

FTAMP 67.09.33

А.Қ. Жусипбеков¹ – негізгі автор, | ©
Д.Ж. Артықбаев²



¹Аға оқытушы, ²PhD, аға оқытушы

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0001-4123-8395> ²<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>



^{1,2}М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,



Шымкент қ., Қазақстан



²artykbaev_d@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/WNQU5604>

ҚАЙТА ӨНДЕЛГЕН БЕТОН ТОЛТЫРҒЫШТАРЫН БЕТОНДА ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Мақалада ұсақ қайта өңделген бетон агрегаттарының (ҰӨБА) қазіргі жағдайы талқыланады, олардың физикалық, химиялық және инженерлік қасиеттеріне, сондай-ақ ҰӨБА бетондарының беріктігіне назар аударылады. Цемент құрамын кем дегенде бірдей деңгейде немесе жақсырақ төмен деңгейде сақтай отырып, жаңа бетондарда ҰӨБА кеңінен қолдануға арналған ұсыныстар мен құралдар туралы қосымша зерттеулерсіз қорытынды жасау мүмкін емес. Атап айтқанда, әлі де жетіспейтін нәрсе, негізгі физика-химиялық қасиеттер туралы білім және олардың бетон қоспасының сапасымен және бетонның өнімділігімен байланысы. Ұсақтау және қайта өңделген агрегаттарды електен өткізумен немесе далалық құрылымдардан алынған ҰӨБА сапасын жақсы түсіну үшін негіз қалайды. ҰӨБА қасиеттерін ұсақ дисперсті табиғи агрегаттардың қасиеттерімен салыстыра отырып, ҰӨБА-ның суды жоғары сіңіруі, ҰӨБА ылғалдылығының күйі, бөлшектердің агломерациясы және жабысқақ ерітінді сияқты негізгі шектеуші қасиеттері анықталады. Осылайша, химиялық құрамы жағынан тұрақты болуы мүмкін болса да, тұрақты ҰӨБА сапасына қол жеткізу қиын. Бетон қоспаларын жобалау кезінде ҰӨБА шектеу қасиеттерін ескеру үшін бетон технологиясының озық өнімділік әдістері мен құралдары қажет.

Тірек сөздер: қайта өңделген бетон толтырғыштары; табиғи толтырғыштар; бетон қоспалары; төзімділік.

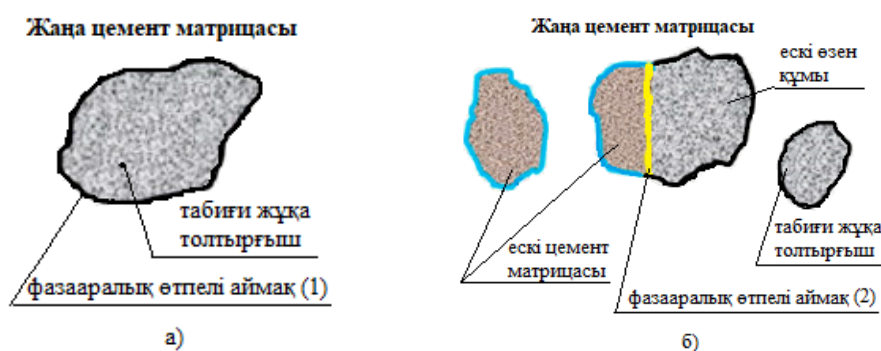


Жусипбеков, А.Қ. Қайта өңделген бетон толтырғыштарын бетонда қолдану [Мәтін] /А.Қ. Жусипбеков, Д.Ж. Артықбаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.129-143. <https://doi.org/10.55956/WNQU5604>

Кіріспе. Әлемдегі инфрақұрылымдардың көпшілігі бетоннан жасалған. Бетонның қоршаған ортамен күрделі өзара әрекеттесуіне және уақытылы техникалық қызмет көрсетудің болмауына байланысты көптеген бетон құрылымдары тозу жағдайында. Заманауи бетон толтырғыштарын, инновациялық технологияларды пайдалану, бетонның шыдау ұзақтығын, механикалық қасиеттерін және өнімділігінің сапасын арттырады. Бетон конструкцияларын бұзу немесе қайта құру кезінде бетонды қайта өңдеу қиыршық тасты жоюдың кең таралған әдісіне айналуға [1,2]. Сонымен қатар, бетонды қайта өңдеу, бетон конструкцияларының тұрақты дамуын қолдау тәсілін қамтамасыз етеді. Қайта өңделген бетон толтырғыштарының көптеген

