

Бетонның ерекше түрлері

Силикатты бетон дегеніміз – цементсіз автоклавта қатаятын бетон. Ондағы байланыстырғыш материалға әк пен кремнеземді материалдың қоспасы жатады. Автоклавта қатаю процесі кезінде әк кремнезем компонентімен химиялық реакцияға түседі, нәтижесінде толықтырғыштың түйірлерін берік біртұтас жабыстыратын гидросиликат кальцийі пайда болады. Кремнезем компонентінің түріне байланысты байланыстырғыш материалдар былай бөлінеді: майда ұнтақталған әк пен құмнан тұратын әкті-кремнеземді; металлургиялық немесе отын қожы мен әкті бірге ұнтақтау арқылы алынған әкті-қожды; майда ұнтақталған әк пен отын күлінен тұратын әкті-күлді және т.б. әк пен жасанды кеуекті өндіріс қалдықтарынан алынатын, сондай-ақ, әкті-белитті.

Әк пен кремнезем компонентінің қатынасы мынандай болады: 30:70-тен 50:50 %-ға дейін. Майда толықтырғыш ретінде стандарттың талаптарын қанағаттандыратындай табиғи және ұсақталған құмдар пайдаланады. Ірі түйірлі бетонда тығыз тау жынысының қиыршық тасы, малта тас немесе мөлшері 20 мм көп болмайтын домна қожы, сонымен қатар, әртүрлі кеуекті толықтырғыштар пайдаланады. Байланыстырғыш материалдың қасиетін реттеу үшін, бетон қоспасына және бетонға арнаулы қоспалар пайдаланады: әктің гидратациясын баяулату үшін гипс тасын, байланыстырғыш компоненттерінің және бетон қоспасының жұмсақтау ұнтақталу қасиетін арттыру үшін триэтаноламин; бетонның су жұқтырмау және ұзақтылығын арттыру үшін кремнийорганикалық сұйықтар ГКЖ-10 және суперпластификаторлар және т.б.

Ең көп тарағандары – толықтырғыштары кварц құмы болатын, ұсақ түйірлі силикат бетондары. Құмның меншіктік беттігі өте жоғары және реакцияға мүмкіншілігі жоғары, сонымен қатар, ірі толықтырғышқа қарағанда құны төмен, сондықтан майда түйірлі силикат бетондары жақсы техникалық қасиеттерімен қатар бағасы төмен болып келеді.

Силикат бетонының беріктілігі жеңіл силикат бетондары үшін 5-10 МПа-дан 20-50 МПа-ға дейін, ауыр және жоғарғы беріктілі бетондар 80-100 МПа өзгереді. Силикат бетонынан жабын плиталары, бағаналар, ригелдер, балкалар, қоршағыш панелдері, қабырға блоктары және басқалар өндіріледі.

Силикат бетонының құрамы екі тәсілмен есептелінеді. Егер де әкті-кремнеземді байланыстырғыштың активтілігі белгілі болса, автоклавта өңдеуді қолдану арқылы белгілі стандартты тәсілде жүргізілсе, онда цементті ауыр бетонның есептеу-тәжірибелік тәсілін пайдалануға болады, силикат бетонының технологиясы мен ерекшелік қасиеттерін ескере отыра.

Байланыстырғыштағы активті оксид кальцийі мен ұнтақталған құмның арасындағы қатынасты құрамында аз мөлшерде әгі бар автоклавта өңдеу жағдайының нәтижесінде алынатын гидросиликат кальцийінің тиімді құрамында белгілейді.

Силикат бетон қоспасының қажетті қаттылығы

Қалыптау тәсілдері	Ең үлкен қаттылық, с	Сілкіндіріп нығыздау уақыты, мин
Сілкіндіру прокаты сілкіндіру өзегі бар плита	120	3,5
Сілкіндіру прокаты	100	3
Сілкіндіріп штамптау	80	2,5
0,5 МПа күші бар сілкіндіру алаңы	50	2
Кассет қалпында	15	1-1,5
Сілкіндіру алаңында	15	1-1,5

Силикат бетонының құрамын анықтағанда мыналарды ескеру керек:

1.толықтырғыш ретінде пайдалынатын құм майда болған сайын, байланыстырғыштың құрамына кіретін құмның бөлігі соғұрлым аз ұнтақталған болуы қажет;

2.бетонның маркасы жоғары болған сайын, байланыстырғыштың да шығыны көп болады;

3.берілген маркадағы силикат бетонын алуға керек байланыстырғыштың шығыны майда құмның дисперстігі көбейген сайын азаяды және силикат бетон қоспасының қалыптау ылғалдығын өсіргенде ол артады;

4.ұнтақталған әктің дисперстілігі 2-2,5 есеге ұнтақталған құмның дисперстілігінен жоғары болуы қажет.

Ыстыққа төзімді бетон. Ыстыққа төзімді бетон жоғарғы температура ұзақ уақыт әсер еткенде өзінің берілген физика-механикалық қасиетін сақтау керек. Ыстыққа төзімді бетон байланыстырғыштан (ал кейбір қажетті жағдайда тағы да майда ұнтақталған минерал қоспасын қосады), судан (немесе басқа ертінділер) және ыстыққа төзімді толықтырғыштан дайындалады.

Байланыстырғыш материал ретінде ыстыққа төзімді бетонда портландцемент, қожды портландцемент, глиноземді цемент және сұйық шыны пайдаланады. Цемент тасының құрылымын жақсарту және беріктілігін сақтау үшін байланыстырғышқа минерал қоспалары қосылады.

