsiya jarayonini tezlashtiradi.
Qizdirish haroratining chegarasi (mas. , 80 daraja)	Beton tarkibidagi moddalar keyingayishini, ayniqcha 80 darajadan keying keskin ortuvchi vash u sababli betondagi ortiqcha bosimni va ichki bosimni pasaytiradigan gaz shakllantiruvchi fazani kamaytiradi.

Qaynatib shakllantirilgan beton zichligining S/TSga bog'liqligi

3. 6-jadval

S/TS	Beton zichligi, uning markasi bo'yicha %da	
	qaynatilgach 4 soatdan keyin	qaynatilgach 20 soatdan keyin
0, 6 va	60-65	85-95
0, 4-05 dan ortiq	65-75	95-105
0, 4dan kam	70-85	100-10

Boshlang'ich tutib turish shaklsiz yoki katta ochiqlikdagi mahsulotlarni qizdirishda zarurdir. Agar mahsulot germetik shaklda yoki kasseta shaklida bo'lsa metal, hamma tomondan yopilgan shakl betonning harorat ta'sirida kengayishiga to'sqinlik qiladi, bunda boshlang'ich chidam talab qilinmaydi va haroratning keskin ortish ehtimoli bor. Murakkab va ko'p detalli konstruksiyalarda betonning tezlik bilan qaynatilishi mahsulotda darz ketishlarning paydo bo'lishiga sababchi bo'lishi mumkin.

Betonni qizdirish tezligi beton tarkibi, shakllari konstruksiyasi, mahsulot turi va boshqa omillarga bog'liq. U shunday bo'lishi kerakki, u destruktiv jarayonlarni minimal darajada kamaytirishi lozim. Odatda yupqa qatlamli mahsulotlarga nisbatan haroratni oshirish tezligi soatiga 25 darajadan baland bo'lmasligi kerak, og'irroq mahsulotlar uchun esa soatiga 20 darajadan. Past S/TSli qattiq qorishmali mahsulotlar uchun haroratning ortish tezligi 30-35 daraja/s ni, yopiq metalli mahsulotlar uchun -40-60 daraja/s ni tashkil etishi mumkin. Zinapoyali rejimlar yoki ijobiy ortuvchi rejimlar sifati yaxshi betonlarni ishlab chiqarish imkonini beradi. Birinchi holatda 1-1, 5 s da harorat 35-40 darajagacha ko'tariladi, bunday haroratda mahsulot 1-2 s davomida chidab turadi, keyin esa 1 s ichida haroratni izotrmik qizdirish usuliga qadar oshirishadi. Ikkinchi holatda birinchi soatda harorat 10 radusgacha ko'tariladi, ikkinchi soatda-15-20 daraja, keyingi soatlarda – 20-30 daraja va shu tarqda maksimal haroratga qadar.

Beton uchun portlandtsementda izotermik isitish 80-85 daraja harorati hisoblanadi. Haroratning yanada ortishi boshlang'ich soatlarda beton qotishini tezlashtirsa-da, uning zichligining ortishiga olib kelmaydi. Bunda zichlik ortishining qaynatilgandan keyish o'sishi kamayadi, natijada 28 sutka yoshdagi qaynatilgan beton normal qotirilgan betonga nisbatan kam zichlikka ega bo'ladi. Shlakportlandtsement va putstsolanli sementlar uchun 90-95 daraja optimal harorat hisoblanadi.

3. 4-rasmda betonning nisbiy zichligining harorat va izotermik qaynatilishga bog'liqligining nisbiy grafigi keltirilgan. Grafika qarab izotermik istishning davomiyligini belgilash mumkin. Betonning sovush tezlii odatda 30 daraja/s dan

ortmasligi kerak, qaynatish kamerasidan mahsulotni iloji boricha haroratning betonning ust qismi va atrof-muhit oralig`da 40 darajadan baland bo`lmagan haroratda olinishi kerak. Chunki mahsulotdi sezilarli deformatsiyalar yuzaga kelishi mumkin. Istish bian ishlov berishdan keyin mahsulot sovutilish maqsadida sexda yana 4-6 s ushlab turiladi.

3. 4-rasm. Bo`g`lash jarayonidagi mustahkamlik o`shishini ko`rsatuvchi egri chiziqlar

a- portlandtsementda; b- shlak-partlandtsemetda (egrilardagi rakamlar izotermik tutib turish S xaroratini bildiradi).