көздері бар. Ең көп таралған көздер құрылыс және бұзылған қалдықтарынан (ҚЖБК) және құрама бетон өндірісінің бетондары болып табылады. Ұсақ дисперсті қайта өңделген бетон толтырғыштары (ҰӨБА) (<4 мм) бетон киыршық тасты бірнеше рет ұсақтау нәтижесінде пайда болады [2]. Қазіргі уақытта ҰӨБА цементті әрлеу материалдары мен қалау ерітінділеріндегі табиғи құмдарды алмастырғыш, сондай-ақ жол құрылымдарындағы және геосинтетикалық арматураланған құрылымдар мен топырақты тұрақтандыру үшін толтырғыш материал ретінде қолданылады [3].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Құрылымдық бетонда табиғи құм мен цементті тұрақты алмастырғыш ретінде ҰӨБА пайдалану туралы есеп беретін зерттеу жұмыстарын қоспағанда, кейс-стади жоқ. Бұл зерттеулер негізінен зертханалық ұнтақталған ерітінділер мен бетондардан жасалған ҰӨБА көмегімен жасалған үлгілерді сынауға бағытталған, сондықтан сыртынан нақты қайта өңделген бетоннан ерекшеленетін материалдан жасалған. Құрылымдық бетонда ҰӨБА қолдану, қоршаған ортаға оң әсер ететіні туралы хабарланғанымен, зерттеулер жаңа және қатайтылған жаңа бетонның қасиеттеріне қатысты ҰӨБА пайдалану кезінде бірнеше проблемалар анықтады. Мысалы, ҰӨБА суды жоғарғы деңгейде сіңіру бетонның өңделуін төмендетуі мүмкін; жабысқақ ерітінді жаңа бетонға көбірек ұсақ дисперсті материал енгізеді (1-сурет). Жаңа бетонның тасымалдануына және механикалық қасиеттеріне әсер етеді. Сонымен қатар, ҰӨБА хлоридтермен және сульфаттармен ластануы мүмкін (мысалы, мұзға қарсы тұздардан, ағынды суларды тазарту қондырғыларынан немесе теңіз суынан), бұл жаңа бетонның беріктігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін [4]. Сонымен қатар, ҰӨБА дұрыс өңдеу және пайдалану бойынша зерттеулер мен практикалық тәжірибе шектеулі және/немесе нәтижесіз. Қайта өңделген бетон агрегаттарының физикалық және химиялық қасиеттерінің сапасын бақылаудың шекті мәндері де айтарлықтай өзгереді. Сонымен, сапаны бағалау стандарттарының болмауы ҰӨБА зертханадан тыс жаңа бетонда әлі қолданылмауының басты себебі болып табылады. Сондықтан ҰӨБА ҚЖБК жалпы салмағының жартысына жуығын құраса да, жаңа бетонда ҰӨБА қолдану шектеулі [5].



а) табиғи ұсақ дисперсті агрегаты бар (ҰДА) (кварц немесе өзен құмы);
 б) ішінара қайта өңделген ұсақ дисперсті агрегатпен (ҰДА) ауыстырылған ЖӨБ бар.

Сурет 1. Өртүрлі фазааралық өтпелі аймақтар (ФӨА) өртүрлі ұсақ дисперсті агрегаттарды қолдана отырып дайындалған ультра жоғары өнімділік бетондары (ЖӨБ)

ҰӨБА қолдануға ықпал ететін, құрылымдық бетонға ҰӨБА енгізу факторлары мен кедергілері: CO₂ шығарындыларын азайту (айналмалы экономикаға ықпал етеді), қалдықтарды полигондарға көму, шикізат пен шығындардың тапшылығы.

Соңғы онжылдықта жаһандық климаттың өзгеруінің салдары адам санасының жоғары деңгейіне жетті. Алдағы онжылдықтарда халықтың өсуі, инфрақұрылымның кеңеюі (әсіресе инфрақұрылымның жетіспеушілігіне тап болған дамушы елдерде), қалдықтардың жиналуы және бұзылатын құрылыстардың көбеюі (ірі индустриалды елдерде) баламалы шикізат пен жаңа құрылыс технологиялары саласындағы көптеген зерттеулердің негізгі қозғаушы күші болады. Ресурстардың сарқылуынсыз қайта өңделген материалдар сияқты жаңа материалдарды пайдалануды қамтамасыз ету қоғамның тұрақтылығын қолдайды [6].

Қайта өңдеу полигондарға түсудің орнына барлық пайдаланылған материалдарды қайта пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл полигон салығына байланысты өсетін қалдықтарды кәдеге жарату шығындарын азайтады. Осылайша, ҚжБҚ қайта өңдеу құрылыс секторы үшін іс жүзінде стандартқа айналды. Бұл айтарлықтай энергияны үнемдейді және толтырғыш өндіруші шығаратын CO₂, NO_x және басқа ауаны ластаушы заттардың мөлшерін азайтады. 1 тонна табиғи агрегаттарды (өзен құмы мен қиыршық тас) өндіру барысында 20-30 кг CO_{2-экв} бөлінеді, ал ҚжБҚ-нан 1 т ҰӨБА өндірісінде 12 кг CO_{2-экв} түзіледі.