Ыстыққа төзімді бетонға майда және ірі толықтырғыш ретінде мынандай ұсақталған қоспалар пайдаланады: хром кені, шамот, магнезиал және жай кірпіштің сынықтары, кесек шамот, домна үйінді қожы, базальт, диабаз, андезит. Қиыршық тастың ең ірілік мөлшері үлкен конструкциялар (ірге тастар) үшін 40 мм, ал қалғандары үшін 20 мм аспауы керек. Толықтырғыштағы мөлшерлері 0,14 мм төмен бөлшектер массасынан алғанда 15 % аспауы керек. Ыстыққа төзімді бетонға ұсынылатын қиыршық тас пен құмның түйіршік құрамы 10.4 кестеде келтірілген. Ыстыққа төзімді бетонға керек материалдар мен құрамы жағдайға және тұратын температурасына байланысты.

Ыстыққа төзімді бетонға керек толықтырғыштардың ұсынылатын түйіршіктік құрамы

Толықтырғыш түйірінің ең ірілігі, мм	Массасы бойынша електе толық қалу мөлшері, %					
	40	20	10	5	1,2	0,14
40	0-5	30-60	-	90-100	-	-
20	-	0-5	30-60	90-100	-	-
10	-	-	0-5	90-100	-	-
5	-	-	-	0-15	20-55	85-100

Портландцементтен жасалатын жай бетонды пайдалану ортаның температурасы $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ аспайтын конструкцияның элементтеріне ұсынылады. Мұндайда бетонның маркасын $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ шамасында температура ұзақ уақыт әсер еткенде, бетонның беріктілігі 25 %-ға төмендейді деп ескеріп талдау керек. Мұндай жағдайда бетонның беріктілігінің иілгенде және созылғанда төмендеуі 50 % дейін жетеді.

Портландцементтен жасалатын ыстыққа төзімді бетон конструкцияға қышқыл агрессивті орта әсер ететін жерлерде пайдаланады. Мұндай жағдайда ыстыққа төзімді бетонға сұйық шыны пайдалану мүмкін болады. Сұйық шыныдан жасалатын бетонды тұрақты түрде бу ортасы немесе су әсер ететін жағдайда пайдалануға болмайды.

Глиноземді цементтен жасалатын бетонды, бетонның өзінің температурасы алдыңғы тәулікте қатайғанда, 40 °C аспайтын жағдайда пайдаланады. Әйтпесе, бетонның беріктілігінің тез төмендеп кетуі мүмкін.

Толықтырғыштардың түріне байланысты портландцементтен, глинозем цементінен және сұйық шыныдан жасалатын жаңа салынған ыстыққа төзімді бетонның тығыздылығы мынандай болады:

хромиттен жасалған бетон 2900-3200 кг/м³

магнезиттен жасалған бетон 2500-2800 кг/м³

диабаз, базальт, андезиттен жасалған бетон..... 2300-2500 кг/м³

кірпіш немесе туф қиыршық тасынан жасалған бетон 1600-1900 кг/м³

Ыстыққа төзімді бетонды дайындағанда судың немесе сұйық шынының мөлшері мүмкіншілігінше ең аз болғанға тырысу керек. Стандарт конусының шөгуін 2 см көп болмайтындай қылып қабылдайды. 1 м³ ыстыққа төзімді бетонды араластыру үшін, әдетте, 170-190 л су қажет. Бетонның құрамын таңдап алғаннан кейін тексеру араласпасын жасайды. Алғашқы құрамға 170 л/м³ су алады. Тексеру тәсілі ыстыққа төзімді бетонның маркасын анықтаудың және оның қалдық беріктілігінің ерекшеліктерін ескере отыра жүргізіледі. Бетонның ақырғы құрамын тексеруге алынған араласпаның нәтижелері бойынша анықталады.

Кептірілген күйдегі бетонның тығыздылығы жаңа салынған күйдегіден 150-200 кг/м³ аз болады.

Фибробетонның сапасын шашырамалған талшықпен арматураланғанда арттыруға мүмкін. Арматуралау үшін пайдаланатын талшықтың үлкен емес кесінділері «фибр» деген атқа ие болды, ал мұндай талшықтармен дисперсті арматураланған бетон – «фибробетон».

Фибробетон жоғарғы жарылысқа төзімділігіне, созылу беріктілігіне, соққылы тұтқырлығына, мүжілуге қарсы тұруына ие болады. Мұндай бетоннан жасалатын бұйымдарды арнаулы торлармен немесе қаңқалармен арматураланбай дайындау мүмкін болады, бұл бұйымның дайындау технологиясын қысқартады және оның еңбек сыйымдылығын төмендетеді.

Бетонды арматуралау үшін, әртүрлі металл және металл емес талшықтар пайдаланады. Фибр ретінде диаметрі 0,1-0,5 мм, ұзындығы 10-50 мм болатын шабылған жұқа сым кесінділері пайдаланады. Ең жақсы нәтижені диаметрі шамамен 0,3 мм және ұзындығы 25 мм болатын фибралар қамтамасыз етеді. Фибраның диаметрін 0,6 мм арттырғанда дисперсті арматуралаудың бетонның беріктілігіне тигізетін әсері шұғыл төмендейді.

