

**Ўзбекистон Республикаси
Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги**

**Тошкент архитектура-қурилиш институти
“Йиғма темир-бетон ишлаб чиқариш”
кафедраси**

**Бетон ва темир-бетон буюмлари технологияси асослари фанидан
маъруза матни**

Тошкент 2010

Маъруза 1

Бетон ва темир-бетоннинг ривожланиш тарихи ва ҳозирги кундаги ҳолати

Мустақилликнинг 17 йили давомида демократик жамият ва бозор иқтисодиётини барпо этишга йўналтирилган босқичма-босқич ислохотлар сиёсати Ўзбекистон аҳолиси фаровонлигини яхшилашда анчагина ижобий ижтимоий-иқтисодий ўзгаришларга олиб келди. Шунингдек ёш республика жаҳон ҳамжамияти томонидан тан олиниб, унда ўз мавқеига эга бўлди. Бунда фаол инвестицион сиёсат юритиш ва мавжуд барча молиявий, интеллектуал ва бошқа ресурсларни импорт ўрнини босувчи ва экспортга йўналтирилган, хом – ашёмизни қайта ишлашни назарда тутувчи ишлаб чиқаришни яратишга йўналтириш катта рол ўйнайди. Иқтисодий асосланган инвестицион лойиҳаларни амалга ошириш ҳамда Ўзбекистон иқтисодиётининг устувор тармоқларига ташқи сармоялар ва кредитларни жалб этиш, бугунги кунда халқ хўжалигида таркибий ўзгаришларни янада чуқурлаштириш борасида белгилаб олинган мақсадларга эришишнинг энг муҳим ва устувор вазифаси сифатида қаралмоқда.

Республика халқ хўжалигининг асосий тармоқлари қаторида қурилиш материаллари саноати етакчи рол ўйнайди. Бу ўз хом ашё базасига эга эканлигимиз, қурилиш материаллари, саноат ва уй-жой конструкцияларига бўлган юқори эҳтиёж ҳамда малакали мутахассисларнинг мавжудлиги билан белгиланади.

Курснинг мақсади – таълим олувчиларнинг қурилиш материалларини ишлаб чиқаришга доир бизнес соҳасида таклифларни тайёрлаш, лойиҳавий ишларни ўтказиш, асосий қурилиш материаллари технологияси соҳасидаги билимларини тизимлаштириш (жамлаш), мустаҳкамлаш ва кенгайтириш шунингдек, уларни қурилиш материаллари ва конструкцияларини лойиҳалаштириш ва ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш бўйича иқтисодий ва муҳандислики вазифаларини мустақил равишда ҳал этишга ўргатишдан иборат.

Бетон ва темир бетон маҳсулотлари ишлаб чиқаришни ривожлантириш учун қурилиш ишларини самарадорлиги ва сифати бўйича талаблар кўйилади. Буларни муваффақиятли равишда амалга ошириш учун, асосан материал ва конструкциялар ишлаб чиқаришни ривожлантириш, серметалл, қурилиш қиймати ва сермехнатлилигини, бино ва иншоотларни оғирлигини пасайтиришни таъминловчи ҳамда уларни қурилиш ва эксплуатация қилишдаги жами энергетик маблағлар сарфини камайтиришга эришиш керак.

Бундай вазифаларни ҳал этишда асосий қурилиш материали ҳисобланган бетон ва темир-бетонга катта аҳамият берилади.

Бетон технологияси ва темир-бетон соҳасини ривожланишини, уни ишлаб чиқариш ва ишлатилишини ўсиши, бу соҳадаги илм-фан ва техникада эришилган ютуқлар ва қурилишни қувватли индустриал базасини барпо этилиши билан узликсиз боғлиқ. Кейинги йилларда бетон ишларини бажаришнинг ҳамма босқичлари: бетонқоришмаларининг таркибини

танлашдан тортиб, монолит конструкциялар сифатини назорат қилишгача мукамалштирилган.

Капитал қурилишда материал ресурсларининг умумий нархини 25%га яқини бетон ва темир-бетон конструкцияларига тўғри келади. Бу бошқа қурилиш конструкцияларининг нархи ва ҳажмидан анча юқоридир. Бетон ва темир-бетон ўзининг физик-механик хусусиятлари, чидамлилиги ва ишлаб чиқаришда техник-иқтисодий самарадорлиги ҳамда ҳом ашё ресурсларининг етарли даражада эканлиги билан ҳозир ва келажакда капитал қурилишда энг юқори потенциалга эга бўлган қурилиш материали бўлиб қолади.

“Бетон ва темир-бетон буюмлари технологияси” курсининг асосий мақсади ва вазифалари конструкцияларни ишлаб чиқаришда технологик жараёни ташкил қилиш, қолиплаш усулларини такомиллаштириш, бетон қоришмасини тўғри аралаштириш усуллари, бетон қоришмасини қўйишни, зичлаш, бетон қотишини тезлаштиришни, турли кўринишдаги бетон таркибини лойиҳалашни, ашёлар ҳосса ва хусусиятларини, бетоннинг сифатини назорат қилишни ташкил этишни, назорат усуллари, математик усуллари ишлата билишни, бетон сифатини ва технологиясини ошириш усуллари ўрганиш, фойдаланиш, келажакда бетон ишлари технологиясини ривожлантиришни ўргатишдир.

Маъруза 2

Бетон ҳақида асосий маълумотлар

Йиғма темир-бетон саноати эски корхоналарни қайта таъмирлаш ва янги замонавий самарадор корхоналарни лойиҳалаш, корхоналарда юқори сифатли кўп миқдорда маҳсулотларни ритмик тайёрлашни ташкил қилиш бўйича корхона бўлимларида муваффақиятли раҳбарликни амалга оширадиган мутахассис кадрларга муҳтож.

Йиғма темир-бетонни ривожланишига цемент, металлургия, машинасозлик саноатларини ривожланиши сабаб бўлди, ҳамда унинг технологиясини ривожланишини цемент ва бетонлар ҳақида фанга мустаҳкам илмий асосланган.

Ҳозирги вақтда Республикамизда темир-бетон конструкцияларини ғовак тўлдирувчилар асосидаги енгил бетонлардан тайёрлаш талаб қилинади. Масалан, армоцемент конструкциялари, ғовак (ячейкали) ва газобетон. Булар маълум миқдорда конструкцияларни енгиллаштириш масалаларини ҳал қилмоқда. Конструкцияларини енгиллаштириш арматура ва цемент миқдорини тежашга, конструкцияларни кўндаланг кесимини камайишига ва уларни пролётини узайтиришга олиб келади. Сейсмик кучлар таъсирида бўлган енгиллаштирилган конструкциялар алоҳида аҳамиятга эга, улар маълум миқдорда динамик кучларни сўндирди.

Бетон технологияси ва йиғма темир-бетон конструкциялар ишлаб чиқаришни ривожлантиришда асосий йўлланмалар кўйидагилар бўлиши керак: йиғма темир-бетон конструкцияларни сифат даражаси ва самарасини ошириш; ишлаб чиқаришда меҳнат сарфини ва металл сарфини камайтириш; боғловчи моддаларнинг самарали турлари, арматура пўлатлари, юқори сифатли тўлдирувчилар ва комплекс химик қўшимчаларни кўплаб ишлаб чиқаришни ташкил этиш ва ишлаб чиқариш, конструкцияларини оғирлигини камайтириш ва ўлчамларини катталаштириш; бетон ва темир-бетон конструкцияларини ишлаб чиқариш технологиясини тубдан яхшилаш учун энг замонавий технологик жараёнларни кенг кўламда тадбиқ қилиш; юқори унумдор автоматик ускуналарни, роботларни, манипуляторларни ишлатиш; бетонларнинг ҳоссаларини аниқлашда маҳсулотларнинг сифатини бошқариш ва назорат системасини энг сифатлисини қўллаш; ҳисоблаш техникасидан кенг фойдаланиш; чиқиндига чиқармайдиган ва ресурсларни тежамлаш технологиясини қўллаш; саноат чиқиндилари ва иккиламчи маҳсулотларни кенг кўламда қўллаш; ишчи, энергия ва материал ресурсларини тежамкорлигини ошириш мақсадида ишлаб чиқариш резервларидан фойдаланиш даркор.

Бетон ва темир-бетон асосий қурилиш материаллари ҳисобланади. Уларни ишлаб чиқариш кун сайин ўсиб бормоқда. Капитал ва умуман қурилишдаги асосий масала, бу йиғма темир бетон конструкцияларини ишлаб чиқариш ва қўллашни такомиллаштириш, сифатини яхшилаш ҳамда илмий-техник ютуқларни қурилишда қўллаш. Бу масалаларни ҳал қилишда бетон технологиясини такомиллаштириш, унинг ҳоссаларини яхшилаш, янги

самарадорлиги юқори бўлган бетонларни тайёрлаш ва тадбиқ этиш, асосан енгил, юқори мустаҳкамликка эга бўлган, химик қўшилмали бетонлар олиш, маҳсулотни сифатини ошириш, малакали кадрлар тайёрлаш, уларни бетоншунослик асослари, темир-бетон конструкцияларининг ишлаб чиқариш ҳамда технологик ҳисоблар асослари билан чуқур таништириш катта аҳамият касб этади.

Бетон деб боғловчи моддалар, сув, майда ва йирик тўлдирувчиларнинг маълум пропорционал миқдорларда олинган қоришмани яхшилаб аралаштириш, зичлаштириш ва қотиши натижасида олинган сунъий тош материалига айтилади.

Қурилишда цемент ёки бошқа ноорганик боғловчи моддалардан тайёрланган бетондан кенг кўламда фойдаланилади. Бу бетонлар асосан сув билан қориштирилади. Бетоннинг фаол ташкил этувчилари цемент ва сувдир, уларнинг реакцияга киришиши натижасида тўлдирувчи зарраларини бириктирадиган яхлит қуйма цемент тоши ҳосил бўлади. Цемент ва сув бетоннинг фаол таркибий моддалари ҳисобланади: улар орасидаги реакциялар натижасида тўлдирувчи зарраларини яхлит монолитга боғловчи цемент тоши пайдо бўлади.

Цемент ва тўлдирувчи орасида кимёвий таъсирлашув юзага келмайди (автоклав ишлов бериш орқали олинадиган силикат бетонлардан бошқа). Шунинг учун тўлдирувчиларни инерт ашёлар деб атайдилар. Бироқ, улар бетон хусусияти ва таркибига таъсир қилади ва бу таъсирни бетон таркибини лойиҳалашда ҳисобга олиш тақазо этилади.

Тўлдирувчи сифатида асосан маҳаллий тоғ жинслари ва ишлаб чиқариш чиқиндилари (шлаклар ва бошқалар)дан фойдаланилади. Бундай арзон тўлдирувчилардан фойдаланиш бетоннинг нархини арзонлаштиради, чунки тўлдирувчи ва сув бетоннинг 85-90% ни, цемент эса 10-15% ҳажмини ташкил этади. Кейинги йилларда қурилишда ғовак сунъий тўлдирувчилардан тайёрланган енгил бетон кенг кўламда қўлланилмоқда. Ғовакли тўлдирувчилар бетон зичлигини пасайтиради, бу эса унинг иссиқликни тутиб қолиш хусусиятини яхшилайдди.

Бетон ва бетон қоришмасининг хусусиятларини бошқариш учун унинг таркибига кимёвий қўшимча аралаштирилиб, бетон қоришмасининг қотиши тезлаштирилади ёки секинлаштирилади, уни анча пластик ва қулай қуйилувчанлиги оширилади, қотиш жараёни тезлаштирилади, унинг мустаҳкамлиги ва совуққа чидамлилигини кўтарилади. Зарур ҳолларда бетон хусусиятлари бошқа йўналишда ўзгартирилади.

Бетон – асосий қурилиш ашёсидир. Унга кенг қамровда турли хусусиятлар, жумладан мустаҳкамлик, зичлик, иссиқлик ўтказувчанлик ва бошқа шу каби хоссаларни бериш мумкин.

Маъруза 3

Бетон турлари ва уларнинг классификацияси

Ҳозирги замонда қурилишда бетоннинг турли хилларидан фойдаланилмоқда. Бетон турларини қўлланган материаллар хусусиятлари ва белгиланган мақсадига қараб классификациялаш бўйича тартибга солиш мумкин. Бетоннинг кўп хусусиятлари унинг зичлигига боғлиқдир, яъни бетон зичлиги цемент тошининг зичлигига, тўлдирувчиларнинг тури ва бетон тузилишига боғлиқ.

Бетон зичлиги бўйича ўта оғир (2500 кг/м^3 ва ундан ортиқ); оғир ($1800\text{--}2000 \text{ кг/м}^3$); енгил ($500\text{--}1800 \text{ кг/м}^3$); ўта енгил (500 кг/м^3 дан кам) турларига бўлинади. Ўта оғир бетонлар оғир тўлдирувчилардан – пўлат қипиғи ва қириндисидан (пўлат бетон), темир рудадан (лимонит ва магнетит бетонлар) ёки баритдан (барит бетон) тайёрланади.

Қурилишда асосан зичлиги $2100\text{--}2500 \text{ кг/м}^3$ бўлган тоғ жинсларидан олинган тўлдирувчи (гранит, оҳактош, диабаз ва б.) оддий оғир бетонлар қўлланилади. $1800\text{--}2000 \text{ кг/м}^3$ зичликдаги бетонлар $1600\text{--}1900 \text{ кг/м}^3$ зичликка эга бўлган тоғ жинслари - шағаллардан тайёрланади.

Енгил бетон ғовак тўлдирувчилардан (керамзит, аглопорит, кўпчитилган шлак, пемза, туф) олинади. Енгил бетонларнинг қўлланилиши қурилиш конструкциялари оғирлигини камайтиради, қурилишни арзонлаштиради, шунинг учун уларни ишлаб чиқариш тезкорлик билан ўсмоқда.

Ўта енгил бетонларга ғовакли бетонлар киради, уларни боғловчи, майда янчилган қўшимчалар ва сув қўшилган қоришмани махсус усулда кўпчитиш олинади (газбетон, кўпиксимон бетон) ва йирик ғовакли бетон енгил тўлдирувчи асосида тайёрланади. Ғовакли бетонда тўлдирувчи ўрнида сунъий тайёрланган ғовакдаги ҳаво ҳисобланилади.

Боғловчи модда бетонни хусусиятини аниқлайдиган асосий ташкил этувчи бўлиб, унинг турлари бўйича бетонлар фарқланади, жумладан: цементли, силикатли, гипсли, ишқор шлакли, бетонполимерли, полимерцементли бетонлар ва махсус бетонлар.

Цементли бетонлар турли цементлардан тайёрланади ва уларни аксарияти қурилишда кенг фойдаланилади. Улар орасида асосий ўринни портландцементли бетонлар ва уларнинг турли хиллари эгаллайди (умумий ишлаб чиқаришнинг 65%га яқини). Улар турли конструкцияларда ва фойдаланиш шароитларига қараб қўлланилади. Шлакопортландцементли (умумий ишлаб чиқаришнинг 20-25%) ва пуццолан цементли бетонлардан ҳам муваффақиятли фойдаланилмоқда.

Цементли бетон турларига қуйидагилар киради: оқ ва бошқа рангли цементдан тайёрланган декоратив бетонлар; ўзи зўриқувчан конструкциялар учун кучланувчан цементдан тайёрланган бетонлар; цементнинг ўзига хос гилтупроқ ва қиришмайдиган турларидан махсус мақсадлар учун тайёрланган бетонлар ва ҳ.к.

Силикат бетонлар оҳақ асосида тайёрланади. Бундай усулда тайёрланадиган бетонларни қотиришда автоклав усулидан фойдаланилади.

Гипс бетонлар, турли навли гипсдан, ички деворлар, осма шифт ва пардоз элементларини тайёрлашда фойдаланилади. Бу бетоннинг турли хиллари – гипсцемент – пуццоланли бетонлар сувга ўта чидамлилиги учун қўлладашш қўлами анча кенг (санузелларнинг ҳажмли блоклари, кам қаватли уйлар конструкциялари ва бошқалар).

Шлакиишқорли бетонлар эндигина қурилишда қўлланила бошланди. Бундай бетонлардаги боғловчи ўрнида майдаланган шлакларнинг ишқорли қоришма билан аралашмасидан фойдаланилади.

Бетонполимерлар асоси смоладан ёки фурфуролацетон мисолидаги махсус қўшимчалар ёрдамида бетонда қотадиган мономерлардан ташкил топган турли полимер боғловчилардан (полиэфирли, эпоксидли, карбамидли) тайёрланади. Бундай бетонлар агрессив муҳит ва ўта ўткир таъсирга эга бўлган (ишқаланиш, кавитация ва б.) шароитларда қўллаш жуда ўринли. Бетонлар аралаш боғловчилар, цемент ва полимер моддалардан ҳам тайёрланади. Бундай бетонларни **полимерцемент** деб аталади. Полимер сифатида сувда эрийдиган смола ва латекслардан фойдаланилади. Ноорганик боғловчилардан тайёрланган бетонлар хусусиятини ғовақлар ва капиллярда қотувчи мономерларни шимдириш билан яхшилаш мумкин. Бу таркибдаги бетонлар **бетонполимер** деб аталади.

Махсус бетонлар алоҳида боғловчи моддаларни қўллаш билан тайёрланади. Масалан: ишқор таъсирига ва иссиққа чидамли бетонлар учун кремнефтор натрийли суюқ шиша, фосфат боғловчи қўлланилади. Баъзи бир бетонлар учун бетонга махсус хусусият берадиган махсус боғловчи моддадан фойдаланилади. Саноат чиқиндиларидан олинадиган бетонлар атроф-муҳитни муҳофазалаш ва цемент иқтисодида алоҳида аҳамиятга эгадир. Махсус боғловчи сифатида уларда шиша ишқорли, нефелинли шлаклар ва бошқа шу кабилардан фойдаланилади.

Йиғма темир-бетон заводларида тайёрланган бетонлар турли хил конструкциялар учун қўлланилади. Бевосита конструкцияни қурилатган жойининг ўзида тайёрланадиган бетон – **монолит бетон** деб аталади (гидротехник, йўл қурилиш ва бошқа турдаги қурилишларда).

Бетонлар қўлланишига кўра фарқланади: темир-бетон конструкциялари учун оддий бетон (фундамент, колонна, балка, девор, кўприк ва бошқа турдаги конструкциялар); гидротехник бетонлар сув омборлари, тўғон, шлюз, канал сиртларини қоплаш, сув қувирлари водопровод–канализация иншоотлари ва бошқалар; тўсувчи конструкциялар (бино деворлари учун енгил бетон); пол, пиёдалар йўлкаси, авто йўл, аэродромда учиш полосалари учун мўлжалланган бетонлар; махсус мақсадда қўлланиладиган бетон (ўтга, кислотага чидамли, радиациядан ҳимоя) ва бошқалар.

Белгиланган мақсадига қараб бетонлар қўйиладиган талабларга жавоб бериши керак. Оддий темир-бетон конструкциялар учун мўлжалланган бетонлар сиқилганда керакли мустаҳкамликка эга бўлиши керак. Очик ҳаводаги конструкциялар учун эса, мустаҳкамликдан ташқари совуққа

чидамли ҳам бўлиши керак. Гидротехник иншоотлар учун қўлланиладиган бетонлар юқори зичликка, сув ўтказмайдиган, совуққа чидамли, етарли даражада мустаҳкам, кам киришадиган, филтрланадиган сувнинг ишқорли таъсирига чидамли бўлиши керак. Иситиладиган биноларни девори учун ишлатиладиган бетон мустаҳкамлик билан бирга иссиқ ўтказмаслик, пол учун ишлатиладиган бетонлар едирилмайдиган ва эгилишда етарли мустаҳкамликка эга бўлиши, йўл ва аэродромга ётқизиладиган бетонлар бу хусусиятлардан ташқари совуққа чидамли ҳам бўлиши керак.

Махсус мўлжалланган бетонларга эса талаб қилинган хизматдаги вазифасини бажариш шарти қўйилади. Бетон ва бетон қоришмаларига қўйиладиган талаблар қуйидагича: бетон қотгунга қадар осон қуйиладиган, транспортга қулай ортиладиган, осон қортадиган, қолипга бир текисда жойлашадиган, қатламларга ажралиб қолмайдиган, қолипдан кўчирилиши ва конструкция ёки иншоотда ишлатилиши осон бўлиши учун маълум даражада қотиш тезлиги керакли муддатда бўлиши, цемент сарфи ва бетон нархи иложи борица камайтирилиши ва бошқалар.

Қўйилган талабларнинг барчасига жавоб берадиган бетонни олиш учун бетон таркибини тўғри лойиҳалаш, бетон қоришмасини ёйиш ва зичлаштиришда тегишли тайёрлов ишларини тўғри олиб бориш ва унинг бошланғич қотиш даврида тўғри тутиб туриш зарур бўлади.

Агар конструкция тури ва хусусиятига боғлиқ ҳолда бетон тури ва хусусияти талаб этилса, бетон қоришмага бўладиган талаб тайёрланадиган конструкция шароитига, технологик хусусиятига (арматуралашнинг зичлиги, қолип шаклининг мураккаблиги) ва қўлланадиган жиҳозларга қараб аниқланади.

Бетон ва темир-бетон ва конструкциялар тайёрлашнинг ўзига хос хусусияти шундаки, олинадиган материалнинг сифатини олдиндан билиб бўлмайди. Бетонга қўйилган талаблар асосидаги зарурий хусусиятларини конструкцияни қуриш жараёнида намоён қилади. Бунда, материални тўғри танлаш, қабул қилинган технология бўйича конструкциянинг тайёрланиши учун бетон таркиби лойиҳасини тўғри ташкил этиш, технологик тартибга риоя қилиш, жараёнлар бўйича ишлаб чиқаришни назорат қилиш катта аҳамиятга эга.

Бетонлар сунъий тош конгломерат (кўп жинсли табиий тош) турқумига киради. Бу турқум композицион материаллар турига мансуб бўлганлиги сабабли турли бетонлар учун тегишли бўлган хусусий қонуниятлар билан бир қаторда умумий қонуниятларга ҳам бўйсунди. Бетон соҳасида олиб борилаётган замонавий технологик ва техник-иқтисодий ҳисоблашлар бетоннинг таркиби ва тузилишини унинг хусусиятлари билан ўзаро боғлиқлигига асосланади. Бу боғлиқликлар бетоннинг физикавий-кимёвий табиатини, аксарият кўпроқ тажрибавий усулда олинган табиатини ҳисобга олади. Улар албатта ишлаб чиқариш шароитида синаб кўрилади ва зарурат бўлганда аниқ ҳисоб ишлари юритилади. Бетон мураккаб материал, маълум вақт ўтиши ва эксплуатация жараёнида унинг хусусияти сезиларли даражада ўзгариши мумкин. Фақат бу материалнинг хусусиятлари ва тузилиши

қолиплашини бошқарувчи қонуниятлар табиатини чуқур ўрганиш уни турли мақсадлардаги қурилиш конструкцияларидан самарали ҳамда унумли фойдаланишни таъминлаши мумкин.

Маъруза 4

Бетон учун ишлатиладиган материаллар. Цемент

Бетон сифати асосан тайёрланадиган материалларга боғлиқ. Материалларни бетон учун тўғри танлаш, яъни бетонга қўйиладиган талаб, материалларнинг ўзининг хусусиятларини ҳисобга олиш бетон технологиясида юқори ўрин тутди. Бунда бетон ишлаб чиқаришда цемент ва меҳнат сарфининг максимал иқтисодига эришилади.

Қурилиш конструкциялари бетонини тайёрлаш учун ноорганик боғловчи моддалардан кенг фойдаланилади. Бу моддалар сув билан аралаштирилганда ички физик-кимёвий жараёнлар таъсирида юмшоқ ҳамир ҳолатидан аста-секин қотиб, мустаҳкамлиги оша боради ва тошдек қаттиқ ҳолатга айланади. Ноорганик боғловчи моддалар сувда (цементлар) ва ҳавода (оҳак, гипс ва б.) қотади.

Бетон ишлаб чиқаришда энг кўп қўлланиладигани портландцементдир.

Портландцемент – гидравлик боғловчи моддадир, сувда жуда яхши қотади ёки ҳавода. Бу – кул рангдаги кукун бўлиб, клинкерни майин туйиб гипс қўшиб олинади. Клинкерни эса аниқ миқдорда олинган таркибида 75-78% Ca CO_3 ва 22-25% ($\text{Si O}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3$) бўлган хомашё аралашмасини бир текисда пишгунга қадар куйдириб, олинади.

Юқори сифатли цемент олиш учун, унинг кимёвий таркиби, шунингдек хомашё араламасини таркиби барқарор бўлиши шарт. Цемент клинкерини туйиш даврида 10-20% грануланган домна печининг шлаки ёки актив минерал қўшимчалар (кремнеземли) қўшилади. 1200-1450⁰С ҳароратда куйдириш натижасида клинкер минераллари ҳосил бўлади: ўзгарувчан таркибли кальций алюмоферритлар $x\text{CaO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{Fe}_2\text{O}_3$, уч кальцийли алюминат $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, икки кальцийли силикат $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ва уч кальцийли силикат $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Бу тўрт бирикма цемент клинкерининг асосий таркибий қисмидир, лекин икки охирги (кальций силикатлар) унинг бутун ҳажмининг 70-80% ни ташкил этади.

Портландцемент таркибидаги турли минералларнинг тахминий миқдори қуйидагини ташкил этади:

3CaO SiO_2 37-60% (шартли белгиланиши C_2S);

2CaO SiO_2 ёки C_2S -15-37%;

$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ ёки C_3A -5-15% ;

$4 \text{Ca O Al}_2\text{O}_3 \text{ F}_2\text{O}_3$ ёки C_4AF -10-18%

Цемент сифатига уч кальцийли силикатнинг (алит деб номланади) юқори даражадаги миқдори асосий таъсирни кўрсатади, у юқори мустаҳкамликдаги тезқотадиган гидравлик модда хусусиятига эга. Икки кальцийли силикат (белит) – ўртача мустаҳкамликдаги секин қотадиган гидравлик боғловчи. Уч кальцийли алюминат тезроқ қотади, лекин мустаҳкамлиги пастроқ. Цементнинг минерологик таркибини ўзгартириб, уни сифатини ўзгартириш мумкин. Юқори маркали ва тез қотадиган цементни таркибида уч кальций силикати миқдорини (алитли цементлар) ошириш билан тайёрланади. Белит миқдори юқори булган цементлар

(белитли) – секин қотади, аммо узоқ вақт ўтиши билан мустаҳкамлиги ошиб боради ва бир неча йилдан сўнг катта қийматга эришиши мумкин.

Ҳар қандай цементнинг асосий хусусиятини ҳарактерловчи жиҳат – унинг мустаҳкамлиги(марка) ҳисобланади. Цемент маркаси 4x4x16 см ўлчамли, 1:3 нисбатдаги вольск қумили қоришмадан тайёрланган, 28 кун давомида $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ҳароратли сувда қотган ярим балкачаларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига мос келади (намуналар биринчи суткада қолипдан чиқарилгунга қадар нам ҳавода қотади). Қоришманинг силтовчи столдаги конус оқувчанлиги 106-115 мм бўлиши керак. Аксарият цементларда сувцемент нисбати 0,4 бўлганда эришилади. Агар оқувчанлик кам бўлса С/Ц нисбати орттирилади, акс ҳолда С/Ц нисбати камайтирилади.

Цементнинг сиқилишга мустаҳкамлиги 30-60 МПа га, мос ҳолда балкачаларнинг эгилишга мустаҳкамлиги 4,5-6,5 МПа ни ташкил этади.

Цементнинг ҳақиқий мустаҳкамлигини унинг активлиги деб атайдилар. Масалан, синов намуналарининг мустаҳкамлиги 44 МПа бўлса, унинг активлиги 44 МПа, маркаси эса 400 бўлади. Бетон таркибини лойиҳалашда цемент активлигидан келиб чиққан маъкул, чунки у цемент миқдорини иқтисод қилишда аниқ натижалар беради. Цемент мустаҳкамлигини 1 МПа га ортиши цемент сарфини $2-5 \text{ кг/м}^3$ га камайтиради ва бу кўрсаткич юқори мустаҳкамликдаги бетонларда янада яққол намоён бўлади. Агарда берилган цемент активлигини инобатга олиб, ҳисоблалашларда, унинг мустаҳкамлигини 2-4 МПага ортиқ маълумотларидан фойдаланилса, бу ўз навбатида цементнинг $5-20 \text{ кг/м}^3$ бетон ҳисобидан иқтисод қилиш имконини беради.

Цемент ишлаб чиқариш саноати асосан 400-550 маркали, алоҳида буюртмалар бўйича эса 600 маркали цементлар ишлаб чиқаради. Паст маркали цементларга нисбатан юқори маркали цементларнинг мустаҳкамлиги жадаллоқ ортиб боради. Масалан, 500 маркали цемент мустаҳкамлиги 3 - кунда 20-25 МПа ни ташкил қилади. Шунинг учун юқори маркали цементлар нафақат юқори мустаҳкам, балки тез қотувчи ҳамдир. Бундай цементларни қўллаш иншоотларни тез қолипдан чиқаришни ва йиғма темир-бетон конструкциялари ишлаб чиқариш муддатини қискартиришни таъминлайди.

Цемент заводлари ва қурилиш объеклари лабораторияларида цементларни синаш 3 ва 7 кундан сунг ва буғлатилиб ўтказилади.

Олдиндан ўтказилган тажрибалардан мустаҳкамликнинг ўтиш коэффициентини аниқлаб, қисқа муддатли тажрибалар натижаси билан цемент маркасини тахминан аниқлаш мумкин. Бунда, турли минералогик таркибдаги цементлар турлича тезликда қотади ва ҳар бир цемент учун ўз коэффициентидан фойдаланиш керак.

Цемент мустаҳкамлигига бўлган талабдан ташқари, яна бошқа талаблар, яъни нормал қуюқлиги, тишлашиш муддати ҳам аҳамиятлидир.

Нормал қуюқлик деб маълум консистенцияда бўлган цемент ҳамирини олиш учун цементга қўшиладиган зарурий (%) сувнинг миқдorigа айтилади.

Портландцементнинг нормал қуюқлиги 22-27%-ни, пуццоланли портландцементда эса 30% ва ундан ортиқроқ бўлиши керак.

Нормал қуюқлик цементга майда туйилган қўшимчалар (трепел, опок) қўшилганда ортади камроқ қуюқликда нормал қуюқлик соф клинкерли цементларда булади.

Цементнинг нормал қуюқлиги маълум даражада цемент ҳамирининг реологик хусусиятларини аниқлайди ва бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигига таъсир этади. Қоршиманинг маълум зарурий ҳаракатчанлигига (бикирлик) эришиш учун цементнинг нормал қуюқлиги канча паст бўлса, бетон қоришманинг сувга эҳтиёжи шунча паст бўлади.

Бетон таркибига боғлиқ холда цементнинг ўртача нормал қуюқлигини 1 % га пасайтириш бетон қоршимасини сувга булган талабганлигини 2-5 л/м³ камайтиради, шунингдек юқори мустаҳкам бетонларда сувга бўлган талабганликни жуда пасайтлиги кузатилади.

Сув сарфини пасайтириш ўз вақтида цемент сарфини ҳам камайтиради. Бетонларда, нормал қуюқлиги паст булган цементларни ишлатиш мақсадга мувофиқ.

Цементнинг тишлашиш муддати махсус асбобда игнани цемент ҳамирига ботиш чуқурлиги билан аниқланиб, материални қаттиқ жисмга айланишини бошланиш ва тугаш жараёнини характерлаб беради.

Стандарт бўйича тишлашишни бошланиши цементни сув билан қориштирилгандан сунг 20⁰С ҳарорат да 45 минутдан олдин бошланмаслиги ва тугаши 10 соатдан кеч бўлмаслиги талаб этилади.

Ҳақиқатда цемент қоришмасининг тишлашишини бошланиши 1-2 соатдан кейин, тугаши эса 5-8 соатдан кейин бўлади. Бу муддатлар бетон ишларини бажаришни таъминлайди, чунки бетон қоришмасини тишлашиши бошлангунча уни транспортировка қилиш ва жойлаштириш имконини беради.

Бетон қоришмасига турли кимёвий қўшимчалар қўшиб цементни тишлашиш муддатларини бошқариш мумкин.

Масалан: кальций хлористий цемент, гидротацияси, ва тишлашишни тезлаштиради, юза-актив моддалар, масалан сульфат-спирт ачитқиси секинлатади.

Бетон ҳарорати ошганда тишлашиш муддати қисқаради, сув цемент нисбати камаяди. Баъзи бир цемент заводларида иссиқ цемент клинкери туйилади, натижада бетон ҳарорати 150⁰С дан юқорини ташкил этади. Бу эса гипснинг дегидратацияси яъни яримгидрат гипс, шунингдек сувсизланган кальций сульфатини (эрувган холда ангидрат) ҳосил қилади. Цементни сув билан қориштирилганда ярим сувли гипс ва ангидриднинг тез кечадиган гидротацияланиши цемент ҳамири ёки бетон қоришмасининг барвақт қуюқлашишига сабаб бўлади, кейинчалик қориштириш даврида яна суюлиб кетади. Бу ҳолат цементни ёлғон тишлашиши деб номланади. Юқори сифатли цементларда ёлғон тишлашиш бўлмайди. Агар бу сезилса, бу ҳолатни нейтраллаш учун бетон қоришмасига сульфит-ачитқили бражкалар қўшилади ва бетон қоришмани қориштириш муддати оширилади.

Портландцемент, одатда майин туюган бўлади: 008 № ли элакдан (1см^2 да 4900 га яқин тешик булиб $0,08*0,08\text{ мм}$ ўлчамга эга) цементнинг умумий ҳажмининг 85% ни ўтиши керак. Цемент заррачаларининг ўртача ўлчами 15-20 мкм ни ташкил этади. Цементни туйиш майинлиги 1г цементдаги зарраларнинг солиштирма юзаси билан характерланади. Цементнинг солиштирма юзасини махсус асбобда аниқланади. Ўртача сифатдаги цементнинг солиштирма юзаси $2000-2500\text{ см}^2/\text{г}$ ни ташкил қилади, юқори сифатли эса $3500\text{ см}^2/\text{г}$ ва ундан юқори.

Портландцемент ҳажми бир маромда ўзгариб туриши керак ва бу махсус синовлар билан назорат қилиб турилади. Цемент ҳажмининг нотекис ўзгариши қоришма ва бетонда микродарз пайда булишига олиб келиши ва бетоннинг мустаҳкамлиги ҳамда узок муддатга чидамлигини пайсайтириши мумкин. Цемент ҳажмининг нотекис ўзгариши цементни куйдириш технологик жараёнининг бузилиши натижасида, цементнинг таркибида эркин CaO ёки MgO нинг кўп бўлиши ва бу оксидларни сундириш учун зарур муддат давомида заводда ушлаб турилмагани натижасида кузатилади.

Цемент ҳажмини нотекис ўзгариши кузатилса, бетон таркибига натрий хлор кўшиш ёки кўшимча вақт давомида сақлаш билан тузатиш мумкин.

Портландцементнинг ҳақиқий зичлиги кўшимчасиз $3,05-3,15\text{ г/см}^3$ ни ташкил этади. Бетон таркиби ҳисобланганда портландцементни зичлаштирилган ҳолатдаги зичлиги шартли $1,3\text{ кг/м}^3$ деб қабул қилинади.

Цементнинг тилшашиши ва қотиши этзотермик жараёнлардир. Бетонда 300 маркали 1 кг цемент сув билан қориштириш, бошлангандан 7 кеча-кундуздан давомида 170 кДж дан кам бўлмаган миқдорда, 400 маркали 1 кг цемент эса 210 кДж дан кам бўлмаган миқдорда иссиқлик ажратади. Ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори цемент клинкерининг минералогик таркиби, киритилган кўшимчалар тури ва цементни туйиш майинлигига боғлиқ. Цемент таркибига қирадиган клинкер минералларидан учкальцийли алюминат, кейин учкальцийли силикатда иссиқлик ажралиши кўпроқ, қолган бирикмаларда эса сезиларли камроқ даражада иссиқлик ажралиб чиқади. Асосий иссиқлик миқдори цемент қотгандан кейин биринчи 3-7 кеча-кундузда ажралиб чиқади. Қишки мавсумда бетон ишлаб чиқариш ишларида цемент қотишидаги ажратиб чиқадиган иссиқлик фойдали. Аммо, массив иншоотларни бетонлашда (тугон, қалин девор ва б.) ёзги мавсумда (нотекис қизиши сабабли) конструктив дарзларнинг пайдо бўлишидан сақланиш учун бетондан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдорини камайтирадиган махсус чора кўрилади. Шундай мақсад учун иссиқликни кам чиқарадиган цементлар ишлатилади (таркибида C_3S ва C_3A миқдорлари камайтирилган, C_2S миқдори кўпайтирилган, кремнземли ва бошқа кўшимчалар), бетон совук сувда қориштирилади, бетонлаш алоҳида блоklarда олиб борилади, бетонга сув сепилади, сунъий совутиш ташкил этилади.

Бетон қотишини тезлатиш ва темир-бетон конструкциялар тайёрлашнинг муддатини қисқартириш учун цементни фаоллаштиришдан фойдаланилади, яъни цементни қотишини тезлатадиган кимёвий кўшимчалар кўшилади ёки бетонни қиздирилади.

