

Бетонның Қасиеті

Беріктілік — күштің немесе басқа да факторлардың нәтижесінде болатын ішкі кернеудің әсер етуіне төтеп бере алатын материалдың қасиеті. Ғимараттағы материалдар әртүрлі ішкі кернеу күштеріне — созылу, иілу және т.б. тап болады. Бетон сығылу күшіне қарсы тұра алатын материалға жатады, қиылу күшіне нашар, ал созылу күшіне одан да нашар (5-50 есе сығылуға қарағанда), сондықтан құрылыс конструкцияларын жобалағанда, бетон сығылу күшіне қарсы тұра алатындай қылып есептейді. Қажетті жағдайда созылуды болдырмау үшін конструкцияларды арматуралайды. Темірбетон конструкциялары созылу және қиылу күштеріне қарсы тұру үшін, болат арматуралармен шегендейді, сондықтан бетонның негізгі сипаттамасы — оның сығылуға қарсы тұра алатын беріктілігі.

Бірақта кейбір жеке конструкциялардың түрлеріндегі (жол жабыны, едендер және т.б.) бетон иілуіндегі созылу күшіне төзімді болу керек. Мұндай жағдайда бетонның құрамын жобалағанда, бетонның иілу және созылу күштеріне төзімділігін ескере отыра жасайды.

Физикалық түсінік бойынша бұзылу дегеніміз, бір дененің бөлігінің екінші бөлігінен бөлінуі. Материалдың ақауы бұзылу процесін жеңілдетеді, яғни, олар материалдың беріктілігін төмендетеді.

Нәзік сынатын материалдардың ерекшелігі, яғни, бетон тік түсетін бағытта пайда болатын созылу кернеуінің салдарынан сығылғанда бұзылады.

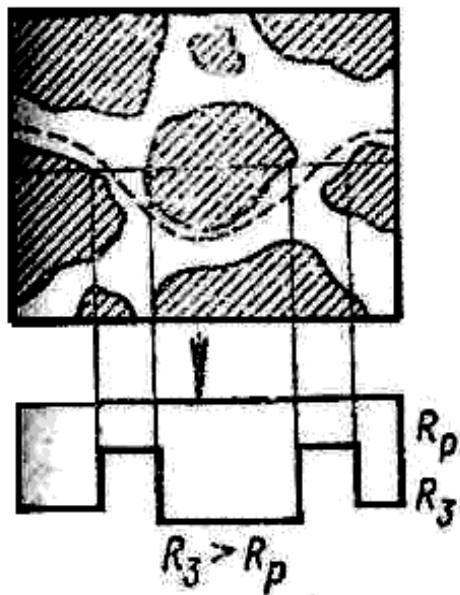
Бетонның беріктілігі интегралды сипаттамалы болып табылады, яғни бетонның құрамдас компоненттерінің қасиетіне, оның құрамына, дайындау жағдайына, қатаюына және пайдалануына байланысты. Өзінің кезегінде бетонның беріктілігі басқа да қасиеттерімен байланысты. Бетонның беріктілігі оның үлгілеріне күш түсіру арқылы тексеріліп анықталады. Бетонды күш түсіру арқылы анықтау, тек қана беріктілігін анықтап қана қоймай, сонымен қатар, материалды пайдалану жағдайында төзімділігін анықтау маңызды болып табылады, оған әсер ететін күш шектік мәнге жетпеген жағдайда болады, бірақ ұзақтылығына, жарықтың пайда болуына, төзімділігіне және де басқа қасиеттеріне әсер етуі мүмкін.

Бетонға күш түсіргенде және оның бұзылу сипаты жөнінде көптеген зертеулер болды. Беттік бұзылудың екі түрі болатыны байқалды (5.1 сур.). Бірінші жағдайда — толықтырғыштың созылудағы беріктілігі, ертіндінің немесе цемент тасының беріктілігінен жоғары болады, мұнда бұзылу ертіндінің бойымен жүріп толықтырғыштардың түйірлерін айналып өтеді. Екінші жағдайда толықтырғыштың беріктілігі, ертіндінің беріктілігінен төмен, мұнда бұзылу ертінді және толықтырғыш түйірлері бойынша жүреді. Аралас бұзылуда болуы мүмкін, мұнда толықтырғыш түйірлері мен ертіндінің беріктілігі өзара жақын және құрылымның әр бөлігінде толықтырғыштың беріктілігі жоғары немесе ертіндінің беріктілігі жоғары болуы мүмкін.