Металл емес талшықтардан шыны талшықтары, базальтты, асбесті және басқалары пайдаланады. Шыны талшығының диаметрі, әдетте, бірнеше он микрон және ұзындығы 20-50 мм болады. Оның созылу беріктілігі жоғары болып келеді (1500-3000 МПа), ал оның деформация модулі цемент тасына қарағанда жоғары. Шыны талшықтың сызықтық температуралық ұлғаю коэффициенті цемент тасының сондай коэффициентіне жақын. Шыны талшықпен арматуралау нәтижесінде бетонның қасиеті айтарлықтай жақсаруы мүмкін. Бірақ шыны цементтің сілтілі ортасы әсер еткенде тез бұзылады, сондықтан сілтіге төзімді талшықты пайдалану қажет немесе арнаулы байланыстырғышты пайдалануды қарастыру керек, ол бетондағы коррозиядан шыны талшығының бұзылуын сақтайды. Мұндай шараларға мыналарды жатқызуға болады: бетонда глиноземді цементті пайдалану; сілтіні байланыстыратын бетонға қоспалар; бетонға полимерлер сіңіру.

Бетонды дисперсті талшықтармен арматуралағанда, оның бұзылуы тез болмайды, баяу жүреді. Әуелі бетонда микрожарықтар пайда болады, олардың саны ақырындап артады. Түгелдей жарықтың пайда болуы, жай бетонға қарағанда, айтарлықтай шамадағы деформацияда жүреді. Фибра бетонның созылу кернеуіне қарсы тұруына көмектеседі және ұстап тұрады. Бетонға механикалық немесе жылу соққылары әсер еткенде, бетон ұзақ уақыт арматураны қорғауды қамтамасыз етеді. Мұндай сипаттағы бетонда болатын құбылыс, оны жүктегенде талшықты-арматураланған бұйымның төзімділігінің артуына жағдай жасайды.

Бетон қоспасына талшықтарды қосқанда, оның жылжымалығы төмендейді және цемент, су, толықтырғыш, фибр қоспасын дайындауда белгілі бір қиындықтар туады. Әдетте, мұндай қоспада судың мөлшерін бірнешеге көбейтуге тура келеді және майда бөлшектердің (цементтің және майда толықтырғышты) мөлшерін. Негізінен цементтің шығыны 400-500 кг/м³ құрайды.

Үйлер мен ғимараттардың әдемі көрінісін арттыру үшін соңғы кезде **декоративті бетон** кеңінен қолданады. Бетон жақсы әсемдік және иілімділік бере алатын материал болып табылады. Бетонды ақ және түрлі-түсті цементтерден және арнаулы толықтырғыштардан жасауға болады, ол тек қана түрлі түсті бетон алып қана қоймай, бетонға табиғи тас материалдардың реңін береді. Қажет болған жағдайда бетонның беті өңделінетін материалға өзіндік әсемдік беретін арнаулы өңдеуден өткізіледі. Иілімділік бетон бұйымдарына өзге де кескіндер береді, бұйымның бетін бедерлеп қалыптайды, үйлер мен ғимараттарға әртүрлі әдемілік элементтерін дайындауға қолайлылық жасайды. Құрамына және пайдалануға байланысты декоративті бетондарды былай бөледі: түсті бетондар және табиғи тасты бейнелейтін немесе өзі ерекше құрылымдық әдемілікке ие болатын бетондар.

Түсті бетон алу үшін ақ түсті және өзге де минералды немесе органикалық пигменттер пайдаланады. Ақ цементтің түсін ашу, қажет болғанда, бетонға ерекше түс беру үшін оған екі оксидті титан қосады (1-2 % цементтің массасынан алғанда). Түсті бетонға пайдаланатын пигменттердің, жарыққа, атмосфераға және сілтіге төзімділігі жоғары болуы қажет. Көбінесе минерал пигменттері жиі пайдаланылады, олардың көбі әртүрлі металдардың оксидтері немесе тұздары болып келеді. Бұл пигменттерді оларды жабуға, тығыздылығына және басқа қасиетіне байланысты цементтің массасынан алғанда 1-5 % қосады. Пигменттер алуан түрлі түс алуға мүмкіншілік жасайды: қызылдан (темір оксиді) және жасылдан (хром оксиді) күлгінге (марганец оксиді) және қараға (марганец перекисі) дейін. Ақ пигменттерге бор немесе әк тасы, қараларға күйелер, сарыларға охра жатады, ақ сазбен темір оксидінің қосындысы. Аралас пигменттерді пайдалану өзге де бетон алуға мүмкіншілік жасайды.

Қажетті тығыздылықты алу және бетонның бетіне жақсы түс беру үшін цементтің шығынын жай бетонға қарағанда бірнешеге арттырады. Толықтырғыштың ірілігі 10 мм дейін болғанда, цемент шығыны 450-500 кг/м³ құрайды. Түсті бетондар ретінде майда түйірлі бетондар кеңінен пайдаланады. Жақсы декоративті бетон алу үшін, тиімді құрам цемент илемінің қалыпты қоюлығына сай 1:2-1:3 болады.

Түсті бетондағы судың шығынын алдын ала тексеру арқылы анықтайды және тұрақты түрде бақыланып тұрады, себебі судың мөлшерінің кішкене ауытқуы бетонның түсін өзгертуге әкеліп соқтырады. Түсті бетон бұйымдарын қалыптау үшін жұмсақ майлы бетон қоспасын пайдаланады, олар қалыпқа жақсы құйылады және аз қатпарланады.