Ірі түйіршікті және ұсақ дисперсті толтырғыштар бетонның ең үлкен құрамдас бөлігі болып табылады. Бетон өндірісі мен кәдеге жаратудың тез өсуіне байланысты табиғи агрегаттарды тұтынуы да өсті. Қиыршық тас және өзен құмы ең көп қолданылатын толтырғыштар болып табылады. Дегенмен, олардың саны азаюда және оларды өндіру күрделі мәселелерге әкеледі. Өзен құмын өндіру бүкіл әлемдегі қоршаған ортаға зиян келтіреді, мысалы, су арнасын өзгерту, жағалау сызығын бұлыңғыр ету, тұйық сулар мен шұңқырлар жасау. 18 жыл ішінде Қытайдағы ең ірі тұщы су көлінің солтүстік тармағындағы құмды кетіру мен тереңдетудің айтарлықтай әсерін көрсетеді. Құмды тереңдету су деңгейін төмендету, бұлттылық пен шөгінділердің концентрациясын арттыру арқылы топография мен гидрологиялық сипаттамаларды айтарлықтай өзгертті. Бетонға деген сұранысты және өзендер мен теңіздерден ұсақ дисперсті табиғи агрегаттарды (0-4 мм) өндірудің әсерін ескере отырып, балама көздер маңызды бола түсуде [7].

Қазіргі уақытта ҰӨБА өзен құмына қарағанда арзанырақ. Бетон өндірісінде қайта өңделген агрегаттарды қолданған жөн, егер олар табиғи агрегаттан арзан болса және қымбат бетон компоненттеріне, атап айтқанда цементке сұранысты арттырмаса. Сонымен қатар, табиғи агрегатты өндіруді азайту арқылы абаттандыру және биологиялық әртүрлілік шығындары азайтылуы мүмкін. Күшті факторларға қарамастан, ҰӨБА болашақта жаңа бетон қоспаларына енгізу кезінде көптеген проблемаларды шешуші болады деп есептеледі.

ҰӨБА физикалық және химиялық қасиеттеріндегі айырмашылықтар ерітінділер мен бетондардың механикалық қасиеттері мен беріктігінің кең спектрін анықтайды және материалдың жеткізілуіне сәйкес келмейді.

Физикалық айырмашылықтар. Ұсақ дисперсті агрегаттардың пішіні бетон қиыршық тасты өңдегеннен кейін дөңгелектен бұрыштыққа дейін айтарлықтай өзгереді. Сонымен қатар, ҰӨБА бөлшектері ұсақ дисперсті

табиғи агрегаттармен салыстырғанда әртүрлі гранулометриялық құрамға және бетінің меншікті ауданына ие.

Химиялық вариациялар. Бастапқы бетондағы цемент пен агрегат түріндегі химиялық айырмашылықтарға байланысты ҰӨБА химиялық қасиеттері әр түрлі болуы мүмкін. Ультра дисперсті материалда қоспалардың әртүрлі түрлері де болуы мүмкін.

ҰӨБА құрамында жабысқақ ерітінді бар. ҰӨБА сапасын жақсарту үшін ұсақ дисперсті табиғи агрегаттармен салыстырғанда ҰӨБА бөлшектерінен ерітіндіні алып тастау және материалды әртүрлі қоспалардан тазарту экономикалық жағынан да, экологиялық жағынан да қымбатырақ болар еді. Сонымен қатар, қатты ластанған партиялар жаңа бетон үшін жеткілікті сапалы қайта өңделген бетон толтырғыштарын алу үшін бірнеше өндеу кезеңдерін қажет етеді, бұл қымбатырақ процеске әкеледі [8].

Жаңа бетон конструкцияларында ҰӨБА пайдалануға сұраныс орасан зор. Бұл ұсақ дисперсті табиғи агрегаттармен салыстырғанда ҰӨБА сапасын қатаң бақылауды талап етеді. Алайда, сапаны бақылау бойынша жақсы әзірленген нұсқаулықтың болмауы жаңа бетондарда ҰӨБА кеңінен қолдануға кедергі келтіреді. Іс жүзінде ҰӨБА деген қызығушылықтың артуын ескере отырып, үкіметтер ҰӨБА пайдалануды ынталандыру үшін "экологиялық салық" енгізе алады.