Sovuqqa mustahkam betonlarni ishlab chiqish uchun ancha yumshoq rejimlar qo`llaniladi; boshlang`ich sinovni oshirishda haroratdaning oshirilishi 10-15 daraja/s da amalga oshiralidi, izotermik istish harorati 60-80 darajagacha kamaytiriladi; beton harorati tezligini 10-15 daraja/s dan ortmasligi kerak.

Horatli kengayishda beton tarkibidagi moddalarning istishda beton tarkibiga salbiy ta`sirini yo`q qilish va issiqlik bilan ishlov berishning davomiyligini kamaytirish uchun oxirgi paytlarda betonni boshida elektr toki yoki bug` bilan qizdirish va mahsulotlarni issiq beton mahsulotlaridan shakllantirish usuli qo`llanilmoqda. Bunda mahsulotda harorat gradiyentlari keskin kamayadi, bu esa beton sifatining ortishiga ijobiy ta`sir ko`rsatadi.

Beton qorishmasini qaynatish uchun taxminan quyidagicha miqdordagi issiqlik talab etiladi:

$$Q = V \gamma c (T_o - T_b) \quad (3.3)$$

bu erda Q-issiqlik miqdori, kDj; V-qizdirilgan beton qorishmasi hajmi, m³ ; y-beton qorishmasi zichligi, kg/ m³; c – 1, 05 kDj/(kgX °S)da qo`llaniladigan beton qorishmasining issiqlik talabchanligining taxminiy solishtirmasi; T<sub>o</sub>- qizdirishning oxirgi harorati (odatda 80-90°S ), ayrim paytlarda, agar beton bevosita shaklida yuqoriroq haroratlarda qizdirilsa, °S; T<sub>b</sub>- beton qorishmasining boshlang`ich harorati, °S.

Boshlang`ich tez qizdirishda sement ekzotermiyasini chetga surib qo`yish mumkin. Umuman 1 m³ hajmdagi beton qorishmasini qizdirish uchun taxminan 125-170 Dj talab etiladi.

Qorishmani elektr toki bilan qizdirish uchun p , Vt uchun talab qilinadigan quvvat quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$p = Q * 0,864t, \quad (3.4)$$

bu erda t - qizdirish davomiyligi, s.

Qizdirilganda beton qorishmasi quyiqlashadi. 3. 5-rasmda beton qorishmasi quyuuqlashuvining uning ukladkaga qadar vaqtga bog'liqligi ko'rsatilgan. Yuqori alyuminatli sementlarning qorishmalari ko'proq quyuuqlashadi. Shuningdek betonning jipslashish muddatlari ham o'zgaradi. Bundan tashqarii kerakli harakatchanlikka erishish uchun suv sarfini 10-15%ga oshirish lozim. Lekin bu oddiy qorishmalardagiga nisbatan betonning zichligini pasaytiradi. Betonning kerakli zichligini saqlab turish uchun sement sarfini muayyan darajada oshirish kerak bo'ladi.

3. 5-rasm. Tutib turish t vaqtning sement asosidagi issiq betonlar harakatchanligini o'zgarishiga ta'siri

1- pastalyuminatli; 2- o'rtaalyuminatli; yuqorialyuminatli.

Qizish va qotishni tezlashtiruvchi komponentlardan tarkib topgan kompleks to'ldiruvchilarning, shuningdek plastiklashuvchi beton qorishmasining qo'llanilishi, ayrim hollarda mahsulotlarni tayyorlashning oddiy usulidagi sement safrlanishi bilan betonlarni tayyorlash mumkin.

Issiq beton qorishmalari zichligini ortishi istish harorati va mustahkamgiga, suv-tsement munosabatlari va boshqa omillarga bog'liq. Odatda boshlang'ich qizdirilgan beton zichligi qayonatishga nisbatan erta yoshda tez oshadi.