Түсті бетондар үшін құрамында құмды және бетонды сұрғылт түске бояйтын темір оксидінің қоспа бөлшектері жоқ, мүмкіншілігінше ашық түсті кварц құмын пайдаланды. Ірі толықтырғыш ретінде ашық әк тасы және доломит пайдалануы мүмкін. Сонымен қатар, толықтырғыш ретінде тас ұсақтарының қалдықтары, ұсақталған құм және мәрмәр қиыршық тастары, граниттің себінділері және басқалар пайдаланады. Мынаны ескеру керек, әдетте, ірі толықтырғыш түсті бетонға ерекше түс бермейді. Бетонның түсіне мөлшерлері 0,3 мм аспайтын толықтырғыштың бөлшектері әсерін тигізуі мүмкін. Түсті бетонның қабыршақтануын азайту және біркелкі бояулау үшін, ауа іліктіруші қоспалар пайдаланады, сонымен қатар, кейбір материалдардың көп емес мөлшердегі жұқа фракциялары енгізіледі: құнарлы әк, майда ұнтақталған әк тас және басқалар.

Түсті бетондарды алдын ала тазартылған араластырғыштарда дайындайды және бетон қоспасын тасымалдағанда және қалыпқа саларда ластанудан сақтайды. Түсті бетондардың араластыру ұзақтылығы жай бетонды дайындауға қарағанда бірнешеге көп. Түсті бетон бұйымдарын дайындауға керек қалып химиялық нейтрализацияланған, қатты, таза және су кірмейтін болуы қажет. Көбінесе болаттан жасалған қалыптар немесе жоғарғы күрделі бедерлі бұйым алуға мүмкіндік болады.

Бұйымды қалыптағанда терең дірілдеткіштері пайдаланады, олар бетон қоспасын күрделі кескінді қалып болса да жақсы толтыруды қамтамасыз етеді, тереңдетіп дірілдеткенде бетон мен қалып арасындағы ауа іліктендіру төмендейді. Сонымен қатар, бұйымдарды дайындау үшін, соққылау қалыптау және төменгі жиіліктегі дірілдету қолданады.

Декоративті бетонның сәулеттік көрінісін арттыру үшін, арнаулы тәсілдер қолданады, бұлар толықтырғыштарды жаңартып құрылымды айқындап береді. Мұндай жағдайда декоративті бетон алуан түрлі әрлеу тастарына ұқсайды немесе бетонға өзіндік ерекше декоративті сапа береді. Сонымен қатар, мұндай жағдайда декоративті бетон алу үшін ақ цемент, пигмент және қоспамен бірге материалдың қажетті құрылымын алуды қамтамасыз ететін майда және ірі толықтырғыштар пайдаланады. Мұндай жағдайда толықтырғыш ретінде ұсақталған мәрмәр, гранит, базальт, слюда, ұсақталған түсті шыны және басқа ұқсас материалдар пайдалану мүмкін.

Бетонның құрылымын айқындау үшін оның бетін арнаулы өңдеуден өткізеді. Бетон бұйымдарын дайындауда оларды ажарлату және жылтырату кеңінен қолданады. Сонымен қатар, бетін пневматикалық балғамен өңдейді және арнаулы қатаюды баяулататындарды пайдалану жолымен толықтырғыштарды жаңартады. Ажарлатуда, әдетте, бетонның жеңіл жылтырлайтын толықтырғыштары пайдаланады, мысалы, мәрмәр

Ерекше ауыр және гидратты бетондар радиоактивті әсерлерден қорғау үшін арнаулы ғимараттарда пайдаланады. Ерекше ауыр бетондарға тығыздылығы 2500 кг/м³ жоғары бетондар, ал гидраттыларға құрамында көп мөлшерде химиялық байланысқан және жартылай байланысқан сулары бар бетондар жатады. Ерекше ауыр бетонға портландцемент, пуццолан портландцементі, қожды портландцемент, глинозем цементі, ұлғаятын гипсті глинозем цементі пайдаланады. Гидратты бетондағы химиялық байланысқан судың мөлшерін ең жоғарыға дейін көтеру үшін глинозем цементін пайдалануды ұсынады. Толықтырғыштар ретінде ерекше ауыр бетонға тығыздылығы жоғары магнезит, гематит, барит, металл өндірісінің қалдығы және басқалар пайдаланады; ал гидатты бетондарға лимонит және серпентинит. Құрама бетондар үшін ауыр және жай толықтырғыштар – қиыршық тас, малта тас, құм пайдаланады.

Ерекше ауыр бетонның толықтырғыштарына мынандай қосымша талаптар қойылады: шойын қалдығының ең аз сығылу беріктілігі – 200 МПа, магнезиттікі – 200 МПа, лимонит немесе гематиттікі – 35 МПа, бариттікі – 40 МПа (диаметрі 50 мм, биіктігі 50 мм болатын цилиндр тәрізді үлгілерді тексергенде); бариттегі жартылай оксидтердің (Al_2O_3 және Fe_2O_3) мөлшері – толықтырғыштардан алғанда 1 % көп емес; массасы бойынша су сіңіруі магнетит пен бариттікі 1-2 %, лимонит пен гематиттікі 9-10 %.

Бетон жұмыстарын жүргізгенде мынандай талаптарды сақтау керек:

1.бетон қоспасын бетон араластырғышта араластыру уақыты 2 минуттан ерте емес;

2.бетон араластырғышындағы қоспаның көлемі, бетонның тығыздылығына кері пропорционалды азаяды: мысалы, ерекше ауыр бетонның тығыздылығы 4000 кг/м^3 болғанда, ал жай бетондікі 2300 кг/м^3 , көлемі 500 л болатын бетон араластырғыш үшін, араласпаның көлемі $500 \cdot 2300 / 4000 = 285 \text{ л}$ аспауы керек;

3.бетон қоспасын нығыздау үшін тек қана дірілдеткіш пайдалану керек.