Цементни бошқа бир жойга ташиш ёки сақлашда нам тортиб қолишдан асраш, тўкилиб исроф бўлишига йўл қўйилмаслик керак. Қурилиш объектларида цементни махсус кузовли автомашина (цемент ташувчи)ларда ва цементни тушириш учун винтли ёки пневматик қурилмалардан фойдаланиш самаларидир. Сақланиш даврида хатто ёпиқ омборхоналарда ҳам цементнинг айниқса майин туйилган активлиги пасаяди, чунки ҳаводаги нам ва углекислий газни ўзига тортиб, намиқади. Тажрибаларнинг кўрсатишича, оддий цемент нормал шароитда 3 ой сақлангандан кейин мустаҳкамлигини 20% га, 6 ойдан кейин 30% гача, бир йилдан кейин 40% га йўқотади. Ишлаб чиқаришда узоқ сақланган цементдан фойдаланилганда бетон қоришмани қориштириш муддати 2-4 мартага оширилади, қотиришни тезлатадиган тезлатувчи қўшимчалар қўшилади ёки цементни фаоллаштириш қўлланади.

Цемент турлари: кўпчилик цементларнинг асосини портландцемент клинкери ташкил этади.

Унинг минерологик таркибини нормаллаштириб ва минерал ёки органик қўшимчалар қўшиб, бир-биридан хусусияти жиҳатидан фарқланадиган ва қурилишнинг турли қисмларида қўлланиладиган ҳар хил цементлар олинади (1.1-жадвал)

Портландцемент (ПЦ) деб, таркибида гипсдан ташқари минерал қўшимчалар бўлмаган цементга айтилади. Тоза клинкерли портландцемент қўшимчасиз ҳолда юқори мустаҳкамликдаги бетонларда, йигматемир- бетон ишлаб чиқаришда, айниқса олдиндан зўриқтирилган конструкцияларда, махсус шароитлар – шимолий туманларда, қуруқ ва иссиқ иқлимларда қўлланилади.

Цементларга қўйиладиган талаблар

1.1-жадвал

Цемент турлари	Марка	Қўшимчаларнинг миқдори, %		
		грануллиланган шлак	актив минерал	
			трепел, опоклар, диатомит	бошқалар
Умумий қурилишга мўлжалланган цементлар:				
Портландцемент	400,500 550,600	йўл қўйилмайди		
минерал қўшимчали портландцемент	400,500 550,600	20	10	15
тез қотувчан портландцемент	400,500	20	10	15
шлакли портландцемент	300,400 500	21-60		
Тез қотувчан шлакли портландцемент	400	21-60		
Сульфатга чидамли цементлар:				
сульфатга чидамли портландцемент	400	йўл қўйилмайди		
қўшимчали сульфатга чидамли портландцемент	400,500	10-20	5-10	йўл қўйилмайди
сульфатга чидамли шлакли портландцемент	300,400	21-60	йўл қўйилмайди	йўл қўйилмайди
Пуццоланли цемент	300,400	Йўл қўйилмайди	20-30	25-40

Умумий ишлаб чиқариладиган цементнинг 60% ни кенг қўламда қўлланиладиган цемент, яъни қўшимчали портландцемент билан ташкил этади. Улар кўпгина монолит ва йиғма темир- бетон конструкцияларда қўлланилиши мумкин.

Тез қотадиган цемент – портландцементнинг қўшимчали тури. 400,500 маркали бу цементнинг 3 кундан сиқилишга мустаҳкамлиги 25 МПа дан кам эмас. Тез қотишни таъминлаш учун клинкер таркибида $C_3S > 50\%$, $C_3S + C_3A > 60\%$ бўлиб цемент эса майин туйилган бўлиши керак. Солиштира юзаси $3500 \text{ см}^2/\text{г}$ дан кам бўлмаслиги керак.

Шлакли портландцемент – порландцемент клинкери ва грануллиланган домна шлаки билан биргаликда янчиш натижасида олинади. Ўз хусусияти

билан шлаклипортланцемент оддий цементдан оз фарқ қилади, хақиқий зичлиги озгина паст (2,9-3), шунга қараб ҳам камроқ.

Шлакли портландцемент портландцементдан (клинкерни таркиби бир хил) анча секинроқ тишлашиши(бошланиши 4-6 соатдан, тугаши 10-12 соатдан кейин) ва биринчи 7-10 кунда секин қотиши билан фарқланади. Бу цемент клинкери таркибида C_3A 8% дан кам бўлганда, минераллашган сувлар (сульфатли, денгиз суви) таъсирига анчагина чидамли бетон олинади. Иссиқлик ва намлик билан ишлов берилганда оддий портландцементга нисбатан шлакопортландцементнинг қотиши анча тезлашади, бу эса йиғма темир бетон ишлаб чиқаришда унинг юқори самарадорлигини таъминлайди.

Ҳамма цементлар истемолчининг талабига биноан қоришманинг пластиклигини оширувчи еки гидрофобловчи намликни тез юқтирмайдиган кўшилмалар билан ишлаб чиқарилиши мумкин.

Пластиклаштирилган портландцемент портландцементи клинкерини пластикловчи кўшимча билан бирга майин қилиб янчиб олинади. Бундай кўшимча бўлиб, сульфит-спиртли барданинг модификациялашган концентрати (гидролиз спирт саноатининг чиқиндиси) цемент масасига нисбатан 0,1-0,25% миқдордаги куруқ модда ҳисобланади. Сульфит - спиртли барда-сирт актив модда булиб, цементнинг сув билан кўшилишига қаршилиқ кўрсатади ва цемент заррачалари атрофида мойловчи қоплама ҳосил қилади.

Пластиклаштирилган цементдан фойдаланилганда қоришма ва бетоннинг пластиклиги ошади, бу эса бетон қоршимасини жойлашни осонлаштиради ва тезлаштиради, бетонда цементни 5-10% га иқтисод қилиш имконини беради еки сув цемент нисбатини камайтиради ва бетоннинг совуққа чидамлилигини оширади. Пластиклаштирилган цемент портландцемент каби маркаларга эга.

Гидрофоб портландцемент – портландцемент клинкерини сирт-актив гидрофобловчи (сув юқтирмайдиган) кўшимча билан майин янчилган маҳсулотдир. Кўшимча сифатида милонафт ёки асидол, яъни нефть маҳсулотлари цемент массасига нисбатан 0,1-0,15% миқдорда олинади. Гидрофоб цементи, бошқа оддий цементдан фарқли, куйидаги хусусиятларга эга: нам тортиши паст, узоқ муддатга сақланганда ва хатто нам ҳавода ортилганда ҳам активлигини йўқотмай сочилувчан ҳолатда қолади; юқори пластикликка (пластиклаштирилган цементдан кам бўлсада) эга; сув шимиш ва сув ўтказиш даражаси паст ва бетонда совуққа чидамлиги юқори. Гидрофоб цементи ҳам оддий портландцемент маркалари каби маркаларга эга.

Сирт-актив кўшимчали цементлар бошланғич даврда бир қанча секинроқ қотиш тезлигига эга бўлиб, шунга кўра камроқ иссиқлик ажратиб чиқаради. Бу цементлар алоҳида махсус шароитларда, яъни гидротехник иншоотларини қуришда ва монолит темир-бетон конструкцияларини кўтаришда ишлатилади, бунда бетоннинг сув ўтказмаслиги ва иссиқлик ажратиб чиқариши муҳим аҳамиятга эга.

Сульфатга чидамли цементлар – алоҳида гуруҳга ажратилган ва уларга УзРСТ талаблари куйилган (1.1 жадвалга қар.). Сульфатга чидамли портландцемент (СПЦ) 400 марка билан ишлаб чиқарилади. Цементнинг сульфатга чидамлилиги минералогик таркибини меъёрида бўлиши билан таъминланади, қайсики сульфат агрессиясига чидамсиз минералларнинг миқдори таркибда камайтиради. Бу цемент таркибида: $C_3S > 50\%$, $C_3A < 5\%$, $C_3A + C_4AF < 22\%$. Қўшимчали сульфатга чидамли портландцемент (КСПЦ) махсус таркибдаги портландцемент клинкерини ($C_3A < 5\%$, $C_3A + C_3AF < 22\%$) ва майин янчилган актив минерал қўшимча билан бирга туйиб олинади. Қўшимча сифатида трепел, опок, диатомит (5-10%) ёки грануланган домна шлаки (10-20) ишлатилади. Қўшилма C_3S гидротациясида ажраладиган кальций гидрооксидини боғлайди, бу эса цементнинг сульфатга чидамлилигини оширади. Бундай ҳолатда таркибда жуда кўп C_3S бўлган клинкерни қўллаш мумкин бўлади, қўшимчали сульфатга чидамли цементлар эса 500 ва 400 маркага эгадир.

Сульфатга чидамли шлакопортландцемент (СППЦ) – клинкер таркибидаги $C_3A < 8\%$ миқдори чегаралаб олинади ва 300, 400 маркалар билан ишлаб чиқарилади. Сульфатга чидамли цементлар сув сатхи ўзгарувчан шароитда ишлатиладиган бетон ва темир-бетон конструкциялар, шунингдек, кўпинча бир вақтда кўп марта музлаш ва эриш ёки кўп марта намланиши ва қуриши мумкин бўлган сульфатли сувлар агрессив таъсирига учрайдиган иншоотлар учун мўлжалланган.

Пуццолан портландцемент (ППЦ) ҳам сульфатга чидамли цемент гуруҳига киради. Бу цементни $C_3A < 8\%$, миқдордаги портландцемент клинкерини актив минерал қўшимча билан бирга янчиш усули билан олинади. Актив минерал қўшимча оддий қўшимчали портландцементга нисбатан кўп миқдорда қўшилади. Қўшимча миқдори унинг турига боғлиқ ва трепел, опок, диатомит учун 20-30% ташкил этади, қолган бошқа актив минераллар, айниқса кремнезем қўшимчалар (масалан, туф, трасс, пемза ва бошқа) учун 25-40% дан иборат. Трепел, опок, диатомитлар бошқа қўшимчаларга нисбатан цементга оз миқдорда қўшилади, чунки улар юқори гидравлик активликка эга бўлиши билан бирга бир вақтнинг ўзида сувга талаби юқоридир. Шунинг учун цементга ортиқча бундай қўшимчаларнинг аралаштирилиши унинг нормал қуюқлигини кескин даражада оширади, бу эса мақсадга мувофиқ эмас.

Пуццолан портландцемент оддий цементга нисбатан очроқ рангда. Ҳақиқий зичлиги (2,8-2,9 г/см³ яқин) ва зичлиги ҳам оддий цементдан камроқ. Оддий цементга қараганда бир хил миқдорда олинган пуццолан портландцементда қоришмани чиқиши ҳамда қоришма ва бетон зичлиги юқори бўлади, шунинг учун қоришма ва бетонлар анчагина сув ўтказмайдиган бўлади. Нормал қуюқликдаги ҳамирни олиш учун пуццолан портландцементга кўпроқ сув қўшиш керак (30-40% гача), бунда анчагина ёпишқоқ қоришма ҳосил бўлади. Бунинг натижасида бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги пасаяди. Бу ҳолатни олдини олиш учун бетондаги цемент

сарфини (5-10% га) оширишга тўғри келади ёки пластиклаштирувчи қўшилма киритилади.

Пуццолан портландцемент гидравлик қўшимча аралаштирилмаган цементга нисбатан сув билан аралаштирилгандан сўнг биринчи кунда ва ҳафтада секинроқ қотади. Сувда 6 ой қотгандан кейин бу цемент (шу клинкернинг ўзидан), қўшимчасиз цементнинг пишиқлигига эга бўлади. Пуццолан цемент оддий цементга нисбатан қотиш жараёнида кам иссиқлик чиқаради. Бу эса яхлит иншоотларни бетонлашда қулайлик беради, лекин қишки мавсумдаги бетон ишлари оғирлашади, чунки сунъий усул билан бетон иситилиши талаб қилинади. Пуццолан портландцементни қотишида эркин кальций гидрооксиди актив кремнезем қўшимча билан қўшилади ва сувда деярли эримайдиган кальций гидросиликатни ҳосил қилади, денгиз ва бошқа минерал сувларда парчаланмайди. Юқори даражада физик-кимёвий таъсирга чидамли ва нам шароитда қотадиган бетонда, масалан гидротехник иншоотларнинг ички, ер ости, сувости қисмларини қуришда, денгиз ва чучук сувда (тулқинқайтарич, қирғоқ, док, тўғон, шлюзлар ва бошқалар), канализация ва водопровод иншоотларида, туннел ва бошқа ерости қурилиш иншоотларида, шахта йўлакларида пуццолан портландцементни қўллаш самаралидир.

Бундай цементни ерусти темир-бетон иншоотларида қўллаш ноқулайликлар келтириб чиқади, яъни тез қуриши цементнинг қотишини тўхтатиб қўяди ва кучли қиришишни келтиради. Бу цементни ўзгарувчан, яъни нам тортиши ва қуриши, музлаши ва эриши мумкин бўлган кескин шароитда қўллаш тавсия этилмайди. Тайёрловчи завод маҳсулотни олинган вақтдан бошлаб цементни стандарт талабларига мослигига ва ортилгандан кейин бир ойдан ортиқ бўлмаган муддатга кафолат беради. Маҳсулот паспортида цемент тури, маркаси ва тайёрловчи завод номидан ташқари, цемент ҳамирининг нормал қуюқлиги ва 2+3+6+4 с режимда буғлатилганда цементнинг ўртача активлиги 85+5 С ҳароратда изотермик қизитиш ва тайёрлагандан бир кеча-кундуздан кейин синалганлиги кўрсатилади. УзРСТ талабларига жавоб берадиган цементларни мустаҳкамлик хоссалари юқори турғунликка эга бўлиши, активликни вариация коэффицентини миқдори цемент маркасига қараб 3-5% дан ошмаслиги керак. Бу цементларда “Ёлғон тишлашиш”га йўл қўйилмайди, ортилаётган вақтда цемент даражаси 95°Сдан ошмаслиги керак. СПЦ ва КСПЦ ларда ишқорлар миқдори 1% дан бўлиши керак.

Цемент ва боғловчиларнинг маҳсус турлари. Вақт ўтиши билан цемент номенклатураси ортиб бормоқда. Маҳсус цементлар бетонга алоҳида хусусият яъни, қурилишда кенг қўллаш имконини беради.

Оқ портландцемент ифлосланишидан сақлаш учун маҳсус тайёрланган технология билан таркибида кам темир бўлган оқартирилган клинкерни майдалаб, гипснинг зарур миқдори ва оз миқдордаги диатомит қўшимчаси билан туйиб олинади. Оқ цемент 300, 400, 500 марка билан ишлаб чиқарилади ва оддий цементга қўйиладиган талабларни қониқтириши керак. Оқлик даражасига қараб оқ цемент уч навга бўлинади: олий нав, Бц-I ва Бц-

II. Цементнинг оклиги, цемент оклигини 100% деб қабул қилинган барийнинг сульфат оклигига нисбати ёрқинлик коэффициенти билан характерланади. Навига қараб ёрқинлик 80, 76 ва 72% кам бўлмаслиги керак.

Рангли портландцементни оқ цемент, гипс ва пегментни биргаликда туйиб олинади. Цемент массасига нисбатан синтетик минерал ёки табиий пигментнинг миқдори 15% дан, органик пегментнинг миқдори эса 0,3% дан ошмаслиги керак. Рангли портландцементни махсус тайёрланган рангли клинкердан олиш мумкин.

Оқ ва рангли цементлар рангли бетон олиш, архитектура деталлари ва юзаларни қоплаш плиталарини олиш, пардоз ишлари учун мўлжалланган.

Зўриқувчи цемент, В.В.Михайлов таклифига биноан, портландцемент клинкерини ва зўриққан компонентни глинозем шлаки ёки бошқа таркибида алюмин бўлган модда, гипс ва охакни биргаликда туйиб олинади. Ўртача компонентлараро нисбат 65:20:10:5. Пастсульфат шаклдаги кальций гидросульфат алюминатини юқорисульфат шаклга кристаллашиши оқибатида цемент тоши нисбатан катта мустаҳкамликка етгандан кейин (15-20 МПа) зўриқувчи цемент ўз ҳажмини сезиларли кенгайтириш хусусиятига эга бўлади (4%гача). Бундай цемент ўзини зўриқтирувчи темир-бетон тайёрлашда қўллаш имконини беради, қайсики, арматура бетоннинг кенгайиши оқибатида олдиндан зўриқади. Бу зўриқувчи цемент бошқа кенгайдиган цементлардан фарқ қилади, улар қотишни бошланиш даврида уз ҳажмини кенгайтиради.

Зўриқувчи цемент ва улар асосидаги бетонлар юқори мустаҳкамликка эгадирлар (28 кунда 50-70 МПа), сув ва газ ўтказмайди. Зўриқувчи цементни ўзини зўритиқувчи темир-бетон трубалар, йўл ва аэродромларни қоплашда, тоннел ва катта диаметрли водопроводларда ва шунга ўхшаш конструкциялар тайёрлашда қўллаш самаралидир. Бу конструкцияларни тайёрлашда зўриқувчи цементнинг жуда тез тишлашини (тишлашнинг бошланиши 2 минут, тугаши 6 минут), шунингдек бетон зарурий мустаҳкамликка эришгандан кейин цементнинг кенгайишини таъминловчи қотишнинг махсус тартиби қўлланишини ҳисобга олиш зарур.

Кенгаювчи ёки киришмайдиган цементларни сув ўтказмайдиган бетон тайёрлашда қўллаш мумкин. Бу цементларнинг моҳияти цементни қотишида физик-кимёвий жараёнлар натижасида ҳажми ошадиган таркибларни борлигидир. Бундай цементларнинг жуда куп рецептлари маълум, лекин доимий ишлаб чиқарилмайди (бундай цементлар алоҳида махсус мақсадлар учун ишлаб чиқарилади).

Охирги йилларда бетонни қотиш жараёнида унинг ҳажм ўзгаришини созлаш учун кенгаювчи цементлар ўрнига оддий портландцементли қоришма ва бетонларга комплекс қўшимчар киритилиши қўлланмоқда.

Фосфат цементларни иссиққа чидамли ва бошқа махсус бетонларни тайёрлашда қўллаш мумкин. Бу цементларнинг қотиши баъзи бир майин янчилган оксидларнинг(титан диоксиди, мис, магний, руҳ оксиди ва бошқалар) ва фосфор кислотасининг махсус таркибининг ўзаро таъсири ҳисобига рўй беради. Бундай цементлар юқори мустаҳкамликка эгадирлар,

юқори даражали иссиққа чидамли, лекин таркибининг турига қараб махсус қотиш тартибини талаб қилади, чунки нотўғри технологияларда бетонда сезиларли даражада носоз ҳолат ривожланиши мумкин, масалан материалнинг охириги пишиқлигини пасайтирувчи массани кўпайиши мумкин.

Кислотага чидамли цемент - кислотага чидамли маҳсулотлар ишлаб чиқариш учун мўлжалланган. У синчиклаб аралаштирилган майда кварц куми ва кремнийфторли зичлиги 1,32-1,5, боғловчи хусусияти натрийдан ташкил топган. Бу цементни суюқ шишада, яъни натрий ёки калий силикати $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$; $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ каллоидли қоришмаси билан қориштирилади. Керак бўлган консистенция(қуюқлик)га эришиш учун суюқ шишага сув қўшиб суюлтирилади. Суюқ шиша карбонат ангидрит газига таъсирида қориши ва аморф кремнезем ажралиши оқибатида ҳавода қотади. Суюқ шиша қотишини тезлатиш ва цемент тошининг зичқлигини ошириш учун кислотага чидамли цементдан фойдаланилади. Унинг таркибига қирадиган кремнийфторли натрий қотиш катализатори ҳисобланади ва қотган материални кислота ва сувга чидамлилигини оширади. Кремнийфторли натрий қўшимча эрийдиган шишанинг массасига нисбатан 12-15% ни ташкил этиши керак. Сўнгги йилларда келгусида цементнинг хусусиятларини яхшилаш бўйича ишлар олиб борилмоқда. Қўшимчали крентлар (кристаллизацион компонентлар) цемент ишлаб чиқариш кашф этилмоқда ва жорий қилинмоқда, натижада цементнинг мустаҳкамлиги 5-15% га ошиб(ўртача 10 МПа), совуққа ва сульфатга чидамлилиги яхшиланмоқда. Шунингдек сульфаталюминат клиннери асосида тез қотадиган ва юқори мустаҳкамликка (бир кундан кейин 40-50 МПа) эга бўлган цементлар ишлаб чиқилмоқда.

Оҳак. Силикат бетон ишлаб чиқиш учун, охириги йилларда қурилишда кенг қўламда ишлатиладиган боғловчи сифатида ҳавойий оҳакдан фойдаланилмоқда.

Ҳавойий оҳак - оддий боғловчи, карбонат жинсларни (оҳактош, мел, ракушечник-чиғанок, кимёвий ишлаб чиқариш чиқиндилари ва бошқалар), ўртача куйдириш усули билан олинади ҳамда унинг таркибида лойтупроқли аралашмалар 8% дан ортиқ бўлмаслиги талаб этилади. Қурилишда сўндирилмаган – бу сувсиз кальций оксиди CaO бўлиб унинг асосий қисмини ташкил этади, ва сўндирилган, яъни сўндирилмаган оҳакни сув билан бирлаштириш натижасида олинган ва асосан кальций оксиди гидрати Ca(OH)_2 дан ташкил топган оҳаклар қўлланилади.

Ҳавойий оҳакка минерал қўшимчалар янчилган тоғ жинслари ёки ишлаб чиқариш чиқиндилари (домна ва ёқилғи шлаклари, кул, вулқон туфлари, опоклар, пемзалар, кварц куми, гипс тоши) қўшиш мумкин. Сифати бўйича таркибидаги актив CaO ва MgO ларни миқдори қараб оҳак 3 навга (қўшимчасиз, оҳакда уларнинг миқдори тегишли равишда 90,80,70% га тенг келиши керак, қўшимчали I ва II навга оҳакларда тегишли равишда 64,52% бўлинади). Сўниш тезлигига қараб тез сўнадиган оҳак (сўниш тезлиги 20

мин. гача) ва секин сўнадиган оҳакка (сўниш тезлиги 20 мин дан кўпроқ) ажратилади.

Хавода қотадиган оҳакли қоришма ва бетонларнинг мустаҳкамлиги катта эмас, 28 кунда 0,5-3 МПа ни ташкил этади. Материал мустаҳкамлиги автоклав ишлов беришда (175°C ҳарорат ва 0,8 МПа босимда) сезиларли даражада оширилиши мумкин, оҳакнинг тўлдирувчи кремнеземи билан ўзаро таъсири натижасида мустаҳкам гидросиликатлар ҳосил бўлади. Бу усул автоклав силикат бетонни олиш учун қўл келади, мустаҳкамлиги 20-50 МПа ни ташкил этади (хатто бундан ҳам юқори бўлиши мумкин), шунингдек серғовак бетонни ишлаб чиқишда қўллаш мумкин. Автоклав силикат материалларини олиш учун таркибида магний оксиди 5% дан кўп бўлмаган тез сўнадиган оҳакдан фойдаланилади.

Гипс ва унинг асосидаги боғловчилар. Қурилиш гипси хавода қотадиган боғловчи модда. Қурилиш гипсини табиий икки сувли гипсни 150° - 170°C ҳароратда ярим сувли гипсга айлангунча қиздириб олинади. Гипсни сув билан аралаштириб ҳамирга ўхшаш масса олинади, қайсики тез тишлашади, суюқ ҳолатдан қаттиқ ҳолатга ўтади, кейин хавода қотади, аста-секин мустаҳкамланиб боради. Гипс – тез тишлашадиган боғловчи. Гипснинг тишлашиш даври гипсни сув билан қўшилгандан кейин 4 минутдан олдинроқ бошланмаслиги, тугаши 6 минутдан олдинроқ ва 30 минутдан кеч бўлмаслиги керак. Гипснинг тишлашишини секинлатиш учун сульфит-дрожжали бражка ёки сув массасига нисбатан 0,1-0,2% миқдорда ва бўёқчилик клейи бошқа органик клейлар қўшилади. Қурилиш гипси сифатига қараб 2 навга бўлинади. Нормал қуюқликдаги гипс ҳамиридан тайёрланган назорат намунаси учун сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси тайёрлангандан 1,5 соатдан кейин, I-нав учун 4,5 МПа дан кам бўлмаслиги, II-нав учун 3,5 МПа дан кам бўлмаслиги керак. Гипс мустаҳкамлиги қуриштиш даврида сезиларли ошади, хатто 7,5-12,5 МПа га етиши мумкин.

Икки сувли гипсга махсус ишлов берилиб, ўта мустаҳкам гипс олинади, мустаҳкамлиги 15-30 МПа ни ташкил қилади, тишлашиш муддати 15-20 минутдан иборат. Ўта мустаҳкам гипсдан пластик ҳамир олиш учун кам сув талаб қилинади (40-45% гипс массасига нисбатан, оддий гипс учун 60% талаб қилинади), бу эса анчагина зич қўйма ва бетонлардан фойдаланиш имконини беради.

Гипснинг қимматли хусусиятидан бири тез тишлашиши, маҳсулот юзасининг текис ва тўғри шаклда бўлишини таъминлаши, чунки қотиш даврида гипс озгина кенгаяди ва қолипни зич тўлдиради. Гипснинг камчилиги-сувга чидамсизлиги. Нам тортганда гипснинг мустаҳкамлиги кескин пасаяди, хатто кичкина юк таъсирида сезиларли деформацияга учрайди ва маҳсулот сифатсиз бўлиб қолади. Гипснинг сувга чидамлилигини таркибига янчилган домна шлакини қўшиб, бирмунча ошириш мумкин. *Гипсоцемент-пуццоланли боғловчи* (ГПЦБ) гипсга нисбатан анчагина сувга чидамли. (ГПЦБ) А.В. Волженский ва унинг шогирдлари томонидан ўрганилган. У 50-80% ярим сувли гипс ва 20-50% пуццолан портландцемент ёки портландцементдан актив минерал қўшимчадан ташкил топган. Минерал

қўшимча миқдори қуйидагича танланади: етти кеча-кундузли боғловчида СаО концентрацияси 0,85г/л дан кам бўлиши керак (қотиш даврида ажратиладиган уч кальцийли силикатни қўшимча гидрат кальций оксиди билан боғлайди). Бундай шароитда гидросульфoалюминатни моносульфатли тури олинади ва ички хавфли кучланиш келиб чиқмайди, балки майин дисперсионли кам емириладиган гидросиликатлар боғловчининг сувга чидамлилигини оширади.

ГПЦБ 100,150,200 маркаларда ишлаб чиқарилади. ГПЦБ асосида тез қотадиган бетон маркалари-М150-М250ни олиш мумкин, бу ҳолда тайёрлангандан 2-3 соатдан кейин 30-40% марка мустаҳкамлигини олади. Маҳсулотнинг қотишини тезлатиш учун 70-80⁰С ҳароратда 5-8 соат давомида бўғлатиш таклиф этилади. ГПЦБ нинг камчилиги, пўлат арматурали маҳсулотни коррозиядан сақлаш зарурати бўлиб, мос ҳолатдаги қопламадан фойдаланишдир.

Маъруза 5

Бетон учун ишлатиладиган тўлдирувчилар

Бетонда йирик ва майда тўлдирувчилар қўлланилади. Доналари 5 мм дан каттароқ йирик тўлдирувчиларни шағал ва чақилган тош турларига ажратилади. Бетондаги майда тўлдирувчилар табиий ва сунъий қум ҳисобланади. Чақилган тошни тоғ жинсларини майдалаш орқали олинади. Қурилишда аксарият охактош ва гранитдан олинган чақилган тошлар ишлатилади. Шағал сирти текис ва шамолда нураган тоғ жинсларини ноаниқ аралашмасини ифодалайди. Одатда, доналари турли йирикликдаги шағал-қум аралашмалар учрайди. Енгил бетонлар учун ғовакли тоғ жинсларидан олинган табиий чақилган тош (туф, пемза ва бошқалар) ёки кўп ҳолларда махсус сунъий тайёрланган тўлдирувчилар ишлатилади (керамзит, аглопорит, шлакли пемзаси ва бошқалар).

Қум ўзида уваланган майда зарралар таркибни ифодалаб, у тоғ жинсларининг шамол таъсирида нураши натижасида юзага келади. Аксарият минералларнинг зарралари аралашган кварц қумлари, кам ҳолларда эса далашпатли ва охактошлилари учрайди. Баъзан қумни тоғ жинсларини махсус майдалаш йўли билан олинади. Бироқ бу усулда табиийга нисбатан таннархнинг ортиб кетиши сабабли махсус мақсадлардагина қўлланилади.

Тўлдирувчилар бетоннинг 80% ҳажмини эгаллаб, унинг хусусиятларига, узок муддатга чидамлилигига ва нархига маълум даражада таъсир кўрсатади. Тўлдирувчиларнинг бетонга киритилиши билан, бетондаги энг қимматбаҳо ҳисобланган хомашё – цемент сарфини кескин камайишига эришилади. Бундан ташқари, тўлдирувчилар бетоннинг техник хусусиятларини яхшилайдди. Юқори мустаҳкамликдаги тўлдирувчи бақувват скелет маълум даражада бетоннинг мустаҳкамлигини ва деформацияланиш модулини кўтаради – конструкцияларнинг босим таъсирида деформацияланишини камайтиради, шунингдек бетоннинг силжувчанлигини – бетонга узок муддат босим остида таъсир кўрсатиш натижасида юзага келиши мукин бўлган қайтмас деформациялардан сақлайди. Тўлдирувчи бетоннинг киришишини олдини олади ва бу билан узок муддат чидайдиган материални олиш имконини беради. Цемент тошининг қотиш жараёнидаги чўкиши 1-2 мм/м ни ташкил этади. Нотекис чўкиш деформациялари сабабли ички зўриқишлар ва хатто микроёриқлар юзага келади. Тўлдирувчи чўкиш деформацияси зўриқишини қабул қилади ва цемент тошига нисбатан бир неча баробар чўкишни камайтиради.

Ғовак табиий ва сунъий тўлдирувчилар кам зичликка эга бўлиб, енгил бетоннинг зичлигини камайтиради, унинг иссиқлик тутувчанлик хусусиятини яхшилайдди. Махсус бетонларда (юқори ҳароратга чидамли, нурланишдан ҳимоялаш ва бошқалар) тўлдирувчининг аҳамияти жуда катта, чунки уларнинг хусусиятлари асосан бундай бетонларнинг махсус сифатларини аниқлаб беради.

Силикат бетонларда тўлдирувчи ўзининг одатдаги тадбиқидан ташқари ўзига хос муҳим аҳамият касб этади. Унинг доналарининг сирти боғловчи

модда билан таъсирлашади ва кўп ҳолларда олинаётган бетоннинг хусусиятлари уларнинг минералогик таркибига ва нисбий юзасига боғлиқ бўлади.

Тўлдирувчининг нарҳи бетон ва темир-бетон конструкциялари нархининг 30-50 % (баъзи ҳолларда янада кўпроқ) га тўғри келади. Шунинг учун келтириш осон бўлган ва арзон маҳаллий тўлдирувчилар қатор ҳолларда қурилиш нарҳини, транспорт харажатлари ҳажмини камайтиришга ва қурилиш муддатларини қисқаришига олиб келади.

Бетон учун тўлдирувчиларни тўғри танлаш, уларни меъёрида қўллаш – бетон технологиясида аҳамиятли масалалардан бири ҳисобланади. Бетон учун мўлжалланган тўлдирувчиларга бетон таркибига таъсир этувчи хусусиятлардан келиб чиқиб тегишли талаблар қўйилади. Бетоннинг хусусиятига тўлдирувчининг донаторлик таркиби, мустаҳкамлиги ва тозаллиги нисбатан аҳамиятли таъсир кўрсатади.

Донаторлик таркиб тўлдирувчидаги турли йирикликдаги доналар миқдорини кўрсатади. Бу миқдорни тўлдирувчидан олинган намунани тешиклари 0,14-70 мм ва ундан ҳам йирикроқ стандарт элақлардан ўтказиб аниқланади. Тўлдирувчилар турли ўлчамдаги доналарга эга одатдаги ва фракцияланган турларига бўлинади. Фракцияланган тўлдирувчининг доналари алоҳида фракцияларга ажралган, ўлчамлари эса бир-бирларига яқин, масалан 5-10 мм ёки 20-40 мм дан иборат. Тўлдирувчини энг кичик йирикликдаги ёки энг катта йирикликдагилари бўйича характерлайдилар. Бу ҳолда тўлдирувчи доналарининг нисбатан энг кичик ёки энг катта ўлчамларига қараб тушунилади. Тўлдирувчида алоҳида йирик ёки майда доналар учраши мумкин, бироқ уларнинг миқдори 5 %дан ошмаслиги керак.

Агарда донаторлик таркибда барча ўлчамлардаги, хусусан энг майдасидан энг йиригигача доналар мавжуд бўлса бу таркиб **узлуксиз** таркиб дейилади. Агарда тўлдирувчида қандайдир бир оралиқ ўлчамлардаги доналар мавжуд бўлмаса бундай донатор таркиб **узлукли** таркиб деб аталади.

Тўлдирувчининг оптимал (энг мақбул) донаторлик таркибини белгилаш бўйича жуда кўп тавсиялар мавжуд. Кўпчилик тадқиқотчилар узлуксиз донатор таркибни самаралироқ деб биладилар. Узлукли таркибли қоришмалардан ўртача ўлчамлардаги фракцияларни олиб ташланганда ғовакликнинг камайиши таъминланади. Бироқ, ундаги йирик доналар орасида сиқилиб қолган майда доналарнинг ҳаракатчанлиги чегараланади ва маълум даражадаги ҳаракатчан бетон қоришмасини олиш учун доналарни цемент ҳамири билан қалинроқ қамраб олиш зарурати туғилади. Узлуксиз донатор таркибли қоришмаларда эса бу қатлам юпкароқ бўлиши кузатилади ва узлукли жараёнда тўлдирувчидаги майда фракцияларнинг ҳажми, ҳамда тўлдирувчининг нисбий юзаси ортиб боради. Натижада доналарни қамраб олиш учун цемент сарфи ортади ва тўлдирувчининг бўшлиқларини камайтириш ҳисобига цементни иқтисод қилиш имконияти камаёди. Бундан ташқари узлукли донаторлик таркибнинг қатламланишга моиллиги бўлиб, бу бетоннинг бир жинслилигига салбий таъсир кўрсатади.

Тўлдирувчининг узлуксиз донаторлик таркибини танлаш учун турли самарали элаш эгрлари таклиф этилган. Бир вақтинг ўзида бўшлиқлари минимал даражадаги ва энг кам доналар нисбий юзасига эга бўлган қоришмани олиш мумкин бўлмаганлиги туфайли (минимизацияни фақат бир омил орқали ўтказиш мумкинлиги сабабли), идеал эгрини қуйидаги шартдан олиш мумкин. Бунинг учун қоришмадаги бўшлиқлар миқдори ва доналарнинг юзалари йиғиндиси маълум даражадаги ҳаракатчанликка эга бўлган бетон қоришмасини ва мустаҳкам бетонни олиш учун минимал миқдордаги цементни талаб этиши керак. Идеал эгри бўйича турли ўлчамлардаги доналарни танлаш ва солиштиришда ўша цемент сарфи билан қатламланишга моиллиги камроқ ва янада ҳаракатчанроқ қоришмалар олинади.

Бундай идеал эгрларга мисол сифатида қуйидаги Фуллер ва Боломейлар томонидан таклиф этилган тенгламани келтириш мумкин:

$$y = k_{\phi} + (100 - k_{\phi}) \sqrt{x / D_{\text{чег}}}, \quad (1.1)$$

бу ерда: k_{ϕ} – шакл коэффиценти; $k_{\phi}=8-14$; x – берилган фракциядаги доналар ўлчами; $D_{\text{чег}}$ – тўлдирувчининг чегаравий йириклиги.

Амалиётда аниқ идеал эгри бўйича тўлдирувчилар таркибини танлаш учун шағал ва қумни элаш каби қўшимча жараёнлар талаб этилади. Алоҳида фракциядаги материаллар(ашёлар)нинг бир қисми ортиб қолиши ва бошқа фракцияларни тўлдириш учун эса қўшимча майдалаш талаб этилади. Шунинг учун амалиётда бу усул кенг тадбиқ этилмаган.

Темир-бетон заводлари ёки қурилиш объектларида тўлдирувчининг донаторлик таркибини танлашда зарур миқдорда аниқланган қум ва шағалдан фойдаланилади ва бунда қум ва алоҳида олинган шағал фракциялари орасидаги нисбат имконият даражасида идеал эгрига яқинлашиши лозим. Бироқ, бу нисбатнинг идеал эгрига аниқ мос тушиши талаб этилмайди. Катта бўлмаган номуносивбликларга йўл қўйилиши мумкин. Донатор таркибни ёмонлашувини қатор технологик усуллар ёрдамида компенсациялаш мумкин. Бу усуллар билан бетоннинг нархи туширилади ва транспорт-тайёрлов ҳаражатлари камайтирилади. Шунинг учун стандартлар ва техник кўрсатмаларда бир неча турли донаторлик таркиблар тавсияси кўрсатилади ва тўлдирувчи қоришмасининг хусусиятларини аҳамиятли даражада ёмонлашуви кузатилмайдиган, алоҳида фракциялар нисбатида маълум даражадаги ўзгаришларга имкон берилади. Масалан, қум учун донаторлик таркиб қуйидаги чегараларда бўлиши зарур:

Элак тешигининг ўлчами, мм	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,14дан
Элакдаги тўлиқ қолдиқ, масса бўйича % ҳисобида	0	0-20	15-45	35-70	70-90	90-100	0-10

Қумнинг донаторлик таркибини шартли ифодалаш учун M_k - йириклик модулидан фойдаланадилар. Бу модуль стандарт элакларда қолган қолдиқларнинг тўлиқ йиғиндисини (% ҳисобида) 100 бўлган ҳолида ифодалайди. Қумларнинг йириклик модули 2,1 дан 3,25 га қадар ўзгариши мумкин. Бироқ мос ҳолдаги техник-иқтисодий ва технологик асосланганда

янада майда ва арзон маҳаллий қумлардан фойдаланиш мумкин ($M_k=1,2-2,1$). Йириклик модулига кўра қумларни йирик, ўрта, майда ва ўта майда ёки майин турларга ажратилади (мос равишда $M_k=2.5-3.5$; 2-2.5; 1.5-2; 1-1.5, элакдаги тўлиқ қолдикда 0,63мм-50-75, 35-50, 20-35, 20%дан кам). Йириклик модули қумнинг бетон хусусиятига фақат тақрибий баҳо бера олади, чунки турли донатор таркибдаги қумлар бир хилдаги йириклик модулига эга бўлиши мумкин.