3. 3. Salbiy haroratlarda betonning qotishi

Past haroratda beton zichligini ortishi normal haroratdagiga nisbatan kam ortuvchan bo`ladi.  $0^{\circ}\text{S}$  dan past haroratda betonning qotishi qariyb to`xtaydi, faqat agar betonga suvning muzlash nuqtasini pasaytiruvchi tuzlar qo`shilmasa. Qotishni boshlab, keyinchalik muzlagan beton erigach qotishni davom ettiradi, bunda, agar u qotishning eng boshida muzlayotgan suv bilan emirilgan bo`lsa, uning zichligi asta-sekin ortib boradi (3. 6-rasm). Zichlikning ortish sur`ati muhit haroratiga bog`liq. Haroratning ortishi betonning qotishini tezlashtiradi, ayniqsa nam muhitda. 28 sutkacha bo`lgan yoshdagi,  $5-35^{\circ}\text{S}$  haroratda qotuvchi betonning zichligi taxminan 3. 7-jadval bo`yicha aniqlanishi mumkin.

O`rta navli portlandtsementda betonning turli haroratlarda har xil qotish muddatlaridagi nisbiy zichligi

3. 7-jadval

Qotish muddatlari, sut	Qotishning o`rtacha harorati, $^{\circ}\text{S}$				
3	0, 15	0, 2	0, 30	0, 37	0, 45
5	0, 25	0, 32	0, 45	0, 54	0, 6
7	0, 35	0, 44	0, 6	0, 7	0, 72
10	0, 45	0, 52	0, 7	0, 77	0, 77
15	0, 55	0, 65	0, 8	0, 85	0, 85
20	0, 8	0, 92	1	0, 05	-

3. 6-rasm. Muzlatishning boshlanishida R_b betonning t yoshiga bog`liq xolda nisbiy mustahkamligi

1- muzlatilmagan beton ; 2, 3 - 7- kunda muzlatilgan beton; 4- aynisi 1 kunda; 5- aynisi, 6 soatda.

Qishda tayyorlanadigan beton cho`zilishi uchun talab etiladigan zichlikka erishmog`i kerak. Bu inshootning qisman yoki to`liq ishga solinishi uchun talab etiladi. Erta yoshda betonning muzlashi u eriganidan keyin zichligining sezilarni emirilishiga sababchi bo`ladi. Buning sababi – beton suvga to`ydirilgan, u esa

muzlaganda kengayadi va to'ldiruvchilarning ust qismi va ojiz sementli tosh o'rtasidagi aloqalarni emiradi. Betonning zichligi u qancha kech muzlatilgan bo'lsa, shuncha normal zichlikka yaqin bo'ladi. Bundan tashqari, erta muzlash natijasida betonning temir-betondagi armatura bilan jipslashuvi sezilarli darajada kamayadi.

Ishlarni ishlab chiqarishning har qanday usulida ham betonni muzning taz'yiqligiga qarshilikni ta'minlovchi minimal zichlikka erishishiga qadar muzlashdan saqlash kerak va bu keyinchalik beton xususiyatlarining ijobiy haroratda sezilarli yomonlashuvidan saqlanishini taqozo etadi(3. 8-jadval).

Betonning muzlash vaqtiga egallashi kerak bo'lgan minimal zichligi

3. 8-jadval

Beton navi	Minimal zichlik, kamida		15-20 °Sda betonning portlandtsementda chidash vaqti, sut
	R ₂₅ dan %	Mpa	
M100	5	5	5-7
M200	4	7	3-5
M300	3, 5	10	2-2, 5
M400	3	12	1, 5-2
M500	2, 5	12, 5	1-2

YUqori sifatli tez qotuvchan sement ishlatilganda zaruriy vaqt 1, 5 marta kamayadi. Agar betonga suvni o'tkazuvchanlik va sovuqqa mustahkamlik nuqtinazaridan yuqori talablar qo'yilsa, uning navli zichligiga erishilgunga qadar muzlashdan saqlash kerak bo'ladi, chunki minimal zichlik sharoitida muzlash, beton zichligiga siqilganda sezilarli ta'sir ko'rsatmasa-da, beton tarkibini buzishi va uning alohida xususiyatlarini yomonlashtirishi mumkin.

Qish mavsumida betonlashtirganda belgilangan zichlikka qarab muayyan muddat davomida issiq va nam muhitda betonning qotishini ta'minlash kerak. Bu ikki usul bilan amalga oshiriladi: 1) beton issiqligining ichki zahirasiidan foydalanish orqali; 2) agar ichki issiqlik etmasa, betonga tashqaridan qo'shimcha issiqlik etkazish yo'li bilan.