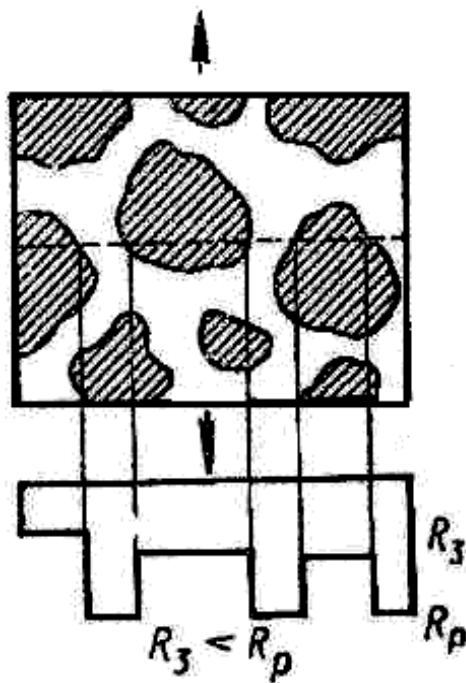
Бетонның бұзылу процесін зерттей келе Б. Г. Скрамтаев бетон беріктілігінің Үш гипотезін ұсынды. Бірінші гипотезі олардың серпінділік модуліне сай, яғни, жоғарғы серпінділік модулі бар материалдағы шиеленіс концентрациясын және әлсіз материалдағы түсетін күшті қарастырады. Екінші гипотезге сай, сығылғандағы бетонның бұзылуы кесінді жазықтық қисығы бойынша жүреді. Үшінші гипотез бойынша, бетон сығылғанда көлденең ұлғаюы салдарынан болады. Осыған байланысты бұзылу мынандай нәтижелердің салдарынан болуы мүмкін: а) цемент тасының бұзылуынан; б) цемент тасы мен толықтырғыш түйірлерінің арасындағы байланысудың бұзылуынан; в) толықтырғыш түйірлерінің бөлінуінен.

Бетонның бұзылуының сипаты: *а-цемент сылағы бойынша толықтырғыш бұзылмағанда; б-толықтырғыш түйірінің ашақтауы; в-аралас бұзылу.* Тәжірибелік зерттеулер ұсынылған бетон беріктілігінің гипотезі мынаны көрсетті, осылардың ішіндегі ең бір шындыққа жанасатыны үшінші және өкінішке орай бірінші болуы мүмкін.

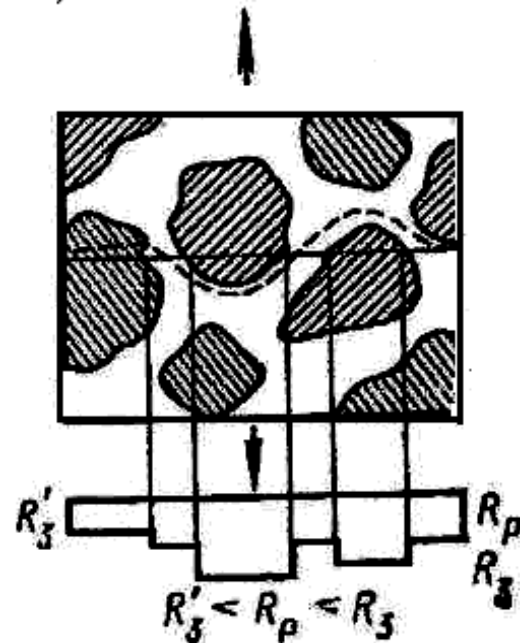
а)



б)



в)



Егер де нәтижелерді жинақтай отыра және бірнеше зерттеулерге қорытынды жасаса, яғни, бетонның бұзылу процесіне қазіргі көзқараспен болжау жасайтын болса, мынандай тұжырымдамаларға әкеліп соқтырады.

- Бетонның бұзылуы бірте-бірте жүреді. Әуелі шектен асып кеткен кернеу пайда болады, сосын микрокөлемдерде микрожарықтар болады. Бұл процестің өсуі кернеудің бөлініп кетуінен жүреді және өзімен бірге материалдың көп көлемінде жарықтар шығарады. Соңғы күш түскен кезінде микробұзылу процесі төзімсіз болады.