Зич тоғ жинсларидан олинган шағал ва чақилган тошнинг донаторлик таркиби уларнинг чегаравий йириклиги турли (20, 40, 60, 70 мм) бўлганлиги учун энг кичик ва энг йирик ўлчамларидан келиб чиққан ҳолда белгиланади.

Элак тешикларининг ўлчамлари, мм	$D_{кич}$ 5 мм	$D_{кич}$ 10 мм	0,5 $D_{кич}+D_{кат}$		$D_{кат}$
			бир фракция учун	Фракциялар аралашмаси учун	
Тўлиқ қолдиклар, %	95-100	90-100	40-80	50-70	0-10

Тўдирувчини оптимал донаторлик таркиби аксарият, нафақат қум ва чақилган тошнинг донаторлик таркибига, балки уларнинг ўзаро тўғри нисбатини танлашга ҳам боғлиқ.

Бу нисбатнинг тўғри танланишига фақат бетон таркибини ҳисобга олиш билан эришиш мумкин, хусусан цемент ва сувнинг миқдорини тўғри танлаш орқали (8 бобга қаранг). Ўрта ва паст маркали, цемент сарфи 200-300 кг/м³ бўлган бетонларда бетон қоришмасининг энг яхши ҳаракатчанлик кўрсаткичини идеал элаш эгрисига яқин бўлган донаторлик таркиб таъминлайди. Цемент сарфи кўп бўлган юқори мустаҳкамликдаги ва биқир бетон қоришмаларида қум ҳажми ёки тўлдирувчининг майда фракцияларини умумий ҳажмга нисбатан тўлдирувчини аниқ хусусиятлари ва бетон таркибидан келиб чиққан ҳолда камайтириш мақсадга мувофиқ.

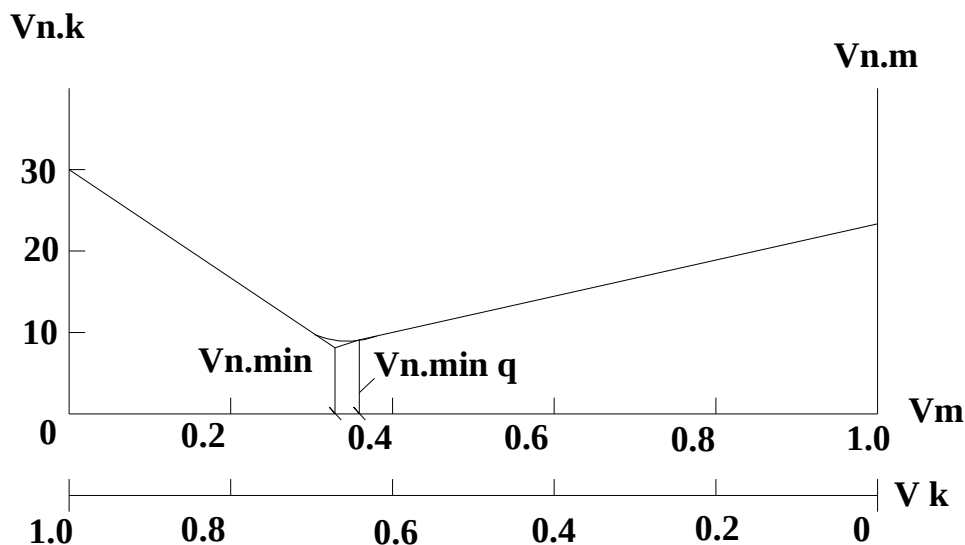
Тўлдирувчининг бушлиги билан донаторлик таркиб бевосита боғлиқ бўлиб, унинг зич жойлашувчанлик имкониятлари билан аниқланади. Шунингдек тўлдирувчи доналарининг шакли бўшлиқлилика таъсир кўрсатади. Тўлдирувчининг бўшлиқлилиги – аҳамиятли жиҳат бўлиб, у цемент сарфи (қанчалик бўлиқлар кўп бўлса шунчалик цемент сарфи ортади) ва бетон хусусияларига маълум даражада таъсир этади. Назарий нуктаи назардан тўлдирувчидаги бўшлиқлар ҳажми ундаги доналарнинг йириклигига эмас, балки доналарнинг шаклига, уларнинг жойлашиш зичлиги ва қуйилишига боғлиқ. Бу фракциядаги тўлдирувчининг бўшлиқлиги 0,3 дан 0,48 гача ўзгаради.

Амалда нисбатан кўпроқ ёки камроқ зичлаб қуйиш деган тушунча мавжумдир; қуйишнинг қандайдир оралиқ системаси маъно касб этади ва шунга кўра ўртача бўшлиқ зичлаштириш даражасига кўра аниқланади. Доналарнинг қирралари кўпайиши билан бўшлиқлар ҳосил бўлиш эҳтимоли ортади. Аксарият, узунчоқ кўринишдаги (игнасимон, япаски) доналар қўлланилганда бўшлиқ ортиб кетади. Шунинг учун бундай доналарнинг

шағалда ёки чақилган тошдаги миқдори оддий оғир бетонларда 35% дан, йўл қурилиши учун мўлжалланган шағалда эса 25%дан ошиб кетмаслиги зарур (япаски доналар бетоннинг мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатади).

Агарда икки фракциядаги бир биридан ўлчамлари билан кескин фарқ қилувчи доналар олинган бўлса, қоришма бўшлигининг аралаштирилаётгандаги характери 1.1-расмдагидек ифодаланади.

Белгиларни таърифлаб оламиз: $V_{\text{буш}}$ – бўшлиқ ҳажми; V_n – тўлдирувчи доналарининг абсолют ҳажми; $V = V_{\text{буш}} + V_d$ – қоришманинг умумий ҳажми; $B_{\text{нис}} = V_d / V$ – нисбий катталиклардаги ғоваклилик; $B_a = V_{\text{буш}} / V_d$ – тўлдирувчи доналарининг абсолют ҳажмига нисбатан бўшлиқлик.



1.1-расм. Қоришма ғоваклилиги ҳажмининг (масса бўйича %да) майда ва йирик тўлдирувчи миқдorigа боғлиқлиги.

Йирик тўлдирувчининг бўшлиқларини майда фракциядаги доналар билан тўлдиришда бўшлиқлик қуйидаги формула кўринишида камаяди:

$$V_{\text{буш1}} = B_{a.й} V_{d.й} - V_{d.м} = B_{\text{нис.й}} V - V_{d.м} \quad (1.2)$$

Майда фракцияга бўшлиқлари бўлмаган йирик доналар қўшилганда ҳажмнинг бир қисмини йирик доналар билан тўлдириши ҳисобига тўлдирувчининг бўшлиқлиги қуйидаги формулага мос ҳолда камаяди:

$$V_{\text{буш2}} = B_{a.м} V_{d.м} = B_{\text{нис.м}} (V - V_{d.й}) \quad (1.3)$$

1.3-формула $V_m < B_{a.й} V_{d.й}$ шarti бажарилганда, яъни майда фракциянинг ҳажми йирик фракциянинг бўшлигидан ортиб кетмаганда қўлланилади. 2.3-формула $V_m > B_{a.й} V_{d.й}$ шarti бажарилганда, яъни йирик фракциядаги бўшлиқ ҳажмига нисбатан кумнинг ортиб кетишида қўлланилади. Назарий жиҳатдан энг кам бўшлиқлар ҳажмини қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин

$$V_{\text{буш n min}} = B_{\text{нис.м}} B_{\text{нис.й}} V.$$

Ҳақиқатда эса, минимал бўшлиқлар ҳажми $V_{\text{буш n min}}$ ҳардоим нисбатан кўпроқ ва бунинг сабаби доналарнинг амалда идеал тақсимланишига эришиб бўлмаслигидир.

Агарда қориштирилаётган фракциялар бир биридан катта фарк қилмаса, майда доналарнинг ўлчамлари йирик доналар орасидаги бўшлиқларнинг ўлчамларидан катта бўлади ва майда доналар бўшлиқларга жойлаша олмай йирик тўлдирувчини бир оз суриб юборади. Натижада бутун системанинг бўшлиқлиги камайиш ўрнига ортиб кетиши мумкин. Нисбатан икки фракцияли зич аралашма тайёрлаш учун бир фракция доналарининг ўлчамлари иккинчи фракция доналарининг ўлчамларидан 6,5 баробар кичик бўлиши керак (йирик тўлдирувчи ва қумнинг аралашмаси). Бироқ, узлуксиз донадор таркибли тўлдирувчилар кенг тарқалган. Уларнинг маълум миқдорда бўшлиғи кўпроқ, лекин қатламланиб қолмайди ва амалиётда кўп учрайди.

Тўлдирувчилар аралашмасини бўшлиғи 20 дан 50%га қадар ўзгариб туради. Бетонда бўшлиқлиги энг кам ва бир неча фракциялардан ташкил топган тўлдирувчиларни қўллаган маъқул.

Минимал ғоваклиликка эришиладиган чақилган тош (шағал) ва қумнинг нисбатини қум йирик тўлдирувчи ғовакларини тўлиқ қоплайди деган фараз орқали аниқлаш мумкин бўлиб, уларнинг қум зарралари билан айрим миқдордаги сурилишлари инобатга олинади. Бу ҳолда қуйидаги формула келиб чиқади

$$\frac{K}{\gamma} = B_{\text{о.т.ш}} \frac{Ш}{\gamma_{\text{ш}}} \alpha ,$$

бу ерда K , $Ш$ – қум ва чақилган тош сарфи; α – сурилиш коэффиценти; $B_{\text{нис.ш}}$ – шағалнинг нисбий бўшлиқлиги; $\gamma_{\text{п}}, \gamma_{\text{ш}}$ – мос ҳолда чақилган тош ва қумнинг зичлиги.

Чақилган тош ёки қумнинг бўшлиқлигини материалнинг ёки чақилган тош ёки қумнинг ҳақиқий бўлакдаги зичлиги γ^* - дан (ғовакли шағал ёки чақилган тош учун) ва тўқишдаги зичлиги $\gamma_{\text{т}}$ - дан аниқлаш мумкин:

Кўплаб ўтказилган тажрибалар асосида ($\alpha = 1,1$ ни қабул қилиб) қуйидагини оламиз

$$K / Ш = K_{\text{от}} (\gamma_{\text{к}} / \gamma_{\text{ш}}) = 1,1$$

Бироқ, минимал бўшлиқли қоришма ҳар доим ҳам бетонда ижобий бўлавермайди. Чунки қум ва чақилган тош нисбатини тўғри танлашда цемент ва сувнинг сарфини ҳам ҳисобга олиш керак.

Цементнинг катта миқдорда сарфланиши нафақат қумдаги бўшлиқларни тўлдиради, балки унинг учун қумни камайтириш ҳисобига қўшимча ҳажм зарурати туғилади ва бу ҳолда бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги яхшиланади.

Технолгик ҳисоблашларда нафақат чақилган тош бўшлиқлигини, балки материалнинг умумий ғоваклилигини аниқлашга тўғри келади (шағал ёки чақилган тошнинг ғоваклиги билан биргаликда доналараро бўшлиқлар умумий ҳажмининг йиғиндиси олинади). Бунинг учун қуйидаги формуладан фойдаланилади

Тўлдирувчи доналарининг ғоваклилигини қуйидаги формуладан аниқланади:

бу ерда γ^* - бўлакдаги тўлдирувчининг зичлиги.

Монолит бетон олиш учун цемент ҳамири нафакат доналар орасидаги бўшлиқларни тўлдириши, балки қуюқ цемент қатламини ҳосил қилиш мақсадида доналарни орасини очиши талаб этилади. Бундай қобикни ҳосил қилиш учун цемент сарфи тўлдирувчининг солиштирма юзасига боғлиқ бўлиб, доналар ўлчамларини камайиши билан ортиб боради. Натижада тўлдирувчининг солиштирма юзаси катталашиши билан бетон қоришмасининг техник қовушқоқлиги ортади. Демак, қоришманинг маълум даражадаги қуюқлигига ёки ҳаракатчанлигига эришиш ва белгиланган мустаҳкамликдаги бетонни олиш учун сув ва цемент сарфини оширишга тўғри келади.

Тўлдирувчининг мустаҳкамлиги u олинган тоғ жинсининг мустаҳкамлиги билан аниқланади. Мустаҳкам тоғ жинсларидан олинган тўлдирувчилар (гранит, диабаз ва бошқалар) юқори мустаҳкамликка эгалар (80 МПа ва ундан юқори). Чўкма тоғ жинсларидан олинган тўлдирувчилар масалан, оҳактошдан олинган тўлдирувчилар 30 МПа ва ундан юқори мустаҳкамликка эга. Енгил ғовакли табиий ва сунъий тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги, уларнинг зичлигига боғлиқ бўлиб, мустаҳкамлиги 2-20 МПа ни ташкил этади.

Йирик тўлдирувчи бетон мустаҳкамлигига кам таъсир кўрсатади, агар унинг мустаҳкамлиги бетонга нисбатан 20% ортиқ бўлса. Бирок тўлдирувчида алоҳида заиф доналар учраши мумкин, шунинг учун ишонч ҳосил қилиш мақсадида, одатда, тоғ жинсининг мустаҳкамлиги бетон мустаҳкамлигига нисбатан 1,5-2 баробар ортиқ бўлиши тавсия этилади (2-нисбат М300 ва ундан юқори маркали бетонлар учун қўлланилади).

Бир вақтнинг ўзида тўлдирувчининг ғоваклилигини орттирадиган ва қатор ҳолларда сиқилишга мустаҳкамликни пасайтириб юборадиган япалоқ ва игнасимон доналарнинг таркибдаги миқдори чегараланади. Бундай доналарнинг миқдори одатдаги тўлдирувчида – 35 %, доналарининг шакли яхшилانган чақилган тошда – 25 %, кубсимон шаклли доналарда – 15 %дан ошмаслиги керак.

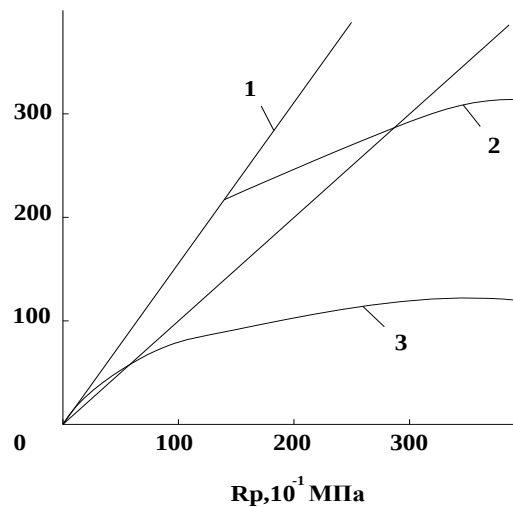
Амалиётда (қурилиш ёки заводда) одатда бир турдаги чақилган тошни турли маркадаги бетонлар учун қўлланади. Шунинг учун чақилган тош маркасини тоғ жинсининг петрографик таркибидан келиб чиқиб, уни ишлаб чиқаришдаги техник-иқтисодий самарадорликни ҳисобга олган ҳолда ва нисбатан кўп ишлаб чиқариладиган маркадаги бетонлар таъминоти учун мустаҳкамлигига кўра меъёрлаштирилади (М 150 –М 300). Одатдаги бетон учун отқинди тоғ жинсларидан олинган чақилган тош маркаси – 800, метаморфик жинслар учун – 600, чўкинди жинслар учун - 300 дан кам

бўлмаслиги талаб этилади. Йўл қурилиши учун қўлланиладиган бетон учун отқинди ва чўқинди тоғ жинсларидан олинган чақилган тошнинг маркаси 800 дан кам бўлмаслиги керак.

Шағал ёки чақилган тошдан синаш учун намуналар тайёрлаш мураккаблигини инобатга олиб, тўлдирувчининг мустаҳкамлигини билвосита, 150 мм диаметрли пўлат цилиндр билан 200 кН босим остида майдаланишига кўра аниқланилади. Бу ҳолда намуна оғирлигининг йўқотилиши майда элакда элаш билан аниқланилади. Тўлдирувчининг майдаланувчанлигига материалнинг чўзилишга мустаҳкамлиги ва заиф доналарнинг мавжудлиги катта таъсир кўрсатади. Бетонга босим билан таъсир этилганда тўлдирувчи ҳам чўзилиш жараёнидан майдаланади. Шунинг учун майдаланиш маълум даражада йирик тўлдирувчининг бетон мустаҳкамлигига таъсири эҳтимолини олдиндан аниқлаш имконини беради. Чақилган тошнинг маркасини майдаланувчанлик кўрсаткичига боғлиқ ҳолда ва бошлангич тоғ жинсининг кўринишига қараб аниқланади. Масалан, 800 маркали эффузив отқинди ва чўқинди жинсларнинг майдаланувчанлик кўрсаткичи 13-15, 600 маркалида – майдаланувчанлик кўрсаткичи 15-20 ни ташкил этади. М 200 ва ундан паст маркали бетон учун майдаланувчанлик кўрсаткичи Мк-16дан катта бўлмаган маркали, М300 маркали бетон учун Мк-12, М400 маркали бетон учун эса Мк-8 дан катта бўлмаган маркали чақилган тошни қўллаш мумкин.

Агарда тўлдирувчининг мустаҳкамлиги бетон мустаҳкамлигига яқин ёки ундан паст бўлса, у бетонга сезиларли таъсир кўрсатади. 1.2 -расмда R_6 – бетон мустаҳкамлигининг R_k – қоришма ва тўлдирувчи мустаҳкамлиги орасидаги боғланиш кўрсатилган. Гранит чақилган тоши асосидаги бетоннинг мустаҳкамлиги $R_t > R_6$ шarti қониқтирилганда қоришманинг мустаҳкамлигидан сезиларли даражада юқори бўлади, R_t -тўлдирувчи мустаҳкамлиги. Нисбатан пастроқ мустаҳкамликдаги тўлдирувчи қўлланилиб, қоришма мустаҳкамлиги орттирилганда бетоннинг мустаҳкамлиги маълум бир қийматгача ортиб боради, кейин эса қоришманинг мустаҳкамлигини орттириш бетон мустаҳкамлигини ортишига олиб келмайди. Йирик тўлдирувчи мустаҳкамлигини камайиши ва унинг бетондаги миқдорини ортиши билан бетоннинг чегаравий мустаҳкамлиги камайиб боради.

$R_b, 10^{-1} \text{ МПа}$



1.2-расм. Тўлдирувчилар қўлланилган ҳолдаги бетон мустаҳкамлигини унинг қоришмасини ташкил этувчилари мустаҳкамлигига боғлиқлиги.

1- юқоримустаҳкамликда (гранит); 2- ўртача мустаҳкамликда; 3- паст мустаҳкамликда (керамзитли чақилган тош).

Енгил тўлдирувчининг мустаҳкамлигини аввал айtilган тажрибадаги каби 150 мм ли пўлат цилиндрда босим бериш йўли билан аниқланади. Бироқ, қаттиқ жинслардан олинган чақилган тошдан фарқли равишда енгил бетон учун баландлиги 100 мм бўлган бир қисм материални сиқиш жараёнида поршеннинг 20 мм га чўкиши орқали нисбий мустаҳкамлик аниқланади. Керамзитнинг нисбий мустаҳкамлиги 3 – 5, агропоритники эса 20 – 30 марта табиий материал мустаҳкамлигидан кам.

Тўлдирувчининг мустаҳкамлиги доналар йириклигига ҳам боғлиқ. Тоғ жинсларини нураши ёки майдалаш жараёнида бузилиш материал структурасининг заиф жойларида юзага келади ва ўлчамларнинг кичиклашиши билан доналардаги заиф жойлар камаяди, айти пайтда мустаҳкамлик орта боради. Табиий кумлар одатда сиқилиш ва чўзилишга қоришма ёки бетондаги цемент тошига нисбатан юқорирак мустаҳкамликка эга бўладилар. Шу сабабли оддий кумларга махсус талаблар қўйилмайди. Енгил кумнинг мустаҳкамлиги эса енгил йирик тўлдирувчи каби бетон маркасига ва тўлдирувчининг кўринишига мос ҳолда тайинланади.

Шағал ва чақилган тошнинг совуққа чидамлилиги унинг тузилишига боғлиқ. Совуққа чидамлилики даврий ўзгарувчан музлатиш ва сувда эритиш йўли билан ёки натрий сульфат эритмада синаш билан аниқланади (тезлаштирилган усул). Шағал ва чақилган тошнинг совуққа чидамлилиги уларнинг ташқи атмосфера шароитларидан химояланмаган конструкцияларда қўллаш учун меъёрлаштирилади. Бу ҳолларда йирик тўлдирувчининг совуққа чидамлилиги бетонни лойиҳада талаб этилган совуққа чидамлилик маркасини таъминлаши керак.

Чақилган тошнинг совуққа чидамлилиги $C_{ов}$ 15 дан $C_{ов}$ 300 гача ўзгаради ва жинснинг тузилишига боғлиқ бўлади. Тўлдирувчининг ғоваклилиги ва сувшимувчанлиги ортиши билан унинг совуққа чидамлилики хусусияти камаёди.

Бетоннинг мустаҳкамлиги ва тежамлилигига тўлдирувчининг тозаллиги катта таъсир кўрсатади. Чангсимон ва хусусан лойсимон аралашмалар доналар юзасида цемент тоши билан боғланишига монёлик қилувчи қобик ҳосил қилади. Натижада бетоннинг мустаҳкамлиги сезиларли даражада пасайиб кетади (баъзан 30-40 % га). Шу сабабли тўлдирувчилар хусусидаги меъёрий хужжатларда уларда ифлослантирувчи қўшимчаларнинг йўл қўйилиши мумкин бўлган чегаравий миқдорлари кўрсатилган. Отқинди тоғ жинсларидан олинган чақилган тошдаги аралашмалар сув билан тозалаш усулида аниқланади ва М300 маркали бетон учун бу миқдор 1%ни, янада пастроқ маркали (мустаҳкамлиги паст) бетонлар учун эса 2% миқдорида бўлишига рухсат этилади. Чўкинди жинслардан олинган чақилган тошларда аралашмаларнинг умумий миқдори 2 ва 3% ошмаслиги керак. Шағалда ифлослантирувчи аралашмаларнинг миқдори 1% дан кўп бўлмаслиги, табиий қумда эса 3 % дан ошмаслиги керак. Қумда шунингдек органик зарарли моддаларнинг миқдори ҳам чегараланади ва улар махсус синовлар ўтказиш билан назорат қилинади (колориметрик текширув).

Ифлос ва сифатсиз тўлдирувчининг бетонга таъсирини цемент сарфини ошириш билан назорат қилиш мумкин эмас.

Бетон учун тўлдирувчини танлашда одатда унинг бетон қоришмаси хусусиятларига ва бетонга умумий таъсирини инобатга олишга тўғри келади. Бетонда шағал ёки чақилган тошни максимал имконият даражасидаги йирикликда қўллаш мақсадга мувофиқ бўлиб, бу ҳолда тўлдирувчи энг кам солиштирма юзага эга бўлгани учун конструкцияни бетонлаш шартлари бажарилади. Талаб даражасидаги бетон қоришмасини қуйиш ва зичлаштириш мақсадида конструкциянинг минимал ўлчамларидан шағал ёки чақилган тош $\frac{1}{4}$ баробардан йирик бўлиши мумкин эмас ва бу ўз навбатида темир -бетон конструкциясида арматура стерженлари орасидаги минимал ўлчамлардан кичикроқ бўлиши талаб этилади. Плиталар, поллар ва ёпмаларни бетонлашда шағал ёки чақилган тошнинг максимал йириклиги плита қалинлигига нисбатан $\frac{1}{2}$ нисбатида бўлиши керак.

Йирик тўлдирувчининг бўшлигини камайтириш мақсадида, агарда чегаравий мумкин бўлган йириклик имконияти мавжуд ҳолларда бир неча фракциялардан иборат қоришмалардан фойдаланилади ва бўшлиқликнинг минимал даражада бўлиши учун улар орасидаги ўзаро маъқул нисбат танланади.

Юқори мустаҳкамликдаги бетонлар учун мустаҳкам чақилган тошдан фойдаланилади. Бундай чақилган тош цемент тоши билан ишончли боғланади. Шағал силлиқ юзага эга ва шунинг учун у янада ҳаракатчанроқ бетон қоришмасини беради. Бироқ, у цемент тоши билан суст боғланади. Шунинг учун шағални паст маркали бетонларда қўлланилади. Бундан

ташқари шағал лойсимон ва бошқа аралашмалар билан ифлосланган бўлади ва натижада уни ювиш талаб этилади.

Бетон учун йирик донали кумдан фойдаланиш яхши натижа беради. Бироқ, кум таркибида йирик зарраларнинг учраши бўшлиқликни ошишига сабаб бўлиши мумкин (40 % гача) ва бу бўшлиқларни цемент ҳамири билан тўлдиришга тўғри келади. Бунинг натижасида цемент сарфи ва бетоннинг таннархи кўпайиб кетади. Шунинг учун энг яхши натижаларни таркибида ўзаро оптимал нисбатдаги йирик, ўртача ва майда зарралари бўлган кум беради ва бундай нисбатдаги кум минимал бўшлиқни таъминлайди. Сифати юқори бўлган кумда бўшлиқлик 38% дан ошмаслиги керак. Оптимал донаторлик таркибда бу кўрсаткич 30 % гача камаяди.

Агар бетон ёки қоришмада кум доналари орасидаги бўшлиқларни фақат цемент ҳамири билан тўлдирилса, кам ҳаракатланувчан, қуйилиши оғир кечадиган биқир қоришма юзага келади.

Кум доналарини бир биридан ажратиш ва уларни цемент қобиғи билан ўраб олиш зарур ва бу қобиқ қоришма ёки бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини таъминлайди. Кум қанчалик йирик бўлса доналар солиштирма юзаси камайиб, қобиқ ҳосил қилиш учун кечадиган цемент сарфи иқтисод қилинади. Бироқ, юқорида таъкидланганидек фақат йирик доналардан иборат бўлган кум катта миқдордаги бўшлиқларга эга бўлиб уни қўллаш мақсадга мувофиқ эмас.

Бетон тайёрлаш учун таркибида майда ва ўртача йирикликдаги зарралари бўлган йирик кум танланиши тавсия этилади. Бундай аралаш ҳолдаги доналарда бўшлиқлар камайиб, доналар юзаси катта бўлмайди. Бундай ижобий кум таркиби УзРСТ тавсиясига мос тушади.

Нотекис юзага эга бўлган кумдан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлиб, бундай кум цемент тоши билан яхши боғланади ва бетоннинг мустаҳкамлигини ошишига олиб келади. Кумни ювиш жараёни мураккаб ва қиммат бўлганлиги сабабли олинаётган кум имкон даражасида тоза бўлиши тавсия этилади. Одатда дарё куми афзал деб билинади.

Кумнинг зичлиги унинг ҳақиқий зичлигига, бушлигига ва намлигига боғлиқ бўлиб, қуруқ ва сочиловчан ҳолатда аниқланади (стандарт ҳолат деб аталувчи). Сувга тўйинган ҳолда музлаш эҳтимоли бўлган конструкциялардаги бетонлар ёки М200 ва ундан ортиқ маркадаги бетонлар учун тайинланган кум 1550 кг/м^3 зичликка эга бўлиши керак. Бошқа ҳолларда - 1400 кг/м^3 дан кам бўлмаслиги талаб этилади. Силташ жараёнида кум зичлашиб унинг зичлиги $1600\text{-}1700 \text{ кг/м}^3$ га етиши мумкин. Энг катта ҳажми 5-7 % намланганлик ҳолатидаги кум эгаллайди; намликнинг ортиши ёки камайиши билан кумнинг ҳажми камаяди (1.3-расм). Бу хусусиятни кумни қабул қилиш ва дозалаш жараёнида (ҳажм бўйича), шунингдек бетон тайёрлашда инобатга олиш керак.

1.3-расм. Кум ҳажмининг ортишига нисбатан боғлиқлик ΔV : йирик (1) ва майда (2) унинг намлигига нисбатан W . (*по массе- массаси бўйича*)

Карьердаги қум турли намлилик даражасига эга бўлганлиги учун уни очик хавода сақлаш давомида намлиги тинимсиз ўзгариб туради. Шу сабабли бетон ишлаб чиқариш жараёнида даврий равишда қумнинг зичлиги ва намлигини аниқлаб туриш ва бетон таркибига тузатишлар киритиш зарурати туғилади.

Турли тўлдирувчиларни синаш натижаларига кўра қумнинг сувшимувчанлиги 4-14%, йирик тўлдирувчининг сувшимувчанлиги 1-10%, йирик донали қумлар 4-6%, уртача йирикликдаги қумлар 6-8%, майда (майин) заррали қумларда 8-10% ва ўта майда қумларда 10% дан ортиқ, вольск стандарт кумида 4%, шагалда 1-4%, пишиқ отқинди тоғ жинсларидан олинган чақилган тошда 2-6%, карбонат жинсларидан олинган чақилган тошларда (сувшимувчанлигини ҳисобга олган ҳолда) 5-10% га тенг.

1.2-жадвалда баъзи тўлдирувчиларнинг стандарт ва технологик характеристикалари келтирилган. Хар хил характеристикали тўлдирувчилар бир бирига якин стандарт характеристикаларга эга бўладилар. 1.2-жадвалдаги қийматлар технологик характеристикалар қўлланилишини фойдалигини эътироф этиб, бетоннинг хусусиятига тўлдирувчининг таъсирини кенгроқ ҳисобга олиш имконини беради.

Баъзи тўлдирувчиларнинг стандарт ва технологик характеристикалари

1.2-жадвал.

Тўлдирувчи	Хақиқий зичлиги, г/см ³	Зичлик, кг/л	Бўшлик, %	Йириклик модули, М _{йир}	Сувшимув чанлик, %
Отқинди тоғ жинсларидан олинган чақилган тош	2,69	1,45	45,7	-	3,43
Айниси	2,6	1,47	42,6	-	5,88
Охактошдан олинган чақилган тош	2,56	1,34	45,6	-	5,72
Қурилиш куми	2,63	1,51	42,5	2,79	7
Айниси	2,7	1,37	49	0,69	11,5
Вольск куми	2,65	1,56	41	2,05	4

Маъруза 6

Бетон учун ишлатиладиган сув ва қўшимчалар

Бетон қоришмаси тайёрлаш учун водопроводдаги ичимлик, ҳамда водород кўрсаткичи рН 4 дан кам бўлмаган (яъни нордон эмас, лакмус қоғозини қизил рангга бўямайдиган) сувдан фойдаланилади. Сув таркибида сульфатлар 2700 мг/л ва бошқа ҳамма тузлар 5000 мг/л дан ошмаслиги керак. Сувни бетон қоришмага яроқлиги тўғрисида шубҳа пайдо бўлса, солиштирувчи текширув намуналарини берилган сув ва оддий водопровод суви билан тайёрлаб текшириб кўриш зарур.

Бетон қоришмасини тайёрлаш учун денгиз ва бошқа шўр сувдан фойдаланиш мумкин, юқорида қўйилган талабларга жавоб берса бўлди. Фақат, уй-жой ва ижтимоий бинолар ички конструкциясини бетонлашда, иссиқ ва қуруқ климатдаги сув устидаги темир-бетон иншоотларида, , денгиз ва шур сувдан фойдаланиб бўлмайди, бу сувдаги тузлар бетоннинг устки қисмига чиқиб, пўлат арматурани коррозияга учратади. Бетонга сепиладиган сув ҳам бетон қорилган сувдан бўлиши керак.

Бетон хусусиятлари, қоришмаларини регулировка қилиш учун ва цементни иқтисод қилишда бетонга турли қўшимчалар аралаштирилади уларни икки гуруҳга бўлинади.

1-чи гуруҳга-кимёвий моддалар, бетон таркибига оз миқдорда (0,1-2% цемент массасидан) бетон қоришмаси ва бетоннинг хусусиятини керакли томонга ўзгартириш учун қўшилади.

2-чи гуруҳга-майда янчилган материаллар, бетон таркибига 5-20% миқдорда ва цементи иқтисод қилиш ёки цементни оз миқдорда сарф қилиб, анчагина зич бетон олиш учун қўшилади. Майда янчилган қўшимчаларга куллар, янчилган шлаклар, кумлар, тошни майдалашдаги чиқиндилар ва бошқа материаллар, бетонга маххус хусусиятлар берадиган (зичлигини оширадиган, иссиққа чидамли, ток ўтказувчанлигини ўзгартирадиган,

бўяладиган ва бошқалар) киради. Охирги вақтда кимёвий қўшимчалардан кўпроқ фойдаланилмоқда.

Бу қўшимчалар таъсирининг асосий эффекти бўйича таснифланади:

1. Бетон қоришмасининг хусусиятларини тартибга солувчи қўшимчалар: пластикловчи, яъни бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини ошириувчи; стабилловчи, яъни бетон қоришмасининг қатлашланишини олдини олувчи; сувни сақлаб қолувчи, сув ажратишини камайтирувчи;

2. Бетон қоришмасининг тишлашиши, ва бетоннинг қотишини тартибга солувчи қўшилмалар; тишлашишни тезлатувчи, тишлашишни секинлатувчи, қотишни тезлатувчи, салбий ҳароратда қотишни таъминловчи (совуққа қарши);

3. Бетон қоришмаси ва бетоннинг зичлиги ва ғоваклигини тартибга солувчи қўшимчалар: ҳаво тортувчи, газ ҳосил қилувчи, кўпик ҳосил қилувчи, зичлаштирувчи (ҳавони чиқарувчи ва бетон ғовақларини кольматацияловчи), бетон деформациясини тартибга солувчи, кенгайтирувчи қўшимчалар;

4. Бетонга махсус хусусиятлар берувчи қўшимчалар: гидрофобловчи, яъни бетоннинг намланишини камайтирувчи; коррозиядан сақловчи, яъни агрессив муҳитга чидамлилигини оширувчи, пўлат коррозиясининг ингибиторлари, пўлатга нисбатан бетонни сақлаш хусусиятини оширувчи; буёвчи; бактерицид ва инсектицид хусусиятини оширувчилар.

Баъзи қўшимчалар кўп функционалли таъсир қилиш, масалан, пластикловчи-ҳавосурадиган, газҳосил қиладиган-пластикловчи хусусиятига эга. Кўпинча зарур бўлган кўп функционал эффекти таъсирга эришиш учун бир неча компонентлар киритилган комплекс қўшимчалардан фойдаланилади, масалан, бетон қоришмасини бир вақтнинг ўзида пластикловчи ва бетоннинг қотишини тезлаштирадиган ёки бетон қотишни тезлатадиган ва ингибирлайдиган таъсирга эга бўлади. Қўшимчаларнинг кўп турлилиги ва уларни рационал комплекслаш технолог учун бетон қоришмаси ва бетоннинг технологик хусусиятларини оширишга, цемент сарфини, энергияни, бетон ва темир-бетон конструкцияларини ишлаб чиқаришда меҳнат сарфини камайтиришга имконият беради.

Пластиклаштирадиган қўшимча сифатида сирт-фаол моддалар (СФМ) кенг қўлланилади, кўпинча иккиламчи маҳсулотлар ва кимё саноати чиқиндиларидан олинади.

СФМ 2 гуруҳга бўлинади:

1-гуруҳ-гидрофил туридаги пластикловчи қўшимча, цемент ҳамирини коллоид тузилишини диспергирлайдиган ва бетон ҳамирнинг оқишини яхшилайдиган хусусиятга эга.

2-гуруҳ-гидрофоблайдиган (сув юқтирмайдиган) қўшимча, бетон қоришмасига ҳавонинг майда пуфакчаларини сўрадиган, шунингдек бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини яхшилайдиган хусусиятга эга.

Гидрофоб қўшимчаларнинг сирт-фаол малекулалари ҳаво сув юзасида шимилиб сувни юза тортилишини пасайтиради ва цемент ҳамиридаги майда

ҳаво пуфакчаларни стабиллаштиради. 1-гурӯҳ қўшимчаларига сульфит-дрожали бражкалар киради (СДБ). Бу қўшимча асосан лигносульфон кислотасини кальцийли тузидан иборатдир. Бу қўшимчани суюқ ҳолатда целлюлозани қайта ишлаганда ҳосил бўладиган сульфитли ишқордан олинади.

II-гурӯҳ қўшимчаларига: натрий абетати абиетин кислотасининг натрий тузи, кукун ёки канифолни уювчи натрий билан парчалаб, нейтраллаб олинadиган суюқлик; мылонафт мазъ кўринишидаги сарғиш-жигарранг рангдаги модда, натрий тузининг сувда эримайдиган органик кислотасидир, нефтни қайта ишлангандаги чиқиндидан олинади; асидол-нефт кислоталари, нефтни қайта ишланганда олинadиган чиқинди.