Birinchi usulda yuqori zichlikdagi va tez ta'sir ko'rsatuvchi portlandtsement, sementning qotishini tezlashtiruvchi moddalar-xlorli kal'tsiy va boshqalarni qo'llash, beton qorishmasi tarkibiga plastiklashtiruvchi qo'shimchalarni kirtish bilan unda suv miqdorini kamaytirish zarur. Bularning barchasi inshootlarni ko'tarishda betonning qotish muddatlarini tezlashtirish va beton muzlashidan oldin etarlicha zichlikka ega bo'lishini ta'minlab beradi.

Betondagi ichki issiqlik zahirasi beton qorishmasini tashkil etuvchi materiallarni qizdirish orqali yuzaga keltiriladi; Bundan tashqari qotayotgan betonda issiqlik sement va suv o'rtasidagi kimyoviy reaksiya (tsement ekzotermiyasi) jarayonida ajralib chiqadi. Konstruktsiyalarning hajmi va tashqi havo haroratiga qarab, yoki beton uchun suv (90°Sgacha), yoki suv va qo'shimcha

moddalar-qum, graviy, shag'al (50°S gacha) qizdiriladi. Beton qorishmasining beton-smestiteldan chiqishdagi harorati 40°S dan ortmasligi kerak, chunki undan balandroq haroratda u tez quyushadi. Beton qorishmasining massivlarga joylashtirilishidagi minimal harorati 5°S dan past bo'lmasligi, yupqa konstruktsiyalarga joylashtirilganida esa - 20°S dan past bo'lmasligi kerak.

Oxirgi paytlarda yangi usul qo'llanilmoqda-beton qorishmasining maxsus bunkerda bevosita konstruktsiyaga joylashtirishdan oldin elektr toki bilan qizdirish. Bu hoatda elektr toki beton qorishmasi orqali o'tkaziladi va uni $50-70^{\circ}\text{S}$ gacha qizdiradi. Qizdirilgan qorishmani tezda joylashtirish va zichlashtirish lozim, chunki u tez quyushadi.

Qotish jarayonida sement chezarli miqdorda issiqlik ajratadi. Bu issiqlik asosan qotishning 3-7 sutkasida ajralib chiqadi. Betonda issiqlikni ma'lum muddatga saqlab turish uchun opalubka va betonning boshqa barcha ochiq qismlarini qalinligi issiqlik-texnik hisoblar bilan aniqlanadigan izolyatsiya (mineral vatadan ishlangan matlar, penoplast, opilka, shlak va b.) bilan qoplash kerak.

Qishki betonlashning bu usuli termos usuli deb ataladi, chunki qizdirilgan beton qorishmasi issiqlik izolyatsiyasi sharoitida qotadi. Ushbu usulning qo'llanilishi agarda betonning boshlang'ich qotishi uchun zarur issiqlik betonda kamida 5-7 sutka saqlansa – ratsional hisoblanadi. Bu faqat betonning muzlovchi yuzining hajmga nisbatan aloqador massivli va puxta izolyatsiyalangan o'rtacha qalinlikdagi konstruktsiyalar misolidagina muhin hisoblanib, yuz qismi moduli deb ataladi.

Ancha yupqa va sust issiqlik o'tkazuvchi, shuningdek juda kuchli sovuq sharoitda qad etiladigan konstruktsiyalarni tashqaridan issiqlik etkazish yo'li bilan betonlashtirish kerak. Bu usulning uch turi mavjud. Birinchi turi – betonni o'rab turuvchi juft opalubka orqali o'tkaziluvchi, yoki beton ichida joylashtiriladigan yoki opalubkada o'rnatiluvchi trublar orqali bug` bilan betonni qizdirishdan iborat. Bug`ning odatdagi harorati $50-80^{\circ}\text{S}$. Bunda beton tez qotib, u normal qotishda 7 sutka talab etadigan vaqtni 2 sutkaga qisqartiradi.

