

Бетонның құрамын анықтаудың негізгі қағидалары

Бетонның құрамын жобалау нәтижелері пайдаланатын материалдардың арасындағы дұрыс қатынаста дайындау технологиясы бойынша конструкциядағы бетонның беріктілігіне кепіл болатындай қылып анықталуы керек және қажетті жылжымалылықтағы бетон қоспасын (аз цемент шығынында) алу болып табылады. Бетонның құрамын жобалауға мыналар кіреді: а) конструкцияны пайдалану ерекшеліктері бойынша, бетонға талаптар қою; ә) бетонға керек материалдарды таңдау және олардың қасиеттерін сипаттайтын қажетті деректер алу; б) бетонның құрамын алдын ала анықтау; в) сыналатын қоспаның құрамын тексеру; г) бетондауға бақылау жасау; д) толықтырғыштардың қасиеті және басқа факторлар өзгергенде өндіріс процесінде құрамын түзету.

Алдын ала бетонның құрамын анықтау үшін бетон беріктілігінің цементтің активтілігіне, цементтің суға қатынасына және пайдаланатын материалдардың сапасына байланыстылығы, сонымен қатар, бетон қоспасының жылжымалылығының судың мөлшеріне қатысы ескеріледі.

Бетон және бетон қоспасының қасиетінің оның құрамына байланыстылығының дәлдігін алу үшін алдын ала тексеру мүмкіншілігі жүргізіледі. Бұл үшін мүмкіншілігінше тәжірибені математикалық жоспарлау тәсілін пайдалану және оның нәтижелерін өңдеу арқылы жасаған жөн.

Бетон қоспасының жылжымалығы мен қаттылығына қойылатын талаптар

Конструкциялар және оларды нығыздау тәсілдері	Қаттылық, с		Жылжы малылық, см
	стандартты вискозиметр бойынша	техникалық вискозиметр бойынша	
Сілкіндіру алаңында қалыптанатын, жедел қалыптан шығарылатын құрама темірбетон	30-10	120-40	-
Сілкіндіру алаңында көлденең жағдайда қалыптанатын кеуекті жабын плитасы, қабырға панелі	10-5	40-20	1-4
Сыртқы немесе ішкі сілкіндіру арқылы дайындалатын қалың арматураланған элементтер (бағаналар, ригелдер, плиталар)	5-3	20-10	5-9
Соққы-сілкіндіру қондырғысында қалыптанатындар	30-20	120-80	-
Кассетада қалыптанатындар	10-5	-	7-14
Центрифугирлеу	-	-	5-10
Гидропресстеу (трубалар)	10-5	40-20	-

Бетон қоспасы ыңғайлы жайылымдылықта болады, егер де ондағы цементтің мөлшері жеткілікті дәрежеде болса. Цемент мөлшерінің белгілі шамадан төмен азаюы бетон қоспасының қатпарлануына қауіп туғызады және қоспада микрокеуектердің шығуына, бетонның беріктілігі мен ұзақтылығының төмендеуіне әкеліп соқтыруы мүмкін. Цементтің ең аз мөлшері бетон қоспасының қоймалжыңдылығына және толықтырғыштың ірілігіне байланысты болады. Егер бетонның құрамын анықтағанда цементтің шығыны көрсетілген мәннен төмен болса, онда есептеуге цементтің ең аз шығыны қабылданады.

Қатпарланбайтын тығыз бетон қоспасын алуға керек цемент мөлшерінің ең аз мөлшері

Қоспа	Толықтырғыштың шектік ірілік мөлшері мынандай болғандағы керек ең аз цемент мөлшері			
	10 мм	20 мм	40 мм	70 мм
Өте қатты ($Q > 20$ с)	160	150	140	130
Қатты ($Q = 10-20$ с)	180	160	150	140
Аз жылжымалы ($Q = 5-10$ с)	200	180	160	150
Жылжымалы (ШК=1-10 см)	220	200	180	160
Өте жылжымалы (ШК=10-16 см)	240	220	210	180
Құйылатын (ШК> 16 см)	250	230	200	190

Бетонға өте төменгі маркалы цементтер пайдаланса, онда цемент шығыны өте көп болады. Керісінше, егер де цементтің маркасы жоғары болса, цементтің шығыны ең төменгі мәннен аз болады, қажетті тығыздылықтағы бетон алу үшін. Мұндай жағдайда цементті үнемдеу үшін, бетонға майда ұнтақталған қоспа қосу орынды болады – активті кремнеземді немесе инертті (күл, ұнтақталған кварц құмы, әк ұны және т.б.).