- Бетонның сығылғандағы бұзылуы үзілген жердегі микрожарықтардың ұлғаюынан болады. Үлгінің көлемі ұлғайған сияқты болып көрінеді, ал шындығында, материал бұзылады. Микрожарықтардың көбею процесін бетонның құрылымы анықтайды, яғни, ондағы орын алған ақаулардың саны мен мөлшері және түскен күштің түрі.

Бұзылу процесіне бетондағы сұйық фаза үлкен әсерін тигізеді. Пластикалық деформация және ығысу деформациясының өсуі, микрожарықтағы және бетондағы құрылымдық байланысты босаңсытады, ондағы су беріктілікті төмендетеді. Бұл фактордың әсер ету дәрежесі, түскен күштің жылдамдығына байланысты болады.

- Бетонның беріктілігі мен деформациясын толықтырғыштың түйірі, біртұтас болып жабысқан цемент тасының құрылымы мен қасиеті анықтайды. Цемент тасының құрылымы мен қасиеті, оның минералдық құрамына, судың цементке қатынасына, цементтің ұнтақтылығына, жасына, дайындау жағдайына және қосылатын қоспаға байланысты болады. Соңғы уақытта көрсетіліп жүргендей, әртүрлі технологиялық тәсілдерді пайдалану, мысалы, сілкіндіріп араластыру немесе қоспа қосу, бетонның беріктілігі мен деформациясын айтарлықтай өзгертуге болатынын көрсетті. Кейбір жағдайларда бетонның қасиеті 1,5-2 есеге өзгеруі мүмкін.

Бетонның Қасиеті айтарлықтай толықтырғыштың түрі мен сапасына, сонымен қатар, оның құрамына байланысты болады. Тұрақты судың цементке қатынасында және бірдей сапалы цементтен дайындалынған бетонның беріктілігі, әртүрлі толықтырғыштан дайындалған болса, 1,5-2 есеге өзгешелігі болуы мүмкін.

Бұл түсінікті, өйткені бетонның бұзылу процесі шын мәнінде күрделі және ол бірнеше факторларға байланысты. Қазіргі кезге дейін бұл мәселе тұжырым ғана, талқы ғана, яғни, анықтауды қажет етеді.

Бетонның беріктілігін анықтауда көптеген факторлар әсерін тигізеді. Бір араласпадан жасалған үлгінің өзінде, бірдей жағдайда қатайған және бір прессте тексерілген болса да, бетонның беріктілігі әртүрлі болады. Егерде тексеру нұсқауында ауытқулар болса, онда беріктіліктің айырмашылықтары айтарлықтай болуы мүмкін.

Бетонның беріктілік көрсеткіші – оның негізгі сипаттамасы болып табылады, ол тек қана материалдың қасиетіне байланысты ғана емес, сонымен бірге тексеру тәсіліне байланысты болады, сондықтан тексеру нұсқаудың ұсынысына сай жасалуы керек және де тексеруді мүмкіншілігінше біркелкі жүргізу керек.

Айтылғандарға түсініктеме беру үшін бетон үлгісінің сығылып сынғандағы беріктілігін анықтауға және дайындауға байланысты әртүрлі факторлар қарастырамыз. Шартты түрде бұл факторларды үш топқа бөлуге болады: технологиялық, әдістемелік және статистикалық.

Көрсетілгендей құрылымы бойынша бірдей бетон үлгісін алу мүмкін емес. Бетондағы кейбір компоненттердің бөлінуінің әртүрлігі әрқашанда байқалады, бұл жүйеге ақаулар әкеледі (кеуік, микрожарық және т.б.). Цемент пен толықтырғыштар түйірлерінің қасиеттерінің ауытқуы болады.

Үлгіні дайындауға және оның сапасына байланысты факторлар технологиялыққа жатады. Тексеру нәтижесіне Үлгінің қырларының параллель болуы, олардың тегістігі және кедір-бұдырлығы, дайындау жағдайы әсерін тигізеді. Су шығыны көп жұмсақ бетон Үлгісін дайындағанда, толықтырғыш түйірлерінің астында седиментацияның салдарынан орнының босаңсуы болады. Үлгілерді тексергенде, Үлгіні пресстің плитасының арасына орналасуы әсерін тигізеді. Ең аз нәтиже Үлгіні бұйірлеп жатқызып, сығылтып сындырғанда көрсетеді.