Ikkinchi turi – beton orqali oʻtkinchi elektr tokni oʻtkazish orqali amalga oshiriladigan elekt qizdirishdir. Buning uchun choʻyyan plastinkalar – elektr simlari bilan ulangan elektrodlar beton konstruksiyasining jipslashuvining boshlanishida uning tepasidan yoki yon tomonlaridan joylashtiriladi. Elektr qizitishda kolonna yoki balkada betonga elektrodlar kiritiladi yoki provodlarni birlashtirish uchun qichqa choʻyyan sterjnlr oʻrib kiritiladi. Betonning qotishidan keyin sterjenlarning chiqib qolgan qismlari kesib tashlanadi. Plastik elektrodlar asosan plita va devorlarni qizdirish uchun, qichqa sterjenlar – balka va kolonnalar uchun ishlatiladi.

Betonda muzlashga qarshi tavsiya etiladigan qoʻshimchalar
(suvsiz tuz hisobida)

3. 9-jadval

Betonning qotish harorati, ⁰ Sgacha	Betondagi qoʻshimchalar tarkibi, sement massasidan % nisbatda		
	NaCl+CaCl ₂	NaNO ₃	K ₂ CO ₃
-5	3+0 yoki 0+3	4-6	5-6
-10	3, 5+1, 5	6-8	6-8
-15	3, 5+4, 5	8-10	8-10
-20	-	-	10-12
-25	-	-	12-15

Qizdirishning boshida odatda 200 V oddiy tokni transformatsiya qilish yoʻli bilan olinadigan past kuchdagi tok uzatiladi (50-60 V). Xom beton tok oʻtkazilganda qiziydi va qotadi. Beton qotgan sayin uning elektrik qarshiligi ortadi va kuchni oshirish kerak boʻladi. Beton qurib qolmasligi va unda teshiklarning yuzaga kelmasiligi uchun beton haroratini sekin oshirish (haroratni soatiga 5⁰Sdan koʻp boʻlmagan haroratda oshirish kerak) va beton haroratini 60⁰Sgacha etkazish lozim. Bunday sharoitda beton 36-48 soat qotganida u 7 sut ichida normal qotgan zichlikdan kam boʻlmagan zichlikka ega boʻladi. Qish mavsumida yirik inshootlarni betonlashtirganda faqat betonning ustki qismini elektr bilan isitish maqsadga muvofiq, bu uning erta muzlashining oldini oladi.

Issiqlik uzatish orqali betonlashning uchinchi turi – betonni oʻrab olgan havoni qizdirishdir. Buning uchun maxsus pechkalar, maxsus gaz

gorelkalari(bunda yong`inga qarshi qoidalarga qat`iy rioya qilish kerak), havo isituvi yoki elektr pechlari o`rnatilgan fanerli yoki brezentli isitish moslamasi qo`yiladi. Istish moslamalariga qotish uchun nam muhit yaratish uchun suvli idish qo`yiladi yoki suv bilan sug`orilib turiladi. Bu usul oldingisiga nisbatan qimmatliroq va juda past haroratlarda, kam hajmdagi betonlashtirishda, shuningdek ishlov berish ishlarida qo`llaniladi.

YUqorida ko`rsatib o`tilgan beton tarkibida moddalar yoki betonning o`zini qizdirishni talab etuvchi qishki betonlash usullaridan tashqari mamlakatimizda qish mavsumida betonlashtirishning sovuq usuli qo`llaniladi. Bunda materiallar qizdirilmaydi, lekin suvda betonni tayyorlash uchun katta miqdorda tuzlar eritiladi: xlorli kal`tsiy ( $\text{CaCl}$ ), xlorli natriy ( $\text{NaCl}$ ), natriy nitriti ( $\text{NaNO}_3$ ), potash ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Bu tuzlar suvning muzlash nuqtasini kamaytiradi va juda sekin bo`lsa-da, betonning sovuqda qotishini ta`minlaydi. Betonga qo`shilgan tuz miqdori betonning o`rtacha qotish haroratiga bog`liq.

Potash qo`shilgan beton qorishmasi tez qalinlashadi va jipslashadi, bu esa uning opalubkaga joylashuvini murakkablashtiradi.

Beton qorishmasining qulay joylashuvining saqlanishi uchun unga sul`fat-spirтли barda yoki sovun-naft qo`shiladi. Muzlashga qarshi qo`shimchali beton qorishmasini tayyorlash uchun sovuq to`ldiruvchilarni ishlatish, beton qorishmasini -5°C gacha haroratda joylashtirish mumkin.