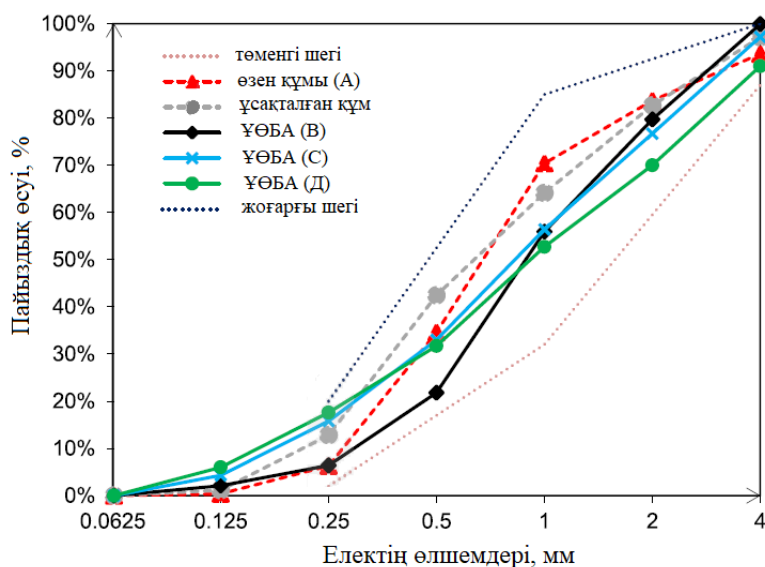
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зертханада ҰӨБА сапасын бақылау бетон зауыттарына қарағанда анағұрлым талапшыл және қатаң. Бетон зауыттарында ҰӨБА қолдануға келетін болсақ, негізгі проблемалар мыналар болып табылады: ҰӨБА белгісіз шығу тегі, масштабты ұлғайту және тестілеу бойынша ұсыныстардың болмауы. Бұл әр түрлі ҰӨБА іс жүзінде қолдануды өте күрделі етеді [9].

Қорытындылай келе, ҰӨБА көптеген артықшылықтары бар жаңа бетонда табиғи құмды алмастырғыш ретінде қолдануға болатындығын растайды, бірақ ҰӨБА физикалық және химиялық қасиеттерінің айырмашылығына байланысты бетонның өнімділігі шектеулі. Соңғы екі онжылдықта ҰӨБА сипаттауға көп күш жұмсалды [10]. Бұл мақаланың мақсаты ҰӨБА сипаттамасындағы негізгі жетістіктерге жүйелі шолу жасау, сондай-ақ әртүрлі қасиеттерді ескере отырып, құрамында ҰӨБА бар бетонның мінез-құлқын түсіну болып табылады. Сондай-ақ, ҰӨБА құрылымдық бетонға енгізу бойынша одан әрі зерттеулер ұсынылады.

Қамбаның физикалық қасиеттері табиғаты бойынша көп фазалы және көп масштабты болып табылады. Макродеңгейде ҰӨБА суретте көрсетілгендей бір-біріне жабыстырылған екі фазалы материал, толтырғыштар және байланыстырғыш ретінде қарастыруға болады. Тұтқыр цемент, толтырғыш, минералды қоспалар болуы мүмкін. Микро масштабта ҰӨБА толтырғыштар мен тұтқыр арасындағы интерфейстерден тұратын үшінші фаза бар (1-суретті қараңыз). Бұл бөлімнің шекаралары ҰӨБА физикалық қасиеттеріне әсер етеді. Бөлшектердің мөлшері бойынша таралуы, бөлшектердің пішіні және ҰӨБА суының сіңуі сияқты физикалық қасиеттер ерітінділер мен бетондардың өңделуіне, қатаюына, беріктігіне және уақытқа тәуелді мінез-құлқына (яғни шөгуді мен сусымалылығына) әсер етеді.

Бөлшектердің мөлшері бойынша таралуы толтырғыштардың маңызды қасиеті болып табылады, өйткені ол бөлшектердің қаптамасын анықтайды. Құрғақ елеу әдісімен алынған өзен құмы А, табиғи ұсақталған құм және үш түрлі ҰӨБА (В, С, Д) фракцияларының типтік гранулометриялық құрамы 2-суретте көрсетілген. ҰӨБА В роторлы ұсатқышпен өндірілді, ал ҰӨБА С