4.Ерекше ауыр бетонның қорғаныс қасиетін жақсарту үшін жеңіл элементтерден тұратын қоспалар қосады – литий, кадмий және бор, мысалы, бордың карбиді, хлорлы литий, күкірт қышқылды кадмий және басқалар.

Ерекше ауыр және гидратты бетондардың құрамын анықтаудағы берілетін шамалар мыналар болып табылады: γ -сәулесінен қорғау қасиетін қамтамасыз ететін бетонның тығыздылығы; нейтронды сәулелерден қорғауды қамтамасыз ететін химиялық байланыс суының мөлшері; бетон қоспасының берілген жылжымалығы мен бетонның беріктілігі. Бетонның құрамы жай ауыр бетонға арналған тәсіл бойынша анықталады және ол тексеру араласпасымен дәлелденеді. Бетонның қажетті тығыздылығы толықтырғыштарды таңдауға сай жасалады.

Әртүрлі толықтырғыштардан жасалған ерекше ауыр бетонның тығыздылығы, кг/м³

Бетон	Мәндері	
	ең кішісі	ең үлкені
Лимонитті	2500	3000
Магнетитті	2800	4000
Баритті	3300	3600
Шойын қалдығымен	3700	5000
Құрама бетондар: лимонитті құм мен жай қиыршық тасы барит қиыршық тасымен магнетит қиыршық тасымен металл қалдығымен	2400	2500
	3000	3200
	2900	3800
	3600	5000

Ірі кеуекті бетон. Ірі кеуекті бетон дегеніміз – майда толықтырғышсыз (құмсыз) дайындалған бетон. Мұндай бетон малта тастың немесе қиыршық тастың кейбір түйірлері түйіскен жерлері жұқа цемент илемімен қосылып жабылған түйірлі құрылымды болып келеді. Ірі кеуекті бетонның беріктілігі қиыршық тас түйірінің цемент илемімен майланған қабатына байланысты болады, яғни, басқа тең жағдайдағы цементтің шығынына (10.2 сур.). Әр цемент шығынына өзінің тиімді судың цементке қатынасының мәні сәйкес келеді (10.7 кесте). С/Ц төмен болғанда, малта тас түйірінің бетінде тегіс және біркелкі болатын цемент илемінің қабығы алынбайды, ал С/Ц үлкен болғанда цемент илемі малта тас түйірінен шайылып кетеді, сөйтіп цемент тасының беріктілігі және соған сай ірі кеуекті бетонның беріктілігі де төмендейді. С/Ц тиімді артуы толықтырғыш түйірлерінің бетінің кедір-бұдыры артқанда және қатты нығыздалынғанда болады.

Ірі кеуекті бетонға қажет байланыстырғыш ретінде маркасы 400 портландцемент, маркасы 300-400 қожды портландцемент және активтілігі 20-40 МПа болатын аралас цементтер пайдаланған тиімді. Ірі кеуекті бетонға жоғарғы маркалы цементті пайдалану, оның шығынын көрінетіндей төмендете алмайды және беріктілігін шамалы ғана арттырады, өйткені цементтің көп бөлігі толықтырғыштардың түйірлерін майлауға кетеді.

Ірі кеуекті бетон дайындау үшін, табиғи малта тасты, әк тасының қиыршық тасын немесе гранит, керамзит, пемза және басқа жеңіл толықтырғыштарды пайдалануға болады. Толықтырғыштың ең төмен беріктілігі мынадан төмен болмауы керек: $R_T = 1200R_6/C$

мұндағы 1200 – пропорционалдың эмпирикалық коэффициенті; R_6 – ірі кеуекті бетонның сығылып сынғандағы қажетті беріктілігі, МПа

Әртүрлі цемент шығынындағы ірі кеуекті бетонның судың цементке қатынасы

Цемент шығыны, кг/м ³	Бетон		
	гранит қиыршық тасымен	малта таспен	әк тас қиыршық тасымен
70	0,5	0,66	0,83
90	0,46	0,6	0,74
110	0,42	0,55	0,65
130	0,4	0,51	0,59
150	0,3	0,46	0,52

Тығыз толықтырғыштардан жасалған ірі кеуекті бетонның сығылып сынғандағы беріктілігі 1,5-10 МПа болуы мүмкін; керамзитті ірі кеуекті бетондікі 0,5-5 МПа.

Ірі кеуекті бетонды арматураланбайтын бұйымдарда пайдаланады. Пайдалануына байланысты оны жылу оқшаулайтын, конструктивті-жылу оқшаулайтын (қабырға блоктары үшін), труба құбырларына арналған сүзгішті және дыбыс жұтатын деп бөледі. Ірі кеуекті бетон жарып өтетін үздіксіз кеуекті болып келеді және оны ғимараттың қоршау элементтері үшін пайдаланғанда бұйымның бетін оқшаулауды қажет етеді (көбінесе сылақпен).

Цементті-полимерлі бетон. Цементті-полимерлі бетонға құрамына полимер қосқанда қасиеті жақсаратын бетонды жатқызады. Соңғы кездері құрылыста құрамында полимері бар бетондар кеңінен пайдаланып келеді. Полимерлерді бетонда пайдалану оның құрылымы мен бағытын керекті бағытқа өзгертуге мүмкіндік береді және материалдың техника-экономикалық көрсеткіштерін жақсартады. Бетонда полимерлерді пайдалану жолы әр алуан. Полимерлерді және оның негізіндегі материалдарды бетон қоспасында қоспа түрінде, яғни, байланыстырғыш ретінде бетон және темірбетон бұйымдарына сіңірту үшін, полимер талшықтарын жеңіл толықтырғыштар түрінде немесе минерал толықтырғыштардың қасиетін түрлендіруде дисперсті арматуралау үшін микротолықтырғыштар ретінде пайдаланады. Бұл бағыттардың әрқайсысында өзінің пайдалану аймағы мен технологиялық ерекшеліктері болады.