Sovuqda qotuvchi qo`shimchali portlandtsement betonning zichligi 3. 10-jadval bo`yicha aniqlanishi mumkin. -5°C haroratdagi natriy nitritli qo`shimchadagi beton sekinroq qotadi,  $-10^{\circ}\text{C}$  haroratdan pastda esa taxminan xlorli tuzlar qo`shilgan betondagidek qotadi.

Muzlashga qarshi qo`shimchali betonning zichligi, R_{28} ga nisbatan, %

3. 10-jadval

Qo`shimchalar	Betonning qotish harorati, $^{\circ}\text{S}$	Betonning nisbiy zichligi, R_{28} ga nisbatan, %, sovuqda qotganda, sutka		
		7	14	28
Xlorli suvlar	-5	36	65	80
	-10	26	35	45

	-15	15	25	35
Potash	-5	50	65	75
	-10	30	50	70
	-15	25	40	60
	-20	22	35	55
	-25	20	30	50

Muzlashga qarshi qo`shimchalar bilan qishki betonlash usuli oddiy va tejimli, lekin beton tarkibiga kiritilgan katta miqdordagi tuz beton tarkibi, uzoq muddatga mustahkamligi va muhim boshqa xususiyatlarini emirishi mumkin. Nam sharoitlarda konstruksiyalarni ekspluatatsiya qilish armaturaning xlorli tuzlarning (natriy nitriti va potash korroziyaga uchratmaydi) ta`sirida armatura korroziyaga uchrashi mumkin. Bundan tashqarii, betonning qotish jarayonida paydo bo`lgan zaharli zarralar ayrim to`ldiruvchi tarkibida uchraydigan faol kremnezamlar bilan reaksiyaga kirishi va korroziyaga olib kelishi mumkin, shuning uchun muzlashga qarshi to`ldiruvchili betonni mas`uliyatli, namli sharoitda ishlatiladigan konstruksiyalarda qo`llash tavsiya etilmaydi, xlorli tuzlarga ega beton – temir-betonli konstruksiyalarda.

Qishki betonlash bo`yicha turli hisob-kitoblar uchun issiqlik muvozanat keng qo`llaniladi:

$$T=2520 (T_{b,h}-T_{b,m})+TSE / kM (Tv. o`r), \quad (3. 5)$$

bu erda t - sovush davomiyligi, s. ; $T_{b,h}$ – yangi quyilgan beton harorati; $T_{b,m}$ – betonning sovushiga qadar davom qiladigan harorati; ts – sement sarfi, kg/m^3 ; E -sementning issiqlik chiqarishi, kJ/kg ; k – betondan opalubka orqali atrof-muhitga issiqlikning etkazilish koeffitsiyenti, $kVt/(m^2 \times ^\circ S)$; M – konstruksiya ustki qismi moduli: $MqF:V, m^{-1}$; Ts o`r. – sovush vaqtidagi betonning o`rtacha harorati; $T h$ o`r. – sovush vaqtida havoning o`rtacha harorati (ob-havo bashoratiga muvofiq).

Issiqlik o`tkazuvchanlik koeffitsiyentini quyidagi formula bilan aniqlaniladi:

$$\kappa = \frac{1}{0.05 + \sum_{i=1}^n h_i / \lambda_i} \quad (3. 6)$$

bu erda h_i - xar bir izolyatsiya qatlamining qalinligi, m; λ_i – izolyatsiya qatlamining issiqlik o`tkazuvchanligi, $kVt/(m. s. ^\circ S)$.

Po`latning issiqlik o`tkazuvchanligi 58, qayinniki 0, 175, qor uchun 0, 35 VT/(mx⁰S). Agar opalubka havo o`tkazuvchan bo`lsa, unda g`ovak va zichsizlik bo`ladi, bunday sharoitda issiqlik o`tkazish koeffitsiyenti 1, 5-2 martaga ortadi.

28 sutka yoshdagi portlandtsementning issiqlik ajratishi taxminan quyidagicha: 500-500 kDj/kg nav, 400-420 navga 300-340 kDj/kg. Shlakoportlandtsement va putstsolan sementi 15-20%ga issiqlikni kam ajratadi. Taxminiy hisob-kitoblar uchun ma`lum muddatga uning nisbiy zichligiga propartsional issiqlik ajratilishi qabul qilinadi. Mas. , 400 navdagi sement uchun 7 sutka yoshda issiqlik jaratilishi norma qotishda 0, 6 * 42q252 kg/Djni tashkil etadi.