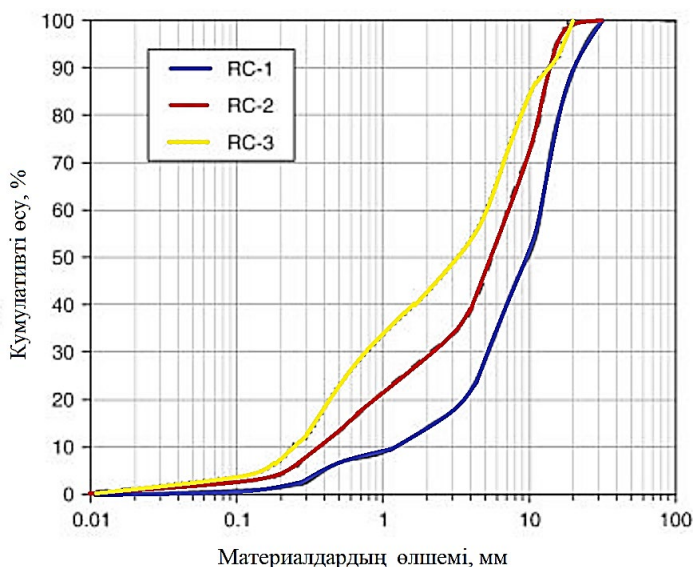
және ҰӨБА Д конустық ұсатқышпен бірге щек ұсатқышпен өндірілді. Табиғи құмдар (өзен және ұсақталған) мен әр түрлі (В, С және Д) арасындағы бөлшектердің мөлшері бойынша таралуындағы айырмашылықтар үлкен. Әр түрлі пайыздық мазмұн, мысалы, С және Д-де 0-0,250 мм фракцияның жоғары мөлшері (15-18 мас.%) В-мен салыстырғанда (~6 мас.%), өңдеу кезінде қолданылатын ұсақтау кезеңдерінің санына байланысты. ҰӨБА В ұсақтау процесінде бір сатыға ие болды, ал С және Д үш сатыға ие болды [11].



Сурет 2. Өзен құмы (А), табиғи ұсақталған құм және елеу әдісімен алынған үш бөлшектердің мөлшерінің таралуы

Бірнеше ұсақтау бөлшектердің бір реттік ұсақтауға қарағанда мөлшері бойынша кішірек таралуына ықпал етеді. Олардың зерттеуі үш түрлі ұсақтау циклін қарастырды және олардың бөлшектердің мөлшерінің бойынша әсерін көрсетті (3-сурет): RC-1 (бір рет ұсақталған); RC-2 (10 ұсақтау циклынан кейін) және RC-3 (Соққылы технологиясын қолдана отырып) 3-суретте RC-1, RC-2 және RC-3 бөлшектердің мөлшері бойынша салыстырылады. RC3 бөлшектері RC2 және RC1-ден кішірек, ал соққылы ұсатқыш техникасынан RC-1-ге қарағанда 1 мм-ден аз бөлшектерді 4 есе көп өндіргені көрсетілген. В барлық үш материалдың шағын фракцияларының (0-150 мкм және 250-300 мкм) бөлшектердің мөлшері бойынша көрсетілген. RC-3 фракциялары ең кіші болып табылады. RC-2-де RC-1-мен салыстырғанда дәйекті ұсақтауға байланысты ұсақ бөлшектердің үлесі артады [12]. Ұсатқыштың тесік саңылауларының әртүрлі өлшемдерінің алынған ҰӨБА гранулометриялық құрамына әсерін бағалап, щек саңылауы алынған фракциялардың санына әсер ететінін, бірақ ҰӨБА гранулометриялық құрамына әсер етпейтінін көрсетті. Олар әртүрлі табиғи ірі түйіршікті агрегаттармен жасалған әртүрлі қысу беріктігі бар бетондардан алынған. Нәтижелер ұсатқыш роторының айналу жиілігі тік білікке соғу бөлшектердің пішініне немесе бөлшектердің ҰӨБА өлшемдеріне таралуына әсер етпейтінін көрсетті. Бетон қиыршық тасты көп сатылы ұсақтау бір сатылы ұсақтау процесінде алынған ҰӨБА мен салыстырғанда ұсақ бөлшектердің көп мөлшерімен ҰӨБА өндіруге әкелді.

Дегенмен, екі үлгінің өлшемдері бойынша бөлшектердің таралу қисықтары рұқсат етілген диапазонда болды, ҰӨБА D_{MAX} тұрғысынан табиғи фракцияға сәйкес келеді, бірақ бөлшектердің өлшемдері бойынша таралуы тұрғысынан емес. Сонымен қатар, авторлар химиялық өндеудің (қышқылмен) олардың бөлшектерінің мөлшеріне қарай таралуына әсерін зерттеді. Өндеуден кейін толтырғыштар бөлшектердің бетіне жабысып қалған цемент пастасын алып тастауға байланысты бөлшектердің мөлшері бойынша біршама аз таралғаны анықталды. Қыздырылған ауаны жіктеу жүйесінің әртүрлі температурада материалдарды өндеу арқылы бөлшектердің мөлшеріне қарай таралуына әсері қарастырылды. Бөлшектердің әртүрлі қыздыру температурасына байланысты кішігірім фракцияның (0-0,245 мм) және үлкен фракцияның (0,245-5 мм) мөлшерінде таралуында шамалы ауытқулар байқалды [13].