СФМ бетон қоришмасини ҳаракатчанлигини, унинг бир турлиги, қатламга бўлинмаслиги, насос билан чиқарилганда оқувчанлигини оширади, вақт давомида қоришмани яхши жойлашувчанлигини сақлайди. Пластикловчи қўшимчалар сув сарфини қисқартиши ҳисобига цемент сарфини 8-12% га камайтиради, ёки цемент сарфи ўзгармайдиганда сув цемент нисбатини пасайтиради ва бетон мустаҳкамлигини, сув ўтказмаслиги ва совуққа чидамлилигини бир қанча оширади.

Оддий бетонларда пластикловчи сифатида СДБ дан кенг қўламда фойдалилинади. Бу қўшимча бетоннинг бошланғич даврларида қотишини секинлатади, шунинг учун йиғма темир – бетон ишлаб чиқаришда СДБ ни цементни қотишини тезлатувчи қўшимчалар билан бирга кушиб қўлланилади. СДБ цементда иссиқ ажралиб чиқишини қотишнининг биринчи кунлари бир қанчага камайтиради, бу эса йирик темир -бетон иншоотларини қуришни осонлаштиради. СДБ асосан цемент ҳамирига таъсир қилади, шунинг учун уни цемент сарфи анчагина кўп бўлган бетонларда қўллаш самаралидир.

Ҳаво тортадиган қўшимчалардан асосан совуққа чидамлилиқ талаб қилинган бетонларда, ва қурилиш қоришмаларида фойдаланилади. Бетон қоришмага ҳаво тортиш, унинг мустаҳкамлигини пасайтиради. Таҷриба кўрсаткичларидан маълумки, 1% тортилган ҳаво бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини 3% камайтиради, шунинг учун, бетон қоришмасига пластиклаш учун кўп миқдорда ҳаво тортадиган қўшилмани қўшишнинг ҳожати йўқ. Тортилган ҳавонинг миқтори одатда 4-5% дан ошмайди. Бу ҳолатда бетоннинг мустаҳкамлиги деярли пасаймайди, чунки тортилган ҳавони бетон мустаҳкамлигига салбий таъсири қўшимчани пластикловчи самараси ҳисобига сув цемент нисбатининг камайиши натижасида цемент тошини мустаҳкамлигини ошиши туфайли нейтралланади. Ҳаво тортадиган қўшимча бетондаги ғовак ва капиллярларни гидрофоблайди, ҳаво пуфакчалари эса, сув музлаганда бетонда ички катта кучланишнинг келиб чиқишини олдини олувчи резерв сиғимдир. Натижада бетоннинг сув ўтказмаслик ва совуққа чидамлилики хусусияти бир қанча ошади. Ҳаво тортувчи қўшимчалар цемент сарфи кам бўлган бетонларда анча самаралидир. Пластикловчи гидрофоб қўшимчаларга кремнийорганик суюқликлар тегишлидир: натрий метилсиликонат (ГКЖ-11), натрий

этилсиликонат (ГЖК-10) ва этилгидросилоксанли суюқлик (ГКЖ-94). Уларни агрессив муҳитда бетон ва пишиқлигини бетони қоришмаларда узок муддатга чидамлилигини, ошириш учун, шунингдек серғовак бетонларнинг юзасини гидрофобловчи сифатида қўлланилади.

Кейинги вақтларда қурилишда янги кимёвий қўшимчалар-суперпластикловчилар ишлаб чиқилаяпти ва амалга оширилмоқда. Бу қўшимчалар бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини ва оқувчанлигини кескин оширади ва бетоннинг технологик хусусиятларини яхшилайти. Кўпинча, суперпластикловчилар-синтетик полимер моддалар, қайсики, бетон қоришмасига цемент массасидан 0,1–1,2% миқдорда қўшилади. Суперпластикловчилар таъсири, қоида бўйича бетон қоришмасига киритилгандан кейин 2-3 соат бўлади. Ишқор муҳитнинг таъсирида улар қисман таркибини бузади ва бошқа моддага, бетон учун зарарсиз моддага айланади ва унинг қотишига монелик қилмайди.

Суперпластикловчиларнинг киритилиши асосан темир- бетон ишлаб чиқаришда самаралидир, қайсики, бетон қотиши тезлигининг ошиши катта аҳамиятга эга ва оддий пластикловчи қўшимчалардан фойдаланиш бетон қотишини секинлатади ва натижада махсус чоралар кўриш зарурати юзага келади: бетон қоришмасига бир вақтнинг ўзида қотишни тезлатувчи моддани киритилиши ва иссиқлик билан ишлов беришнинг мўътадил тартибини қўллаш керак бўлади. Бундан ташқари, суперпластикловчилар оддий пластикловчиларга нисбатан бетон қоришмани юқори даражада суюлтиради, масалан қоришманинг ҳаракатчанлигини конус чўкмаси бўйича 2 см дан 20 см га оширади.

Булар ҳаммаси бирга олинганда, паст С/Ц ли бетонларни самарали қўллаш ва юқори мустаҳкамликка (60-80 МПа) эга бўлиш бошқа технологик қўлланмалардан фойдаланишдан анча содда; йиғма темир-бетон тайёрлашни қўйиш усулини кенг қўламда фойдаланиш ёки бетон қоришмасини қисқа титратиш ердамида камайган С/Ц билан қолиплаш, мураккаб профили конструкцияларни муваффақиятли бетонлаш, маҳсулотни қолиплаш муддатини қисқартириш, юза қисмининг сифатини яхшилаш, цемент сарфини камайтириш имконини беради.

Суперпластикловчи суюлтирувчилар орасида нафталинсульфокислоталар, С-3 асосидаги қўшимча, кенг тарқалган. Қурилишда ҳам шундай 10-03 ва КМ-30 меламин смола асосидаги қўшимчалар амалга оширилмоқда.

Кучли суюлтирувчи қаторига бошқа полимер қўшимчалар ҳам киради, масалан, СПД, ОП-7, 40-03 ва бошқалар. Уларни ўзгарувчан қўшимчалар турига киритиш керак, чунки улар бетон қотишини бир мунча секинлатади. Бу эса қўшимчалар миқдорини чегаралашга мажбур қилади ва шу билан бирга унинг пластикловчи самарасини камайтиради.

Қотишни тезлатувчи сифатида кальций хлорид, натрий сульфат, кальций нитрит-нитрат-хлорид ва бошқалар қўлланилади. Бунда бу қўшилмаларнинг иккинчи таъсири ҳам борлигини ҳисобга олиш керак. Масалан, кальций хлорид арматура коррозиясини келтириб чиқаради,

шунинг учун темир-бетонда максимал миқдорда қўллаш нормаси чегараланган(2% дан кам) ва оғир шароитларда ишлатиладиган юпқа ва олдиндан зўриктирилган арматура конструкцияларида қўллашга йўл қўйилмайди. Натрий сульфат конструкция юзасида шуралаш ҳосил қилади, бу эса махсус сақловчи чорани кўриш заруратини юзага келтиради. Кальций хлоридда нитрит-нитрат хлориднинг тезлатувчи таъсири ниғибирловчи таъсири билан мос келади.

Совуққа қарши таъсир этувчи қўшимчалар -поташ сифатида, натрий хлорид, кальций хлорид ва бошқалар қўлланади. Бу қўшимчалар сувнинг музлаш нуқтасини камайтиради ва бетонни салбий ҳароратда қотишига ёрдам беради: қотиш ҳарорати қанча паст бўлса, қўшимча миқдори шунча юқори(10% цемент вазнидан ва кўпроқ).

Газ ҳосил қилувчи қўшимча сифатида алюмин кукуни(ПАК ва ГКЖ-94) кенг қўламда фойдаланилади. Ақсинча, бетон таркибини зичлаш учун кальций нитрати, темир хлориди ва сульфати, алюмин сульфати диэтиленгликолли ДЭГ-1 ёки учэтиленгликолли ТЭГ-1 смолалар қўшилади.

Тишлашни секинлатиш учун шакар оқими ва СДБ, ГКЖ-10 ва ГКЖ-94 бетон махсус хусусиятларга эга булиши учун, масалан кенгаювчи бетонлар олиш учун қўшимчалар ошрилган миқдорда қўшилади. СДБ, алюмин кукуни, алюминий сульфати ва кальций хлориди ҳам таркибга киритилади.

Кўпчилик қўшимчалар сувда эрийди ва уларни бетон коргичга олдиндан тайёрланган қоришма сифатида қўшилади. Баъзи бир қўшимчалар эмульсия ҳолатида (ГКЖ-94) ёки сувда суспензия ҳолида(ПАК) қўшилади. Қўшимчанинг оптимал миқдори цемент турига, бетон қоришмасини, таркибига, конструкциянинг технологик тайёрланишига боғлиқ. Одатда, цемент вазнига қараб: 0,1-0,3% пластикловчи, 0,5-1% суперпластикловчилар; 0,01-0,05% ҳаво тортадиган; 1-2% қотишни тезлатадиган қўшимчалардан фойдаланилади. Тажрибада оптимал миқдор тажриба билан аниқланади.

Маъруза 7

Бетон қоришмасининг хоссалари

Мураккаб кўпкомпонентли полидисперсион тизимни ўзида ифодаловчи бетон қоришмасини сув, цемент ва тўлдирувчиларни бевосита қориштириш орқали олинади. Унга цементнинг майдадисперсион зарралари, нисбатан йирикроқ бўлган майда ва йирик донадор тўлдирувчи, аксарият ҳолларда киритиладиган махсус қўшимчалар, сув ва қоришмани тайёрлаш жараёнида қўшилиб кетадиган ҳаво киради. Бетон қоришмасининг хусусияти бетон ва темир-бетон конструкциялар технологиясида катта аҳамият касб этади. Жумладан у қолиплаш шароитларини ва маълум даражада мазкур конструкцияларнинг якуний сифатини аниқлайди.

Қаттиқ зарралар билан сувнинг ўзаро ички кучлари таъсирида (молекулаларнинг тортишиши, қовушқоқ ишқаланиш, капилляр ва бошқа кучлар) бетон қоришмаси қовушқоқ тузилишли суюқликлар учун ҳарактерли бўлган аниқ хусусиятларга ва боғланувчанликка эга бўлади. Бетон қоришмалари хусусиятига кўра қовушқоқ суюқликлар ва қаттиқ жисмлар орасидаги ўринни эгаллайди. Ҳақиқий қовушқоқ суюқликлардан бетон қоришмалари тузилишнинг нисбатан мустаҳкамлиги ёки тузилиш қовушқоқлиги билан ажралиб туради; қаттиқ жисмлардан эса шаклни сақлаш – қовушқоқлик хусусиятининг йўқлиги ва ҳатто эътиборсиз миқдордаги куч қўйилганда ҳам қайтмас пластик деформацияга учраш хусусияти билан ажралиб туради.

Бетон қоришмаларининг хусусиятлари уларнинг тузилиши, таркибидаги ташкил этувчиларининг хусусиятларига боғлиқ ва қуйидагича аҳамият касб этувчи хоссаларга эга: механик таъсирлар остида сохта суюлиш ёки ҳаракатчанлигининг ошиши; цемент билан сувнинг ўзаро физикавий-кимёвий жараёнлари таъсирида системанинг қовушиши ва қаттиқ жисмга

айлангунга кадар доимий ўз хусусиятларини ўзгартириб бориши (ҳаракатчанликнинг йўқолиши).

Бетон қоришмасини икки таркибий қисмдан ташкил топган система деб караш қулайроқ – цемент ҳамири ва тўлдирувчи. Асосий структура ҳосил этувчи таркиб сифатида цемент ҳамири тан олинади ва унинг таркибига цемент, сув, аксарият ҳолларда майдаланган минерал қўшимчалар ёки кул киради. Цемент зарралари ва майда туйилган қўшимчалар ўлчамлари кичик ҳамда катта нисбий юзаси билан фарқланадилар, натижада цемент ҳамири юқори тараққий этган юзали бўлимга “қаттиқ жисм – суюқлик” ҳолатига эга бўлади. Бундай системада адсорбцион кучлар, молекуляр ва капилляр ўзаро таъсирлашув кучлироқ намоён бўлади ва улар системанинг боғланиш даражасини оширади.

Цемент ҳамирининг хусусияти қаттиқ ва суюқ ҳолатлар нисбатига боғлиқ: таркибдаги сув миқдорининг ошиши билан цемент ҳамири ҳаракатчанлиги ошади, пластик мустаҳкамлиги камаяди. Бетон қоришмасида сув турли ҳолатларда бўлиши мумкин (1.3-жадвал)

Сувнинг бетон қоришмасида таснифланиши

1.3-жадвал

Боғланиш характери	Боғланиш юзага келишининг шароит ва сабаблари	Сувнинг тақрибий нисбий миқдори, сувнинг умумий миқдори % ҳисобида	
		Янги тайёрланган қоришмада	Цементнинг қотиш даврида
Кимёвий (аниқ миқдорий нисбатларда)	Қоришмадан гидратация ва кристаллашув	1-2	4-5
Физикавий-кимёвий, адсорбцион	Қаттиқ фазанинг молекуляр куч майдонида адсорбция	3-5	20-25
Механик, тузилиш	Сувнинг ингичка капиллярлар, ёриқлар ва ғовакларни тўлдириши	93-95	70-75

Сувнинг камроқ қисми цемент билан кимёвий таъсирлашувга киради ва кимёвий боғланган ҳолатда қолади. Бу сувнинг нисбий миқдори борган сари ўсиб боради, бироқ қотиш вақтида 5 %дан ошмайди. Сувнинг бошқа қисми адсорбцион кучлар таъсирида қаттиқ фазанинг юзасида физикавий-кимёвий боғланишда бўлади.

Маъруза 8

Бетон қоришмаси хоссаларига таъсир этувчи омиллар

Физикавий-кимёвий боғланган сувнинг миқдори ҳам одатда қаттиқ жисмнинг нисбий юзасини ортиши билан кузатиладиган цементнинг гиратацияси жараёнида ўзгаради. Янги тайёрланган цемент ҳамирида бундай сувнинг миқдори 3-5% ни, қотиш вақтигача эса ўсиб бориб умумий сув миқдориининг 25% гача етади. Цемент ҳамиридаги асосий сув миқдори доналар орасидаги муҳитда жойлашади, бу ғоваклар ва ораликларнинг ўлчамлари 1 дан 50мкм гача ва ундан ортиқ ўзариши мумкин. Цементнинг гиратацияси жараёнида капилляр кучлар таъсири ва гел пайдо бўлиши натижасида доналараро муҳитда сув цемент тоши билан физикавий-кимёвий боғланади. Одатда буни эркин боғланиш деб атайдилар, бинобарин улар кимёвий боғланмаган ва қаттиқ фазанинг ҳеч қандай молекуляр кучлари таъсирида эмас. Эркин сувнинг нисбий миқдори цемент ҳамири тайёрланган захоти сувнинг умумий ҳажмига нисбатан 90%ни ташкил этади ва қотиш жараёнига қадар 65-70% га тушиб кетади. Айнан эркин сувгина цемент ҳамирининг ҳаракатчанлигига энг кўп таъсир кўрсатади.

Цемент ҳамири билан тўлдирувчининг ўзаро нисбатига кўра бетон қоришмасини асосий уч турга ажратиш мумкин (1.4-расм). Бу турларнинг ҳар бири бетон ва темир-бетон конструкцияларини қолипашда хусусиятлари ва ўзини тутиши билан ажралиб туради. Биринчи тур тузилишидаги тўлдирувчининг доналари бир-биридан аҳамиятли масофага ажралган ва умуман бир-бири билан таъсирлашмайди. Доналар фақат цемент ҳамирининг тегиб турган худудига таъсир кўрсатади. Улар таъсирининг йиғиндиси тўлдирувчи доналарининг миқдorigа ва уларнинг солиштирма юзаларига тўғри пропорционал.

1.4-расм. Бетон қоришмаларининг таркибий типлари ва уларнинг текис ҳаракатчан қоришмадаги сувшимувчанликка(в)таъсири.

I-сузувчан тўлдирувчи билан; II- зич жойлашган тўлдирувчи билан; III-йирик ғовакли, цемент ҳамирининг етишмовчилиги билан.(В/л-сув/литр)

Иккинчи турдаги тузилишда цемент ҳамири камроқ бўлиб, у фақат тўлдирувчининг доналари орасидаги ғовакликни тўлдиради ва доналар устига суртилгандек бўлиб, қалинлиги цемент зарралари 1-3 диаметрига тўғри келади. Бу шароитда алоҳида тўлдирувчи доналарининг таъсир доираларида бир-бирларини тўсадилар – тўлдирувчи доналари орасида ишқаланиш юзага келади. Қоришмага юқорида айтилганидек (биринчи турдаги каби) ҳаракатчанликни бериш учун янада жадалроқ таъсир ёки С/Цнинг ўзгартирилиши ҳисобига биринчи тур тузилишдаги хусусиятларга келтирилади.

Бетон қоришмасининг учинчи тур тузилишида цемент ҳамири кам, у фақат тўлдирувчи доналарини юзасини жуда юпқа қалинликда қоплайди, доналар орасидаги ғовакликларни қисман тўлдиради.

Бир турдан тузилишдан иккинчисига ўтиш тўлдирувчи миқдорини ошиши билан бирин-кетин амалга ошади. Биринчи ўтиш аввал кичик ҳажмларда ва кетма-кет бутун бетон ҳамирини қамраб олади. Иккинчи тузилишдан учинчи тузилишга ўтишда (цемент ҳамирининг тўлдирувчилар орасидаги ғовакликларни тўлдиришга етишмаётган жараёнда) бетон қоришмасини қориштириш ёки ёйишда катта миқдорда ҳаво қўшилиб кетади ва улар тўлдирувчидаги доналараро бўш ғовакликларни тўлдириб, цемент ҳамири ҳажмини оширгандек бўлади. Бундай тузилишни иккинчи турга мансуб дейиш мумкин. Цемент ҳамирини миқдорини тобора камайиши билан кираётган ҳаво ва ҳаво пуфакчалари ўлчамларининг ортиши натижасида нотекисликлар ва ёриқлар пайдо бўлади. Бундай тузилиш учинчи турга мансуб.

Бетон қоришмаси тузилиши ҳарактерини кетма-кет ўзгариши натижасида турли тузилишлар орасидаги чегаралар нисбийдир. Бу чегаралар цемент ва тўлдирувчи, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги, қолиплаш усуллари ва бошқа факторларни ўзгариши билан аҳамиятли даражада сурилиши мумкин.

Одатдаги бетон қоришмалари иккинчи тур тузилишига киради. Бундай тузилишлар ўзининг катта самарадорлиги балан ажралиб туради ва минимал цемент сарфи билан берилган ҳаракатчанликдаги қатламлашмайдиган бетон қоришмасини олиш имконини беради. Тузилиши биринчи турга мансуб бўлган қоришмаларга армоцемент конструкциялар тайёрлаш учун қўлланиладиган боғловчи сарфи орттирилган цемент-қумли қоришмалар киради. Тузилиши учинчи турга мансуб қоришмаларга қумсиз бетон қоришмалари ва бошқа саёз қурилиш қоришмалари киради.

Маъруза 9

Бетон қоришмасининг реологик хоссалари

Бетон хусусиятлари қолиплаш уни тайёрлаш, жойлаш ва қотишидан бошланади. Бу жараёнлар бетоннинг, конструкциянинг ва буюмларнинг сифатини аниқлайди. Шу сабабли бетон қоришмасини хусусиятларини, унинг турли факторларга боғлиқлигини, берилган хусусиятдаги бетон қоришмасини олишни билиш, бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнларини, ёйишни ва қотиш даврларини уқувли бошқариш катта аҳамият касб этади.

Бетон қоришмасига хусусиятли бўлган жиҳатлардан бири унинг қулай тўшалувчанлиги, ёки шаклланувчанлиги, жумладан, берилган шаклни бир текисда ёйилиб қолаши ва айнаи вақтда бир турлигини ва монолитлигини сақлашидир. Қулай тўшалувчанлик бетон қоришмасининг шаклни (қолиппи) тўлдириш жараёнида ҳаракатчанлиги(оқувчанлиги), пластиклиги, яъни ёрилмасдан деформацияланиши билан аниқланади.

Бетон қоришмасининг турли шароитларда ўзини тутишини таърифлаш учун унинг реологик ҳарактеристикаларидан фойдаланадилар: сурилишдаги чегаравий зўриқиш, релаксация даври ва қовушқоқлик. Бундай хусусиятларни аниқлаш учун вискозиметрлардан фойдаланилади (1.5-расм). Бундай тажрибалар асосан илмий-тадқиқот лабораторияларда амалга оширилади. Ишлаб чиқариш шароитларида эса одатда бетон қоришмасини ҳаракатчанлигини (оқувчанлиги) турли мосламалар ёрдамида назорат қиладилар. Бу жиҳозлар тез ва нисбатан оддий ҳолда бетон қоришмасининг зарурий ҳарактеристикаларини олиш имконини беради.

1.5-расм. Цемент ҳамири ва бетон қоришмасининг реологик хусусиятларини аниқлайдиган асбобларнинг схемалари.

а-тешикдан қоришманинг оқиш тезлигини ўлчайдиган; б-конуснинг чўкиш чуқурлигини ўлчайдиган; в-шарчанинг чўкиш тезлигини ўлчайдиган; г-тортилишдаги зуриқишни ўлчайдиган; д-коаксиал цилиндрларнинг айланишдаги зўриқишини ўлчайдиган.

1.6-расм. Сурилишдаги кўчланишга боғлиқ ҳолда қовушқоқ пластик бетон қоришмалари хусусиятларининг ўзгариши.

а-таркибий қовушқоқликнинг ўзгариши; б-оқувчанликдаги деформацияланиш тезлигини ўзгариши (α_0 ва α_t -системанинг қовушқоқлигини ҳарактерловчи бурчаклар).

Бетон қоришмасини тўлиқ баҳолаш ва бетон ва темир-бетон буюмларини ва конструкцияларини ишлаб чиқаришни тўғри ташкил этиш учун қоришманинг бошқа хусусиятларини ҳам билиш зарур, уларга қуйидагилар киради: унинг зичлашуви, бир турлилиги, қатламлашувчанлиги, ҳажмининг қотиш жараёнида ўзгариши, ҳаво ютувчанлиги, бирламчи

мустаҳкамлиги (зудлик билан қолипдан чиқариладиган бикир бетон қоришмалари учун).

Бетон қоришмасининг ўзига хослиги асосан унинг хусусиятлари (аксарият кўп ёки оз жиҳатдан) тайёрлаш бошланишидан қотгунича доимий ўзгариб туриши бўлиб, бетон қоришмасида ва бетонда кетадиган мураккаб физикавий-кимёвий жараёнларга боғлиқ.

Бу хусусиятларга асосан цемент ҳамирининг миқдори ва сифати ўз таъсирини кўрсатади, чунки айнан цемент ҳамиригина дисперс система бўлиб, суяқ ва қаттиқ фазалар орасида катта оралиққа эгаллиги ва бунда молекуляр тишлашиш кучларининг кучайишига ҳамда системанинг боғланганлигини ошишига олиб келади. Бетон қоришмасининг хусусиятига сув сарфи ҳал қилувчи таъсирга эга, чунки фақат сув бутун система учун характерли бўлган боғлиқлик ва ҳаракатчанликни берувчи, ҳажм ва суяқ фазанинг тузилишида ҳамда боғланиш кучларини ортишида асосий аҳамият касб этади.

Цементнинг гидратацияланиши жараёнида (қотишдан аввал) янада кўпроқ янги ташкил топган гелсимон гидрат боғланмалар юзага келади ва улар қаттиқ фазанинг дисперслигини ошишига олиб келади. Айни пайтда бу жараён бетон қоришмасида цемент ҳамирининг елимловчи ва пластификацияловчи хусусиятларини ҳам ошириб, унинг боғловчилик аҳамиятини кўтаради. Шу билан бирга бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги камая боради.

1.7-расм. Бетон қоришмаси ҳаракатчанлигини конус ёрдамида аниқлаш.

а - конуснинг умумий кўриниши; қоришмалар: б - бикир; в - кам ҳаракатчан; г - ҳаракатчан; д - ўта ҳаракатчан, ва оқувчан.

Цемент ҳамирини структурали деб номланувчи системаларга киритадилар. Улар структуранинг бошланғич мустаҳкамлигини қисман характерлайди. Цемент ҳамирида юпқа сув қобиғи билан ўралган зарралар орасидаги молекуляр боғланиш кучлари ҳисобига аниқ структура (таркиб, структура) юзага келади. Суяқ фазанинг қобиклари цемент ҳамири таркибида узлуксиз тўрсимон муҳитни келтириб чиқаради ва бу унга пластиклик хоссаларини беради ҳамда ташқи куч таъсирлари қўйилган ҳолларда системанинг шакл ўзгартиришларига замин яратади.

Одатда бетон қоришмалари биржинсли муҳит яратиш учун етарли миқдордаги цемент ҳамири ва сувга эга бўлади (аввал келтирилган биринчи ва иккинчи тур бетон қоришмаларининг классификациясига қаралсин). Бундай қоришмалар бирламчи структурасини мустаҳкамлиги аниқ пластиклик ва ҳаракатчанликка эга бўлган цемент ҳамири каби ўзини тутадилар.

Структуралашган системаларга ташқи кучлар қўйилганда суяк жисмларга қараганда ўзини тутиши билан тубдан фарқланади. Агар суяқликнинг қовушқоқлиги доимий ва қўйилаётган босимга боғлиқ бўлмаса, структуралашган системаларнинг қовушқоқлиги системага таъсир этувчи ташқи кучларга боғлиқ ҳолда доимий ҳароратда ҳам бир неча марта ўзгаради. Қовушқоқлик системанинг сурилишдаги кўчланишига ёки сурувчи деформацияларнинг тезлигига боғлиқ.

Ташқи кучлар таъсири остида бирламчи таркибнинг парчаланишига ўхшаш ҳолат юзага келади, унинг алоҳида элементлари орасидаги боғланишлар сусаяди ва натижада системанинг деформацияланиш хусусияти ва ҳаракатчанлиги ортади. Сурилиш ўзининг критик тезлигига эришганда системанинг бирламчи тузилиши охириги чегарагача бузулган парчаланиш чегарасида, сурилишга қаршилик ва қовушқоқлик минимал даражада бўлиб, ҳатто кам ҳаракат қоришмалар маълум даражада оқувчанликка эга бўлади. Ташқи кучлар олингандан сўнг система аввалги ҳолатига қайтади, структуранинг мустаҳкамлиги бирламчи ҳолати тикланади, ҳаракатчанлик камаяди.

Структуралашган системаларнинг ўз реологик хусусиятларини механик таъсирлар жараёнида ўзгартиришлари ва таъсир тўхтагандан сўнг тикланишини *тиксопротия* хусусияти дейилади. Бетон технологиясида бу хусусият кам ҳаракатчан ва бикир қоришмалардан буюмларни қолиплашда кенг қўлланилиб, титратиш, силкитиш ва силташ каби таъсирлардан фойдаланилади.

Бетон қоришмасига ташқи таъсирлар қўйилганда ўзини тутиши ҳақидаги тўлиқ таъсуротни реологик эгри чизиқ кўрсатади ва у уч қисмга бўлинади (1.7-расм). Биринчи қисмда катта бўлмаган сурилишга қўйилган кучланишда бетон қоришмаси структураси τ бирламчи бузилмаган ҳолатда сақланади ва у қовушқоқликнинг η_0 катталиги билан ҳарактерланади. Критик чегаравий кучланишга эришилганда τ_1 системанинг оқувчанлик чегарасига мос келганда, структуранинг бузилиши бошланади ва бу ҳолат τ_0 чегаравий кучланишда тўлиқ бузилишга қадар давом этади. Иккинчи қисмда системанинг бузилиши билан бир вақтда бетон қоришмасининг самарали қовушқоқлиги сурилишга бўлган кучланиш ошиши билан камая боради. Система батамом бузулгандан сўнг бетон қоришмаси энг кам даражадаги қовушқоқликка эга бўлади (пластик қовушқоқлик η_m – эгри чизикни учинчи қисми). Бу босқичда бетон қоришмаси таъсир этаётган кучланишларга боғлиқ бўлмай, улар ошса ҳам ўзгармайди.

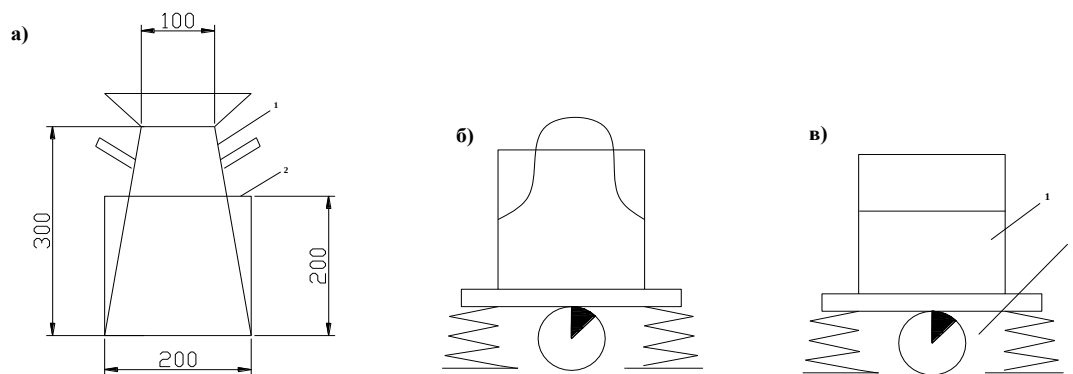
Бетоннинг ишлаб чиқаришдаги, конструкциядаги ёки буюмдаги юқори сифатини таъминлашда бетон қоришмасининг қуюқлик даражаси ва тўшалишдаги қўйиладиган талабларга тўлиқ жавоб бериши катта аҳамият касб этади. Бетоннинг қуюқлик даражаси унинг таркибига кўра бикирдан бир оз намланган қуюқ (ҳамирсимон) ҳолатидан, суяк – осон оқувчан ҳолатгача бўлиши мумкин. Бетон қоришмасининг қуюқлик даражасига қараб унинг технологик хусусиятларини аниқлашнинг у ёки бу усулидан фойдаланадилар.

Ҳаракатчанликни, жумладан қоришманинг ўз оғирлиги таъсирида ёйилиши ва бетон қоришмасини боғланганлигини аниқлаш учун стандарт конусдан фойдаланилади. Конус икки тарафи очик, 1 мм, қалинликдаги пўлат тунукадан тайёрланади. Конуснинг баландлиги 300 мм, пастки асосининг диаметри 200 мм, юқори оғизининг диаметри 100 мм. Тажриба ўтказишдан аввал конуснинг ички юзаси ва конус қўйилаётган идиш сув билан намланади. Конусни идишга ўрнатилгандан сўнг бетон қоришмасини учга бўлиб, ҳар босқичда зичлаштириб тўлдирилади ва ортиқча қоришма олиб ташланади. Конус тўлдирилган заҳоти аниқ тик йўналишда юқорига конус бандидан тутиб аста кўтарилади. Ҳаракатчан бетон қоришмаси конусдан озод бўлгандан сўнг чўкади ёки баъзан ёйилиб ҳам кетади. Қоришмани ўз оғирлигида ёйилиш баландлиги конус чўкиши дейилади. Қоришманинг ҳаракатчанлик даражасини конус чўкиши белгилаб беради ва бу чўкиш конус олинган заҳоти ўлчанади (1.7-расм). Ҳар бир қоришма тайёр бўлгандан сўнг намуна икки маротаба олинади ва конус чўкиши ўлчаниб ўртача натижа қабул қилинади.

Конус чўкишига қараб кам ҳаракатчан (пластик 1-4 см.), ҳаракатчан (5-11 см), ўта ҳаракатчан (12-19 см) ва оқувчан (>20 см) бетон қоришмаларига бўлинади. Сув сарфи кам бўлган ҳолларда бетон қоришмалари конусда чўкиш бермайдилар, бироқ, ташқи куч таъсири қўйилганда бундай қоришмалар турли (сув сарфи ва бетон таркибига кўра) қолиплаш хусусиятларини намоён этадилар. Бундай қоришмаларни **бикир қоришмалар** деб атайдилар. Бундай қоришмаларнинг хусусиятларини аниқлаш учун махсус асбобдан фойдаланиб, улар ёрдамида қоришманинг оқувчанлигини титратиш орқали аниқлайдилар.

Бундай асбоб баландлиги 200 мм, ички диаметри 240 мм бўлган цилиндрик идишдан иборат. Бу идишга бетон чўкишини ўлчовчи кўрсаткичли штатив сифатидаги мослама, штанга ва қалинлиги 4 мм бўлган 6 та тешикли метал диск маҳкамланган (1.8-расм).

1.8-расм. Бетон қоришмасининг бикирлигини аниқлайдиган стандарт асбоб. 1- қолип; 2- конус маҳкамланадиган тутқичлар; 3- конус; 4- воронка; 5- штанга; 6- йўналтирувчи втулка; 7-диск маҳкамланадиган втулка; 8- олти та тешикли диск; 9- штатив (тутқич); 10- штативнинг маҳкамловчи мосламаси.



1.9-расм. Бетон қоришмасини қулай қуйилувчанлигини аниқлашнинг соддалаштирилган усули.

а-асбобнинг умумий кўриниши; б-тебранишга қадар бетон қоришмаси; в-аксинча, тебранишдан сўнг; 1-конус; 2-куб қолип; 3-бетон қоришмаси; 4-титратгич.

Асбобни титратувчи мослама устига зич ўрнатадилар. Сўнг идишга конус шаклидаги металл қолип туширилади. Конус ўлчамлари юқорида кўрсатилган. Конус-шаклни махсус айлана-тутқич ёрдамида асбобга маҳкамланади ва қоришмани учга бўлиб ҳар бирини алоҳида металл таёқча билан зичлаштириб тўлдириб чиқилади. Сўнг конусни маҳкамлаб, штативни буриб, бетон қоришмаси устига келтирилади ва титратувчи мослама ишга туширилади. Амплитудаси 0,5 мм бўлган титратиш жараёни цемент ҳамири дискнинг икки тешигидан чиққунгача давом эттирилади. Титратиш давом этган вақт — бетон қоришмасининг биқирлик кўрсаткичидир. Лабораторияларда баъзан Б. Г. Скрамтаев томонидан тавсия этилган бетон биқирлигини аниқлашнинг соддалаштирилган усулидан фойдаланадилар. Бу усул билан тадқиқотларни қуйидаги тартибда ўтказадилар. Кублар тайёрланадиган ўлчамлари 20x20x20 см бўлган оддий қолипга стандарт конус ўрнатилади. Олдиндан ундан таянчларни олиб ташлаб куб ичига жойлашиши учун унинг пастки асосининг диаметри камайтирилади (1.9-расм). Конусни одатдагидек уч босқичда тўлдирилади. Металл конус олингандан сўнг лаборатория майдончасида бетон қоришмасини титратилади. Титратиш жараёни бетон қоришмаси кубнинг барча бурчакларини қоплаб, юзаси текислангунча давом эттирилади.

Титратишнинг давомийлигини (с) бетон қоришмасининг биқирлик даражаси сифатида қабул қилинади. Стандарт титратиш майдончаси қуйидаги қийматларга мос тушиши керак: кинематик моменти 0,1 Н·м; амплитудаси 0,5 мм; тебранишлар даври 3000⁻¹. Тажрибаларнинг кўрсатишича стандарт асбобда аниқланган биқирлик даражаси Б. Г. Скрамтаев усули билан олинган қийматлардан тахминан 1,5-2 марта камлиги аниқланди.

Маъруза 10

Бетон қоришмасининг қотиш жараёни

Бетон қоришмаларининг технологик хусусиятлари таркиби ва қўлланилаётган материалларнинг унинг хусусиятларига кўра аниқланади.

Бетон қоришмасига цемент ҳамири боғланувчанликни, қолипни бир текисда оқиб тўлдириш хусусиятини беради. Цемент ҳамирининг миқдорини ортиши, унинг консистенциясини суяқ бўлиши билан бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ошиб боради. Цемент ҳамирига тўлдирувчини киритилиши, хусусан унинг миқдори ва нисбий юзалари ортиб бориши сабабли қоришманинг ҳаракатчанлиги камаяди.

Бетондаги цемент сарфини 200 дан 400 м³ гача ўзгариши ва доимий сув сарфида бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини ўзгариши кузатилмайди. Сув сарфи ўзгаргандагина қоришманинг ҳаракатчанлиги ҳам ўзгаради. Сувга бўлган талабчанликнинг доимийлиги номини олган бу қонуният бетон қоришмаси ҳаракатчанлигини ўрганишда сув сарфига нисбатан боғлиқликнинг қуйидаги соддалаштирилган ҳисоблаш усулини беради. Бетон қоришмасида цемент таркибининг ортиши тўлдиувчи доналарининг цемент ҳамири билан қопланиши қалинлигини оширади. Бироқ, бу ҳолда С/Ц нисбати камаяди(доимий сув сарфида), жумладан цемент ҳамири камҳаракатчан бўлиб боради. Бу омилларнинг бир вақтда таъсир этиши натижасида, бетон қоришмасида улардан бири консиситенцияни (қуюқ-суюқлик даражасини) орттириб, иккинчиси консистенцияни каматиради. Бу омиллар шундай тартибда умумлаштирилиши лозимки, белгиланган чегараларда цемент сарфининг ўзгариши бетон ҳаракатчанлигига таъсир этмасин.