Мұнда және бұдан әрі материалдың құрылымында полимер фазасын құрайтын және оның құрылымы мен қасиетіне айтарлықтай әсер ететін, байқалатын полимер қоспалары қосылған бетон қарастырылады. Мұндай бетонға дүниежүзілік тәжірибеде «П-бетон» деген термин пайдалана бастады. Мұндай ұқсас материалдарды төрт топқа бөлуге болады: цементті-полимерлі бетондар, полимербетондар, бетон полимерлері және құрамында полимер материалдары (толықтырғыштар, дисперсті арматуралар немесе микротолтырғыштар) бар бетондар.

Цементті-полимерлі бетондар – бұл полимерлердің су дисперсті түрінде әртүрлі жоғарғы молекулярлы органикалық қосылыстары, яғни, әртүрлі полимерлердің эмульсионды полимеризацияланған заттары бар: винилацетат, винилхлорид, стирол, латекс және басқалар немесе суда еритін коллоидтер: поливинилды және фурилды спирттер, суда еритін эпоксидті қара май, полиамидті және мочевиформальдегидті қара май қосылған цементті бетондар. Қоспаларды бетон қоспасына дайындау кезінде қосады.

Цементті-полимерлі бетондар екі активті құрамдастарының болуымен сипатталады – минералды байланыстырғыштар және органикалық байланыстырғыштар. Байланыстырғыш материалдар сумен толықтырғыштардың бөлшектерін біртұтас қылып желімдейтін цемент тасын құрайды. Полимерлер бетоннан судың бөлініп шығу мүмкіншілігі бойынша бетінде кеуектер, капиллярлар жасайды, ал цемент пен толықтырғыштардың түйірлері жұқа пленка жасап және толықтырғыш пен цемент тасының арасындағы жабысудың артуына жағдай жасайды, бетонның біртұтастығын жақсартады. Нәтижесінде цементті-полимерлі бетондар ерекше қасиетке ие болады: жай бетонмен салыстырғанда созылу және иілу беріктілігі және аязға төзімділігі жоғары, жабысу қасиеті жақсы, мүжілуге төзімділігі жоғары, сіңірмейді. Сонымен қатар, цементті-полимерлі бетондардың полимер құрамдастарының ерекшеліктерін, кей жағдайларда деформативті артуы, суда сақтағанда беріктілік көрсеткішінің төмендеуі анықтайды.

Цементті бетонның ең көп тараған полимер қоспаларына поливинилацетат (ПВА), латекс және суда еритін қарамайлар жатады.

ПВА дегеніміз – қара май, оның қасиеті барлық жоғарғы молекулярлы қосылыстар сияқты винилацетаттың полимеризациялану дәрежесіне, температураға және ылғалдыққа байланысты. Әдетте, ПВАны 50 % құрғақ зат пен эмульгатор сияқты поливинил спиртінің кішкене мөлшерінен тұратын эмульсия түрінде пайдаланады. Кепкеннен кейін кішкене су сіңіргіштігі мен ісінуі болатын қатты пленка пайда болады. Ылғалда сақтағанда ПВА беріктілікті төмендетеді, ал кепкеннен кейін беріктілігі тез өседі.

Дивинилдің стиролға қатынасы 70:30; 50:50; 35:65 болатын дивинилстиролдың латекстері СКС-30, СКС-50, СКС-65 және СКС-65ГП пайдаланады. Стиролдың мөлшерінің артуымен, полимердің беріктілігі және қаттылығы артады және оның созылмалығы төмендейді. Сонымен қатар, дивинилстиролдың латекстері СКН-40 және карбосиликатты СКД-1 пайдаланылды.

Қосылатын полимер қоспаларының мөлшерін алдын ала жасалған тәжірибе бойынша белгілейді. Цементті-полимер бетонның қасиетіне қоспаның тигізетін әсерін полимердің цементке қатынасы анықтайды. Әдетте ПВА қоспасының тиімді мөлшері цементтің массасынан алғанда 20 % құрайды. Латексті пайдаланғанда полимердің коагуляциясы болмау үшін тұрақтандырғыштар қосады. Полимер қоспаларын қосу сылақ қоспасының иілімділігін таза цементтікімен салыстырғанда арттырады. Егер де бетонды ауа құрғақ жағдайында (ауаның ылғалдылығы 40-50 %) ұстаса беріктілігі өседі, ал ылғал ортада (ылғалдығы 90-100 %) беріктілігі төмендейді. Жай және цементті-полимер сылағының салыстырмалы қасиеті 10.8 кесте де келтірілген. Құрғақ ортада, әсіресе, иілу беріктілігі (1,5-3 есеге) өседі, ал сығылу беріктілігі аз дәрежеде өседі.