Мұндай жағдайда әлсіз орынның болуы, Үлгінің созу күшіне қарсы тұруы деңгейлес бағытта азаяды және оның бұзылуына жағдай жасайды. Бұйірінен қойып тексергенде Үлгінің беріктілігі сондай жағдайда қалыптанған Үлгіге қарағанда 10-20 % төмен болады, сондықтан тексергенде мұндай көрсетілген факторларды ескеру керек және Үлгіні пресске бірдей жағдайда орналастыру керек. Босалқы беріктілігі болуы үшін кубтарды бұйірінен қойып тексереді.

Әртүрлі мөлшердегі Үлгілерді дайындағанда беріктілігін анықтау үшін оған да технологиялық факторлар әсерін тигізеді. Үлгілерді дайындауда құрылымды нығыздаудың әртүрлі дәрежесі болады, сонымен қатар, бір келкі емес температуралық ылғалдық жағдайда қатаюы мүмкін және мұнда шөгудің салдарынан болатын кернеудің, сыртқы факторлардың әсері және т.б. пайда болады. Бұлардың бәрі де бетонның құрылымының қалыптасуына және бақылауға алынған Үлгілерге әсерін тигізуі мүмкін.

Ауыр бетонның маркасын мөлшері 150x150x150 мм болатын стандарт бетон кубын сығылып сынған беріктілігі арқылы анықтайды. Үлгі бетон қоспасынан дайындалған, қалыпты жағдайда 15-20 °С температурада, қоршаған ауаның ылғалдылығы 90-100 % болған ортада, 28 тәулік қатайғаннан кейін барып тексеріледі.

Құрылыс нормасына және ережесіне сай ауыр бетонның мынандай маркалары бар: М 50, М 75, М 100, М 150, М 200, М 250, М 300, М 350, М 400, М 450, М 500, М 600 және одан да жоғары. Өндірісте берілген бетонның маркасын қамтамасыз ету қажет. Берілген марканы 15 %-ға дейін арттыруға рұқсат етіледі, одан әрі асырса цемент шығыны артады. Бетонның маркасын 150х150х150 мм-ден басқа мөлшердегі үлгіде анықтау үшін ауыстырғыш коэффициенті енгізіледі, оны тәжірибе жүзінде алынған бетонның беріктілігіне көбейтеді:

Кубтың көлемі, мм 70х70х70 100х100х100

150х150х150 200х200х200

Коэффициент	0,85	0,95	1	1,05
-------------	------	------	---	------

Іс жүзінде жоғарыда көрсетілген коэффициенттерден айтарлықтай ауытқулар болатыны байқалды, себебі ол пресстің қатты плиткасына, бетонның маркасына және басқа да факторларға байланысты болады. Өте дұрыс нәтиже алу үшін пресстің тірегінш плиткасының қалыңдығы тексерілетін кубтың қабырғасының шамасының жартысынан аз болуы қажет. Мұндай жағдайда сол ауыстырғыш коэффициенті ұсынылғаннан жоғары болуы мүмкін, мұны пайдалану бетонды жобалағанда конструкцияның беріктілігін арттырады.

Жеңіл бетонның да маркасын мөлшері 150x150x150 мм болатын куб үлгісін сығылып сындыру арқылы анықтайды. Жеңіл бетонда басқа мөлшердегі куб үлгісін тексергенде, ауыстыру коэффициенті қолданбайды. Жеңіл бетонның мынандай маркалары бар: М 25, М 35, М 50, М 75, М 100, М 150, М 200, М 250, М 300, М 350, М 400.

Құрама темірбетон конструкцияларын дайындағанда, сонымен қатар, жедел жұмыстарда тез қатаятын цементтер пайдаланады немесе өзге де бетонды тез қатайтатын тәсілдер қолданады, мұндай жағдайда бетонның беріктілігін өте қысқа уақытта анықтайды, мысалы 1, 3 және 7 тәулікте. Ал керісінше, біртұтас үлкен ғимараттарда пайдаланатын конструкцияларда баяу қатаятын цемент пайдаланады, олардың қатаюы 28 тәуліктен (60, 90 және 180 тәулік) асып кетуі мүмкін. Бетонның есептелген қатаю уақытының ұлғаюы цементті үнемдеуге әкеліп соқтырады. Бетонның қатаю уақытын белгілеу техникалық жағынан да, экономикалық жағынан да негізделінуі қажет.