Сурет 3. Логарифмдік шкала бойынша ұсақталған үш материалдың, RC-1 (бір рет ұсақталған), RC-2 (10 рет ұсақталғаннан кейін) және RC-3 (соққылы ұсатқыш техникасынан) бөлшектерінің мөлшерін бөлу

Беттің құрылымы мен бөлшектердің пішіні және ҰӨБА бөлшектерінің пішіні негізінен бастапқы бетонның құрамына, өндеу технологиясына және ұсақтау циклдарының санына байланысты. Беткі құрылымға келетін болсақ, ірі түйіршікті қайта өңделген бетон толтырғыштары ұсақталған табиғи толтырғыштар сияқты өрескел екендігі дәлелденді. ҰӨБА бетінің кедір-бұдырлығы мен ұсақ дисперсті табиғи агрегаттарды салыстыратын зерттеулер болмаса да, нәтижелер цемент пастасының жабысқақ дақтарына байланысты ҰӨБА бетінің кедір-бұдырлығы өзен құмына қарағанда жоғары екенін көрсетеді. ҰӨБА формасы көбінесе өндеу технологиясының түріне және ұсақтау циклдерінің санына байланысты. ҚЖБҚ үшін талап етілетін өндеудің әдеттегі кезеңінде екі сатылы ұсақтау жүзеге асырылады. Содан кейін пластмасса, темір және болат сияқты қоспалар мен материалдарды елеу және жою қолданылады [14]. Бұл процестердің әртүрлі комбинацияларын әртүрлі қайта өндеу зауыттарында көруге болады. Кейбір қадамдарды пайдалану немесе жою ҚЖБҚ кіріс деректерінің сапасына байланысты болып келеді [2]. Ұсақтау процесінің (әр түрлі комбинациядағы, конус және роликті

ұсақтау) және ұсақтау циклдерінің (бір сатылы, көп сатылы) ҰӨБА (R-1 және R-2) физикалық қасиеттеріне әсері. R-1 бөлшектері R-2 бөлшектеріне қарағанда пішіні дөрекі және бұрыштық, кеуектілігі жоғары, тығыздығы төмен және сіңуі R-2-ге қарағанда жоғары екендігі көрсетілген. Пішіндегі айырмашылықты қайта ұсақтау және R-2 өндірісінде үлкен толтырғыштың болмауымен түсіндіруге болады.

Химиялық әсерге дейін және одан кейін ірі түйіршікті және ұсақ өңделген бетон агрегаттарының бөлшектерінің пішінінің өзгеруі зерттелді. Осы зерттеуге сәйкес, ҰӨБА бөлшектерінде бөлшектердің бетіне жабысатын цемент пастасы аз болады. ҰӨБА бұрыштық бөлшектері ретсіз түрде қосылады. Бұл толтырғыштар қоспасындағы жанасу формаларының алуан түрлілігіне әкеледі. Бөлшектердің жанасуының бұл формалары әлі зерттелмегенімен, құрылыс қалдықтары қоспаларының бөлшектердің жанасуын зерттеу бөлшектердің бөлшектермен жанасуы туралы түсінік береді. Ұстаманың ашық ауада сақталуына байланысты судағы ұсақ бөлшектер агломерацияға бейім. Ұсақ бөлшектер бөлшектердің көп байланысы бар агломераттарға жиналуы мүмкін. ҰӨБА бөлшектерінің бұрыштық пішіні сфералық емес аққыштық пішіндерінің кедергісінің жоғарылауына және сфералық пішіндермен салыстырғанда бұрыштық пішіндердің тығыздалу шегінің төмендеуіне байланысты бетонның реологиялық қасиеттеріне әсер етеді. Бөлшектердің қаптамасының тығыздығын максимизациялауға агрегаттардың сұрыпталуын реттеу арқылы қол жеткізуге болады. Осылайша бетон қоспасының жалпы өнімділігін жақсартады [14].

Суды сіңіру (СС) тығыздығы және толтырғыш тығыздығы ерітінді/бетон қоспасын жобалаудағы негізгі параметрлер болып табылады. ҰӨБА суды сіңіруді анықтау үшін бірыңғай жалпы қабылданған әдіс жоқ, сондықтан ҰӨБА суды сіңіруді анықтау үшін әртүрлі сынақ әдістері қолданылады. Ұсталған цемент қамырының табиғаты мен ұсақ бөлшектердің (<250 мкм) құрамына байланысты суды сіңіру сынағы өте күрделі.