Суда ерітілетін қара майларды бетонға көп емес мөлшерде қосады (шамамен, цементтің массасынан алғанда 2 %). Суда еритін эпоксидті қара майларды ДЭГ-1, ТЭГ-1 және полиамидті қара майлар №89 қосқанда жақсы нәтиже береді. Гидроксиді тобы OH^- бар бұл қара майлар әртүрлі материалдарға – цемент тасына, кварцке, гранитке және басқа толықтырғыштардың түріне жоғарғы жабысу қасиетімен сипатталады. №89 қара май сілті ортасында бастаусыз-ақ полимеризацияланады. ДЭГ-1 және ТЭГ-1 қара майы су ертіндісіне қатайтқыштармен бірге қосылады. Бетонның сілті ортасында қатаюы үдемелі жүреді және полимер тізбегі үлкен икемділікке ие болады. Цементті-полимер бетоны жай бетон технологиясы сияқты дайындалады. Бұл бетондарды қасиеттері ерекше болатын конструкциялар мен бұйымдарда пайдаланған орынды, мысалы, едендерге, жолдарға, әрлеу құрамаларына, коррозияға төзімді жабындарға қолданған дұрыс.

Полимербетондар. Полимербетондар дегеніміз – байланыстырғыштары әртүрлі полимер қара майларынан тұратын бетондарды атайды, ал толықтырғыштары бейорганикалық материалдары құм және қиыршық тас болып табылады. Полимерді үнемдеу және полимербетонның қасиетін жақсарту үшін оларға майда ұнтақталған толтырғыштар қосады. Қатаюды тездету және синтетикалық қара майдың қасиетін жақсарту үшін қатайтқыштар, пластификаторлар және басқа арнаулы қоспалар пайдаланады. Полимербетонға көбінесе термореактивті қара майлар қолданады: фуранды, эпоксидті, полиэфирлі. Полимер байланыстырғышының қатаюы жай температурада болады, ал кейбір жағдайларда қыздырумен.

Фуранды қара май молекулярлы құрылымында гетероциклді радикалы «фуранды сақина» бар қосылыстар тобына жатады. Фуранды қара майды, әдетте, фурфур мен құрамында фенол және кетоны бар фурфурил спиртінің конденсациясынан алады. Бұл қара май ең арзан полимер байланыстырғышына жатады. Құрылыста ең көп тарағаны – сілті ортасында фуrol мен ацетонның байланысуы арқылы алынған ФА мономері. Қалыпты температурада бұл сұйық сары-қоңыр түсті болып келеді, 160-240 °C қайнау температурасындағы тығыздылығы 1,082 г/см³, суда ерімейді, бірақ та эфирде және ацетонда ериді. ФА мономерінің қатаюы катализатордың (сульфокислот) қатысуымен жүреді. Полимеризация қалыпты температурада және қыздырумен жүреді. Бензолсульфоқышқылының тиімді мөлшері ФА массасынан алғанда 20-3 % құрайды.

Ықшамдалынған полимербетонның сипаттамалары

Көрсеткіштердің аты	Портланд цемент	Байланыстырғыш (қара май)			
		Фенол ь ды	фуран ды	полиэ фирлі ПН-1	эпокс идті ЭД-1
Сығылып сынғандағы беріктілік, МПа	30	20	50	80	100
Сызықтық шөгу, %	0,001	-	0,5	1,5	0,2
Жылжу шамасы, см ² /кг	0,2	-	0,5	0,4	0,3
Сызықтық температуралық ұлғаю коэффициенті $\alpha \cdot 10^6$	10	30	30	30	30
Кеуектілік, %	20	2	2	1	1
Көлемдік омдық кернеу, Ом·см	10	10	10	10	10
Қызуға төзімділік, °С	200	160	180	100	120
Төзімділік, баллмен (ондық баллдық шкаласы бойынша): ескеруге суға сілтіге қышқылға	10	4	4	5	6
	10	8	7	6	8
	9	2	8	2	10
	1	8	10	8	6
Түсі	Ашық-сұр	Қара	Қара	Әр түрлі	Әр түрлі

Полимербетонның қасиеті қара майдың түріне, бетонның құрамына, алу технологиясына байланысты. 10.9 кестеде полимербетонның ықшамдалынған сипаттамалары және салыстыру үшін орташа құрамдағы бетон алуға керек цемент бетонының сипаттамасы келтірілген. Ең үлкен беріктілікті эпоксидті қара майдан жасалған бетон көрсетеді, оның ішінде созылу беріктілігі 12 МПа жетеді. Сонымен қатар бұл бетондардың, химиялық төзімділігі, суға төзімділігі, мүжілуге төзімділігі және желімденуі жақсы болады. Құрылыста ең көп тарағаны – фуранды қара майдан жасалған полимербетондар.

Полимербетондағы қара майдың шығыны толықтырғыштың қасиетіне байланысты. Толқтырғыштың кеуектілігі жоғары болған сайын, ондағы майда фракциялардың мөлшері де, меншіктік беті де және қара май мен қатайтқышта жоғары болады, сондықтан полимербетон үшін минерал бөлімінің құрамын дұрыс таңдаудың маңызы зор. Кейбір жағдайларда қара майдың шығыны азаюы, ал бетонның қасиеті майда ұнтақталған толтырғыштарды (графит, андезит және басқалар) пайдаланғанда жақсаруы мүмкін. Өте маңыздысы толтырғышты қосу полимербетонның шөгуін, ағуын және температуралық деформациясын төмендетеді, сапалы темірполимербетон бұйымдары мен конструкцияларын алуды қамтамасыз етеді. Бұл көрсеткіштерді төмендету бетондағы қара май шығынын азайтады.