Бетонның класы кепілдік берілген сығылып сынған беріктілік шамасы бойынша 0,95-ті қамтамасыз етілгенде анықталады. Бетон мынандай кластарға бөлінеді: В1; В1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60. Бетонның класынан (В) оның орташа беріктілігіне (МПа) ауысу өндірісте байқауға алынған 150х150х150 мм үлгі бойынша формула қабылдау керек $R_{ср} = B / 0,778$. Мысалы, В5 кластағы бетон үшін орташа беріктілік мынандай $R_{ср} = 6,43$ МПа, В40 класс үшін $R_{ср} = 51,4$ МПа.

Бетонның құрамын дұрыс анықтау үшін оның беріктілігі цементтің және толықтырғыштың сапасына, құрамдас заттардың өзара қатынасына және басқа да факторларға қалай байланысты болатындығын білу қажет. Қалыпты жағдайда белгілі бір қатаю уақытында қатайған бетонның беріктілігі, негізінен цементтің беріктілігіне және судың цементке қатынасына байланысты болады.

Судың цементке қатынасы дегеніміз, тек қана бос суды есепке алғандағы толықтырғыштардың суды сіңірмегендегі жаңа дайындалған бетон қоспасындағы судың массасының цементтің массасына қатынасы. Бетонның беріктілігі цементтің беріктілігінің өсуімен немесе судың цементке қатынасының азаюымен артады. Мұндай байланыстылық мынандай формуламен көрсетілуі мүмкін: $R_b = R_c / A (C/W)^{1/2}$ мұндағы R_b – қалыпты жағдайда 28 тәулік қатайған бетонның беріктілігі; R_c – цементтің активтілігі; C/W – судың цементке қатынасы; A – басқа факторлардың әсер етуін ескеретін коэффициент.

Бетонның беріктілігінің оның судың цементке қатынасына байланыстылығы тек қана белгілі бір шамада орындалады. Өте төмен судың цементке қатынасында, цемент пен судың шығыны артық болғанның өзінде де, қолайлы жайлымдылықтағы бетон қоспасын және қажетті тығыздылықтағы бетон алу мүмкін болмайды, сондықтан $R_b = f(C/W)$ байланыстылық бұзылады; одан әрі C/W төмендеуімен, бетонның беріктілігі көтерілмейді, сосын азаяды. Бетонның беріктілігінің төмендеуінде белгілі бір рөлді цементтің гидратация жасауына қажетті артық су атқарады, цементпен байланысуға қажетті сумен салыстырғанда. Бұл артық суды белгілі бір шамадан төмендету, гидратацияның баяулауына және бетонның беріктілігінің төмендеуіне әкеліп соқтырады.

Беріктіліктің судың цементке қатынасына байланыстылығын, бірдей материалдан жасалған бетонды тексергенде, бетон қоспасының жылжымалылығы бір-біріне жақын болғанда және бетонды бірдей тәсілмен пайдаланғанда және салғанда қатаң сақталады. Бетонның беріктілігіне цементтің активтілігі мен С/Ц қатынасымен бірге аз да болса, цементтің түрі, толықтырғыштың қасиеті, дайындау тәсілдері және басқа да факторлар әсерін тигізеді.

Сонымен, шындығына, келгенде тек қана бір ғана байланыстылық $R_b = f(C/C)$ болады. Бірақта есептеулерді жеңілдету үшін бетонның беріктілігінің (R_b) судың цементке қатынасы байланыстылығы жөніндегі орташа сызық немесе көрсетілген формула пайдаланады. Бетонның беріктілік формуласындағы цементтің, толықтырғыштың сапасы және басқа факторлардың әсері эмпирикалық коэффициенттің көмегі арқылы ескеріледі.