Бетонға керек толықтырғыштар ретінде жергілікті материалдарды немесе кен орнына жақын орналасқан материалдарды пайдалануға тырысу керек, бірақ та олардың ішінен аз цемент шығынын жұмсап берілген қасиетті бар бетон алуға керектісін таңдап алады. Бетон қоспасының берілген жылжымалығы судың шығынын дұрыс алғанда, ал бетонның беріктілігі судың цементке қатынасын және цемент шығынын дұрыс тағайындағанда қамтамасыз етіледі.

Цементтің аз шығынын жұмсау ірі және майда толықтырғыштардың мөлшерін дұрыс таңдағанда алынады. Олардың мөлшерін анықтағанда бұрын құм мен қиыршық тас арасындағы тиімді қатынасты таңдау бойынша жасалатын ұсынысты пайдаланған болатын. Ал қазіргі кезде есептеуде сылақпен бірге қиыршық тас түйірлерінің ығысу коэффициентін α пайдаланады, ол сылақ көлемінің қиыршық тас көлеміндегі кеуектен қаншаға көп екенін көрсетеді. Коэффициентті α енгізу бетонның құрамын анықтауды ықшамдады және оны өте төзімді жасады, өйткені α тиімді мәні аз цемент шығынында бетон алуға мүмкіншілік жасайды және бетонның құрылым пайда болу негізінен шығатын байланыстылық арқылы таңдап алынады.

Мұндай жағдайда ауыр бетондағы құм мен қиыршық тастың шығыны формула бойынша анықталады, ол екі теңдеуді шешу арқылы өрнектеледі:

$$(Ц/\rho_{ц}) + C + (Қ/\rho_{қ}) + (ҚТ/\rho_{қ.т}) = 1000;$$

$$(Ц/\rho_{ц}) + C + (Қ/\rho_{қ}) = K_{қ.т} \alpha (ҚТ/\gamma_{қ.т})$$

мұндағы Ц, С, Қ, ҚТ – цементтің, судың, құмның және қиыршық тастың шығыны, кг/м³; $\rho_{ц}$, $\rho_{қ}$, $\rho_{қ.т}$ – цементтің, құмның және қиыршық тастың нақты тығыздылығы, кг/м³; $K_{қ.т}$ – қиыршық тастың кеуектілігі (салыстырмалы шама); α – сылақпен бірге алғандағы қиыршық тас түйірінің ығысу коэффициенті; $\gamma_{қ.т}$ – қиыршық тастың тығыздылығы.

Бірінші теңдеудің жағдайы 1 м^3 (1000 л) дайын тығыз бетонға тең болатын бетондағы компоненттердің абсолюттік көлемдерінің қосындысынан шығарылады, егер де онда ауаның шығуы болмаса, ал екінші теңдеудің жағдайында цементті-құмды ерітінді қиыршық тастың аралық кеуектерін толығымен толтыруы қажет (стандартты-қопсытылған күйде), бұл ыңғайлы бетон қоспасын және де берік біртұтас болатын толықтырғыш түйірлерінің жақсы байланысуына қажет болады.

Бұл жүйедегі теңдеуде екі белгісіздік бар, олар – құм мен қиыршық тастың шығыны, ал цемент пен судың шығыны бетонның беріктілігіне және бетон қоспасының жылжымалығына байланысты анықталады, коэффициент α ұсынылған тәжірибе жолымен алынуына сай белгіленеді. Бұл цемент шығыны аз болатындай мүмкіншіліктегі, құм мен қиыршық тастың арасындағы қатынасын дұрыс қамтамасыз етеді.

Келтірілген жүйедегі теңдеуді шешкенде мынаны аламыз:

$$Q_T = \frac{1000}{\alpha(K_{K.T} / \gamma_{K.T}) + (1 / \rho_{K.T})} ;$$

$$Q = [1000 - (\frac{C}{\rho_c} + C + \frac{Q_T}{\rho_{K.T}})] \rho_K$$

Жеңіл бетондар үшін басқа жүйедегі теңдеу пайдаланады, мұнда екінші теңдеу берілген тығыздылықтағы бетон алу жағдайымен шығарылады. Бетонға ауа шығаратын қоспаларды пайдаланғанда, теңдеуге шығарылатын ауаның көлемін ескеретін тағы да қосымша мүше қосылады. Осындай жағдайда ғана қарастырылатын тәсілде материалдардың шығынын анықтау материалдар алатын абсолюттік көлемдерді ескере отыра жүргізіледі және де бетонның экономикалық тиімділігін немесе оның тығыздылығын және басқа қасиеттерін қамтамасыз ететін қосымша талаптар қойылады.