Бетон қоришмасидаги цемент ҳамири миқдорини доимий С/Ц нисбатида ошириш ёки тўлдирувчилар миқдорини камайитишда бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ортади, мустаҳкамлиги эса умуман олганда ўзгармайди. Агарда цемент ҳамирини тўлдирувчилар орасидаги бўшлиқларни тўлдирадиган миқдорда олинса бетон қоришмаси ноқулай тўшаладиган бўлиб қолади. Қоришма ҳаракатчан бўлиши учун нафақат бўшлиқларни тўлдириш, балки тўлдирувчи доналарини цемент ҳамири қатламлари билан бир биридан ажратиш керак. Тўлдирувчининг хусусиятлари ва кум-шағал нисбатларига кўра, шунингдек, бетон қоришмасининг қатламларга ажрамайдиган ва сифатли зичлаштириладиган ҳолда бўлишини таъминлаш учун цемент ҳамирининг таркибдаги минимал (энг кам) миқдори бикир қоришмада 170-200 л., ҳаракатчан ва қуйма қоришмаларда 220-270 л ни ташкил этади.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигига цементнинг хусусиятлари ҳам таъсир кўрсатади. Цемент ҳамирининг маромидаги қуюқлиги нисбатан юқори даражали ҳолда қўлланилиши бетон қоришмаси ҳаракатчанлигини (доимий сув сарфида) камайтиради.

Бетон қоришмасидаги сув миқдорини ошириши билан ҳаракатчанлик ортади (бирок, цемент сарфи доимийлигича қолса бетон мустаҳкамлиги пасайиб кетади). Аммо, ҳар бир бетон қоришмаси тажриба асосида аниқланадиган ўзига хос сув тутувчанлик хоссасига эга: сув миқдори катта бўлганда унинг бир қисми бетон қоришмасидан ажралиб чиқади ва бу ҳолга йўл қўйиш мумкин эмас. Сув миқдорини ўзгартириш – бетон қоришмаси консистенциясини бошқарадиган асосий омил ҳисобланади.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги тўлдирувчининг йириклигига бевосита боғлиқ. Тўлдирувчи доналарининг йириклик даражаси ортиши билан уларнинг умумий юзаси камаяди, уларнинг цемент ҳамирига таъсири камайади ва натижада бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ортади. Чанг, лойсимон ва бошқа кирлантирувчи қўшимчалар бетон ҳаракатчанлигини камайтиради.

Ҳаркатчанлик шунингдек кум ва шағалнинг ўзаро нисбатига ҳам боғлиқ. Талаб даражасидаги ҳаракатчанликга энг мақбул нисбатларда эришилади ва бунда цемент ҳамири қобиғининг қалинлиги максимал даражага етади. Тўлдирувчилар орасида кумнинг миқдори шу нисбатдан юқори даражада бўлса, мавжудлиги ҳисобига қоришма кам ҳаракатчан бўлиб қолади ва бу ҳол тўлдирувчи юзасининг ортиши билан тушунтирилади.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигини ошишига, сувга бўлган талабнинг камайиши ёки цемент сарфининг камайишига пластификацияловчи қўшимчаларни қўллаш билан эришилади. Масалан, сульфит-дрожжали бражкаларни (СДБ) цемент массасига нисбатан 0,1 дан 0,3 % гача қийматда қўшиш (минерал таркиби ва нисбий юзага кўра). Суперпластификаторларнинг янада самарали таъсир этадигани С-3 бўлиб, улар пластик бетон қоришмаларини ўта аҳамиятли даражада ҳаракатчанлиги ва сув талабчанлигини ўзгартиради (СДБга нисбатан 20-40% га кўп). 1.4-жадвалда бетон қоришмасига СДБ киритилганда сувга бўлган талабчанликнинг нисбатан камайишини характерловчи қийматлар келтирилган.

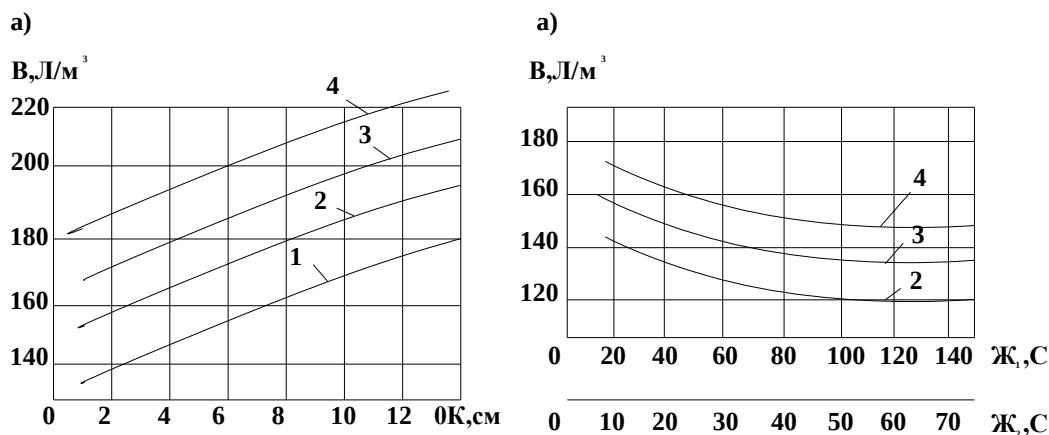
Бетон қоришмасига СДБ киритилганда сувга бўлган талабчанликнинг нисбатан камайиши

1.4 - жадвал

Бикирлик, с	Ҳаракатчанлик, см	Цемент сарфи қуйидагича бўлганда, кг/м ³ сувга бўлган талабчанликнинг камайиши, %		
		500	400	300
-	10-12	15	12	10
-	5-7	12	10	8
20-30	-	10	8	6
30-100	-	8	6	-

Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги вақт ўтиши билан цемент ва сувнинг ўзаро физик-кимёвий таъсирлашуви натижасида камая боради. Хусусан бикир бетон қоришмасининг қулай тўшалувчанлиги ёмонлашади, шунинг учун бундай қоришмани имконият даражасида тезроқ қолипларга ёйиш зарур. Бетоннинг таркибини аниқлашда берилган бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигидан келиб чиққан ҳолда сув сарфи аниқланади. Бунинг учун бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги сув сарфи ва бошқа омилларга нисбатан боғлиқлиги қўлланилади. Тақрибан сув сарфини тажрибалар асосида, кейинчалик бетон таркибини текшириш учун қоришма тайёрлаб, синаб кўриб олинган жадваллар ва графиклар (1.10-расм) бўйича танлаш мумкин.

Кум ва шағалнинг сувга бўлган талабидан келиб чиқиб (Ск ва Сш), турли омилларнинг таъсирини кенгроқ инобатга олиш мумкин.



1.10-расм. Портландцемент, ўртача йирикликдаги қум (сувшимувчанлиги 7%) ва йирик донадор шағалдан тайёрланган пластик (а) ҳамда бикир (б) бетон қоришмасининг сувшимувчанлик графиги. ($B, \text{Л/м}^3$ - $\theta, \text{°C}$)

1 - 80 мм; 2 - 40 мм; 3 - 20 мм; 4 - 10 мм; θ_1 - техник вискозиметр бўйича қулай жойлашувчанлик; θ - айниси, Б.Г.Скармтаев усули бўйича.

Эслатма: 1. Агарда 7% дан ортиқ сувшимувчанликка эга бўлган майда қумдан фойдаланилса, сув сарфини ҳар бир фойизи учун 5 л. дан орттирилади; сувшимувчанлиги 7% дан кам бўлган йирик қум қўлланганда, сув сарфини ҳар бир фойизи учун 5 л. дан камайтирилади.

2. Чақилган тош қўлланилганда сув сарфини 10 л. га орттирилади.

3. Пуццолан цементлар қўлланилганда сув сарфини 15-20 л. га орттирилади.

4. Цемент сарфи 400 кг дан ортганда ^{ҳар} 100 кг цемент учун 10 л. дан сув сарфи орттирилади.

Маъруза 11

Бетон структурасининг ташкил топиши

Бетон структураси бетон қоришмасининг қотиши натижасида шаклланади. Унинг қолиплашига цементнинг тишлашиши ва қотиши ҳал қилувчи таъсир кўрсатади.

Цемент сув билан аралштирилгандан сўнг бошланғич даврда уч кальцийли силикат гидролизи жараёнида кальций гидроксиди ажралиб, тўйдирилган қоришма ҳосил қилади. Бу қоришмада сульфат, гидрооксид ва ишқор ионлари, шунингдек оз миқдордаги кремнезем, глинозем ва темир моддалари мавжуд бўлади. Кальций ва сульфат ионларининг юқори концентрацияси қориштиришдан кейин қисқа вақтда кузатилади, чунки бир неча дақиқа мобайнида янги пайдо бўладиган моддалар – кальций гидрооксиди ва эттрингит чўка бошлайди.

Тахминан бир соатдан кейин гидратациянинг иккинчи босқичи бошланади, унда жуда майда кальций гидросиликатларнинг қолиплаши кузатилади. Реакцияда фақат цемент зарраларининг устки қатламларининг иштирок этиши натижасида қайтадан юзага келувчи гидрат фазалар жуда нозик гранулометрия билан характерланади, цемент зарралари ўлчами кам ўзгаради. Янги пайдо бўлган моддалар миқдори ва зичлигининг ортиши билан унинг чегаравий қатлами тахминан 2-6 соат ичида кам сув ўтказувчан бўлади. Сусайган гидратациянинг иккинчи босқичини цемент гидратациясининг «яширин даври» деб аталади.

Гидратация жараёнининг учинчи босқичи кальций гидрооксидининг қоришмадан кристаллашувнинг бошланиши билан характерланади.

Бу жараён жуда жадал кечади. Кальций гидросиликати ва эттрингит ғоваклар орқали ўтувчи ва майда бўлақларга ажратувчи узун толалар

шаклида ўсиб чиқиши мумкин, шу тарзда цемент тошининг “асосий” структураси шаклланади.

Гидратация жараёнининг тўртинчи ва бешинчи босқичлари цементнинг тўлиқ гидратацияланишувига қадар секин давом этадиган реакциялар билан характерланади. Бу босқичларда пайдо бўлган ғовакларнинг гидратация маҳсулотлари билан тўлдирилиши натижасида цемент тошининг ғоваклилиги ўзгаради. Қотган цементли тош структураси зичланади ва олдин пайдо бўлган эттрингит моносульфатга айланиши мумкин.

Бетон хусусиятининг ўзгариши асосан цемент гидратацияси билан белгиланади, шунинг учун сўнгиси бу қонуниятларга ҳал қилувчи таъсир кўрсатади. Гидратация жараёни етакчи ҳисобланади ва унинг кечиш йўналиши бетон структураси ва хусусиятининг ўзгаришини белгилайди. Бошқа омиллар (масалан, бетон таркиби, тўлдирувчи хусусияти ва бошқалар) бетон структураси ва хусусиятига таъсир кўрсатса-да, иккиламчи ҳисобланади ва муайян маънода уларнинг цемент гидратацияси ва цементли тошининг структурасини қолиплашига таъсири билан белгиланади. Бетон хусусиятлари ўзгаришининг вақт ичида аста-секин сусайиши ва уларнинг барқарорлашуви цемент гидратацияси жараёнининг борган сари сусайиши билан ифодаланади.

Бетон қоришмасини структураси қотиш жараёнида ҳам сақланади, шунинг учун ҳам бетон структурасини цемент тошини миқдорига ва бетонда жойлашувига қараб таснифлаганда, юқорида айтиб ўтилган учта структура турини кўрсатиб ўтиш мумкин.

1.11-расм. Бетоннинг асосий макроструктуравий турлари.

I-зич; II-ғовак тўлдирувчили зич; III-катакчали; IV-донадор; Rб-структуранинг ўртача мустаҳкамлиги; R1 ва R2 - бетон таркибини ташкил этувчиларнинг мустаҳкамлиги.

Аммо бетон хусусиятларига унинг зичлиги ва ғоваклиги ҳал этувчи таъсир кўрсатади. Бошқа бир хил шарт-шароитларда ғоваклик ҳажми ва характери, шунингдек бетон таркибининг аҳолида моддалари хусусиятларидаги мутаносиблик унинг асосий техник хусусиятлари, узоқ муддатга мустаҳкамлиги, турли шароитларга бардошлилигини белгилаб беради. Шунинг учун бетон структурасини унинг зичлиги билан таснифлаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

1.11-расмда структуранинг асосий турлари келтирилган: зич, ғовак тўлдирувчили, серғовак ва донадор. Зич структура ўз навбатида тўлдирувчининг таъсирлашув жойлашувига эга бўлиши мумкин, яъни унинг доначалари бир-бирига цемент тошининг юпқа қатлами орқали тегиб туради ва тўлдирувчининг “сузувчисимон” жойлашувига эга, яъни унинг доначасини жойлашуви бир-биридан анча узоқликда жойлашади. Зич структура қаттиқ материалнинг яхлит (туташ) матрицаси(масалан, цемент тоши)дан ташкил топиб, унга матрица материаллари билан анча мустаҳкам

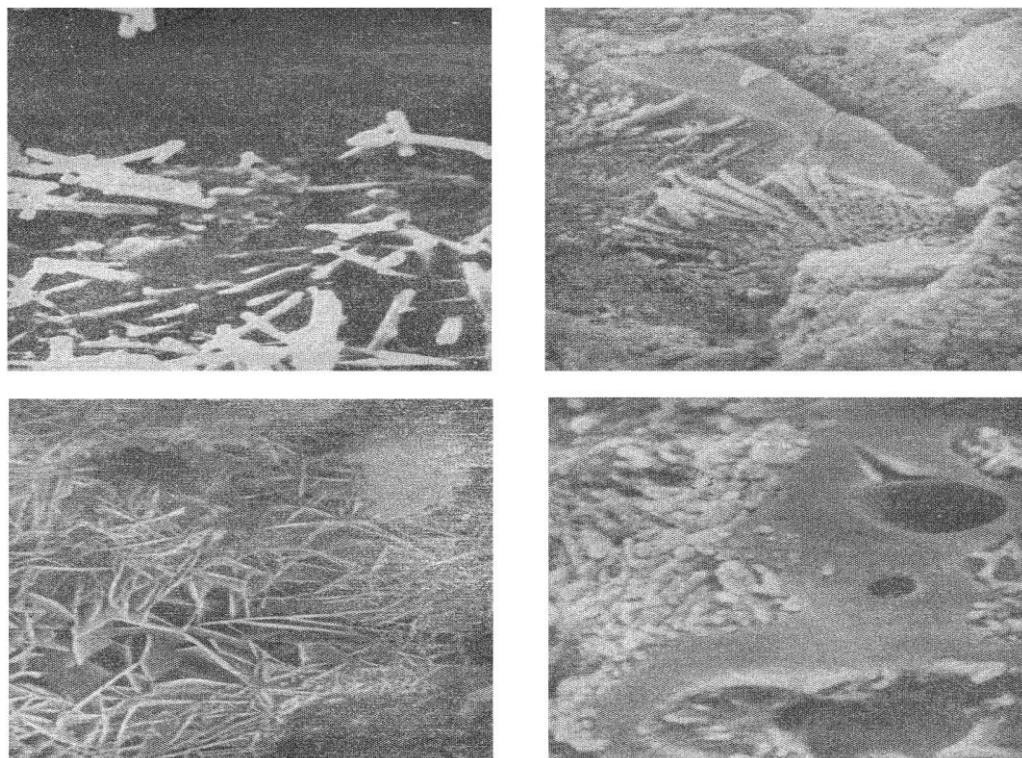
боғланган бошқа каттик материал (тўлдирувчи) доначалари ора-сира жойлаштирилган бўлади. Серғовак структура каттик материалнинг яхлит (туташ) муҳитида турли ўлчамдаги ғоваклар шартли алоҳида ёпиқ уялар кўринишида тақсимланганлиги билан фарқланади. Донадор структура каттик материалнинг ўзро жипслашган доналар йиғиндисидан иборат. Донадор структуранинг ғоваклиги тўхтовсиз ва сочилувчан материалнинг ғовакларига ўхшашдир.

Зич структурали материаллар энг юқори мустаҳкамликка, донадорлар-эса энг кам мустаҳкамликка эга бўлади. Зич материаллар серғоваклиларга нисбатан кам ўтказувчан бўлади, улар эса ўз навбатида донадор структура материалларига нисбатан кам ўтказувчан ҳисобланади.

Материал хусусиятларига доналар, ғоваклар ва бошқа структура элементларнинг ўлчамлари катта таъсир кўрсатади. Шу муносабат билан, бетонда микроструктура ва макроструктура бир-биридан фарқланади. Макроструктура деганда кўз билан ёки катталаштириш орқали кўриш мумкин бўлган структурага айтилади. Структуравий элементлар сифатида бу ерда йирик тўлдирувчи, кум, цемент тоши ва ғовакларни келтириш мумкин. Айрим ҳолларда таҳлил ва технологик ҳисоблар тузиш учун икки элемент – цемент тоши ва кумни бириктирувчи ва йирик қоришма тўлдирувчидан ташкил топувчи макроструктура шартли равишда олинади.

Микроструктура деганда микроскоп орқали катталаштирилганда кўзга кўринувчи структурага айтилади. Бетон учун цемент тошининг цементнинг таъсирланмаган заррачалари, янги пайдо бўлган моддалар ва турли ўлчамдаги микроғоваклардан иборат микроструктура катта аҳамиятга эга. Проф. В.Н. Юнг бундай структурани “микробетон” деб атайд.

Цемент тоши – бетон хусусиятлари ва узокқа чидамлилигига таъсир этувчи асосий компонент ҳисобланади. Ўз навбатида цемент тоши хусусиятлари структура ва микроструктура элементларининг ўзаро кимёвий боғланишлар кучини белгиловчи цементнинг минерал таркибига боғлиқ. Боғовчи минерал таркибини ва қотиш шартларини ўзгартириш орқали цемент тошининг турли хил микроструктураларини: серғовак, донадор, толасимон, ғовакли ва бошқа турлардан ташкил топувчи мураккаб структуралардан ҳосил қилиш мумкин (1.11-расм). Бетон технологияисда турли боғловчи моддалар ишлатилади, бетонни қотиришнинг ҳар хил шароитлари қўлланилади, шунинг учун бетонларда цемент тошининг турли хил микроструктуралари учраши мумкин.



1.12-расм. Электрон сканерловчи микроскопда олинган цемент тоши ва бетоннинг микроструктуралари

юқоридан - цемент тошининг тўлдирувчи билан туташшии худудидаги структуралар; пастдан – цемент тоши структураси.

Турли бетонлар ўзига хос структурасига эга. Оғир бетонлар учун зич структура, енгил конструктив бетонлар учун эса ғовак аралашмали зич структура, серғовак бетонлар эса серғовак структурага, йирик бўшлиқлилар донадор структурага эга. Албатта, келтирилган шаклларда турларга ажратиш шартли бўлиб, аслида бетон структураси ўта мураккаблиги билан фарқланади, масалан, оғир бетоннинг зич структурасида цемент тоши катта миқдордаги ғовакларга эга бўлади, енгил бетоннинг зич структурасида ғоваклар фақатгина тўлдирувчида эмас цемент тошида ҳам кузатилади, серғовак структурадаги алоҳида ячейкалар ўзаро капиллярлар ва бошқалар билан боғланган бўлиши мумкин. Аммо структуранинг турлари тўғрисидаги тасаввурга бетон таркибининг ҳар бир ҳолатга хос хусусиятлари ёрдамида эга бўлиб, сўнг уни лойихалаштириш мумкин.

Бетон таркиби бир хил эмас. Материалнинг айрим ҳажмлари ўз хусусиятларига кўра бир-биридан анча фарқ қилиши мумкин, у якуний хусусиятларга таъсир кўрсатади. Цемент тоши ва тўлдирувчи, тўлдирувчининг айрим зарралари ва цемент тошининг айрим микроҳажмлари ўз хусусиятларига кўра фарқланиши мумкин. Таъсирлашув муҳитида цемент тошининг асосий массасидаги каби дефектли жойлари, таъсирланмаган зарралар, микродарзлар ва материал яхлитлигини камайтирувчи бошқа элементлар мавжуд бўлади. 1.12-расмда бетон

мустаҳкамлигининг кесма бўйлаб ўзгариши кўрсатилган. Бундан ташқари, бетон структураси ва хусусиятлари турли маҳсулот ва намуналарда, ҳатто бир хил таркибдан тайёрланганларда ҳам жуда кам миқдорда фарқланиши мумкин.

Структура ва хусусиятларнинг ҳар хиллиги бетонга баҳо беришда эҳтимолли-статистик усулларни қўллашни талаб этади ва бетон ҳамда темир-бетон конструкцияларни ишлаб чиқаришни лойиҳалаштириш, ташкил этиш жараёнида ҳисобга олиниши керак.

Маъруза 20

Оғир бетон таркибини танлаш

Бетон таркиби лойиҳаланганда ишлатиладиган материаллар ўртасидаги нисбат шундай топилиши керакки, натижада, тайёрлаш технологияси ҳам назарда тутилганда, конструкциядаги бетоннинг мустаҳкамлиги, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги ва бетоннинг тежамли бўлиши (цемент сарфини минимал камайтириш) кафолатланиши лозим.

Бетон таркибини аниқлаш қуйидагиларни ўз ичига олади:

- а) конструкциянинг тури, қандай шароитда ишлатилиши ва тайёрланиш усулидан келиб чиққан ҳолда бетонга қўйиладиган талабни белгилаш;
- б) бетон учун материал танлаш ва уларнинг хусусияти бўйича керакли маълумотни олиш;
- в) бетоннинг бирламчи таркибини аниқлаш;
- г) намуна учун қорилган бетон таркибини текшириш;
- д) бетон тайёрлашни назорат қилиш;
- е) тайёрлаш вақти, тўлдирувчилар хусусияти ва бошқа омиллар ўзгарганда унинг таркибига тузатишлар киритиш.

Бетон таркибини бирламчи аниқлаш бетон мустаҳкамлигининг цемент фаоллиги, сув-цемент омили, ишлатиладиган материалларнинг сифати, бетон қоришмаси ҳаракатчанлигининг сув сарфи ва бошқа омилларга боғлиқ бўлиши асосида амалга оширилади.

Бетон хусусиятлари ва бетон қоришмасининг унинг таркибига қай даражада боғлиқ эканлигини аниқ белгилаш учун, агар имкон бўлса, дастлабки синов ишлари ўтказилади. Бу ҳолда тажрибани режалаштириш ва унинг натижаларини ўрганишнинг математик усуллари ишлатиш тавсия этилади.

Бетон мустаҳкамлигига қандай талаб қўйилганлиги иш чизмаларида кўрсатилади. Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги (бикирлиги) конструкциянинг ўлчами, арматураларнинг қалинлиги, бетон қуйиш ва уни жойлаштириш усулларида келиб чиққан ҳолда белгиланади (1.5-жадвал). 1.5-жадвалда бетоннинг бикирлиги стандарт конус ва техник вискозиметрларда кўрсатилган.

Таркибидаги цемент миқдори етарли бўлгандагина бетон қоришмасининг жойланиши осон бўлади. Цемент миқдорининг белгиланган даражадан кам бўлиши бетон қоришмасининг ажралиши, унда микро бўшлиқлар пайдо бўлиши ва хизмат муддатининг камайиши хавфини оширади.

Бетон қоришмасининг ҳаракатчан ва мустаҳкам бўлишига талаблар

1.5-жадвал

Конструкция ва зичлаш усули	Бикирлик, с		Ҳаракат-чанлиги
	ҚМҚ конус бўйича	ҚМҚ-стандарт бўйича	

Вибромайдонча ёки вибромослама билан шаклга солинадиган ҳамда тез қолипдан тушириладиган йиғма темир бетон конструкциялар	30-10	120-40	-
Вибромайдончада горизонтал ҳолатда шаклга солинадиган бўшлиқли ёпувчи конструкциялар, девор панеллари,	10-5	40-20	1-4
Ташқи ёки ички вибрация усули билан тайёрланган зич арматурали элементлар (устунлар, ригеллар, плиталар)	5-3	20-10	5-9
Зарбли вибрацияли мосламаларда шакл бериладиган конструкциялар	30-20	120-80	-
Кассетада шакл бериладиган конструкциялар	10-5	-	7-17
Центрафуга билан тайёрланган конструкциялар	-	-	5-10
Гидропрессланган конструкциялар (кувурлар)	10-5	40-20	-

Бетон қоришмаси ковушқоқ ва ажралмайдиган бўлиши учун керак бўладиган цемент сарфининг минимал миқдори.

1.6-жадвал

Қоришма	Тўлдирувчи модда ўлчами мм бўлган ҳолатда цементнинг минимал сарфи			
	10	20	40	70
Жуда биқир (Ж>20 с)	160	150	140	130
Биқир(Ж=10-20 с)	180	160	150	140
Кам ҳаракатчан (Ж=5-10 с)	200	180	160	150
Ҳаракатчан (ОК=10-16см)	220	200	180	160
Жуда ҳаракатчан (ОК=10-16 см)	240	220	210	180
Қуйма(ОК>16см)	250	230	200	190

Изоҳ: биқирлик стандарт вискозиметр бўйича кўрсатилган.

Цемент сарфининг минимал бўлиши бетон қоришмасининг қуюқлиги ва тўлдирувчи модданинг ўлчамига боғлиқ бўлади. (1.6-жадвал). Бетон таркибини аниқлашда, белгиланган мустаҳкамлик кўрсатилган миқдордан кам бўлса, ҳисоб учун цементнинг минимал сарфи олинади. Бетон учун учун материаллар 2-боб (биринчи қисм)да айtilган тавсияларга риоя қилинган ҳолда танланади.

Цементни тежамли ишлатиш учун унинг маркаси бетоннинг берилган маркасидан баландроқ бўлиши талаб этилади. (1.7-жадвал).

Бетон учун тавсия этиладиган цемент маркаси.

1.7-жадвал

Бетон маркаси	Цемент маркаси	Бетон маркаси	Цемент маркаси
М 100	300	М 300	500
М 150	400	М 400	600
М 200	400	М 500	600

Бетон учун цементнинг жуда паст маркалари ишлатилганда цемент сарфини кўпайтириш талаб этилади. Аксинча, цемент маркаси ортиқча баланд бўлганда, цемент сарфи, техник шартга кўра олиниши лозим бўлган мустаҳкамлик учун белгиланган минимал қийматдан камроқ бўлиши мумкин.

Бундай ҳолатда, цементни тежаш учун бетон таркибига майдаланган кўшимча фаол кремнийли ёки инерт кўшимчалар (кул, майдаланган кварц куми, охак уни ва бошқалар)ни қўшиш талаб этилади.

Бетон тўлдирувчиси сифатида, қоидага кўра, маҳаллий материал ёки яқинда жойлашган карердан олинадиган материлларни ишлатишга ҳаракат қилинади. Бироқ уларнинг орасидан цемент сарфи минимал бўлган ҳолатда лозим ҳусусиятли бетон олиш имконини берадиганлари танлаб олинади. Бетон қоришмаси белгиланган ҳаракатчанлигига сув сарфини тўғри тақсимлаш орқали, бетоннинг мустаҳкамлигига эса сув-цемент нисбати ва цемент сарфини тўғри тақсимланиши натижасида эришилади.

Цемент сарфи минимал бўлишини тўлдирувчининг катта-кичиклиги тўғри танланиши таъминлайди. Уларнинг миқдорини аниқлашда илгари қум ва шағал ўртасидаги оптимал нисбат r бўйича берилган тавсиялар қўлланилган. Замонавий ҳисоблаш усулларида одатда шағал (майда тош) ёйилувчанлигининг қоришма a нисбати ҳисобланади ва бундай нисбат қоришма ҳажми шағал ичидаги бўшлиқ ҳажмидан қанча кўп эканлигини кўрсатади. a коэффицентининг жорий этилиши бетон таркибини аниқлашни осонлаштирди, унинг натижлари ишончлироқ бўлди. Нимагаки, бошқа шартлар риоя этилган ҳолда минимал цемент сарфи билан бетон тайёрлаш оптимал a қиймати бетон структураси қолиплашининг физик асосларидан келиб чиққан ҳолда олинади. Бу ҳолда оғир бетонда қум ва шағал сарфи икки тенгламали формулани ҳал қилиш орқали олинади:

$$\begin{aligned} (C / \rho_c) + B + (P / \rho_c) + (Ш / \rho_{ш}) &= 1000; \\ (C / \rho_c) + B + (P / \rho_c) &= P_{ш} \alpha (Ш / \gamma_{ш}) \end{aligned}$$

бу ерда: ρ_c , ρ_p , $\rho_{ш}$ - цемент, қум ва шағалнинг ҳақиқий зичлиги, кг/л; $P_{ш}$ шағалнинг зоваклиги (нисбий қиймат); a - шағал доналарининг қоришмада тарқалиши коэффиценти; $\gamma_{ш}$ - шағалнинг зичлиги, кг/л.

Биринчи тенгламанинг бетон компонентлари абсолют ҳажмининг йиғиндиси 1 м³ тайёр зич бетон (1000 л) га тенг, деб олинган шарт билан чиқарилган ва бу ҳолда бетон таркибида ҳаво бўлмаслиги лозим. Иккинчи тенгламанинг шarti - қум-цементли қоришма (стандарт бўш ҳолатида) шағал орасидаги бўш жойларни тўла тўлдириши ва унинг доналарини бир миқдор суриши лозим ва бу ҳолат бетон аралашмасининг яхши жойлашиши ҳамда тўлдирувчи доналарининг ягона, мустаҳкам манолит бўлиб бирлашиши учун зарур.

Бу усулдаги тенгламада иккита номаълум – қум ва шағал бор. Сабаби, сув ва цемент сарфи бетоннинг мустаҳкамлиги, бетон қоришмасининг ҳаракатчанлигига қараб, α кэффицент эса, экспериментал усулда олинган

тавсияларга асосан цемент сарфи минимал бўлишини таъминловчи нисбатга қараб олинади.

Келтирилган тенглама ёрдамида қуйидагини оламиз:

$$III = \frac{1000}{\alpha(P_{ш} / \gamma_{ш}) + (1 / \rho_{ш})} \quad (1.4)$$

$$P = \left[1000 - \left(\frac{C}{\rho_{ц}} + B + \frac{III}{\rho_{ш}} \right) \right] \rho_{ц} \quad (1.5)$$

Енгил бетонлар учун тенгламанинг бошқа усули қўлланилади ва бунда иккинчи тенглама бетон мустаҳкамлик даражаси белгиланган шарт билан чиқарилади. Бетонга ҳавони тортувчи қўшимчалар қўшилган тақдирда, тенгламага қушилган ҳаво ҳажмини белгиловчи қиймат қўшилади. Шундай қилиб, кўриб чиқилган усулда материал сарфининг якуний қиймати, материаллар эгаллайдиган абсалют ҳажм назарда тутилган ҳолда ҳамда бетоннинг тежамлилиги, мустаҳкамлиги ва бошқа хусусиятлари етарли бўлиши ҳисобга олинган ҳолда чиқарилади.

Бетон хусусияти кимёвий қўшимчалар билан яхшиланган тақдирда, материаллар сарфини ҳисоблашда ҳисоб китобларга тегишли ўзгартиришлар киритиш орқали уларнинг таъсири ҳисобга олинади.

Майда ва йирик тўлдирувчи орасидаги нисбатни танлаш

Бетон таркиби (цемент сарфи нуқтаи назаридан) тежамли ва сифати юқори бўлишини белгиловчи асосий омиллардан бири йирик ва майда тўлдирувчи орасидаги нисбатни тўғри танлай билиш ҳисобланади.

Цемент қоришмаси консистенцияси маълум даражада бўлганида унинг бетон аралашмаси ички ишқаланишига, хусусан, унинг ҳаракатчанлигига таъсири тўлдирувчи доналари орасидаги цемент қобиғининг қалинлиги билан белгиланади. Бошқа омилларнинг таъсири ҳисобга олинмаганда, цемент қоришмаси фақат тўлдирувчи бўшлиғини тўлдирган бетон аралашмаси энг кўп ички ишқаланиш ёки минимал ҳаракатчанликка эга бўлади. Цемент қоришмаси миқдори оширилган сари бетон аралашмасининг ҳаракатчанлиги ҳам ортиб боради.

Бетон таркибини аниқлашнинг кўриб чиқиладиган усулида кум ва шағал зарраларини сурилиш коэффиценти α ҳисобга олинади.

. α коэффицентининг тажрибада аниқланган қийматлари

1.8-жадвал

Майда кумли бетон			Ўрта кумли бетон		
Цемент аралашмаси-нинг миқдори л/м	α қиймати		Цемент аралашмаси- нинг миқдори л/м ³	α қиймати	
	ҳисобий	амалда		ҳисобий	амалда
220	1,12	1,1	220	1,24	1,23
280	1,32	1,28	280	1,43	1,39
350	1,54	-	350	1,54	1,51

1.8-жадвалдаги рақамлардан кўриниб турибдики пластик бетондаги α коэффициентининг оптимал қиймати бетон таркибидаги цемент аралашмаси ва йирик қум миқдorigа боғлиқ бўлади, яъни ЦТ ва йирик қум миқдори кўпайгани сари улар ҳам кўпайиб боради. Бошқа тажрибаларда аниқланишича биқир бетон учун α коэффициентининг оптимал миқдори, цемент сарфи 200-400 кг/м³ бўлганда, 1,05-1,15 га тенг бўлади.

Бетон таркиби ва бетон аралашмаси консистенциясида α коэффициентининг ўзгариши физик нуктаи назаридан қараганда қуйидагича изоҳланади. Биқир бетон аралашмасида ёпушувчанлиги юқори бўлган цемент миқдори нисбатан кам ва шунинг учун сув ажралиши ва йилиб кетиш хавфи ҳам йўқ бўлади. Бундай шароитда бетон аралашмасининг жойланиш даражаси яхши ва бетоннинг мустаҳкамлиги шағал /тош/ сурилиши минимал бўлиши натижасида эришилади, негаки бунда қум сарфи ва тўлдирувчилар юзасининг умумий ҳажми ҳам минимал бўлади. Натижада тўлдирувчилар доналари жипс жойлашади ва бетон сифати яхши бўлишини таъминлайди. Бетон аралашмасининг ҳаракатчанлиги юқори бўлиши учун унга сув кўпроқ қўшилганда цемент аралашмасининг абсалют ҳажми ортади, унинг қовушқоқлиги эса камаёди. Бетон аралашмасидан сув ажаралиб чиқиши ва тарқалиб кетиши олдини олиш ҳамда бетоннинг яхши бирикишини таъминлаш учун α коэффициентини ошириш ва бу билан қум ва шағал /тош/ нисбатини сақлаш, баъзан эса /С/Ц нисбати юқори бўлганда/ ошириш мумкин.

Пластик бетон қоришмалари учун α коэффициентининг оптимал миқдори $\alpha = f / \text{ЦТ} /$ дан келиб чиққан ҳолда белгиланганда айниқса аниқроқ бўлади /1.9-жадвал/. Ҳисоблашлар учун 1.9-жадвалдаги малумотни ишлатиш қулайроқдир. Жадвалда $\alpha = f / \text{ЦТ} /$ қиймати $\alpha = f / \text{Ц, СЦТ} /$ га ўтказилган. Жавдалда шунингдек қум йирклигидан келиб чиққан ҳолда ўзгартириш киритиш ҳам кўрсатилган.

Пластик бетон қоришмалари учун α коэффициентининг оптимал қиймати / $C_{\text{ц}}=7\%$ /

1.9-жадвал

Цемент сарфи кг/м ³	С/Ц учун α коэффициентининг оптимал қиймати				
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
250	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	1,3	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1.4	1,46	-	-	-
500	1.5	1,56	-	-	-

Изоҳ:

1. Ц ва С/Ц нинг бошқа қийматларида α коэффициенти интерполяция билан топилади.
2. Сувни талаб этиш қиймати 7 фоиздан кўп бўлган майда қум ишлатилганда қум сувни талаб этиш қийматининг бир фоизга ошиши α коэффициенти 0,33 га камайтирилади. $B_{\text{ц}} < 7\%$ бўлган йирик қум ишлатилганда $B_{\text{ц}}$ бир фоиз камайишига α коэффициенти 0,33 фоиза оширилади.

Бетон таркибини ҳисоблаш тартиби

Бетон қоришмаси таркиби икки усул билан аниқланади:

1. Цемент, қум ва шағал /тош/ ўртасидаги вазн нисбати билан ва бунда сув цемент нисбати ва цементнинг фаоллиги кўрсатилади. Цемент миқдори 1 деб олинади ва шунинг учун бетон таркибий қисмлари ўртасидаги нисбат, С/Ц кўрсатилиб, қуйидаги кўринишда ёзилади:

$I : x : y$ /масалан: $C/Ц = 0,6$ бўлганда вазн қиймати $1 : 2 : 4$ /

2. 1м^3 ҳажмда ётқизилган ва зичланган бетон учун сарфланган материал сарфи бўйича, масалан:

цемент	280
қум	700
шағал	1250
сув	170
Жаъми	2400

Қуруқ материаллар учун белгиланадиган одатдаги /лабораторияда чиқарилган/ ва табиий нам ҳолатдаги материаллар учун ишлаб чиқаришда /амалда/ ишлатиладиган бетон таркиби ўртасида фарқ бўлади. Лобараторияда аниқланган бетон таркиби ҳисоблаш ва тажриба натижасида ўрганилади. Бундан бетоннинг таркиби абсолют ҳажм бўйича олдиндан ҳисоблаб қўйилади, юқорида айтиб ўтилган боғлиқликлар асосидаги формула ишлатилиб сув, цемент, қум ва шағал /тош/ сарфи аниқланади ва сўнг намуналар ёрдамида унга аниқлик киритилади.