Бетонның құрамын анықтау үшін, беріктіктің судың цементке қатынасының байланыстылығы емес, керісінше беріктіктің цементтің суға (Ц/С) қатынасы болып табылады. Цементтің суға қатынасын 1,3-тен 2,5-ке дейін өзгерткенде бұл байланыстылық тіп-тік болады және формуламен көрсетілуі мүмкін: $R_6 = AR_{ц} [(Ц | С) - С]$

мұндағы R_6 – 28 тәуліктегі бетонның беріктілігі;
Ц/С – цементтің суға қатынасы; А және С – эмпирикалық коэффициенттер, толықтырғыштардың және басқа факторлардың бетонның беріктілігіне әсер етуін ескеретін; орташа $A=0,6$, $C=0,5$.

Бетон берiктілігінің цемент су қатынасына және цементтің активтілігіне байланыстылығы бір формуламен көрсетілуі мүмкін емес. Бұл байланыстылық тік сызықты емес, күрделі сызықпен өрнектеледі. Бірақта іс жүзіндегі мақсат үшін бұл қисық сызықты екі түзумен ауыстыруға болады және бетонның құрамын есептеуге екі эмпирикалық формуланы қолдану керек:

$$C/W \geq 0,4 \text{ бетон үшін } C/W \leq 2,5 \quad R_c = A R_{ц} [(W | C) - 0,5];$$

$$C/W \leq 0,4 \text{ бетон үшін } C/W \geq 2,5 \quad R_c = A_1 R_{ц} [(W | C) + 0,5],$$

Келтірілген формула қатты және жылжымалы бетон қоспаларына дұрыс келеді, сілкіндіру арқылы салынған нығыздалу коэффициенті 0,98 төмен емес. Бетонның құрамын анықтағанда беріктілік формуласы, белгілі бір цементтің активтілігінде бетонның берілген беріктілігін қамтамасыз ететін суың цементке қатынасын тағайындауға пайдаланады.

Дайындау, Қатаю, пайдалану процесінде және ӘртҰрлі себептердіҢ Әсер етуімен сынау, бетонда көлемдік Өзгеру жүреді, материалда пішінінің Өзгеруі пайда болады. Олардың шамасы бетонның құрылымына, оның құрамдастарының Қасиетіне, технологияның ерекшелігіне және басқа да факторларға байланысты. Бетонның деформативті Қасиеті конструкцияларды жобалағанда ескеріледі; олар бетон және темірбетон Ғимараттарының сапасына және Ұзақтылығына Үлкен Әсерін тигізеді.

Бетонның деформациясын шартты түрде мынандай түрлерге бөлуге болады: *бетон қоспасының* *Өзіндік деформациясы* (алғашқы басталатын шөгу) және *бетонның* *Өзінің деформациясы* (шөгу және ұлғаю), бетонда жүретін физика-химиялық процестердің Әсерінен пайда болады.

Қатаймаған бетон Қоспасының және Қатайған бетонның тығыздылығын айыра білу қажет. Бетон Қоспасы аяғына дейін тығыз болуы мүмкін (бұл жерде айтылып отырған тығыздылық құрамында суы бар Қоспа), егер де ол дұрыс есептеліп және тығыз салынса. Мұндай бетон Қоспасының тығыздылығы теориялықпен дәл келеді, материалдардың абсолюттік көлемдерінің қосындысы бойынша есептелген, егер де онда қатысқан ауа болатын болса.

Бетон Қоспасының тығыздалу сапасын, әдетте, тығыздалу коэффициенті бойынша бағалайды: $k_{\text{тығ}} = \gamma_n / \gamma_e$

мұндағы γ_n және γ_e — нақты және есептелген бетон Қоспасының тығыздылығы.

Әдетте, тығыздалу коэффициентін $k_{\text{тығ}} \approx 1$ жеткізуге тырысады, бірақ та бетон Қоспасын дірілдеткенде шығатын ауаның салдарынан және басқа да факторлардың әсер етуінен тығыздалу коэффициенті 0,96–0,98 құрайды.

Бетонның сіңіргіштігі оның кеуектілігіне, кеуектің құрылымына және байланыстырғыш пен толықтырғыштардың қасиетіне байланысты. Бетон — капиллярлы-кеуекті материал, кеуектер мен капиллярлардың әртүрлі мөлшердегі жұқа торлары өткендей. Мөлшері 10^{-5} см болатын, цемент сілікпесінің кеуектеріне жататын майда кеуектер мен капиллярлар (микрокеуектер) іс жүзінде су сіңірмейді.