EN 1097-6:2013 сәйкес үлкен фракциялар мен құмдар үшін анықталған СС мәндері екі кезеңде алынады: толтырғыштарды қанықтыру (24 сағатқа суға батыру арқылы), содан кейін кептіру. Алайда, бұл әдіс қайта өңделген бетон толтырғыштарына қолданылған кезде проблемалар туындайды. Бұл әдіс ірі түйіршікті қайта өңделген бетон толтырғыштары үшін қолайлы, өйткені ҰӨБА ұсақ бөлшектері оңай агломерацияланады және кептіру энергиясын әрбір ұсақ бөлшектің бетіне біркелкі тарату қиын [7]. Ірі түйіршікті қайта өңделген бетон толтырғыштары әлдеқайда ұзақ қанықтыру уақытын қажет етеді (>24 сағат). Сол сияқты, зерттеулерде судың сіңуі мен тығыздығын анықтау үшін қанықтыру кезеңі 24 сағаттан артық болуы керек екендігі атап өтілді. Ұсақ бөлшектердің мөлшері батыру әдісіне қатысты тағы бір мәселе болып табылады. Қамбаның ұсақ бөлшектері ауаны агломерациялап, бітеп тастауы мүмкін, бұл салмақтың сәйкес келмейтін өлшемдеріне әкеледі [5]. Сонымен қатар, егер сынақ кезінде ұсталған ауа жойылмаса, оның көлемі жалпы мөлшерге қосылады (толтырғыштар + су + ұсталған ауа) және суды сіңіру бағаланбайды. Осы себепті алынған ауаны алып тастау сынақтың соңғы нәтижелері үшін өте маңызды. Бұл мәселені шешу үшін әртүрлі әдістер ұсынылады. Бөтелкені айналдыру арқылы ауа көпіршіктерін кетіру үшін үлгінің көлемі екі немесе үш қабатқа тең болды. Басқа зерттеулерде бөтелке араластырылды, содан кейін қолмен айналдырылды және толтырғыш бөлшектерінің арасына түскен ауа

көпіршіктерін кетіру үшін бірнеше рет баяу шайқалды. Гексаметафосфат ерітіндісі бөлшектер арасындағы адгезияны азайту және ұсталған ауаны босату үшін бөлшектер диспергаторы ретінде пайдаланылды. Ауаның қалай ұсталатынын және жоғарыда аталған зерттеулердегі әдістердің қай әдісі немесе комбинациясы болашақ суды сіңіру өлшемдерінде қолдануға ең қолайлы екенін түсінуге бағытталған бірнеше терең зерттеулер жүргізу қажет [6].

СС мәндері тестілеу процедурасына өте тәуелді болды. Атап айтқанда, EN 1097-6:2013 стандартты әдісі СС мәнін төмендететін сияқты. Алайда, бұл екі әдіс құмның үлкен фракцияларына (0,8 мм-ден үлкен немесе оған тең) қолданылған кезде, олардың әрқайсысы үшін алынған. ЖІӨ мәндері өте жақын болады. Экстраполяция әдісін қолдана отырып, кіші фракциялардың СС-гі үлкенірек СС-гі анықталады. Содан кейін қатты қайта өңделген құмның СС әр фракцияның пропорциясы мен ҰӨБА анықталады. Алайда, жабдық материалдың көп мөлшерін пайдалануға мүмкіндік бермейді, сондықтан үлгінің гетерогенділігі мен азаюы өлшеу кезінде қателіктерге әкелуі мүмкін. Дегенмен, осы әдіспен өлшенген СС, ҰӨБА нәтижелері және бірдей үлгілер үшін EN 1097-6:2013 стандартты әдісімен алынған нәтижелер ұқсас болды [9].

Суды сіңіру ҰӨБА мен эталондық цемент пастасы арасындағы пастадағы судың жалпы құрамының айырмашылығы бойынша есептелді. Нәтижелер көрсеткендей, пастадағы ҰӨБА суды сіңіру және оның бөлінуі суға қарағанда төмен және 1 сағат ішінде $VP_{24\text{сағ}}$ 44,30% - 80,10% құрайды. Бұл тұжырым цемент пастасындағы судың құрамымен түсіндірілді. Нәтижелер көрсеткендей, пастадағы ҰӨБА суды сіңіру және оның бөлінуі суға қарағанда төмен және 1 сағат ішінде $VP_{24\text{сағ}}$ сағаттың 44,30% - 80,10% құрайды. Бұл тұжырым цемент пастасындағы судың құрамымен түсіндірілді. Цемент дәндері суды сақтауда үлкен артықшылыққа ие, сондықтан араластыру кезінде максималды сіңіру қабілетіне жету қиын. ҰӨБА мен табиғи құм үшін СС және тығыздық мәндері жинақталған. ҰӨБА мен ұсақ дисперсті табиғи агрегаттың арасындағы айтарлықтай айырмашылық судың жоғары сіңуіне байланысты. Әдебиетте келтірілген ҰӨБА мен табиғи құм үшін СС және тығыздық мәндері жинақталған. ҰӨБА мен ұсақ дисперсті табиғи агрегаттың арасындағы айтарлықтай айырмашылық судың жоғары сіңуіне байланысты [12].