Бетон таркибини ҳисоблаш қуйидаги тартибда амалга оширилади:

1. Бетоннинг талаб этилган мустаҳкамлиги, қотиш шароити ва муддатидан келиб чиққан ҳолда С/Ц /ёки Ц/С/ аниқланади. Сув цемент ёки цемент сув нисбати бетон мустаҳкамликнинг ушбу омилларга боғлиқлиги дастлабки тажрибалар орқали ёки цемент фаоллигига /маҳаллий тўлдирувчилар ишлатилганда/ боғлиқлигидан келиб чиққан ҳолда ёки бўлмаса қуйидаги тақрибий формулалар билан аниқланади:

а/ $C/Ц > 0,4$ бўлганда:

$$C/Ц = AR_{ц}/R_6 + A \cdot 0,5R_{ц} \quad /1.6/$$

б/ $C/Ц < 0,4$ бўлганда юқори сифатли бетонлар учун:

$$C/Ц = A_1 R_{ц}/R_6 - A_1 \cdot 0,5R_{ц} \quad /1.7/$$

A ва A_1 коэффициентлари қиймати 1.9-жадвалдан олинади ёки ц/с расмдан топилади /1.13расм/.

1.13-расм. Талаб этиладиган бетон R_6 мустаҳкамлиги ва қўлланилаётган $R_{ц}$ цемент маркасига боғлиқ ҳолда С/Ц нисбатини тайинлаш графиги.

1.6-формулани $R_6 < 2AR_{ц}$ бўлганда ишлатиш керак. Бошқа ҳолларда 1.7-формула ишлатилади.

Бетон таркибини ҳисоблашда баъзан унинг совуққа чидамлилиги, сув ўтказмаслиги, чўзилиш ва эгилишга чидамлилигини ҳам ҳисобга олиш лозим бўлади. Бундай ҳолларда С/Ц қиймати учун тегиши боғлиқликлар

ишлатилади. Бундан боғлиқликка мисол кейинги бандларда кўрсатилган, бироқ бетон таркибини аниқлаш асослари аввалгидек қолаверади.

2. Дастлабки синов натижлари асосида ёки тақрибан 1.13-расмдаги (биринчи қисм) бўйича, бетон ҳаракатчанлигига бўлган талабдан келиб чиққан ҳолда сув сарфи белгиланади. Бу ҳолда, йирик тўлдирувчининг сувни шимиш хусусияти ҳисобга олиниши керак агар оғирлиги бўйича 0,5 фоиздан кўп бўлса, 1.13-расм 400 кг/м^3 гача цемент сарфланиши ва сувни талаб этиши 7% бўлган ўртача кум ҳамда шағал ишлатилиши назарда туриб тузилган. Бошқа тўлдирувчилар ишлатилган ҳолатларда жадвалда кўрсатилган изоҳга керакли ўзгартиришларни киритиш лозим бўлади.

3. Цемент сарфи қуйидагича аниқланади :

$$Ц = C : C/Ц \quad /1.8/$$

Агар 1 м^3 бетонга цемент сарфи ҚМҚда кўрсатилгандан кўра камроқ бўлса /1.8-жадвалга қаранг/ уни талаб этилган меъёргача кўтариш ёки майдалаб янчилган кўшимча кўшиш талаб этилади. Сўнги восита одатда ушбу маркадаги бетон учун цементнинг фаоллиги ўта юқори бўлган ҳолларда қўлланилади.

4. Пластик бетон қоришмалари учун сурилиш коэффициенти α 1.9-жадвалга қараб белгиланади /1.9-қаранг/.

5. Шағал ва тош сарфи /1.6/ формула билан аниқланади.

6. Қум сарфи /1.7/ формула билан топилади.

7. Намуна сифатида бажарилган қоришмаларда бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги /конуснинг чўкиши ёки бикирлиги/ текширилади, зарур ҳолларда бетон таркиби ҳисобига керакли ўзгартиришлар киритилади. Агар ҳаво тортувчи кўшимчалар қўшиладиган бўлса, кум сарфи ҳисобланганда жалб этилган ҳавонинг миқдори ҳисобга олинади.

Замонавий технологиялар бетон, бетонга ишлатиладиган материаллар, уни тайёрлаш технологияси ва бетон қоришмасини жойлаштиришга талаб нуқтан назаридан бир-биридан фарқ қилади. Бироқ, бунда ҳар бир ҳолат учун алоҳида ҳисоблаш усулини яратиш зарур эмас.

Оғир бетон таркибини аниқлаш кўриб чиқилган усул бўйича амалга оширилиши керак. Бетон ва унга ишлатиладиган материалларга қўйиладиган алоҳида талаблар тегишли кўшимча ва ўзгартиришлар киритиш йўли билан ҳисобга олиниши керак.

5.1-мисол. Ҳаракатчанлиги конус чўкиши бўйича ҳисоблаганда 4-5 см бўлган М 300 бетон маркази таркибини аниқланг. Материллар: фаоллиги 37,5МПа бўлган портландцемент, сувни талаб этиш даражаси 7% ва ҳақиқий зичлиги 2,63 кг/л бўлган ўртача катталиқдаги кум, максимал йириклиги 40 мм ва ҳақиқий зичлиги 2,6 кг/л бўлган гранит шағал.

1. Сув цемент нисбати 5.10 формула билан ҳисобланади

$$C / Ц = \frac{0,6 \cdot 375}{300 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 375} = 0,54$$

2. 3.10-расм бўйича сувнинг тахминий сарфи 178 л/м^3 ни ташкил этади.

3. Цемент сарфи /5.12/ формула билан топамиз

$$178 / 0,54 = 330 \text{ кг/м}^3$$

4. Шағалнинг ғоваклиги қуйидагича бўлади:

$$П_{ш} = 1 - (\rho / \gamma) = 1 - 1,48 / 2,6 = 0,43$$

5.5-жадвал бўйича сурилиш коэффиценти $\alpha = 1,38$ /интерполяция бўйича/

5. Шағал сарфи 5.1 формула билан топилади

$$Ш = \frac{1000}{\frac{0,43 \cdot 1,38}{1,48} + \frac{1}{2,6}} = 1270 \text{ кг/м}^3$$

6. Қум сарфини қуйидаги 5.2 формула билан топамиз

$$П = \left[1000 - \left(\frac{330}{3,1} + 178 + \frac{1270}{2,6} \right) \right] 2,63 = 600 \text{ кг/м}^3$$

Бетон қоришмасининг зичлиги $330 + 178 + 1270 + 600 = 2378 \text{ кг/м}^3$ га тенг бўлаяпти. Таркиб текшириб кўрилади ва зарур бўлганда намуна сифатида олинадиган қоришмаларда аниқлаштирилади.

5.2-мисол. Техник вискозиметр бўйича бетон қоришмасининг биқирлиги 60 с га тенг бўлган М 300 маркали бетон таркибини аниқланг. Материаллар 5.1-мисолда кўрсатилганлар билан бир ҳил бўлади.

1. /5.10/ формула билан сув цемент нисбатини топамиз

$$С/Ц = \frac{0,6 \cdot 375}{300 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 375} = 0,54$$

2. 5.10 расмдаги бўйича сувнинг тахминий сарфи 130 л/м^3 ни ташкил этади.

3. Цемент сарфини 5.12 формула билан топамиз.

$$Ц = 130 / 0,54 = 240 \text{ кг/м}^3$$

4. Цемент сарфи ўртача бўлганда биқир бетон қоришмаси учун сурилиш коэффиценти $\alpha = 1,1$ деб оламиз. (5.5-жадвал бўйича).

5. Шағал сарфини 5.1 формула билан топамиз.

$$Ш = \frac{1000}{\frac{0,43 \cdot 1,1}{1,48} + \frac{1}{2,6}} = 1420 \text{ кг/м}^3$$

6. Қум сарфини 5.2 формула билан топамиз.

$$П = \left[1000 - \left(\frac{240}{3,1} + 130 + \frac{1420}{2,6} \right) \right] 2,63 = 625 \text{ кг/м}^3$$

Бетон қоришмасининг ҳисобланган массаси $240 + 130 + 1420 + 625 = 2415 \text{ кг/м}^3$ ни ташкил этади.

1.* ва 1.*-мисоллардаги бетон таркиби таққосланганда биқир бетон қоришмасининг ишлатилиши цементни анчагина тежаш имконини беришини кўрамиз $/330 - 240 = 90 \text{ кг}$, тахминан 27 фоизни ташкил этади/.

Бетон таркибини тажрибада текшириш

Бетон таркибини тажрибада текшириш учун намуна сифатида бетон қоришмаси тайёрланади ва унинг ҳаракатчанлиги аниқланади. Ишлатиладиган бетон ва маҳаллий тўлдирувчиларнинг ўзига ҳослиги боис конуснинг чўкиши ёки бетон қоришмасининг биқирлиги белгилангандан фарқ қилиши мумкин. Мисол учун 5.1-мисолда конуснинг чўкиши 0 га тенг

бўлди деб олайлик. Яъни бетон қоришмаси етарли даражада ҳаракатчан бўлмади. Ҳаракатчанликни ошириш учун сув сарфи тахминан 5–10 фоизга оширилади. Бир вақтнинг ўзида, сув цемент нисбати ўзгармаслиги учун, 5-10 фоиз цемент қўшилади. Бетон қоришмаси яна бир марта аралаштирилади, конуснинг чўкиши ўлчанади ва бундай ўрганиш керакли қийматлар олингунга қадар давом эттирилади.

Агар биринчи текширишда бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги белгилангандан кўра кўпроқ бўлса /масалан, 4-5 см ўрнига ОК =8см/ бир оз кум ва шағал қўшилади /5-10 фоиз/. Шундан сўнг бетон таркибини ўзгартирилади, сабаби бетон қоришмасининг олдинги ҳажми ошган бўлади. Бунинг учун берилган зичлаш усули ва ишлаб чиқариш шароитида бетон қоришмасининг амалдаги зичлиги аниқланади. Синаш қуйидаги усулда амалга оширилади: бўш қолип тортиб кўрилади, унинг ички ўлчами текширилади, қоришма билан тўлдирилади, жойлаштирилади ва яна тортиб кўрилади.

Жойлаштирилган бетон қоришмасининг зичлиги, кг/л да қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\gamma_{б.см} = (G_2 - G_1) / V_{\phi},$$

бу ерда, G_1 ва G_2 - бўш қолип ва бетон солинган қолипнинг оғирлиги, кг
 V_{ϕ} -қолипнинг ички ҳажми, л.

Бетон қоришмасининг олинган қийматлари ҳисобланганлари билан мос келиши керак /рухсат этилган оғиш даражаси $\pm 2\%$ /. Шундан сўнг текшириш учун тайёрланган бетон қоришмасининг амалдаги ҳажми аниқланади:

$$V_{\phi} = \Sigma G / \gamma_{\phi}$$

бу ерда ΣG - намуна учун тайёрган қоришмага ишлатилган материаллар массасининг йиғиндиси, кг. γ_{ϕ} - зичлаштирилган бетон қоришмасининг амалдаги зичлиги, кг/л.

Олинган бетон қоришмасининг ҳажми ва текшириш учун қорилган бетонга сарфланган материаллар миқдорини билган ҳолда 1м^3 бетонга ҳақиқатда сарфланадиган материаллар миқдори аниқланади.

Текшириш учун тайёрланадиган қоришманинг ҳажми талаб этиладиган намуналар миқдорида боғлиқ бўлади. Агар бетон маркасини аниқлаш учун учтадан анмуна тайёрланса, қуйидаги минимал қоришма ҳажми тайёрланади

Намуна қиррасининг ўлчами, см	10	15	20	30
Текшириладиган қоришма ҳажми, л	6	12	25	85

5.1-мисол шартлари учун намуналарнинг назорат ўлчами 15x15x15 см /шағалда 3 $D_{пр}$ дан кўпроқ/ бўлади ва демак, қоришма ҳажми 12 л ни ташкил этади. Битта қоришмага ишлатиладиган материаллар ҳажми қуйидагича бўлади:

цемент	3,96 кг /330x0,012/
кум	7,2 кг /600x0,012/
шағал	15,25кг /1770x0,012/

сув

2,14 л /178x0,012/

Турли ўлчамли тош ишлатилганда ҳар бир ўлчам сарфини улар ўртасидаги оптимал нисбатдан келиб чиққан ҳолда белгилаш керак. Агар керакли ҳаракатчанликка эришиш учун цемент ва сув 10 фоиз оширилган бўлса қоришмага ишлатилган материалларнинг якуний сарфи қуйидагича бўлади:

цемент	4,36 кг /3,96+0,4/
кум	7,2 кг
шағал	15,25 кг
сув	2,35 л /2,14+0,21/
Жаъми:	29,16 кг

Агар бетон қоришмасининг ҳақиқий жипслиги 2350 кг/м^3 бўлса қоришманинг ҳажми $V_{\phi} = 29,16 / 2,35 = 12,4 \text{ л}$ бўлади

1 м^3 бетон учун материаллар сарфи қуйидагига тенг бўлади: Ц=4,36:0,0124=350 кг. В=190 л; П=580 кг. Ш=1230 кг.

Тўғриланган бетон қоришмасидан намуналар тайёрланади ва синаб кўрилади. Ҳар бир синаш муддатига камида учта намуна тайёрланади. Намуналар ечиладиган чўян ёки пўлат қолипларда шаклга солинади. Уларнинг ўлчами аниқ бўлишига эришиш керак ва қирралари бўйича оғиш ± 1 фоиздан ошмасилиги керак. Қирралар бурчаги $90 \pm 2^\circ$ ташкил этади. Намуналарни жойлаш ва зичлаш усули ишлаб чиқаришда қабул қилингани билан бир хил бўлиши лозим. Бетон қоришмасини қолипга жойлаш 30 минут давомида амалга оширилиши керак.

Бетон қоришмаси вибрация усули билан зичлаштирилганда қолипга бетон кўпроқ солинади ва шундан сўнг у лаборатория майдончасида вибрация қилинади /тебраниш частотаси 50 Гц, вибраторни тебраниш амплитудаси 0,5 мм/. Лаборатория вибромайдончасини юзали вибратор билан алмаштириш мумкин. Вибрация давомийлиги t бикирлик қийматларига мутаносиб равишда белгиланиши керак, яъни $t = 1,5 + 2/\text{Ж}$, бироқ Ж +30 с дан кам бўлмаслиги лозим.

Намуналар икки сутка давомида ҳона ҳарорати $16-20^\circ\text{C}$ бўлган шароитда, қолипда сақланади. Сўнг улар қолипдан чиқарилиб, марка қўйилади ва синалгунга қадар намлик даражаси 100% бўлган махсус камераларда ёки бўлмаса доим намлаб туриладиган кум, ёғоч қипиғида сақланади. Синашдан олдин намуналар яхшилаб текширилади, қирралари ўлчанади /аниқлиги 1 мм гача бўлиши керак/.

Мустаҳкамлиги синаб кўрилганда намуналар пастки тутиб турувчи плитага ён қирраси билан қўйилади. Бетон сиқилган вақтда унинг мустаҳкамлик чегараси 0,1 МПа гача ҳисобланади бу қиймат синовнинг ўртача арифметик натижаси деб олинади, бироқ намуналар ўртасидаги фарк энг яқин қийматдан 20 фоиздан ортиқ бўлмаслиги керак. Бу фарк 20 фоиздан ортиганда ҳисоблаш энг катта икки натижа бўйича амалга оширилади.

Агар бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлиги, сиқиш вақтида белгиланганидан $\pm 15\%$ фарқ қилса бетон таркибини тўғрилаш лозим бўлади, яъни, мустаҳкамликни ошириш учун цемент сарфи /Ц/С/ оширилиши керак, мустаҳкамликни камайтириш учун эса унинг миқдори камайтирилади.

Бетоннинг ишлаб чиқаришдаги таркибини аниқлаш

Ишлаб чиқаришда кўпинча бетон тайёрлаш вақтида нам тўлдирувчилар ишлатилади. Тўлдирувчидаги намлик миқдори сув сарфи ҳисобланганда эътиборга олинishi керак. Бу ҳолатда унинг таркиби ўзгартирилади.

Олдиниға тўлдирувчидаги сув миқдори қуйидаги формула билан аниқланади:

$$C_{\text{ц}} = PW_{\text{п}} \quad /1.9/$$

$$C_{\text{ш}} = ШW_{\text{ш}} \quad /1.10/$$

бу ўринда $W_{\text{п}}, W_{\text{ш}}$ - қум ва шағал /тош/нинг намлиги.

Шундан сўнг сувнинг ҳақиқий сарфи аниқланади: $C_{\text{д}} = C - C_{\text{п}} - C_{\text{ш}}$. Нам тўлдирувчиларнинг бир қисми сувдан иборат бўлгани, бетонға ҳисоблар билан чиқарилган қаттиқ материал массаси тушиши учун уларнинг массасини ошириш керак. Қум ва шағал сарфи уларда мавжуд бўлган сув массасига оширилади, яъни уларнинг сарфи ишлаб чиқариш таркибида қуйидагига тенг бўлади: $P_{\text{д}} = P + C_{\text{п}}$ ва $Ш_{\text{д}} = Ш + C_{\text{ш}}$. Ушбу тўғрилашда цемент сарфи ўзгаришсиз қолади.

Агар 5.1-мисол шартлари учун қум намлигини 3% ва шағал намлигини 1% деб оладиган бўлсак қуйидаги тенглик ҳосил бўлади:

қумдаги сув миқдори – $C_{\text{п}} = 600 \times 0,03 = 18 \text{ л}$.

худди шунинг ўзи шағалда- $C_{\text{ш}} = 127 \times 0,01 = 12,7 \text{ л}$.

Жами 30,7 $\approx$ 31 л

С/Ц ва бетон белгиланган мустаҳкамлигини сақлаш учун ҳисоблаш вақтида қуруқ тўлдирувчилар олинган сув сарфи 5.1-мисолда камайтирилади, қуруқ қум ва шағал эса нами билан алмаштирилади. Шунда бетоннинг ишлаб чиқариш таркибида материал сарфи қуйидагича бўлади:

Цемент	330 кг
Қум	600+18=618 кг
Шағал	1270+13=1283 кг
Сув	177-31=146 кг
Жаъми	2377 кг

Бетон қоришмасининг зичлиги ўзгармайди.

Цемент ва тўлдирувчи бетон қорғичға солинганда уларнинг бирламчи ҳажми олинадиган бетон қоришмасининг ҳажмидан каттароқ бўлади, чунки, қориш вақтида массанинг зичлашуви юз беради – цемент доналари қум доналари орасидаги бўшлиққа жойлашади, қум доналари эса шағал доналари орасига жойлашади. Олинадиган бетон қоришмаси ҳажмиға баҳо бериш учун бетоннинг чиқиш коэффиценти β_0 ишлатилади ва у ушбу формула билан аниқланади:

$$\beta_6 = \frac{1000}{Ц / \gamma_{ц} + П / \gamma_n + Ш / \gamma_{ш}} \quad /1.11./$$

бу тенгликдаги $\gamma_{ц}$, γ_n ва $\gamma_{ш}$ - цемент, қум ва шағалнинг зичлигини билдиради.

Бетон чиқиши коэффициентлари ҳисобланганда сувнинг таъсири эътиборга олинмайди, чунки сув дарҳол қаттиқ материалларнинг бўшлиғига сингиб кетади ва уларнинг дастлабки ҳажмига таъсир этмайди. Бироқ ишлаб чиқариш таркиби учун β_6 коэффициентлари ҳисобга олинганда нам тўлдирувчиларнинг зичлиги ишлатилади, нимагаки уларнинг зичлиги қурук тўлдирувчиларнинг зичлигидан фарқ қилиши мумкин ва бу ҳолат айниқса қумда кўпроқ кўринади. Бетоннинг чиқиш коэффициентлари бетоннинг таркиби ва ишлатиладиган материалларнинг хусусиятига боғлиқ бўлиб 0,55-0,75 атрофида ўзгариб туради.

Бетон қорувчининг бир марта қориши учун материаллар ҳисоби олинганда цемент, қум ва шағал ҳажмининг умумий миқдори бетон қорувчи мослама барабани ҳажмига мос бўлиши керак. Шунда битта қоришда олинadиган V_3 бетоннинг ҳажми қуйидагича бўлади:

$$V_3 = \beta_6 V_{6с} \quad /1.12/$$

бу тенгликдаги $V_{6с}$ бетон қорувчининг ҳажмини билдиради.

Бетон қорувчининг бир марта қориши учун лозим бўладиган материаллар сарфи олинadиган бетон ҳажмидан келиб чиққан ҳолда белгиланади $/Ц_3 = Цх V_3$ ва ҳоказо/

Юқорида кўрилган мисол учун агар $\gamma_{в.п} = 1,65$ ва $\gamma_{в.ш.} = 1,48$ кг/дм³ бўлса қуйидагини оламыз:

$$\beta_6 = \frac{1000}{\frac{330}{1,3} + \frac{618}{1,65} + \frac{1283}{1,48}} = 0,67$$

Барабанининг ҳажми 500 л бўлган бетон қорувчи учун бир марта қорилганда чиқадиган бетон ҳажми $500 \times 0,67 = 335$ л ёки 0,335 м³ бўлади. Бир марта қориш учун ишлатилadиган материаллар сарфи қуйидагича:

цемент	$330 \times 0,335 = 111$ кг
қум	$618 \times 0,335 = 207$ кг
шағал	$1283 \times 0,335 = 430$ кг
сув	$136 \times 0,335 = 45$ л

Бетон таркибини шунингдек қуйидаги нисбатда ҳам ифодалаш мумкин:
1:х:у, яъни

$$/330/330/:/618/330/:/1283/330/=1:1,87:3,89$$

Ҳисоб формулаларини аниқлаштириш учун, айниқса бетон ишлари ҳажми кўп бўлганда, ишлатиш учун мўлжалланган материаллар ишлаб чиқариш шароитига яқин шароитда бетон ва бетон қоришмасини дастлабки синовдан ўтказиш талаб этилади. Бетон мустаҳкамлиги ва ҳаракатчанлигини бетон қоришмаси учун аниқланган боғлиқликлари экспериментал текширмасдан фойдаланилганда, кейинчалик коррективировка қилиш билан бетон таркибини белгилаш мумкин ва бунда конструкцияларни бетонлашда тайёрланган

назорат учун олинган намуналарини текшириш натижаларидан келиб чиқилади. Агар бетоннинг бир ёки икки маркаси ишлатилиши кутилатган бўлса унга С/Ц қийматли унга синов қоришмасини тайёрлаш кифоя қилади. Масалан, 0,4 0,55 ва 0,7. С/Ц нинг қиймат даражаси шундай бўлиши керакки, бунда бетонни мустаҳкамлиги белгиланганидан 15-20% кўп ёки кам бетон олишга эришилиши керак. Бетон қоришмасининг ҳаракатчанлиги топшириққа биноан олинади.

Маъруза 13

Бетоннинг мустаҳкамлиги (класси-маркаси)

Мустаҳкамлик – материалнинг юк ёки бошқа омиллар натижасида ҳосил бўладиган ички кучларнинг кучланишлар таъсирида бузилишга, қаршилиқ кўрсата олиш хусусиятини билдиради. Иншоотлардаги материалларга ва турли –сиқувчи, чўзувчи, эгувчи, кесувчи ва буровчи ички кучланишлар таъсир кўрсатиши мумкин.

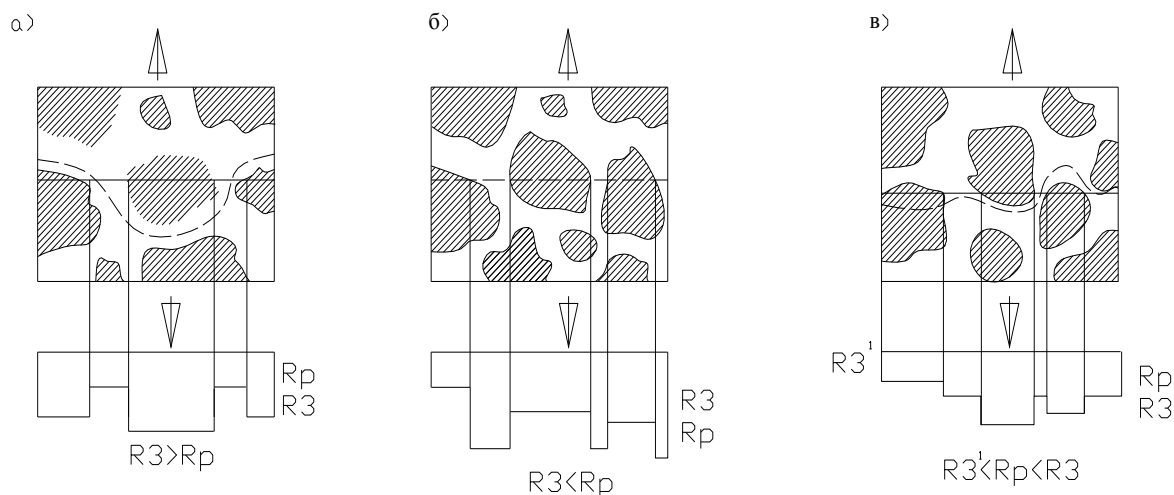
Бетон сиқилишга чидамли, лекин кесувчи кучга ёмон ва чўзилиш таъсирига ундан ҳам (сиқилишга нисбатан 5-50 марта) ёмонроқ қаршилиқ қиладиган материаллар сирасига киради. Шунинг учун қурилиш конструкцияларининг (қурилмаларнинг) лойиҳаси одатда бетон улардаги босувчи кучни қабул қиладиган қилиб тузилади. Чўзувчи кучни олиши лозим бўлган бетон арматура билан мустаҳкамланади. Темир-бетон конструкциялардаги чўзувчи ва кесувчи кучланиш таъсири бундай юкка қаршилиқ даражаси юқори бўлган пўлат арматурага ўтади. Шунинг учун, бетоннинг муҳим сифатларидан бири – унинг сиқилишга мустаҳкамлиги ҳисобланади.

Бироқ шундай конструкциялар ҳам борки (буларга мисол қилиб йўл копланалари, пол ва ҳокозоларни келтиришимиз мумкин) уларда ишлатилган бетон эгилиш вақтида чўзулиш кучланиш қабул қилиши лозим

бўлади. Бундай ҳолатда бетон таркибини лойиҳаси бетонни эгилиш ва чўзилишдаги берилган мустаҳкамлиги кераклигидан келиб чиқиб тайёрлаш лозим.

Физик нуқтаи назаридан қаралганда бузилиш деб жисмнинг бўлакларга ажралиши тушунилади. Материалдаги камчиликлар бузилиш жараёнининг осон бўлишига олиб келади, яъни материалнинг мустатаҳкамлиги камаяди.

Мўрт материаллар, шунингдек бетон ҳам, сиқилиш кучи таъсирига перпендикуляр йўналишда ҳосил бўладиган чўзилишдаги кучланиш ёки маълум юзага таъсир этувчи кесувчи кучланиш таъсирида бузилади.



2.1-расм. Бетоннинг бузилиш характери.

а - тўлдирувчи бузилмаган ҳолда цемент қоришмаси бўйлаб; б - тўлдирувчи доналарининг ёрилиши билан ; в - аралаш ҳолда бузилиши (бузилиш юзаси узик чизик билан кўрсатилган).

Бетоннинг мустаҳкамлиги интеграл хусусият бўлиб у бетоннинг компонентлари, таркиби, тайёрланиш шароити, қотиши, ишлатилиши ва синашга боғлиқ бўлади. Ўз навбатида бетоннинг мустаҳкамлиги унинг бир қанча омиллари билан ҳам боғлиқдир.

Бетоннинг мустаҳкамлиги намунани юк таъсирида синаб кўриш билан аниқланади. Синолда бетоннинг юкка чидамлилиқ даражасини ўрганиб мустаҳкамлигини билиш ягона мақсад эмас, асосий мақсад - эскплуатация шароитида бетонга таъсир этувчи кучлар сўнгги қийматига етмасада унинг кўп йил ишлаши, дарз ҳосил бўлишига чидамлилиги ва бошқа хусусиятларининг етарли эканлигини билишдир.

Бетоннинг юкни қандай қабул қилиши ва бузилиш хусусиятларини кўпчилик олимлар татқиқ этишган. Бузилувчи юзанинг икки хил бўлиши аниқланган (2.1-расм). Биринчи ҳолатда, тўлдирувчининг чўзилишдаги мустаҳкамлиги қоришма ёки цемент тоши мустаҳкамлигидан юқори бўлгандаги бузилиш, тўлдирувчи доналарини четлаб ўтиб қоришманинг ўзида ҳосил бўлади. Иккинчи ҳолатда, тўлдирувчининг мустаҳкамлиги қоришманинг мустаҳкамлигидан кам бўлганда бузилиш қоришма ва

тўлдирувчи доналарида юз беради. Аралаш бузилиш ҳолатлари ҳам бўлиши мумкинки, бунда тўлдирувчи доналари ва қоришманинг мустаҳкамлиги бири-бирига яқин бўлганида бетон структурасининг турли қисмларида ё тўлдирувчи ёки бетон мустаҳкамроқ бўлади.

Бетоннинг бузилиш жараёнини ўрганиш натижасида Б. Г. Скрамтаев бетон мустаҳкамлигининг уч ҳил гипотезасини таклиф этди. Биринчи гипотеза цемент тоши ва тўлдирувчи ўртасида уларнинг қайишқоқлик модулига мос равишда нормал кучланишни тақсимланишига асосланган, яъни қайишқоқлик модули юқори бўлган материалда кучланиш бир жойда тўпланиши ва бўшроқ материаллардан юкни олишни назарда тутган эди. Иккинчи гипотезага кўра сиқилиш таъсирида бетоннинг бузилиши қия юзалардаги кесилишда юз беради. Учинчи гипотеза бўйича бетон сиқилиш таъсирида кўндаланг кенгайиши натижасида бузилади. Бундай бузилиш қуйидаги сабабларга кўра юз бериши мумкин: а) цемент тошининг узилиши; б) цемент тоши ва тўлдирувчини тишлашишини бузилиши; в) тўлдирувчи доналарининг узилиши.

Бетон мустаҳкамлиги гипотезаси текшириб кўрилганда учинчи гипотезанинг ҳақиқатга анча яқинлиги ва биринчи гипотеза қисман тўғри эканлиги маълум бўлди. Бу ҳолат бетоннинг тажриба вақтида юк таъсирида ўзгариши ва бузилиш хусусиятларини тасдиқлайди.

Сўнгги вақтларда кенг тарқалган микроскоп ва ултра товуш билан текшириш усуллари бузилишдан анча олдин бетонда микродарзлар пайдо бўлишини кўрсатди. Кузатилган фактларнинг назарий асосини бетондаги кучланиш майдонини таҳлил этган А.А. Гвоздев ишалб чиқди. Юк натижасида ҳосил бўладиган кучланиш майдони материал турли жинслардан иборат бўлганлиги боис бўладиган кучланиш майдони билан таъсирга киришади ва натижада босим йиғилиб дарз ҳосил бўлишига сабаб бўладиган алоҳида ўринлар пайдо бўлади.

Қатор татқиқотчилар олган натижа ва хулосаларини умумлаштирадиган бўлсак, бетоннинг бузилиш жараёни ҳақидаги замонавий тасаввурлар қуйидагича бўлишини кўрамыз:

1. Бетоннинг бузилиши секин-аста кечади. Олдинига ортикча зўриқиш ҳосил бўлиб сўнг алоҳида микроҳажмда микродарзлар пайдо бўлади. Жараён кучланишни қайта тақсимланиб, материалнинг кўпроқ қисмида дарз ҳосил бўлиб, намунанинг шакли, конструкцияси, ўлчами ва бошқа омиллар таъсирида у ёки бу кўринишдаги яхлит узилиш бўлгунга қадар давом этади. Юклашнинг сўнгги босқичида микробузилиш жараёни беқарор бўлади ва кўчки кўринишига ўтади.
2. Сиқилиш натижасида бетоннинг бузилиши, таъсир этувчи кучга параллел бўлган ажратувчи микроёриқлар пайдо бўлиши билан изоҳланади. Ташқаридан қаралганда намунанинг ҳажми ошгандек кўринади, ҳақиқатда эса материалнинг яхлитлиги бузилади. Микроёриқларнинг кўпайиш жараёни бетон структураси, хусусан, ундаги дефектли ўринларнинг ўлчами, сони, қўйилган юкнинг тури ва тартибига боғлиқ бўлади.

3. Бузилиш жараёнига бетоннинг суюқ фазаси катта таъсир қилади. Сув пластик деформациялар, силжувчанлик деформацияси ва микроёриқлар пайдо бўлишини осонлаштириб, бетондаги структура боғлиқликларни бўшаштиради, унинг мустаҳкамлигини камайтиради. Ушбу омилнинг таъсир даражаси юк тушиши тезлигига боғлиқдир.
4. Бетоннинг мустаҳкамлиги ва шаклини ўзгартирмаслик хусусияти, тўлдирувчи доналарни монолит қилиб бириктирувчи цемент тошига боғлиқ бўлади. Цемент тошининг структура ва хусусияти унинг минерал таркиби, сув цемент нисбати, цементнинг майдалиги, унинг ёши, тайёрланиш шароити ва қўшимчаларнинг котишига боғлиқ бўлади. Сўнгги вақтларда у ёки бу технологик усулларни ишлатиш, масалан, вибрация ёрдамида аралаштириш, қўшимчалар қўшиш орқали бетон мустаҳкамлиги ва шакл ўзгаришига чидамлилигини анча ошириш мумкинлиги исботланди. Баъзи ҳолларда бетоннинг хусусиятлари 1,5-2 мартага ўзгаргани кузатилган. Бетоннинг хусусияти тўлдирувчининг тури, сифати ва таркибига кўпроқ боғлиқ бўлади. Бир ҳил цемент ишлатилган, сув цемент нисбати бир ҳил лекин турли тўлдирувчилар ишлатилган бетоннинг мустаҳкамлиги бир-биридан 1,5-2 марта фарқ қилиши мумкин.

Албатта, бетоннинг бузилиш жараёни ҳақиқатда юқорида айтилгандан кўра мураккаброқ ва жуда кўп бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Ҳозирга қадар бу борадаги мавжуд баъзи фикрлар баҳсли, бошқалари эса исбот талаб этади.

Бетоннинг мустаҳкамлигини аниқлаш натижаларига жуда кўп омиллар таъсир қилади. Ҳатто бир ҳил аралашмадан олинган, бир ҳил шароитда қотган ва битта прессда синаб кўрилган намуналар турли даражадаги мустаҳкамликни кўрсатади. Синаш усулида оғиш бўлса мустаҳкамлик кўрсаткичларидаги фарқ анча катта бўлиши мумкин. Бир нарсани эсда тутиш керакки, бетоннинг синаб кўрилган мустаҳкамлик даражаси материалнинг ўзигагина эмас, қандайдир даражада, синаш усулига ҳам боғлиқ хусусият ҳисобланади. Шунинг учун синаш қоидаларига қатъий амал қилиш ва синовларни максимал даражада бир ҳил ўтказиш лозим.

Юқоридаги сўзимизнинг исботи учун бетонни сиқилишдаги мустаҳкамлигига намуналарни тайёрлаш ва синаш билан боғлиқ бўлган турли омилларнинг қандай таъсир қилишини кўриб чиқамиз. Шартли равишда бу омилларнинг уч гуруҳга бўлиш мумкин: технологик, методик ва статистик омиллар.

Сўзимизнинг аввалида бетоннинг мутлақ бир ҳил структурали намуналарни олиш имкони йўқ, деб айтган эдик. Бетон алоҳида компонентлари тақсимланишида, пайдо бўлаётган дефектлар (ғоваклар, микродарзлар) тизимида, (цемент ва тўлдирувчи) таркибидаги доналар хусусиятида (кам бўлса ҳам) фарқ бўлади. Натижада материал қайсидир даражада бир ҳил бўлмасдан синов натижаларига таъсир қилади.

Намунани тайёрлаш ва унинг сифати билан боғлиқ омиллар технологик омил ҳисобланади. Синов натижаларига намуна қирраларининг

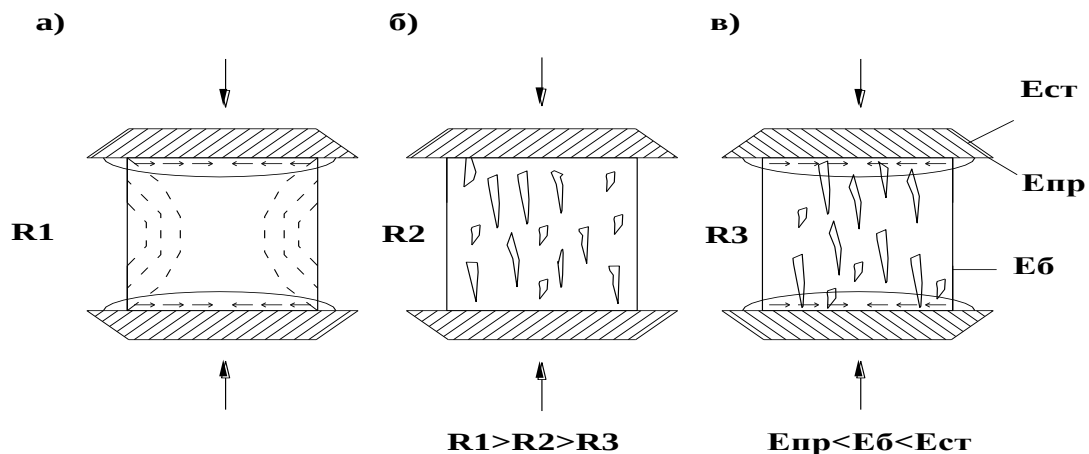
параллеллиги, тўғрилиги, юзасининг нотекислиги ва тайёрланиш шароити таъсир қилади. Мисол учун кўп сув ишлатилган пластик қоришмадан бетон намунаси тайёрланганда кўпинча тўлдирувчи доналари остида, седиментация натажасида, бўшашган ўринлар пайдо бўлади. Ёнламасига қўйиб синалган намуналар сиқилиш таъсирига туширилганда, яъни бўшашган бўшлиқ сиқувчи кучининг йўналишига мос келганда натижа паст бўлади.