Бетон қоспасының құрамы екі тәсілмен орындалады:

Массаларының қатынасы бойынша (көбінесе көлемі бойынша) цементтің, құмның және малта тастың (немесе қиыршық тастың) міндетті түрде цементтің суға қатынасын және цементтің активтілігін көрсету керек. Цементтің мөлшерін 1 деп қабылдайды, сондықтан бетонның құрамдас бөліктерінің арасындағы қатынасты мынандай түрде жазады: 1 : x : y C/Ц қатынасын көрсету арқылы (мысалы, C/Ц=0,6 болғанда массасы бойынша 1 : 2 : 4 болады).

1 м³ салынған және нығыздалған бетон қоспасының массасы бойынша материалдарының шығыны, мысалы:

Цемент	280
Құм	700
Қиыршық тас	1250
Су	170
Жалпы	2400

Бетонның құрамы құрғақ материалдар үшін жасалатын қалыпты (зертханалық) және табиғи ылғал күйдегі материалдар үшін өндірісті (дала жұмыстары) болып бөлінеді. Бетонның зертханалық құрамы есептеу-тәжірибелік жолыменен анықталады. Судың, цементтің, құмның және қиыршық тастың (малта тастың) шығынын анықтайтын формуланы пайдалана отыра, жоғарыда айтылған байланыстылықтың негізінде бетонның құрамын алдын-ала абсолюттік көлемі бойынша есептейді, одан кейін дайындап байқау арқылы дәлелдейді.

Бетонның құрамын есептеудің тәртібі мынандай:
Қажетті беріктілікке, уақытқа және бетонның қатаю жағдайына байланысты С/Ц (немесе Ц/С) анықтайды. Судың цементке немесе цементтің суға қатынасын алдын ала жасалған тәжірибе бойынша анықтайды, ол бетонның беріктілігінің осы факторға және цементтің активтілігіне байланысты (жергілікті толықтырғыштарды пайдаланумен) жасалады немесе шамамен формула бойынша:

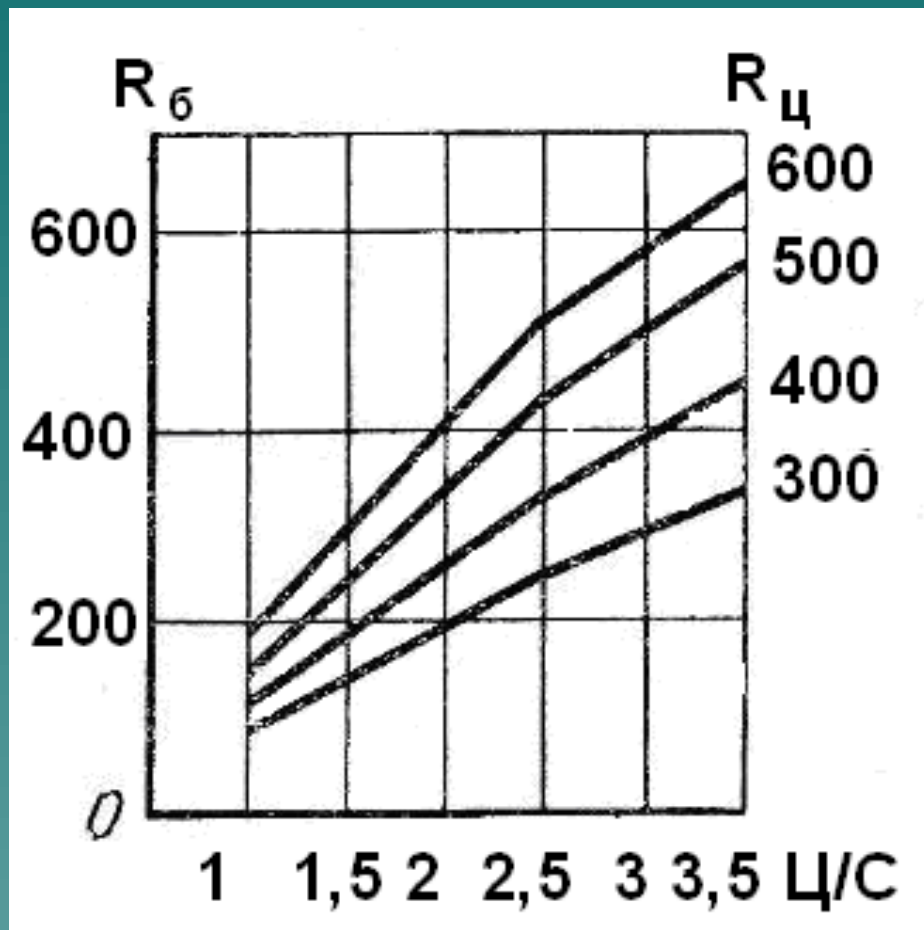
а) $C/C > 0,4$ болатын жай бетон үшін:

$$C/C = AR_{ц} / (R_6 + A_1 \cdot 0,5R_{ц});$$

б) $C/C < 0,4$ болатын жоғарғы беріктілі бетон үшін:

$$C/C = A_1R_{ц} / (R_6 - A_1 \cdot 0,5R_{ц});$$

А және A_1 коэффициентінің мәндерін график бойынша табады формуласын егер де $R_6 < 2AR_{ц}$ болса қабылдау керек, ал басқа жағдайда (8.14) формуласын пайдалану қажет.