Бетондағы микрокеуектердің көлемі 0-ден 40 %-ға дейін ауытқиды. Бетондағы микрокеуектілік С/Ц төмендегенде, цементтің гидратациялану дәрежесі артқанда, бетон қоспасындағы ауаның шығуы азайғанда, бетонның құрылымын нығыздайтын химиялық қоспа пайдаланғанда азаяды.

Бетонды ылғалдандырғанда ұсақ кеуектер мен капиллярлар сумен толтырылады, олар беттік күштердің әсер етуінен өздерінің жылжымалылығын жоғалтады және бұл капиллярларды тығындағандай болады.

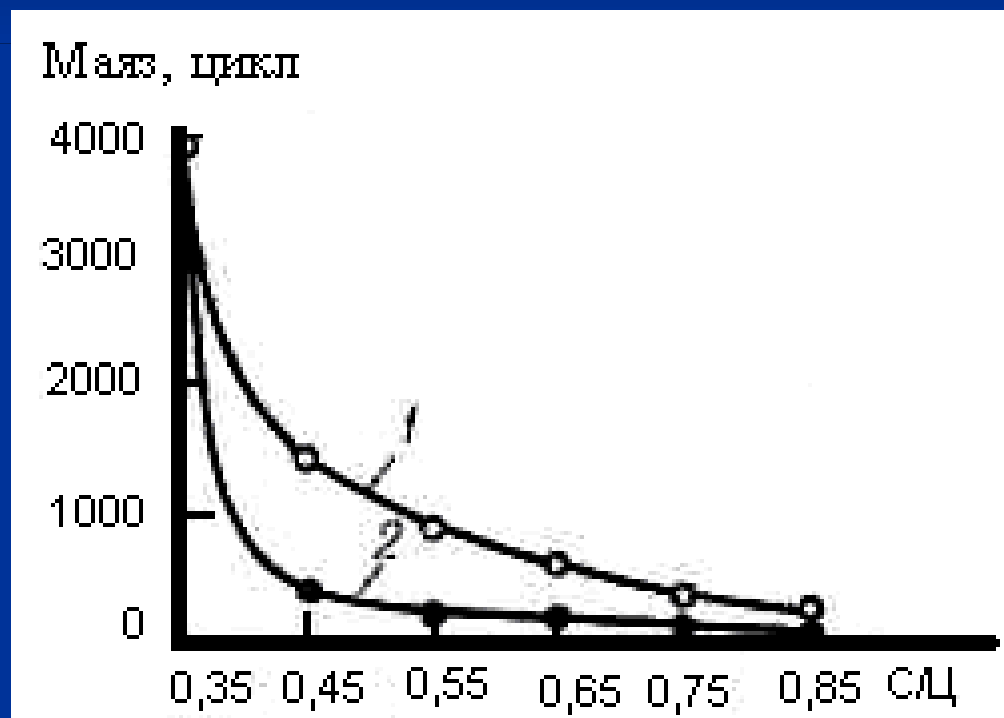
Бетонның тұру ұзақтылығының ұзаруымен, оның кеуектілік сипаты өзгереді, цементтің гидратация заттарымен өсетін макрокеуектердің көлемі жайменен азаяды және нәтижесінде бетонның сіңіргіштігі азаяды.

Бетонның сіңіргіштігін сіңіргіштік коэффициентімен бағалауға болады, тұрақты қысымдағы бір сағаттың ішінде 1 см^2 үлгіден өтетін судың мөлшерімен өлшенеді.

Бетонның аязға төзімділігі дегеніміз — оның сумен қаныққан күйіндегі бірнеше рет қайталанып келетін тоңазыту мен еруге төзімділік мүмкіншілігін атайды. Мұндай жағдайдағы бетонның бұзылуына негізгі себеп — ол қататын судың салдарынан болатын қабырғаларындағы кеуектер мен микрожарықтардағы қысым. Су қатқанда көлемін 9 %-дан жоғарыға көтереді; судың ұлғаюы бетонның қатты қаңқасына кедергі болады, ол өте үлкен кернеуді тудыруы мүмкін. Қайталанып келетін тоңазыту мен еру, бетонның құрылымының жайменен нығаюынан айырады және бұзылады. Бұзылу әуелі шығып тұрған қырларынан басталады, сосын беттік қабаты және бұзылу жайменен бетонның ішіне таралады. Белгілі бір әсерді бетонның құрамдастарының әртүрлі температуралық сызықтық ұлғаюынан болатын кернеу тигізеді.