Бундай ҳолатда бўш жойларнинг мавжудлиги намунанинг горизонтал йўналишдаги тортувчи кучга қаршилигини жиддий камайтиради ва унинг бузилишига олиб келади. Ён томони билан қўйиб синалган намунанинг мустаҳкамлиги намуна қолиплаган ҳолатда синалганидан 15-20 фоиз кам бўлиши мумкин. Шунинг учун синаш вақтида айтиб ўтилган омилларни албатта ҳисобга олиш ва намуналарни прессга бир ҳил ҳолатда қўйиш керак. Қўшимча мустаҳкамликка эга бўлиш учун кубни одатда ён томонига қўйиб синаб кўрилади.

Методик омилларга синаш усулининг турли жиҳатлари киради ва уларнинг ҳар бири синаш натижаларига таъсир қилади. Пресснинг конструкцияси ва хусусиятлари, намунанинг ўлчами, пресс билан намуна бир-бирига таъсир қилиш шароити, юклаш тезлиги, бетоннинг намлиги якуний натижага — бетоннинг мустаҳкамлик чегарасини билишга катта таъсир қилиши мумкин.

Бетон намунаси прессда синаб кўрилганда кучланиш намунадан ташқари пресс плиталарида ҳам ҳосил бўлади. Пўлатнинг эластиклик модули бетон эластиклик модулидан юқори бўлгани учун пресс плитасида ҳосил бўладиган бир ҳил йўналишдаги деформациялар, шу жумладан, чўзувчुकучланишлар таъсирида бўладиган кўндаланг деформация ҳам бетон деформациясига нисбатан кам бўлади. Пресс плиталари ва намуна ўртасига ишқаланиш кучи таъсир этади, натижада прессга тегиб турган бетон намуна юзасидаги деформация билан плита деформацияси бир ҳил бўлади. Ушбу деформациялар бошқа қесимлардаги деформациялардан анча кам бўлади ва деформациялар чегаравий микдорга етиб ёриқлар кўпайганда намуна бузилиб кетади.

Пресс плитаси унга тегиб турган бетон қатламларининг деформациясини камайтириб уларни тутиб туради ва бузилишдан сақлайди. Бу ҳодиса обойма эффекти деб аталади ва деформация намунанинг ўрта қисмида айниқса кўпроқ бўлгани учун бетон кублар бир-бирига ўхшаш тарзда бузилади (2.2, а-расм).



2.2-расм. Турли синаш шароитларида бетон кубларининг бузилиш характери.

а - синашнинг оддий схемаси (узиқ чизиқлар билан тахминий таъсир худудлари кўрсатилган); б - таянч юзларига махсус мой суртилганда; в - ўзгарувчан мосламани қўланганда.

2.3-расм. Намуна ўлчамларининг бетон мустаҳкамлигига таъсири.

Пресс билан намунанинг бир-бирига таъсирини ўзгартириш ва синов натижасида намунада ҳосил бўладиган кучналиш ҳолатини бошқача қилиш мумкин. Масалан, мой суртиб намуна билан пресс плитаси ўртасидаги ишқланиш йўқотилса бузилишнинг характери ўзгаради (2.2,б-расм), намуна параллел вертикал ёриқлар натижасида парчаланиб кетади ва обойма эффектининг тутиб турувчи таъсири йўқолганлиги боис мустаҳкамлик 20-30 фоизга камаяди.

Бироқ синовларда бу усул қўлланилмайди, нимагаки, ишқаланишни батамом йўқ қилиш мумкин эмас ва мой ишқаланиш коэффициентини қандайдир даражада камайтиради, ҳолос. Ишқаланишнинг ўзи эса бетон структурасининг мустаҳкамлиги ва бир қанча бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Мойлаш синов шароитининг ноаниқ бўлишига олиб келади, натижалардаги фарқни ошириб юборади. Шунинг учун бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлигини билиш учун обойма эффектининг тутиб турувчи таъсирини йўқ қилувчи бошқа усул, яъни, призмаларни синаш усули қабул қилинди.

Агар пресс плитаси билан намуна ўртасига деформация модули бетон деформацияси модулидан кам бўлган қалин қоплама қўйилса унда бетон деформациясидан юқори бўлган чўзилиш деформацияси ҳосил бўлади, натижада қоплама бетоннинг парчаланишига ёрдам беради ва назорат кубларининг мустаҳкамлиги стандарт усул билан синалгандан 35-50 фоиз кам бўлиб чиқиши мумкин(2.2, в-расм).

Обойма эффекти сабабли синов натижасига намунанинг ўлчам ва шакли катта таъсир қилади. Обойма эффекти бетоннинг пресс плитасига тегиб турган юқа қатламида ҳосил бўлади. Шунинг учун пресс плитаси қанча кенг очилган бўлса, яъни намунанинг ўлчами қанча катта бўлса, обойма эффекти ҳам шунча кам бўлиб синовлар вақтида бир хил бетондан олиниб бир хил шароитда қотирилган намуналар мустаҳкамлиги анча кам

эканлиги маълум бўлади. Бетон маркаси аниқланганда одатда қуйида кўрсатилган, турли ўлчамдаги кубларни синаш натижасида олинган бетон мустаҳкамлигини $15 \times 15 \times 15$ см ўлчамли кублар мустаҳкамлигига ўтказиш коэффициенти ишлатилади.

Призмалар синаб кўрилганда бетоннинг ўлчами мустаҳкамликка таъсир қилиши айниқса кўпроқ маълум бўлади. Агар пресс плиталари ўртасидаги масофа кенгайтириб ўзгартирилса ва оралик h/a ўзгартириб турилса (2.3-расм) мустаҳкамлик бир неча маротабагача ўзгариши мумкин - юқа намуналарда у баланд призмаларга қараганда 2-3 марта каттароқ бўлади. Оғир бетондан ясалган призмаларнинг мустаҳкамлиги кубларни синаш кўрсаткичидан 20-30% кам бўлади. Тажрибалардан маълум бўлдики, $h/a > 3$ бўлганда, h/a қиймати бундан катталашиши билан бетон мустаҳкамлиги ўзгармайди, яъни обойма эффекти ва бошқа омилларнинг таъсири деярли йўқ бўлади, шунинг учун темир-бетон конструкцияларни лойиҳалаштирганда конструкциялардаги бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлигини юқори даражада характероловчи призма шаклидаги бетоннинг мустаҳкамлиги олинади.

Обойма эффектининг таъсир даражаси бетоннинг тури ва хусусиятига ҳам боғлиқ бўлади. Бўш ва кўпроқ деформацияланадиган бетонда пресс плиталари деформациясининг таъсири тез томон бўлади ва намунанинг камроқ қисмига таъсир қилади, натижада обойма эффектининг таъсири камаяди. Шунинг учун паст маркадаги енгил бетонлар учун маълум даражагача турли ўлчамдаги кублар мустаҳкамлигини бир ҳил қилиб қабул қилиш мумкин. Бетон структураси ва мустаҳкамлиги унинг призмали мустаҳкамлигига таъсир қилади. $R_{пр}/R_{куб}$ нисбати оғир бетон учун 0,6 дан 0,9 гача, енгил бетон учун эса 0,65дан 1 гача ўзгариши мумкин.

Бироқ турли ўлчамдаги намуналарни синаш вақтида мустаҳкамлик кўрсаткичлари турлича бўлишини обойма эффекти билангина тушунтириб бўлмайди. Бунда бошқа омиллар борлигини ҳам назарда тутиш керак. Намуна қанча катта бўлса унда бетон мустаҳкамлигини камайтирувчи катта дефектлар ҳосил бўлиши ҳам шунча кўп бўлади. Маълум маънода бетон бузилишига насбатан ишлатиладиган материалларнинг мўрт бузилиши назарияси статистик маълумотларига асосан, мустаҳкамлик чегараси R ўртача кўрсаткичининг намуна ҳажмига V боғлиқлиги қуйидаги формула билан ифода этилади

$$R = R_0 \left[a + b \left(\frac{V_0}{V} \right)^{1/\alpha} \right], \quad (2.1)$$

бу ерда R_0 – стандарт намунанинг мустаҳкамлик чегараси; a , b , α - эмпирик коэффицентлар; V_0 – стандарт намунанинг ҳажми.

Тажриба натижаларига кўра $a=0,45 - 0,7$; $b=0,4 - 0,6$; $\alpha=3$ деб қабул қилинган. Бироқ коэффицентлар бундан ҳам кўпроқ ўзгариши мумкин.

Синовлар вақтида масштаб, пресс конструкцияси, статистик ва технологик омиллар таъсирини ажратишнинг деярли имкони йўқ ва шунинг

учун юқоридаги формула қайсидир маънода турли омиллар таъсирини акс эттиради.

Намуналар турли ўлчамда тайёрланганда мустаҳкамликни аниқлашнинг сўнгги натижасига технологик факторлар ҳам таъсир қилади. Бундай намуналарда структура турли даражада жипслашган ёки турли ҳарорат-намлик шароитида қотган бўлиши мумкин, ташқи омиллар ва киришиш таъсирида кучланиш даражаси турлича бўлиши мумкин ва ҳ.к. Буларнинг ҳаммаси бетон структурасини шаклланиши, назорат намуналарининг мустаҳкамлигига таъсир қилиши мумкин.

Технологик жараёни ташкил қилиш ҳам маълум даражада таъсир қилади. Мустаҳкамликнинг статик назарияси жараён қанча яхши ташкил этилган ва бетон мустаҳкамлиги коэффиценти турлилиги қанчалик кам бўлса масштаб таъсири ҳам шунчалик кам бўлади.

Конструкциянинг иш чизмалари ёки буюм стандартларида одатда бетоннинг қандай мустаҳкамлиги талаб этилиши ёки унинг маркаси кўрсатилган бўлади. Оғир бетоннинг маркаси ишлатиладиган бетон қоришмасидан металл қолипларда тайёрланган ва нормал (ҳарорат 15-20°C, ҳавонинг нисбий намлиги 90-100%) шароитда 28 кун қотгандан сўнг синалган 15x15x15 см ўлчамли стандарт бетон кубларни сиқилишга мустаҳкамлик чегараси (10^{-1} МПа) бўйича аниқланади. Қурилиш меъёрлари ва қоидалари оғир бетоннинг қуйидаги маркаларини белгилаб беради: М 50, М 75, М 100, М 150, М 200, М 250, М 300, М 350, М 400, М 450, М 500, М 600 ва ундан юқори (М 100 дан ошиб боради). Ишлаб чиқаришда бетоннинг кўзда тутилган маркаси бўлишини таъминлаш зарур. Белгиланган бетон маркаси 15 фоиздан ошиқ бўлмаслиги керак, акс ҳолда бу ҳол цементнинг ортиқча ишлатилишига сабаб бўлади.

15x15x15см ўлчамдаги кублар тўлдирувчи донасининг энг катта ўлчами 40мм бўлганда ишлатилади. Донанинг ўлчами бошқача бўлганда бошқа ўлчамдаги кубларни ишлатиш мумкин, бироқ назорат бетон намунаси қовурғасининг ўлчами тўлдирувчининг энг катта донасидан уч марта катта катта бўлиши керак. 15x15x15см ўлчамдаги бошқа кублар билан бетон маркасини аниқлаш учун тажрибада олинган бетон мустаҳкамлиги кўрсаткичи қуйидаги ўтиш коэффицентларига кўпайтирилади:

Кубнинг ўлчами, см 7x7x7 10x10x10 15x15x15 20x20x20

Коэффициент	0,85	0,85	1	1,05
-------------	------	------	---	------

Амалда юқоридаги коэффицентлардан анча четлашиш кузатилади, чунки уларнинг кўрсаткичи пресс плиталари таянчининг бикирлиги, бетоннинг маркаси ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Аниқроқ натижага эришиш учун пресс таянч плиталарининг қалинлиги синалаётган куб қовурғасининг ярмидан кам бўлмаслиги керак. Бу ҳолда ҳақиқий ўтиш коэффицентлари тавсия этилганидан кўпроқ бўлиши мумкин ва бетон шу ҳол ҳисобга олиниб лойиҳаланса конструкциянинг қўшимча мустаҳкамлиги ошади.

Енгил бетоннинг ҳам маркаси 15x15x15см ўлчамли кубларни сиқилиши бўйича аниқланади. Бошқа ўлчамдаги кублар синалганда ўтиш коэффицентлари қўлланилмайди. Енгил бетоннинг қуйидаги маркалари мавжуд: М 25, М 35, М 50, М 75, М 100, М 150, М 200, М 250, М 300, М 350, М 400.

Йиғма темир-бетон конструкциялар тайёрланганда, шошилиш иш бажарилиб тез қотадиган цемент ишлатилганда ёки цементни тез қотириш усуллари ишлатилганда унинг мустаҳкамлиги қисқа муддат қотганидан сўнг, масалан, 1, 3 ва 7 кундан сўнг синаб кўрилади. Аксинча монолит қурилмаларда ишлатиладиган ва секин қотувчи цемент ишлатилганда бетоннинг қотиш муддати 28 кундан кўп ҳолида белгиланиши мумкин (60, 90 ва 120 кун). Бетон қотишининг белгиланган муддати ошганда цемент кўпроқ тежалади. Белгиланган қотиш муддати техник ва иқтисодий жиҳатдан асосланган бўлиши керак.

СТ СЭВ 1406-78 талаблари асосида лойиҳалаштириладиган конструкциялар учун бетоннинг сиқилишга чидамлилиги класслар билан белгиланади. Бетоннинг классси сиқилишга чидамлилик кафолати 0,95 фоиз таъминланганлик билан белгиланади. Бетонлар қуйидаги классларга бўлинади: В1; В1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60. В классдаги бетондан ишлаб чиқаришда 15x15x15см намуналар билан назорат қилинадиган бетоннинг ўртача мустаҳкамлигига (МПа) ўтиш учун (ўзгариш коэффицентлари 13,5 фоиз бўлган ҳолда) $R_{\sigma}^{yp} = B/0,778$ формуласи ишлатилади. Мисол учун В5 класс учун ўртача мустаҳкамликни қуйидагича чиқарамиз: $R_{\sigma}^{yp} = 6,43$ МПа, В40 класс учун эса $R_{\sigma}^{yp} = 51,4$ МПа ишлатилади.

Бетон таркибини тўғри аниқлаш учун унинг мустаҳкамлиги цемент ва тўлдирувчининг сифатли бўлиши, ташкил этувчиларни ўзаро нисбати ва бошқа омилларга боғлиқ эканлигини тушуниш керак. Бетоннинг мустаҳкамлиги нормал шароитда ва белгиланган муддатда қотгач асосан цементнинг мустаҳкамлиги (фаоллиги) ва сув цемент нисбатига боғлиқ бўлади. *СУВ/ЦЕМЕНТ* нисбати дейилганда янги тайёрланган бетон аралашмасида сув массасининг цемент массасига нисбати тушунилади. Бунда эркин, яъни тўлдирувчи шиммаган сув ҳисобга олинади. Цементнинг мустаҳкамлиги ошганда ёки сув цемент нисбати камайганда бетоннинг ҳам мустаҳкамлиги ошади. Бу боғлиқликни қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$R_{\sigma} = \frac{R_u}{A(C/\Pi)^{1/2}}, \quad (2.2)$$

бу ерда: R_{σ} – нормал ҳароратда 28 кундан сўнг бетоннинг мустаҳкамлиги; R_u – цементнинг фаоллиги; C/Π – сув цемент нисбати; A – бошқа омиллар таъсирини ҳисобга олувчи коэффицент.

Бетон мустаҳкамлигининг сув цемент нисбатига боғлиқлиги гиперболик ёй тарзида ифода этилади (2.4-расм). Бетон мустаҳкамлигининг сув цемент нисбатига боғлиқлиги бетон структураси қоплашининг физик

моҳиятидан келиб чиқади. Цемент гидратация жараёнини ўрганиш цемент қотганда, қотиш муддати ва сифатига қараб, ўз вазнининг 15-25% миқдорида сувни бириктиради. Биринчи бир ой давомида сув цемент вазнининг 20 фоизидан ортиқ боғланмайди. Шу билан бирга бетон қоришмасига пластиклик бериш учун унга анча кўп (цементнинг 40-70 фоизи миқдорида $C/Ц=0,4 - 0,7$) сув қўшилади. Чунки $C/Ц=0,2$ бўлганда бетон қоришмаси деярли қуруқ бўлиб уни сифатли аралаштириш ва ишлатишнинг имкони бўлмайди. Цемент билан кимёвий реакцияга киришмайдиган ортиқча сув бетон ичида сув қатлами ва сув капиллярлари сифатида қолади ва ғовак қолдириб буғланиб кетади. Иккала ҳолатда ҳам бетон ғоваклар бўлгани учун заифлашади ва шунинг учун $C/Ц$ қанча кўп бўлса бетоннинг мустаҳкамлиги шунча камайдиган. Сув цемент нисбати қонуни моҳиятан бетон мустаҳкамлигининг зичлик ва ғовакликка боғлиқ эканлигини кўрсатади.

Бетон мустаҳкамлигининг сув цемент нисбатига боғлиқ эканлиги маълум чегара доирасидагина бажарилади. Сув цемент нисбати жуда паст бўлган ҳолатларда, цемент ва сув сарфи кўпайтирилган шароитда ҳам, қулай жойлашувчан бетон қоришмасини олиб бўлмайди, бетон керакли даражада зич бўлмайди. Шунинг учун $R_6 = f(C/Ц)$ бузилади. $C/Ц$ нисбати яна камайтирилган билан бетоннинг мустаҳкамлиги ошмайди, сўнграқ эса у камай бошлайди. Бетон мустаҳкамлигини камайишида цемент гидратацияси учун, цемент билан бевосита таъсирга киришган сувга нисбатан маълум даражада (2-3 марта) кўпроқ сув кераклиги ҳам таъсир қилади. Бу ортиқча миқдорни белгиланган миқдоридан камайитириш гидратацияни секинлаштиради, бу эса ўз навбатида бетоннинг мустаҳкамлигини камайтиради.

2.4-расм. $C/Ц$ ва $R_ц$ нисбатига бетон мустаҳкамлигининг боғлиқлиги ($1 : n$ - цемент массасининг тўлдирувчи массасига нисбатан, $R_ц > R_6$).

2.5-расм. $C/Ц$ нисбатига бетон мустаҳкамлигининг боғлиқлиги.

Мустаҳкамликнинг сув цемент нисбатига боғлиқлиги бетон бир хил материалда, бетон қоришмасини ҳаракатчанлиги яқин бўлганда ҳамда бетонни тайёрлаш ва ётқизиш технологиялари бир хил бўлганда синаб кўрилади. Бетон мустаҳкамлигига, $R_ц$ ва $C/Ц$ дан кам бўлса ҳам, цементнинг тури, тўлдирувчининг хусусияти, намуналарни тайёрлаш усули ва бошқа омиллар ҳам сезиларли таъсир қилади.

Шундай қилиб, амалда $R_6 = f(C/Ц)$ таъсирини кўрсатувчи аниқ бир ёй эмас, бетон мустаҳкамлигини ўзгарувчанлигини ҳисобга олинганда бошқа омилларнинг таъсири билан ҳосил бўлган кўп тажрибаларнинг натижаси жойланади. Бироқ, ҳисоб-китобларни осонлаштириш учун R_6 нинг $C/Ц$ га боғлиқлигини кўрсатувчи ўртача ёйлар ёки уларнинг формулалари ишлатилади. Бетон мустаҳкамлиги формулаларида цемент, тўлдирувчи ва

бошқа омилларнинг таъсири одатда эмпирик коэффициентлар билан ҳисобга олинади.

Амалда бетон мустаҳкамлигининг у ёки бу ўртача ёй ёки формула белгиллаган ҳисоблардан оғанлигини кўришимиз мумкин. Баъзи ҳолларда ҳақиқий мустаҳкамлик ҳисобдагисидан 1,3-1,5 марта фарқ қилиши мумкин. Шунинг учун бетон таркиби лойиҳалаштирилаётганда ҳисоб билан олинган таркиб назорат қоришмаси билан текширилади.

Бетон технологияси ривожланиши билан унинг мустаҳкамлигига таъсир қилувчи омиллар ҳам кўпайиб бормоқда. Нимагаки, цемент, тўлдирувчиларнинг тури кўпаяпти, тайёрлашнинг янги технологиялари пайдо бўлаяпти. Шунинг учун кўзда тутилган технология асосида ишлатилиши лозим бўлган материалларда бетонни синаб кўриш яна ҳам катта аҳамият касб этади. Иш ҳажми катта бўлганда ҳам синов ишлари мажбурий ўтказилиши лозим. Нимагаки улар бетон мустаҳкамлигининг сув цемент нисбати ва бошқа омилларга янада ишончли боғлиқлигининг беради ва улардан кейинчалик ҳам фойдаланиш зарур. Агар дастлабки синовлар ўтказилмаган бўлса бу боғлиқликни иш давомида, бетоннинг назорат синовларида аниқлаш мумкин.

Одатда қурилиш практикасида ушбу объект ва заводда ишлатиладиган материал ва технологиялар ишлаб чиқариш давомида алмаштирилмайди ва шунинг учун турли мустаҳкамликдаги бетон олишнинг асосий омили сув цемент нисбати бўлиб қолади. Бу эса сув цемент нисбатининг бетон технологиясидаги аҳамиятини яна бир марта таъкидлаб ўтади.

Бетон таркибини аниқлаш учун унинг мустаҳкамлиги сув цемент нисбатига боғлиқлиги эмас, мустаҳкамликнинг сув цемент нисбатига тескари боғлиқлиги қулайроқдир. Цемент-сув нисбати 1,3дан 1,5гача ўзгарганда бу боғлиқлик тўғри чизикли бўлиб қуйидаги формула билан ифодаланиши мумкин:

$$R_b = AR_y [(Ц/C) - D], \quad (2.3)$$

бу ерда R_b – 28 кунлик бетоннинг мустаҳкамлиги; $Ц/C$ цемент-сув нисбати; A ва D бетон мустаҳкамлигига тўлдирувчи бошқа омиллар таъсирини ҳисобга олувчи эмпирик коэффициент; ўртача олганда $A=0,6$; $D=0,5$.

Юқоридаги боғлиқликлар 2.2 ва 2.3 фақат ҳаракатчан бетон қоримаси ишлатилганда ҳосил бўладиган тарзда зич ётқизилган ҳолатгагина тўғри келади. Бикир бетон қоришмаларни яхшилаб зичлаш учун алоҳида усуллардан фойдаланиш керак бўлади (вибрациянинг кўпроқ бўлиши, кучли шиббалаш, прокатлаш, пресслаш ва ҳокозо). Бетон зичланганда унинг орасида ҳаволи ғовак қоладиган бўлса бу ғоваклар ҳажми сувдан қоладиган ғоваклар ҳажмига қўшилади ва формулага C ўрнига $C+CC$ қўйилади. Бу формулада CC ҳаво ғовакларининг ҳажмини билдиради.

Йиғма темир-бетон конструкциялардаги буғлантириладиган бетоннинг мустаҳкамлигини, юқоридаги формулалар билан аниқлаш мумкин. Бунда буғлантирилгандан сўнг 1 кун ўтгач бетоннинг мустаҳкамлиги маркасининг 70 фоизини ташкил этади, деб ҳисобланади ёки тажриба ёрдамида олинган боғлиқликлар билан чиқарилади.

Бетон мустаҳкамлигининг цемент-сув нисбатига боғлиқлиги ва цементнинг фаоллиги битта формула билан ифода этилмайди. Аслини олиб қараганда, бу боғлиқлик кўпинча соддалаштириб айтишгани каби тўғри чизикли бўлмайди. У анчагина мураккаб ёй билан ифода этилади (2.5-расм). Бироқ практик мақсадлар учун бу ёйни иккита тўғри чизик билан алмаштириб бетон таркибини ҳисоблаш учун иккита эмпирик формулани ишлатиш мумкин:

$$C/U \geq 0,4 (U/C \leq 2,5) \text{ бетонлар учун} \\ R_6 = AR_u [(U/C) - 0,5]; \quad (2.4)$$

$$C/U \leq 0,4 (U/C \geq 2,5) \text{ бетонлар учун} \\ R_6 = A_1 R_u [(U/C) + 0,5] \quad (2.5)$$

бу ерда R_u – портландцементнинг ўз. РСТ билан белгиланган мустаҳкамлиги
А ва A_1 коэффицентлар қийматлари 2.1-жадвалга асосан қабул қилинади.

А ва A_1 коэффицентларининг (2.*) ва (2.*) формулалардаги қийматлари.

2.1-жадвал

Бетон материали	А	A_1
Юқори сифатли	0,65	0,43
Оддий	0,6	0,4
Паста сифатли	0,55	0,37

И з о х. Юқори сифатли материал: зич тоғ эгинсларидан олинган чақик тош, оптимал йирикликдаги қум ва фаоллиги юқори бўлган, қўшимча аралаштирилмаган ёки аралашма миқдори минимал бўлган портландцемент; тўлдирувчилар тоза, ювилган, доналари оптимал даражада сараланган. Оддий материаллар: ўрта сифатли тўлдирувчилар, шу жумладан шазал, фаоллиги ўрта даражада бўлган портландцемент ёки маркаси юқори бўлган шлакопортландцемент. Паст сифатли материаллар: мустаҳкамлиги паст йирик тўлдирувчилар, майда қумлар, фаоллиги паст цементлар.

Юқоридаги формулалар зичлик даражаси 0,98дан кам бўлмаган ҳолатга келтирилиб вибратор билан зичлаштирилган ўрта даражадаги бикир ва ҳаракатчан бетон қоришмалар учун мос келади. Бетон таркиби аниқланганда мустаҳкамлик формуласи одатда сув цемент нисбатини тайинлаш учун ишлатилади. У ёки бу ҳолатда қайси формулани ишлатишни билиш учун, портландцемент мустаҳкамлигини аниқлашда кўп ишлатиладиган, $B/C=0,4$ бўлганда бетон билан цементнинг мустаҳкамлигини солиштирамиз. Бу ҳолатда ўртача

$$R_6 = 0,6R_u (2,5 - 0,5) = 1,2R_u . \quad (2.6)$$

Шундай қилиб, бетоннинг мустаҳкамлиги (А 0,55 дан 0,65 гача ўзгарганда) нормал цемент қоришмасидан 10-30% юқорироқ бўлиши кузатишмоқда. Буни қуйидагича изохлаш мумкин: бир томондан цемент қоришмасининг структураси ва тайёрланишини ўзига хослиги сабаб, ғоваклиги бетондан (3-5%) кўпроқ бўлади. Бошқа томондан бир фракция волск қуми ишлатилишини ҳам ҳисобга олиш лозимки бу ҳолат қоришманинг мустаҳкамлигини камайтиради (тажрибага кўра, волск қуми кўшилган қоришманинг мустаҳкамлиги, сув цемент нисбати бир хил

бўлганда, яхши қурилиш куми қўшилган қоришма мустаҳкамлигига кўра камроқ бўлган).

Шундан келиб чиққан ҳолда 2.4 формулани қуйидаги ҳолларда қўллаш лозим бўлади:

$$A = 0,65 R_{\sigma} \geq 1,3 \text{ бўлганда}$$

$$A = 0,6 R_{\sigma} \geq 1,2 \text{ бўлганда}$$

$$A = 0,55 R_{\sigma} \geq 1,1 \text{ бўлганда}$$

Йўл ва аэродромлар қурилишида ишлатиладиган оғир бетонлар учун бетон маркасини, квадрат балкачаларни синаш йўли билан аниқланиб, эгилишдаги чўзилишга мустаҳкамлигига қараб танланади. Балкачани узунликнинг 1/3 оралиқ билан синаб кўрилади.

Стандарт балкачаларнинг ўлчами

2.2-жадвал

Тўлдирувчининг энг йирик донасининг ўлчами, мм	Балкачанинг ўлчами, мм		
	кесм юзаси	узунлиги	таянчлар ортасидаги масофа
30	100x100	400	300
50	150x150	600	450
70	200x200	800	600

Эгилишдаги чўзилишга мустаҳкамлилик чегараси $R_{\text{эгл}}$, МПа, қуйидаги формула билан ҳисобланади

$$R_{\text{эгл}} = k P_{\text{max}} / b h^2, \quad (2.7)$$

бу ерда P_{max} – бузувчи куч кН; b – намунанинг эни, см; h – намунанинг баландлиги, см; k – қуйидагига тенг қабул қилинадиган коэффициент: балкачалар учун узунлик:

40 см	$k = 31,5$
50 см	$k = 45$
80 см	$k = 57$

2.6-расм. Бетоннинг эгилишга (1) $R_{\text{эг}}$ ва чўзилишга (2) $R_{\text{ч}}$ мустаҳкамлигини сиқилишига бўлган мустаҳкамлигига нисбатан боғлиқлиги.

2.7-расм. Хар-хил таркибдаги бетонлар мустаҳкамликларини тақсимланишининг эгри чизиқлари ва меъёрий қаршиликлардан паст мустаҳкамликларнинг юзага келиш эҳтимоллари.

2.8-расм. Меъёрий қаршиликларни доимий таъминланиш учун бетоннинг ўртача мустаҳкамлигини бир жинслилигига боғлиқлиги.

Бетоннинг эгилишга мустаҳкамлилиги унинг сиқилишга мустаҳкамлилигидан бир неча марта кам бўлади. Бетоннинг эгилишдаги чўзилишга бўлган маркалари: М 5; М 10; М 15; М 20; М 25; М 30; М 35; М 40; М 45; М 50.

Бетоннинг сиқилишга мустаҳкамлиги қайси омилларга боғлиқ бўлса унинг эгилишга мустаҳкамлиги ҳам ўша омилларга боғлиқ бўлади, бироқ иккинчи ҳолатда миқдорий боғлиқликлар бошқача ҳосил бўлади. Бетоннинг маркаси ошиши билан $R_{\text{сик}}/R_{\text{эгл}}$ нисбат ҳам ошиб боради (2.6-расм). Амалиётда бетоннинг эгилишга мустаҳкамлилигини 6 МПа дан ошириш қийин бўлади.

Цементнинг эгилиш фаоллиги ўз РСТга мувофиқ ҳисобланса бетоннинг эгилишга мустаҳкамлилиги цемент сифатига боғлиқлигини яна ҳам аниқроқ ҳисоблаб чиқарса бўлади. Бунинг учун ҳисоб-китобларда қуйидаги формулани ишлатиш мумкин

$$R_{\text{эгл}} = (A_n R_{\text{ц}}^1 - 0,2), \quad (2.8)$$

бу ерда $R_{\text{эгл}}$ – бетоннинг эгилиш маркаси; A_n – эмпирик коэффициент бўлиб юқори сифатли материаллар учун 0,42, оддий материаллар учун 0,4 ва паст сифатли материаллар учун 0,37 га тенг деб олинади; $R_{\text{ц}}^1$ = цементнинг эгилишдаги фаоллиги.

Бетоннинг ёши ортиб борган сари унинг эгилиш ва чўзилишга мустаҳкамлилиги сиқилишга мустаҳкамлилигига қараганда секинроқ ошади ва $R_{\text{чўз}}/R_{\text{сик}}$ камаяди.

Бетоннинг сифатини унинг ўртача мустаҳкамлиги билангина баҳолаб бўлмайди. Амалиётда бу ўлчамдан четга чиқиш кўп бўлишини кузатиш мумкин. Цемент фаоллигининг ўзгариб туриши, унинг нормал куюқлиги, минерологик таркиби, тўлдирувчиларнинг хусусияти, бир-биридан сал бўлса ҳам фарқ қиладиган доналари, тайёрлаш ва қотиш тартиби, материалларнинг дозировкаси, аралаштириш ва қотириш тартиби бетон структураси турлича бўлишига сабаб бўлади. Натижада бетоннинг баъзи ўринлари бошқасидан озми-кўпми фарқ қилиши мумкин, бу эса ўз навбатида ишлатиладиган материалнинг хусусияти ва технологик жараённинг бир маромда бўлишига боғлиқ бўлади. Демакки, бетоннинг мустаҳкамлик, зичлик, ўтказувчанлик, совуққа чидамлилиқ ва бошқа хусусият кўрсаткичлари ўзгариб туради. Бетоннинг бир хиллигини баҳолаш учун статистик усуллар ишлатилади. Яъни, бетоннинг сифати унинг ўртача мустаҳкамлиги (ёки тегишли кўрсаткичлар мажмуи) ва бир хиллиги билан белгиланади. Бир хиллик эса мустаҳкамлик коэффициенти (ёки бошқа кўрсаткичлар)нинг ўзгаришига қараб баҳоланади.

Бетон ва темир-бетон конструкциялар лойиҳа қилинганда бетоннинг (бетон маркасининг) нормадаги ўртача мустаҳкамлиги эмас, балки бетон мустаҳкамлиги кўрсаткичлари турлилигини ҳисобга оладиган, бундан ташқари конструкциянинг хавфсиз ишлашига кафолат берадиган муайян коэффициентлар қўшилган ҳисобий қаршилик кўрсаткичлари олинади.

Ҳисобий қаршилик кўрсаткичлари қуйидаги формула билан ҳисобланади

$$R_{uco} = R^H / k = R(1 - 2v^H) / k, \quad (2.9)$$

бу ерда R^H – бетоннинг норматив қаршилиги; k – бетоннинг хавфсизлик коэффиценти; R – бетон маркаси (нормалаштириладиган ўртача мустаҳкамлик); v^H – бетон мустаҳкамлиги ўзгаришини баҳолаш коэффиценти; ҚМҚ бўйича ўртача ифода $v^H = 13,5\%$.

Хавфсизлик коэффиценти бўлган k баъзи салбий омиллар натижасида конструкциянинг заифлашишини ҳисобга олади. Масалан, назорат намуналари ва конструкциядаги бетон мустаҳкамлигининг мос келмаслиги, буюм ва конструкция ўлчамлари дан оғиш, арматурани лойиҳа асосида жойлаштиришдан четга чиқиш, нотасодиқий ишлаб чиқариш хатолари ва ва бошқа омиллар шулар жумласига киради.

Агар бетоннинг ҳақиқий ўртача мустаҳкамлиги бетоннинг лойиҳадаги маркасига мос келса, фарқий коэффицент ўртача олганда 13,5% бўлса норматив қаршилик 97,7% таъминланган бўлади. Яъни 1000 ҳолатдан 977 тасида бетоннинг ҳақиқий мустаҳкамлиги унинг норматив қаршилигидан юқори бўлади.

Ҳақиқатда фарқий коэффицент ўртача кўрсаткичдан бошқача бўлиши мумкин ва бунинг натижасида бетоннинг қўшимча мустаҳкамлик кўрсаткичи ўзгаради. Технология яхши тартибга солинган корхона ва қурилишларда фарқ қилиш коэффиценти 4-6% камайиши мумкин. Сифати етарли бўлмаган, хусусиятларидаги ўзгаришлари катта бўлган материаллар ишлатилганда, технологик жараён ёмон ташкил этилганда фарқ қилиш коэффиценти 20-25 фоиз бўлиши ҳам мумкин.

2.7-расмда ўртача мустаҳкамлик даражаси доимий (бетон маркаси) бўлиб бир хиллик (фарқий коэффицент) ўзгарганда мустаҳкамликнинг норматив қаршиликдан паст бўлиш ҳолати кўрсатилган. Бир хиллик кўрсаткичи қанча кам бўлса, фарқий коэффицент шунча юқори бўлади, конструкцияларда мустаҳкамлиги норматив қаршиликдан кам бўлган бетон ишлатилади, яъни конструкцияларнинг ишончлилиги камаяди.

Мустаҳкамликни доимий бўлишини таъминлаш учун фарқий коэффицент ўзгарганда бетоннинг ўртача мустаҳкамлигини турлича қилиб белгилаш лозим. 2.8-расмда фарқий коэффицентни камайитириш билан бетоннинг ўртача мустаҳкамлигига талабни камайитириш мумкинлигини кўриш мумкин ва бу ҳолатда конструкциядаги бетоннинг норматив қаршилиги доимий таъминланган бўлади, яъни, бетоннинг доим сифатли бўлиши кафолатланади.

Маълум конструкцияларда бетонни ўртача мустаҳкамлигига талабнинг кам бўлиши цемент сарфини камайитириб конструкция харажатларини туширади. Шунинг учун бетон мустаҳкамлиги ва бир хиллигини тўла баҳолаш унинг сифатини тўғри белгилайди ва ишлаб чиқаришни такомиллаштириш ва иқтисодий кўрсаткичларини яхшилаш имконини беради.

Бетоннинг хоссалари: физик, механик ва деформатив

Тайёрлаш, қотиш, фойдаланиш ва синаш давомида турли сабаблар таъсири билан бетонда ҳажмий ўзгаришлар рўй беради, материал деформацияланади. Унинг қай миқдорда содир бўлиши бетоннинг структураси, таркибидаги моддалар хусусияти, технологиясини ўзига хослиги ва бир қанча бошқа омилларга боғлиқдир. Конструкцияларни лойиҳалашда бетоннинг деформацияланиш хусусиятлари эътиборга олинади. Сабаби, бу ҳолат бетон ва темир-бетон конструкцияларнинг сифати ва ишлаш муддатига таъсир этади.