Бетонполимерлер. Қалыптанып алынған бетон және темірбетон бұйымдарын өндіруде және олардың қатаюуы мен пайдалану процесінде кәдімгі бетонның қалыпты жағдайдағы жетіспеушілігі – тесіктердің, тар түтіктердің, өзге де микро ақауларының салаластық желілерінің болуы болып табылады. Ақаулар мен тесіктер бетонның ішіне ашық кіре алатындықтан бетонның беріктілігін, сонымен қатар, агрессивті ортаға қарсы ұстамдылығы мен ұзаққа төзімділігін төмендетеді.

Тесіктер мен тар түтіктерін басқа заттармен толтыру арқылы бетонның қасиетін өзгертуге болады. Бұл үшін дайын бетон немесе темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын арнайы өңдеуден өткізеді. Бұл өңдеуге бұйымды кептіру, вакуумдау, арнайы құраммен сіңірту және егер бұл сіңіруге мономерлер қолданатын болса, полимеризациялау кіреді. Бұйымның соңғы құрылысы өндірілген бетонның құрамы мен тесіктерді бітеуге кеткен толтырғыштар және де өндіру технологиясына байланысты болады.

Бетонды кептіру тесіктерден және бұйымның тар түтіктерінен суды шығару үшін және оларды арнайы құраммен толтыруға дайындау мақсатында қолданады. Вакуумдау – тесіктер мен тар түтіктерді тереңірек тазалауға мүмкіндік береді, сонымен қатар, бетоннан кейбір мономерлерді полимеризациялауға кері әсер ететін ауаны шығарады. Вакуумдау керекті процесс, бірақ әрдайым қажетті процесс емес. Кей жағдайда вакуумдаусыз-ақ керекті нәтижеге қол жеткізеді.

Сіңіртуге әртүрлі арнайы заттар мен бұйымдар қолданады. Егер бетонның ішіне суды, агрессивті сұйықтарды және газдарды кіргізбесе, онда петролатум араласқан қарамай, битум және синтетикалық қарамаймен модификацияланған битумдар, күкірт түріндегі бұйымдар қолданылады. Бұл бұйымдардың көпшілігі келесі өңдеуді қажет етпейді. Өнім өңдеуден кейін тікелей қолдануға дайын болады.

Сіңірту тереңдігі сіңілетін бұйымның құрамына, әдетте, оның тұтқырлығына және бетонның дымқылдануына байланысты болып келеді. Тұтқыр материалдар, мысалы, битумдар немесе пертолатум, бетонды 1-3 см тереңдікке дейін-ақ сіңіреді. Сұйық мономерлер, мысалы, стирол немесе метилметакрилат аз уақыт ішінде бетонға тереңдігі 10-20 см немесе одан да көп сіңіріле алады. Сіңірілу неғұрлым тереңдеген сайын, оның пайда болуына ұзақ уақыт кетеді. Бетонды сіңірту үшін кететін мономерлердің саны оның беріктілігіне байланысты. Жазық бетонды толық сіңірту үшін 2-5 % салмақты мономер (4-10 % көлемді), ал ерітінділер үшін бетонға қарағанда 30-70 % -дан жоғары мономерлер қолданылады, жеңіл кеуекті бетондар 30-60 %-ға дейін мономерлер сіңіре алады.

Бетонды арнайы полимермен өңдеу толықтырғыштар және цемент тасының арасының байланысу беріктігін жоғарлатуына көмектеседі. Полимер барлық байланыс ақауларын жабыстырып, ерітінді мен толтырғыштарға ішіне енеді. Нәтижесінде цемент ерітіндісінің гранитпен және әкпен байланыс беріктілігі кәдімгі бетонда 1 ден 2 МПа-ға , ал полимербетонда 8-9 МПа өседі.

Арнайы өңдеу цемент тасының болат арматураға немесе дисперсті арматура талшығының адгезиясын көтереді және соған орай арматура мен полимербетонның байланысын жақсартады. Қирау, әдетте, арматураның полимербетонмен байланысынан емес, олардың орналасу ара қашықтығынан болады. Нәтижесінде арматураланған полимербетонның беріктігі мен жарықтанбаушылық қасиеті өседі.

Беттік өңделу кезінде бұйымның полимербетон құрылымында және бұйымның құрылысының өзгеруі тек беткі қабатында байқалады. Ішкі бөлігінде бетон құрылымы мен құрамын сақтап қалады. Бетонды мономермен сіңірту процесі келесі полимеризациялау процестерінде оның беріктігінің жоғарлауына және бетон құрамының жақсаруына көмектеседі. Полимербетонның сығылу беріктігі алдыңғы есептеулерге қарағанда 2-10 есе көтеріледі, маркасы М 200-М 500 бетонның орнына маркасы М 800-М 2000 полимербетон алады. Полимербетонның сығылу беріктілігі бастапқы материалдың беріктілігіне, полимердің құрылысына, полимердің бетонда сығылуына байланысты болып келеді. Полимер көп болса, полимербетонның беріктігі артады.

Мономердің бетонға сіңірілу дәрежесі бетонның сіңіруге дайындық процесіне байланысты. Бетон құрғақ болған сайын оның тесіктері мен түтіктері мономермен толады, соған орай полимербетонның беріктігі артады.

Полимермен өңдегеннен кейінгі әртүрлі бетон қасиетінің жақсаруы

Аттары	Сығылу беріктілігі, МПа	
	өңдеуге дейін	өңдегеннен кейін
Жай бетон	10-40	80-150
Жоғарғы беріктілі бетон	50-70	150-200
Керамзиттібетон	3-15	30-90
Газдыбетон	1-8	15-90
Гипстібетон	15-22	80-92
Арболит	9	48
Силикат бетоны	30-50	100-200
Гипстіцементтібетон	30	140