Бетонның құрамын есептегенде кейбір жағдайларда оған қойылатын талаптарды: аязға төзімділігін, су сіңірмеуін, иілгендегі созылу беріктілігін және басқаларын ескеру қажет. Мұндай жағдайда С/Ц қатынасын белгілеу үшін байланыстылықтарды пайдаланады.

Алдын ала тексеру нәтижесінің негізінде және шамамен 3.10 суреттегі график бойынша қажетті бетон қоспасының жылжымалығына байланысты судың шығынын анықтайды. Мұнымен бірге, ірі толықтырғыштың су сіңіруін ескеру қажет, егер де ол массасы бойынша 0,5 % жоғары болса. 3.10 сурет су қажеттілігі 7 % болатын малта тас пен орташа іріліктегі құмды пайдалану арқылы цементтің шығыны 400 кг/м^3 болу керек екендігі көрсетілген. Басқа толықтырғыштарды пайдаланған жағдайда графикте көрсетілген түзетулерді енгізу керек. Цементтің шығынын анықтайды: $C = C : C/C$

Сынаққа алынған бетон қоспасының жылжымалығын (шөгу конусын немесе қаттылығын) тексереді, қажетті жағдайда бетонның құрамын есептегенде түзетулер енгізеді. Егер де ауа шығаратын қоспаларды пайдаланса, құмның шығынын есептегенде шығатын ауаның мөлшері ескеріледі.

Қазіргі технология бетонға, бетонға арналған материалдарға қойылатын талаптармен бірге дайындау технологиялық тәсілдері мен бетон қоспасын салу түрлерімен ерекшеленеді. Бірақ та әр жағдай үшін өзінің есептеу тәсілдерін жасау қажеттілігі жоқ.

Ауыр бетонның құрамын есептеу қарастырылған тәсіл бойынша орындалуы керек. Бетонға және материалға қойылатын өзіндік талаптарға сай келетін түзетулер енгізу жолымен ескеру керек.

Кеуекті толықтырғыштан жасалатын бетонның құрамын есептеу-тәжірибелік жолымен анықтайды. Әуелі бетонның құрамын алдын ала тауып алады, одан кейін сынаққа алынған араласпамен нақтылайды. Бетонның алдын ала құрамын анықтағанда байланыстылықты қолданады, сонымен бірге, бетонның қасиетіне тигізетін әсерінің және әртүрлі кеуекті толықтырғыштан жасалатын бетон қоспасының ерекшеліктерін ескереді. Жай бетоннан ерекшелігі жеңіл бетонның құрамын жобалағанда, оның берілген тығыздылығын қамтамасыз ететін бетонның беріктілігінен басқа, бетон қоспасының ыңғайлы жайлымдылығы қажет. Тығыздылық кеуекті толықтырғыштың қасиетіне және құрамына байланысты болғандықтан, майда және ірі толықтырғыштың шығыны бетонның берілген тығыздылығы бойынша анықталады.

Маркасы М 150 - М 500 болатын жеңіл бетонға пайдаланатын майда кеуекті құмдардың ірілік модулі 1,8-2,5 және сеуіп салғандағы тығыздылығы 600 кг/м³ аз болмауы керек. Маркасы М 150 болатын бетон үшін сеуіп салғандағы тығыздылығы 200 кг/м³ жоғары болатын кеуектендірілген перлит құмын пайдалану рұқсат етіледі. Түйірлері 0,14 мм аз болатын құмның мөлшері көлемі бойынша 10 % артық болмауы керек. Маркасы М 150 - М 200 бетон үшін егер де цементтің активтілігі рұқсат етілгеннен жоғары болса, 25 % дейін түйірлерінің мөлшері 0,14 мм аз болатын құмды пайдалануға болады.

Жеңіл бетонның құрамы тек қана цементтің активтілігіне және Ц/С қатынасына байланысты болып қоймай, сонымен қатар, толықтырғыштың қасиетіне, мөлшеріне және бетон қоспасының жылжымалығына да байланысты.