Шартли равишда бетон деформациясини қуйидаги турларга бўлиб чиқиш мумкин: бетонда бўлаётган физик ва кимёвий жараёнлар таъсирида рўй берадиган **бетон қоришмасининг ўз деформацияси** (бетоннинг биринчи чўкиши) ва бетоннинг деформацияси (чўкиши ва кенгайиши); **механик юклар таъсирида деформацияланиши**, бу ерда қисқа муддатли юклар ва узоқ муддатли юклар (бетонни ўзига чўзилувчанлиги) таъсиридаги деформацияларни ажратиш лозим бўлади; **бетоннинг ҳарорат таъсирида деформацияланиши**.

Бетон қоришмаси ётқизилгандан сўнг қаттиқ доналарнинг седиментацион чўкиши ва аста-секин зичлашуви юз бериши мумкин. Бу жараён айниқса пластик ва қуйма қоришмаларда аниқроқ намоён бўлади. Бу ҳолатда қоришманинг устига сув чиқиб қолиши ва аралашманинг ҳажми ўзгариши мумкин. Буюм баланд бўлганда унинг чўкканлигини қараб ҳам билиш мумкин. Нимагаки бетон деформацияси кўп бўлади ва қотган оддий бетон одатдаги чўкишидан ўн марталаб кўпроқ бўлади.

2.9-расмда бирламчи чўкишнинг бориши кўрсатилган. Бетон ётқизилиб зичланганидан сўнг деформация жараёни жуда тез боради ва 30-90 дақиқалардан сўнг секин тўхтайдди. Агар қуйма қоришмалар ишлатилаётган бўлса дастлабки даврда бетон устида сув пайдо бўлади. Сув ажаралиши 10-20 дақиқалардан сўнг максимал даражага етиб, сўнг, жадал ўтадиган цемент ҳамирини контракцияси жараёни сабабли сув секин бетонга шимиб олинади.

Бирламчи чўкишнинг миқдори бетон қоришмасининг таркиби ва ишлатилган материалларнинг хусусиятига боғлиқ бўлади. Оғир бетонлар бирламчи чўкиш ҳажми пластик, айниқса қуйма бетонларга қараганда камроқ бўлади.

2.9-расм. Бирламчи $\Delta \xi_{б.ч.}$ чўкишнинг оқувчан (1) ва ҳаракатчан (2) қоришмаларни қуйилгандан кейинги ўтган t вақтга боғлиқлиги.

Бирламчи чўкиш қуйидаги ҳолларда кам бўлади: бетон қоришмасида сув ёки цемент ҳамири сарфи кам бўлганда; сувни яхши тутиб турувчи майдаланган қўшимчалар (трепел, диатомит ва ҳ.к) қўшилганда; бетон қоришмасининг асоси қаттиқ бўлишини таъминлайдиган йирик тўлдирувчилар бўлганда. 2.3-жадвалда гранит тўлдирувчили оддий бетон қоришманинг баландлиги 300 мм ва диаметри 100 мм бўлган пластмассали

махсус цилиндр қолипда синаб кўрилганда олинган бирламчи чўкиш маълумотлари кўрсатилган.

Бетоннинг бирламчи чўкиши

2.3 – жадвал

Боғловчи	Цемент сарфи, кг/м ³	Бирламчи чўкиш, % , сув сарфи кг/м ³ бўлган ҳолатда		
		150	180	210
Портландцемент	310	0,15	0,82	1,64
	500	-	0,21	0,36
20% трепел қўшилган портландцемент	310	0,01	0,11	0,42

Бирламчи чўкиш миқдориға қолип, арматура каркаси ва ишлаб чиқариш омиллари таъсир қилиши мумкин. Арматура зич жойлаштирилиб қолипнинг тор бўлиши бирламчи чўкиш ҳосил бўлишининг олдини олади.

Бетон қоришма асоси қаттиқ бўлиши сув сарфининг кўплигида ҳам бирламчи ташқи чўкишни камайтиради, лекин йирик тўлдирувчи доналари орасида седиментция жараёнлар бўлишига тўсқинлик қилаолмайди. Шунинг учун бетонда яширин чўкиш миқдори баъзи микроҳажмларда кўпайиб бетон қатламланиб сифати ёмонлашади.

Бетон қоришмага темир-бетон буюмларни қолиплашда ишлатиладиган босим таъсир қилганда бетон қоришмасининг жипслиги ошади. Натижада босим олинганда материал қандайдир миқдорда кенгайди. Бетон қоришмасининг сиқилиши унинг таркиби ва ишлатиладиган материалларга боғлиқ бўлади. Сиқилишга айниқса бу жараёнда қўшилган ҳаво кўп таъсир қилади: ҳаво қанчалик кўп бўлса сиқилиш ҳам шунчалик кўп бўлади. Босим ишлатилганда қоришмадан ҳаво билан сув чиқариб ташланса унинг жипслашиши ҳам кам бўлади. Агар ҳаво бетон қоришмада қолса ундан сўнг бўладиган деформация ҳам катта бўлади. Бетон ва темир-бетон буюмлар қолипланаётганда бетоннинг биринчи чўкиш деформацияси ва жипслашиш хусусияти албатта ҳисобга олиниши керак. Хусусан улар буюмнинг сўнгги ўлчами ва очиқ юзаларнинг сифатига таъсир қилади.

Бетон қотиш жараёнида унинг ҳажми ўзгариб боради. Атмосфера шароитида ёки муҳит етарли даражада нам бўлмаганда қотиши, бетоннинг чўкиши, деб аталиб ҳажмининг камайишига айниқса кўп таъсир қилади. Сувда ёки нам шароитда қотганда бетон ҳажмининг камайиши бўлмаслиги мумкин. Аксинча баъзи ҳолларда унинг ҳажми оз бўлса ҳам кўпайганлиги кузатилган. Чўкишнинг якуний миқдори бир қанча таркибий қисмлардан иборат бўлади. Улардан айниқса аҳамиятлиси нам, контракцион ва карбонизацион деформация деб аталади.

Нам чўкиш цемент тоши асосида намликнинг тақсимланиши, силжиши ва буғланишини ўзгартириши сабабли содир бўлади. Унинг бетонни умумий чўкишига таъсири айниқса катта бўлади. Контракцион чўкиш цемент тошидаги янги ҳосил бўлган жисмлар ҳажми реакцияга киришаётган моддалар ҳажмидан кам бўлганлиги боис содир бўлади. Чўкиш

цемент билан сув ўртасидаги кимёвий реакция интенсив бораётган вақтда содир бўлади ва намунанинг ташқи ўлчамини ўгартиришдан ташқари материалдаги ғоваклар структурасини ўзгартиради: сув эгаллаган ғоваклар ҳажми камайиб ҳаволи ғоваклар миқдори кўпаяди. Одатда бундай чўкиш бетон қотаётган лекин ҳали етарли даражада юмшоқ бўлган вақтда содир бўлади ва шунинг учун материал ёрилмайди. Карбонизацион чўкиш калций оксиди гидратининг карбонлашуви натижасида содир бўлиб бетон юзасида бошланиб секин-аста унинг ичига ўтади.

Бетоннинг чўкиши, айниқса қотган материалда бўлаётган намлик ва корбонизацияли чўкиш бетоннинг ёрилишига сабаб бўлиши мумкин. Масалан, олдиндан зўриктирилган арматура бўйлаб ёки очик юзаси катта бўлган буюмларда дарз пайдо бўлиб конструкцияларнинг сифати ва иш муддатига таъсир қилади. Баъзи ҳолатларда эса конструкцияларни таъмирлаш лозим бўлади. Шунинг учун бетон ва темир-бетон буюмлар лойиҳалаштирилаётганда бетон чўкишининг таъсирини ҳисобга олиш лозим.

Бетоннинг чўкиши унинг таркиби, ишлатилган материалларнинг хусусиятига боғлиқ бўлади. Цемент билан сув миқдори ошиб кетганда, юқори алюминатли цемент, майда заррали ва ғовакли тўлдирувчилар ишлатилганда бетоннинг чўкиши ошиб кетади. Бетоннинг тез қуриши уни тез ва нотекс чўктиради (материал юзасининг чўкиши кўпроқ бўлади) ва бетонда дарз пайдо бўлиши мумкин.

Бетон чўкишини унинг таркиби билан боғловчи бир қанча фикрлар таклиф этилган. Бироқ амалда чўкиш ҳисоблашдагидан анча фарқ қилиши мумкин. Сабаби, ҳисобга олиш қийин бўлган омилларнинг таъсири кўп бўлади.

Бетон чўкишини материал билан боғловчи қуйидаги формула Р. Лермит томонидан таклиф этилган:

$$\varepsilon_{ч.ц.} / \varepsilon_{ч.б.} = 1 + \beta(V_T / V_{ц.}), \quad (2.10)$$

бу ерда $\varepsilon_{ч.ц.}$ ва $\varepsilon_{ч.б.}$ – цемент тоши ва бетоннинг чўкиши; β – материал константаси, C/Π , тўлдирувчининг йириклиги ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади ($\beta=1,5-3,1$); V_T ва $V_{ц.}$ – тўлдирувчи ва цементнинг ҳажми.

Турли омилларнинг бетон чўкишига таъсирини қуйидаги формула асосида баҳолаш мумкин

$$\varepsilon_{ч.} = \varepsilon_{ч.маx} \xi_{ч1} \xi_{ч2} \xi_{ч3} \xi_{ч4}, \quad (2.11)$$

бу ерда $\varepsilon_{ч.}$ – ушбу бетон чўкиш деформациясининг энг катта миқдори; $\varepsilon_{ч.маx}$ – берилган бирламчи шартга асосан маълум таркибдаги бетон чўкиш деформациясининг энг катта миқдори; $\xi_{ч1}$ – нисбий таъсирни ҳисобга олувчи ўлчовсиз коэффициентлар: C/Π , цемент ҳамирининг (ΠX) миқдори, намунанинг ўлчами $r=F/P$ (F – кўндаланг кесимнинг майдони; P – унинг периметри) ва ҳавонинг намлиги H .

$\varepsilon_{ч.маx}$ аниқланганда $C/\Pi=0,5$; $\Pi X=0,2$; $r=2,5$ см; $H=70\%$ олинади. Формулада чўкиш бошланишида бетон ёшини ҳисобга олувчи коэффициент йўқ, нимагаки нам шароитда бетон қотишининг бошланиши бетон максимал чўкиш даражасига кам таъсир қилади.

Одатдаги оғир бетон учун ξ_{ch} коэффицентининг ифодаси 2.10-расмда кўрсатилган. Уни ўзгариши бетон чўкишига турли омиллар таъсирини баҳолаш имконини беради.

Юк тушганда бетон деформацияси унинг таркиби, таркибидаги материалларнинг хусусияти ва кучланиш ҳолатининг турига боғлиқ бўлади. Бетонни сиқилиш диаграммаси ёй шаклида бўлади ва кучланиш ортиши билан эгрилик ҳам ортиб боради.

Бетон мустаҳкамлиги ортиши билан унинг деформацияси ва эгрилик диаграммаси σ - ϵ камаяди. Мустаҳкамлиги паст бўлган бетонларда сиқилиш ҳатто диаграммасини пасаювчи шахобчаси бўлади. Бироқ бу жойда материалнинг яхлитлиги бузилиб микроскопик дарзлар пайдо бўлади ва баъзи жойлар ажралиб кетади. Темир-бетон конструкцияларда арматура бетон алоҳида қисмларини бир бутун қилиб бирлаштириб туради ва конструкция ҳисоб ишларининг алоҳида ҳолатлари учун бетоннинг сиқилиш диаграммаси пасаювчи шахобчасини ҳисобга олиш зарур.

2.10-расм. Бетон чўкишини аниқлаш учун тузатиш киритувчи ξ_u ,
коэффициентларнинг аҳамияти

2.11-расм. Сиқилаётган бетоннинг диаграммаси.

ϵ_y - қолдиқли деформация; $\epsilon_{пл}$ - пластик деформация; $\epsilon_{пп}$ - псевдопластик деформация;

2.12-расм. Юклаш жараёнида бетоннинг деформацияланиш модулини ўзгариши.

2.13-расм. Бетон оқувчанлигини аниқлаш учун тузатиш киритувчи ξ_{ni} коэффицентларнинг аҳамияти.

Юк остида деформациянинг ошишига унинг тезлиги, намунанинг ўлчами, бетон ва атроф муҳитни ҳарорат-намлик ҳолати ва бир қанча бошқа омиллар таъсир қилади.

Бетон деформацияси эластик ϵ_e , пластик $\epsilon_{пл}$ ва псевдопластик $\epsilon_{пп}$ қисмлардан иборат бўлади (2.11-расм):

$$\epsilon_{\sigma} = \epsilon_e + \epsilon_{пл} + \epsilon_{пп} . \quad (2.12)$$

Уларнинг нисбати бетон таркиби, ишлатилган материаллар ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Пластик ва псевдопластик қисмларнинг миқдори юкни давомлилиги ошганда, бетон мустаҳкамлиги камайганда, сув цемент нисбати кўпайганда ва заиф тўлдирувчилар ишлатилганда ошади.

Бетоннинг юк остида деформацияланиш хусусият ҳақида унинг **деформация модулига**, яъни кучланишни нисбий деформация нисбатига қараб баҳо берилади. Деформация модули қанча юқори бўлса материал шунчалик кам деформацияланадиган бўлади.

Бетонни сиқилишиш диаграммаси ёйсимон бўлгани боис унинг деформация модули нисбий кучланишга σ/R боғлиқ бўлади ва кучланиш ортган сари камайиб боради (1.12 -расм). Бетон маркаси қанча паст бўлса деформация модули шунча юқори бўлади. Одатда σ/R ни маълум қийматида бетоннинг бошланғич деформация модули ёки деформация модули аниқланади, масалан $\sigma/R_{np}=0,5$ да.

Амалда деформация модулининг турли омилларга эмпирик боғлиқлиги ишлатилади. Темир-бетон конструкцияларни ҳисоблаш учун деформация модулининг бетон мустаҳкамлигига боғлиқлиги муҳимдир. $\sigma/R_{np}=0,5$ бўлганда деформация модулининг ўртача ифодасини тақрибан қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин

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

Амалда деформация модули бу ифодадан анча фарқ қилиши мумкин. 2.4-жадвалда баъзи бетон турларининг сиқилишдаги деформация модули кўрсатилган. Жадвалдан технологик омилларнинг таъсири катта эканлигини кўриш мумкин.

Баъзи бетон турлари деформация модулининг ўртача ифодаси, МПа

2.4 – жадвал

Бетон	Бетон деформацияси модули, МПа, маркаларда		
	М 100	М 300	М 500
Оддий оғир бетон	19	34	410
Енгил бетон	11	19	-
Майда донали бетон	13	23	300

Юк таъсирида конструкцияларни ҳисоблаш уларнинг ҳолатини баҳолаш бетоннинг бузилиши бошланадиган чегаравий деформация айниқса аҳамиятлидир. Тажрибаларда олинган маълумотларга кўра бетоннинг чегаравий сиқилувчанлиги 0,0015-0,003 атрофида ўзгариб, бетон мустаҳкамлиги ошганда кўтарилиб боради. Бетоннинг чегаравий сиқилувчанлиги шунингдек деформативлиги кўпроқ бўлган компонентлар ишлатиш ва уларнинг тишлашишини етарли бўлишини таъминлаш йўли билан ҳам ошириш мумкин. Бетоннинг чегаравий чўзилувчанлиги 0,0001-0,0015ни ташкил этади, яъни унинг чегаравий сиқилувчанлигидан тахминан 15-20 марта кам. Бетонга пластиклаштирувчи қушимчалар қўшилиши, белитли цемент ишлатилиши, тўлдирувчи йириклигини камайтириш ёки деформатив хусусияти юқори бўлган тўлдирувчиларни ишлатиш унинг чегаравий чўзилувчанлигини оширади.

Бетоннинг силжувчанлиги деб узоқ муддат давом этган юк таъсирида унинг деформацияланиши тушунилади. Силжувчанликнинг физик табиати ҳали етарли даражада аниқланмаган. Бироқ кўпчилик татқиқотчилар силжувчанликни пластик деформацияси цемент тошининг пластик хусусиятлари ва бетон асосий таркибининг ўзгариши билан боғлиқ деб тушунтиришади. Силжувчанлик натижасидаги деформация юк тушганнинг

биринчи даврида кўпроқ кузатилиб сўнг аста-секин камайиб боради. Лекин баъзан уни бир йилдан ошиқ ёшдаги бетонда ҳам кўриш мумкин. Тўла силжувчанлик деформацияси бетон юк остига қуйилгандаги деформациядан кўп бўлиши мумкин.

Бетоннинг силжувчанлиги унинг чўкишидан бошқа бир қанча омилларга ҳам боғлиқ бўлади. Кўпчилик омиллар силжувчан деформацияга чўкиш деформацияси каби таъсир қилади. Бетон силжувчанлигига цементнинг тури, сув цемент нисбати, тўлдирувчининг тури ва йириклиги, бетоннинг зичлаштириш даражаси, юк тушганда цементнинг гидратацияланиш даражаси, бетон ва атроф муҳитнинг харорати ва намлиги, ҳамда намунанинг ўлчами ва бетондаги нисбий кучланиш даражаси ҳам таъсир қилади. Цемент миқдорининг ошиши, сув цемент нисбатининг ортиши, тўлдирувчи йириклигининг камайиши ва унинг деформативлик даражасини ошиши билан масалан ғовак тўлдирувчилар ишлатилганда бетоннинг силжувчанлиги ҳам ошади.

Бетоннинг силжувчанлиги бир марта юк қўйилгандаги C силжувчанлик ўлчови билан ўлчанади:

$$C = \varepsilon_{\text{тсд}} / \sigma ,$$

бу ерда $\varepsilon_{\text{тсд}}$ – тўла силжувчанлик деформацияси.

Силжувчанликнинг тақрибий ўлчови қуйидаги формула билан ўлчанади

$$C_k = C_0 \xi_{n1} \xi_{n2} \xi_{n3} \xi_{n4} \xi_{n5} , \quad (2.13)$$

бу ерда C_0 – силжувчанликнинг бирламчи ўлчови бўлиб, қотишни тезлаштирувчи воситалар қўшилмаган оддий портландцементли бетон учун $15,2 \cdot 10^{-7}$ ва мустаҳкамлиги юқори бетон учун эса $10,2 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{Н}$ га тенг деб олинади; ξ_{ni} - юк тушиш вақти, $C/\text{Ц}$, цемент сарфи, намуна кесмасининг ўлчами ва ҳаво намлигининг таъсирини ҳисобга олувчи тузатувчи коэффициентлар.

2.13-расмда ξ_{n1} тузатувчи коэффициентларнинг ўзгариш графиги турли омилларнинг оддий оғир бетоннинг силжувчанлик деформациясига таъсири кўрсатилган.

2.14-расм. 1:6 таркибдаги бетон α б чизикли кенгайиш ҳарорат коэффициентининг тўлдирувчи α т чизикли кенгайиш коэффициентига боғлиқлиги.
ингичка чизик - сувда қотиш; қалин чизик - ҳавода қотиш.

Бетон ҳам бошқа материаллар каби иссиқда кенгайиб совуқда торайиш хусусиятига эга. Ўртача олганда бетоннинг чизикли кенгайиш ҳарорат коэффициенти $\alpha = 10 \cdot 10^{-6}$ ни ташкил этади. Бироқ реал шароитда бу кўрсаткич бетоннинг таркиби, тўлдирувчи ва боғловчининг хусусиятига боғлиқ бўлади. Цемент тоши миқдори кўпайиши билан α коэффициенти ошади. Тўлдирувчининг тури ҳам α коэффициентга таъсир қилади. Мисол учун гранитли бетон билан тажриба ўтказилганда $\alpha = 9,8 \cdot 10^{-6}$, керамзитда $\alpha = 7,4 \cdot 10^{-6}$, охактошли бетонда эса $\alpha = 8,6 \cdot 10^{-6}$ бўлган. Бетон α коэффициентининг тўлдирувчи α коэффициентига боғлиқлиги 2.14-расмда кўрсатилган. Бетонда физик ва кимёвий ўзгаришлар бўлмаган ҳолатда ҳароратнинг $0 - 50^\circ\text{C}$ ўзгариши куруқ бетоннинг α коэффициентига кам таъсир қилади. Хўл бетоннинг ҳарорати ўзгарганда ҳарорат деформацияси намли чўкиш ёки кенгайиш миқдоридан олинади. Нам бетон музлаганда ғовақларида муз ҳосил бўлиб унинг деформациясига жиддий таъсир қилади. Кўпинча бетон 0°C даражадан паст ҳароратда совуганда ҳосил бўлаётган музнинг кенгайиши натижасида кенгаювчи деформация содир бўлади.

Бетоннинг ҳарорат деформацияси пўлатнинг ҳарорат деформациясига яқин ва шунинг учун иккала материал турли ҳароратда фойдаланиладиган темир-бетон буюмларда бирга ишлатилади.

Бетоннинг зичлиги, ўтказувчанлиги ва совуққа чидамлилиги

Қотмаган бетон билан қотган бетоннинг зичлигини фарқлаш керак бўлади. Тўғри ҳисобланиб зич ётказилган бетон қоришмаси мутлақо зич бўлиши (қоришмадаги сув ҳам ҳисобга олинган ҳолдаги зичлик) мумкин. Бу ҳолатдаги бетон қоришмасининг зичлиги, агар ҳаво қўшилмаган ва материал абсолют ҳажми жаъми олиб ҳисобланган бўлса, назарий зичлик билан бир хил бўлади.

Бетоннинг зичлаштириш сифати одатда куйидаги зичлаштириш коэффициенти билан ҳисобланади:

$$K_{\text{зич}} = \gamma_{\text{ҳақ}} / \gamma_{\text{ҳис}} \quad (2.14)$$

бу формулада $\gamma_{\text{ҳақ}}$ ва $\gamma_{\text{ҳис}}$ - бетон қоришмасининг ҳақиқий ва ҳисобий зичлиги.

Одатда коэффициентни $k_{\text{зич}} \approx 1$ олишга ҳаракат қилинади. Бироқ вибрация (титратиш) ва бошқа омиллар таъсирида бетон қоришмасига ҳаво аралашгани сабабли $k_{\text{зич}}$ кўпинча $0,96 - 0,98$ га тенг бўлади.

Қотган бетонда сувнинг фақат бир қисмигина кимёвий бириккан ҳолатда бўлади. Қолган (эркин) сув ғовакларда қолади ёки буғланиб кетади. Шунинг учун қотган бетон ҳеч қачон абсолют зич бўлмайди. Бетоннинг ғоваклигини (% кўринишида) қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин

$$F = \frac{C - \omega Ц}{1000} 100,$$

бу ерда C ва $Ц$ – 1м^3 бетон учун сув ва цемент сарфи, кг; ω - кимёвий бириккан сув миқдори, цемент массасига нисбатан %.

28 суткада цемент ўз массасининг 15 фоизи миқдоридаги сувни бириктириб туради. Масалан, 1м^3 бетон қоришмасида 320 кг цемент ва 180 литр сув бўлганда бетоннинг ғоваклиги қуйидагича бўлади:

$$F = \frac{180 - 0,15 \cdot 320}{1000} 100 = 13,2\%$$

зичлик эса $100 - 13,2 = 86,8\%$.

Бетон нисбий зичлигини тўлдирувчилар донадорлик таркибини диққат билан танлаб ошириш мумкин. Натижада тўлдирувчи аралашмасида бўш жойлар камайиб цемент тошининг бетондаги миқдори минимал бўлади. Бундан ташқари гидратацияда кўпроқ сувни бириктирадиган (юқори даражада мустаҳкам портландцемент, гилтупроқли ва кенгайдиган цемент) ёки кўпроқ абсолют ҳажмни эгаллайдиган (пуццоланли) цемент турларини ишлатиш мумкин. Бетон зичлигини сув цемент нисбатини камайтириш билан ҳам ошириш мумкин. Бунинг учун унга махсус қўшимчалар – пластификаторлар қўшилади, бетон қоришмасини вибратор, марказдан қочувчи ва бошқа механик усул билан зичлаштирилади. Бетондаги эркин сувнинг бир қисмини ётқизиш вақтида вакуум ёки пресслаш усули билан чиқариб ташлаш мумкин.

Бетоннинг зичлиги муҳим хусусият ҳисобланиб унинг мустаҳкамлиги, ўтказмаслик хусусияти ва узоқ вақт ишлашини таъминлайди.

Гидротехник ва бошқа иншоотлар учун бетоннинг ўтказувчанлиги айниқса муҳим хусусият саналади. У шунингдек материалнинг намланиш ва музлаш, агрессив муҳит ва турли атмосфера омилларининг таъсирига қаршилиги хусусиятини ҳам белгилайди.

Бетоннинг ўтказувчанлиги унинг ғоваклиги, ғовакларнинг структураси, боғловчи ва тўлдирувчининг хусусиятига ҳам боғлиқ бўлади. Бетон турли ўлчамдаги ғовак ва капиллярларнинг майда тўри ўтган капиллярли-ғовак материал ҳисобланади. Майда ғовак ва капиллярлар (микроғоваклар) ўлчами 10^{-5} см бўлиб уларга хусусан цемент гелининг ғоваклари ҳам киради ва деярли сув ўтказмайди.

Ўлчами 10^{-5} см дан катта бўлган макроғовак ва капиллярлар босим, намлик градиенти ёки осмотик таъсир сабабли сувни филтрлаши мумкин. Шунинг учун бетоннинг ўтказувчанлиги ундаги макроғовак ва капиллярларнинг ҳажми ва тақсимланишига боғлиқ бўлади.

Макрофоваклар нинг тақрибий ҳажми V_{mf} % билан қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланилади

$$V_{mm} = \frac{B - 2\omega L}{1000} 100. \quad (2.15)$$

Бетондаги макрофовакларнинг ҳажми 0 дан 40 фоизгача ўзгариб туради. С/Ц даражаси камайганда, цемент гидратацияси ошганда, бетон қоришмасининг ҳавони олиши камайганда, бетон структурасини зичловчи кимёвий қўшимчалар қўшилганда бетон макрофоваклари камаяди. Ўтказувчанлик билан макрофовакликнинг боғлиқ эканлиги 2.15-расмда кўрсатилган. Макрофоваклик асосан сув цемент нисбатига боғлиқ бўлгани учун ўтказувчанликни С/Ц боғлаш мумкин ва бу ҳолат амалда фойдаланиш учун анча қулайроқ ҳам. Амалда бу боғлиқдаги четлашиш анча катта бўлиши мумкин. Чунки сув цемент нисбати бир ҳил бўлган шароитда макрофоваклик цементнинг тури ва сарфи, зичлашганлик даражаси ва бетоннинг ўтказувчанлигига таъсир этувчи бошқа бир қанча омилларга боғлиқ бўлади.

Бетон намланганда майда ғовак ва капиллярлар сув билан тўлиб, у эса сиртқи кучлар таъсирида ўз ҳаракатчанлигини сезиларли йўқотиб капиллярларни беркитиб қўйгандек бўлади. Ғовак ва капиллярларнинг «колматацияси» деган ҳолат юзага келиб бетоннинг ўтказувчанлигини камайтиради.

Бетоннинг ёши ошиб бориши билан унинг ғоваклик ҳолати ҳам ўзгаради. Макрофоваклар цемент гидратацияси маҳсулотлари билан тўлиб ҳажми камаяди ва натижада бетоннинг ўтказувчанлиги камаяди.

Бетоннинг ўтказувчанлигини ўтказувчанлик коэффициенти яъни доимий босим шароитида, 1 соат давомида, 1 см²дан ўтган сув билан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$k_{ym} = V_C Ft(P_1 - P_2), \quad (2.16)$$

бу формулада V_C – намунадан ўтган сувнинг миқдори; F – намунанинг юзаси; t – вақт; $P_1 - P_2$ – босим градиенти.

2.15-расм. Бетоннинг ўтказувчанлик коэффициентининг микрофоваклик V_{mf} ҳажмига боғлиқлиги.

Зич бетонлар одатда сувни филтрламайди. Шунинг учун уларни баҳолаш учун бошқа тушунча – сув ўтказувчанлик маркаси ишлатилади, масалан, С2, С4 ва ҳокозо. Ушбу хусусият махсус синовларда аниқланиб, бетон қандай босимгача сув ўтказмаслигини кўрсатади.

2.16-расм. Оддий (1) ва ҳаво аралашган (2) бетоннинг совуққа чидамлилигини С/Ц нисбатига боғлиқлиги.

Синов ўтказишда намунанинг сувга тегиб турган томонида босим аста-секин орттириб борилади. Намунанинг бошқа томони кузатилиб босим қанчага етганда унинг юзасида сув ёки алоҳида томчи пайдо бўлиши аниқланади. Мана шу босим бетоннинг сув ўтказмаслик хусусиятини белгилайди.

Бетоннинг ўтказмаслик хусусиятига унинг бир хиллиги, қотиш ва ишлаш давомида материал яхлитлигининг сақланиши катта таъсир қилади. Юк таъсири билан бетон чўкканда, кетма-кет нам бўлиш ва музлаш ёки қуриш ёки бошқа омиллар сабаб пайдо бўладиган микроёриқлар бетоннинг ўтказмаслик хусусиятини анча камайтириши мумкин.

Юқорида айтиб ўтилганлар сингари бетонга бошқа суюқликлар – туз ва кислота эритмаси, нефтмаҳсулотлари ва ҳокозоларнинг таъсири ҳам тегишлидир. Баъзи ҳолларда бундай таъсир цемент тоши ва тўлдирувчининг сингган суюқлик билан фаолиятга киришиши сабабли ҳам содир бўлади. Бу эса ўз навбатида бетоннинг ўтказувчанлигини аста-секин ошириб боради. Баъзан эса ғоваклар ўзара таъсир маҳсулотлари билан колматацияланганда бетоннинг ўтказувчанлиги камайиши ҳам мумкин.

Ғоваклик ҳажми ва хусусияти бетоннинг газўтказувчанлик хусусиятига ҳал қилувчи таъсир этиши мумкин. Ғовакларнинг намлик ёки кимёвий реакция маҳсуллари билан колматацияланиши бетоннинг газўтказувчанлик даражасини анча камайтиради. Газўтказувчанлик бетон ва пўлатнинг атмосфера омиллари таъсирида коррозияланишига катта таъсир қилади. Унинг бу хусусияти 4-параграфда батафсил келтирилган.

Бетон ўтказмаслик хусусиятини ошириш учун таркиб рационал танланиб ва иш пухта ташкил этилишидан ташқари бошқа махсус усуллар ҳам қўлланилади (2.5-жадвал).

Бетон ўтказувчанлигини камайтириш усуллари

2.5-жадвал

Усул номи	Бетон ўтказувчанлигининг камайиш даражаси, марта
Бетон тайёрланаётганда қуйидагиларни қўшиш: -органик ва гидрофоб қўшимчалар	2-10
-ноорганик қўшимчалар	5-1000
-махсус қуюқлашадиган моддалар ёки термопластик полимерлар	10-500
Тайёрлангандан сўнг бетон махсус моддаларнинг шимдирилиши	50-1000
Бетон юқори қатламининг гидрофобизацияланиши	2-10
Бетон юзасини пленка ҳосил қилувчи махсус эритма билан қоплаш	10-100
Бетонга маномер шимдирилиб сўнг полимеризациялаш	50-1000

Бетон тайёрланаётганда унга қўшимча ва махсус моддаларни қўшиш нисбатан оддий ва етарли даражада самарали усул ҳисобланади. Бу мақсадлар учун ишлатиладиган қўшимчаларнинг бир қанча турлари маълум. Бу борада ГЖК туридаги қўшимчалар, сирт-фаол моддалар, сувда эрийдиган смолалар, баъзи латекслар, эмулсиялар (масалан битумли эмулсия) ва суспензиялар самарали таъсир этишини исботлади. Баъзан полимерларнинг

майдаланган кукуни ёки пек каби моддалар ишлатилади. Бетон қотгандан сўнг у қизитилади, полимер материаллар юмшайди ва бетон ғовакларини колматациялаб ўтувчанлигини камайтиради. Ноорганик қўшимчалар ичида хлорли темир, натрий алюминат, суюқ шиша ва бошқа ҳоказо маҳсулотлар кўп ишлатилади. Майда қилиб кукунга айлантирилган қўшимчалар - кул, бентонит лойи ва бошқалар ҳам бетоннинг ўтказмаслик хусусиятини оширади. Комплекс қўшимчалар ёки кенгайдиган ёки чўкмайдиган қоришма олишни таъминловчи махсус боғловчи моддалар қўшилганда ҳам яхши натижаларга эришилади.

Қотган бетонга бетонни ғовак ва капиллярларини колматирловчи петролатум, суюқ шиша, олтингугурт, парафин ва шунга ўхшаш бошқа моддаларни шимдирганда унинг ўтказувчанлиги анча пасаяди. Бетонга маномер ёки маномер асосли эритмалар шимдириш ва шимилувчи модданинг бетонда полимеризациялашининг таъсири айниқса катта бўлади.

Бетоннинг совуққа чидамлилиги деб унинг сувга тўйинган ҳолатда қайта-қайта музлаш ва эришга чидаш хусусиятига айтилади. Бундай шароитда бетон бузилишининг асосий сабаби сув музлаб ғовакларнинг деворлари ва микродарзлар четига босимнинг ортиши бўлади. Музлаган сувнинг ҳажми 9% ортади; бетонни қаттиқ асоси сувнинг кенгайишига йўл бермайди, унинг ичидаги кучланиш ниҳоятда ошиб кетади. Музлаш ва эришнинг қайта-қайта бўлиши бетон структурасини бўшаштириб унинг емирилишига сабаб бўлади. Олдинига бетоннинг четлари, сўнг юзаси ва охирида унинг ички қисми бузилади. Бетонни ташкил этувчиларини чизиқли ҳарорат коэффиценти ва ҳарорат-намлик градиенти ўтрасидаги фарқ натижасида ҳосил бўлган кучланиш ҳам маълум маънода таъсир қилади.

Бетонни совуққа чидамлилигини аниқлаш учун кетма-кет музлатиш ва эритиш усулидан фойдаланилади. Синаш усули, хусусан музлатиш ҳарорати, намунанинг сувни шимиш шароити, намунанинг ўлчами, циклнинг давомийлиги бетонни совуққа чидамлилиги кўрсаткичларига сезиларли таъсир қилади. Музлатиш ҳарорати пасайтирилганда, айниқса сув ёки тузлар эритмасида музлатилганда бетоннинг емирилиши айниқса тезроқ боради.

Бетоннинг совуққа чидамлилиги критерияси сифатида намуна массасининг камайиши 5 фоиздан кам ва мустаҳкамлиги 25 фоиздан ошиқ пасаймаган цикллар миқдори олинади. Цикллар миқдори совуққа чидамлилик бўйича бетоннинг маркасини аниқлайди. Мисол учун Муз 100, Муз 200 ва ундан юқори бўлиб ишлатиш шароитидан келиб чиққан ҳолда тайинланади.

Бетоннинг совуққа чидамлилиги унинг тузилиши ва айниқса ғоваклик хусусиятига боғлиқ бўлади. Нимагаки айнан ғоваклик совуқ ҳавода бетонда ҳосил бўладиган музнинг ҳажми ва тақсимланиши, демакки, вужудга келган кучланиш ва бетон структурасини бўшашиш тезлигини белгилайди. 10^{-5} ўлчамли бетон микроғовакларида бириккан сув бўлиб жуда паст ҳароратда (-70°C даражада) ҳам музламасдан туради. Шунинг учун микродарзлар бетонни совуққа чидамлилигига сезиларли таъсир қилмайди. Совуққа

чидамлилиқ асосан бетондаги макроғоваклар ҳажлига ва уларнинг тузилишига боғлиқ бўлади.

Бетонни совуққа чидамлилигини оширишнинг икки йўли мавжуд:

а) бетоннинг зичлигини ошириш, макроғоваклар ҳажми ва уларнинг сув ўтказиш хусусиятини камайтириш. Бу мисол учун С/Ц нисбатини камайтириш, ғовак деворларини гидрофобизация қилувчи қўшимчалар ишлатиш ёки махсус модда шимдириб ғовакларни колматация қилиш орқали амалга оширалади;

б) махсус ҳаво жалб этувчи қўшимча ишлатиб бетонда ҳаво ғовакларининг(музлайдиган сув ҳажмининг 20 фоизидан ортиқ) қўшимча ҳажмини яратиш. Бундай ғоваклар бетон одатдагидек сувга шимдирилганда тўлмай, лекин музлашда рўй берувчи босим остида сув кириши учун очилади.

Совуққа чидамлилиқнинг сув цемент нисбатига боғлиқ эканлиги 2.16-расмда кўрсатилган. Бетон совуққа етарли даражада чидамли бўлиши учун С/Ц 0,5 дан кам бўлмаслиги керак.

Совуққа чидамлилиқ даражаси ошишининг оддий ва самарали усули ҳавони тортувчи қўшимчаларни қўшиш ҳисобланади. Қўшимчалар ҳаво ғоваклари ўлчамини имкон қадар кичик қилиб, бетоннинг совуққа чидамлилиқ даражасини оширади шу билан бирга ҳаво тортилгани боис мустаҳкамлик минимал камаяди. Ҳаво тортилишнинг оптимал ҳажми одатда 4-6 фоизни ташкил этади ҳамда цемент, сув ва йирик тўлдирувчи сарфи билан аниқланади. Мазкур ҳажм тўлдирувчи майдалашиб цемент сарфи кўпайган сари ошиб боради.

Ҳаво тортувчи қўшимча қўшилган бетонда ғовакларнинг умумий ҳажми тахминан $1000-2000 \text{ см}^{-1}$ ни ташкил этиб, ўлчами 0,005-0,1см атрофида ўзгариб туради. Алоҳида ғоваклар орасидаги масофа 0,025 см дан ошмайди.