Betonning o`rtacha haroratini ustki qism moduliga qarab aniqlashadi:

$$M < 8T \text{ b. o`r. qTb. m/2;}$$

$$M > 8T \text{ b. o`r. qTb. m/3;}$$

Qishki betonlash uchun aniqroq hisob-kitoblar AHT yordamida issiqlik va massa almashinuvining hozirgi kundagi nazariyasi asosida amalga oshiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Akramov X. A Qurilish ashyolari sanoati korxonalarini loyihalashtirish. T. , Uzbekistan 2003 g.
2. Bajenov YU. M. , Komar A. G. Texnologiya betonix i jelezobetonix izdeliy –M. Stroyizdat 1984 g.
3. Nanazashvili I. X Spravochnik. Stroitel'nie materialy, izdeliya i konstruktsii. M. , Visshaya shkola. 1990 g.
4. Samoylov V. S Spravochnik stroitelya. Jilishnoye stroitel'stvo. –M. , Adelant, 2002 g.
5. KMK 2. 03. 01-96. Beton va temir-beton konstruktsiyalarini loyixalash.
6. KMK 3. 03. 04-98. Yig'ma temir-beton konstruktsiya va buyumlarini ishlab chiqarish.
7. Uz RST 7473-94 Smesi betonnie.
8. UzRST 702-96 Paneli stenovie vnutrennie betonie i jelezabetonnie dlya jilix i obshestvennix zdaniy.
9. Uz RST 679-96. Betoni. Pravila podbora betona.

MUNDARIJA

Soʻz boshi	3
I-bob. Betonning xususiyatlari	8
1. 1. Betonning mustahkamligi	
1. 2. Betonning deformativ xususiyatlari	29
1. 3. Betonning zichligi, oʻtkazuvchanligi va sovuqqa chidamligi	40
1. 4. Beton korroziyasi va u bilan kurashish usullari	48
II-bob. Engil va mayda zarrachali betonlarning xususiyatlari	64
2. 1. Gʻovakli toʻldiruvchilar asosidagi engil betonlar	
2. 2. Sergʻovak betonlar	70
2. 3. Mayda zarrachali betonlar	74
III-bob. Betonning qotishiga xaroratning taʼsiri	80
3. 1. Normal haroratda betonning qotishi	
3. 2. Yuqori haroratlarda betonning qotishi va qotish jarayonini tezlashtirish	82
3. 3. Salbiy haroratlarda betonning qotishi	97
Foydalanilgan adabiyotlar	105

Содержание

ГЛАВА 1. СВОЙСТВА БЕТОНА	3
1.1. Прочность бетона	
1.2. Деформативный свойства бетона	8
1.3. Плотность, проницаемость и морозостойкость бетона	29
1.4. Коррозия бетона и меры борьбы с ней	40
ВВЕДЕНИЕ	48
ГЛАВА 2. СВОЙСТВА ЛЕГКИХ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ	64
2.1. Легкие бетоны на пористых заполнителях	
2.2. Ячеистые бетоны	70
2.3. Мелкозернистые бетоны	74
ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТВЕРДЕНИЕ БЕТОНА	80
3.1. Твердение бетона при нормальных температурах	
3.2. Твердение бетона при повышенных температурах, ускорение твердения	82
3.3. Твердение бетона при отрицательных температурах	97
Список используемой литературы	105

Maintenances(Contents)

CHAPTER(HEAD) 1. OF PROPERTY OF CONCRETE	3
1.1. Durability of concrete	
1.2 Plastic properties of concrete	8
1.3. Density, permeability and frost resistance of concrete	29
1.4. Corrosion of concrete and a measure of struggle against it(her)	40
Introduction	48
CHAPTER(HEAD) 2. PROPERTIES of EASY AND FINE-GRAINED CONCRETE	64
2.1. Easy concrete on porous fillers	
2.2. Cellular concrete	70
2.3. Fine-grained concrete	74
CHAPTER(HEAD) 3. INFLUENCE OF TEMPERATURE ON ТВЕРДЕНИЕ CONCRETE	80
3.1. Concrete at normal temperatures	
3.2. Hardening concrete at the raised(increased) temperatures, acceleration твердения	82
3.3. Hardening concrete at negative temperatures	97
List of used literature	105