Бетонның аязға төзімділігін арттырудың екі тәсілі бар: а) бетонның тығыздылығын арттыру, макрокеуектердің көлемін және суды сіңіруін азайту, мысалы С/Ц төмендету арқылы, кеуектердің қабырғаларына су жұқтырмайтын қоспалар пайдалану; б) бетонда арнаулы ауа шығаратын қоспалардың көмегі арқылы ауа кеуектерінің артық көлемін жасау, яғни, бетонды сумен қанықтырғанда толмайтын, бірақ та судың кіруіне қатқанда пайда болатын қысымның салдарынан болатын. Аязға төзімділікті арттырудың тиімді және салыстырмалы жай тәсілі, ол ауа шығаратын қоспаларды пайдалану болып табылады. Олар аз мөлшердегі ауа кеуектерін алуды қамтамасыз етуі мүмкін, бұл бетонның аязға төзімділігін арттыруға жағдай жасайды, бірақ та оның салдарынан беріктілігі кішкене төмендейді. Ауа шығудың тиімді көлемі 4-6 % құрайды және ол цементтің, судың және ірі толықтырғыштардың шығынымен анықталады. Бұл көлем ірі толықтырғышты азайтқанда және цементтің шығынын арттырғанда көбейеді.

Аязға төзімділіктің судың цементке қатынасына байланыстылығы 5.7 суретте келтірілген. Жеткілікті дәрежедегі бетонның аязға төзімділігін алу үшін $C/Ц$ 0,5 аз болмауы керек.



Бетонда агрессивті ортаның әсер етуінен бұзылулар пайда болуы мүмкін. Берілген жағдайда конструкцияның бұзылуы бетонға қажетті шыдамдылықтың жетіспеуінен туындайды. Конструкцияны жобалау кезінде міндетті түрде агрессивті ортаның құрамын, конструкцияның қызмет ету жағдайларын ескеру керек, конструкцияның берілген ұзақтылығын қамтамасыз ету үшін материалдарды дұрыс таңдап, бетонның тығыздығын тағайындауымыз керек.

Темірбетон конструкцияларын жобалау кезінде, сонымен қатар, бетондағы арматураның сақталуына да мән беру керек. Бетонға сұйық орта әсерін тигізгенде, әсіресе, құрамында агрессивті қалайы ионы бар зат ең алдымен бетонды бұзады.

КоррозияныҢ негізгі түрлерінің классификациясын Москвин В. М. ұсынды. Бетонның коррозиясын зерттеуде алынған негізгі нәтижелер және темірбетон бұйымдарын пайдалану процесінен жинақталған тәжірибе негізінде ол үш түрге бөлінеді.

Бірінші топқа (I түрдегі коррозия) бетонға жұмсақ су әсерінен цементті тасының құраушы бөліктері еріп, ағынды сумен ағып кететін барлық коррозия процестері біріктірілген. Бірінші түр бетон коррозиясының негізгі дамуы болып саналады және ол судың бетон арқылы сүзілуімен жүреді.

Екінші топқа (II түрдегі коррозия) цементті тас құраушыларымен реакцияға түсетін, құрамында химиялық заттары бар сулардың бетонға әсері негізінде дамитын коррозия процестері жатады. Мұнда реакция өнімдері байланыстырғыш қасиет бермейтін аморфты масса түрінде суға еріп немесе ағып кетеді, я болмаса реакция орнында қалады. Бұл топқа қышқыл мен магнезиалды тұздар әсерінен пайда болатын процестер жатады.

Үшінші топқа (III түрдегі коррозия) бетонның тесіктері мен капиллярында аз ериттін тұздардың жиналуы кезіндегі коррозия процестері жатады; олардың кристалдануы тесіктер мен капиллярлар қабырғасына айтарлықтай қысым түсіріп, бетонның құрылымдық элементтерінің жойылуына әкеліп соқтырады. Бұған бетонның бұзылу гидросульфоалюминат кальцийінің кристалының өсуімен туындайтын, сульфаттар әсерінен болатын коррозия процестері жатқызға болады.