Мұны жоғары ашық тесігінің қосымша әсерімен және ҰӨБА бөлшектерінің беткі қабатының өрескел құрылымымен түсіндіруге болады. ҰӨБА суды жоғары сіңіру қабілеті цемент негізіндегі материалдардағы пастадағы су мен цементтің тиімді қатынасына тікелей әсер етеді, бұл оларға жана консистенцияны береді. Сіңірілген судың мөлшері, ең алдымен, бөлшектегі кеуектердің көптігі мен үздіксіздігіне байланысты, ал сіңіру жылдамдығы осы кеуектердің мөлшері мен үздіксіздігіне байланысты. ҰӨБА үшін мәлімделген СС мәндері 4,2-ден 13,1% дейін, орта есеппен 8,4% - құрайды. Табиғи ұсақ агрегат үшін көрсетілген СС мәндері 0,15-тен 4,1% дейін, орташа есеппен 1,1% құрайды. Сонымен қатар, ҰӨБА табиғи құмға қарағанда тығыздығы төмен. Алынған тығыздық құрғақ бетке есептегенде 1630-дан 2560 $\text{кг}/\text{м}^3$ -ге дейін, орташа есеппен 2295 $\text{кг}/\text{м}^3$ құрады. Табиғи ұсақ дисперсті агрегаттың тығыздығы 2530-дан 2720 $\text{кг}/\text{м}^3$ -ге дейін өзгерді, орташа есеппен 2637 $\text{кг}/\text{м}^3$ [3].

Өртүрлі зерттеулер арасындағы СС және тығыздық мәндерінің таралуы көбінесе белгісіз бастапқы бетонның сапасындағы айырмашылықтардан (су

мен цементтің арақатынасы, цементтің түрі мен мөлшері, толтырғыштардың шығу тегі мен градациясы және т.б.), сондай-ақ өндіріс процесінде оның қасиеттерінің айырмашылығынан туындайды. VSI ұсатқыш роторының айналу жиілігі ҰӨБА суының сіңуіне айтарлықтай әсер етеді. Төрт құмның суды сіңіруі, ҚжБҚ, VSI-55, VSI-65 және VSI-75 сәйкесінше 11%, 9%, 8% және 7% құрады, бұл VSI роторының айналу жиілігінің жоғарылауының айтарлықтай әсерін көрсетеді. Бұл зерттеулер ҰӨБА суды сіңіруді бағалауға процедура (суға немесе пастаға батырудың түрі мен ұзақтығы), ҰӨБА мөлшерінің үлесі, үлгінің салмағы және ұсақ бөлшектердің агломерациясы қатты әсер ететінін көрсетті.

Сонымен қатар, ҰӨБА қаныққан күйін дәл бағалау қиын. Мониторингтің анағұрлым күрделі тарихы (әр түрлі ұзақтығы) бар тестілер ҰӨБА (су сіңіру, тығыздық) сипаттамаларын анықтау үшін Еуропалық стандарттарға сәйкес жүргізілетін тесттердің дұрыстығын растау үшін әлі де қажет. Сонымен қатар, тестілеудің нақты әдістемесі практикалық мақсаттарға бейімделмеген [7].

Тәжірибеге арналған қосымша зерттеулер мен ұсыныстар бұрын талқыланғандай, ҰӨБА кеңінен қолдану негізінен табиғи құммен бетонға ұқсас қасиеттерге ие болу қабілетімен шектеледі. Қарастырылған зерттеулер ҰӨБА қасиеттерін сынау кезінде өлшеулердің қайталануының шектелгенін және ҰӨБА пайдалану кезінде бетон қасиеттерінің (шектеулі беріктігі) өзгергенін көрсетеді. Өңдеу қабілеті, көлемнің тұрақтылығы, әсіресе кептіру кезінде шөгуді және ҰӨБА бар бетонның беріктігі шешілмеген проблемалар болып қала береді, бұл материалды инженерлік тәжірибеде қолдануға айтарлықтай кедергі келтіреді. Оқылған әдебиеттер негізінде ҰӨБА болашақта бетонға енгізуге басшылық ету мақсатында кеңейтілген ҰӨБА тестілеуінде және бетон тиімділігінің мониторингінде ілгерілеудің негізгі бағыттары айқындалды [4,5].

Қазіргі уақытта ҰӨБА сапасын бағалау бойынша нұсқаулықтар жоқ. ҰӨБА практикалық қолдану үшін нақты жағдайларда ҰӨБА сипаттамаларын анықтау және пайдалану бойынша бірыңғай нұсқаулық әзірлеу қажет. Ұлттық ұсыныстар мен стандарттардың мақсаттары, атап айтқанда, келесі тақырыптарды қамтуы керек:

- ҰӨБА әр түрлі типтегі градуирлеу қисықтары;
- құрамындағы хлоридтердің, сульфаттардың, еритін сілтілердің рұқсат етілген мандері;
- ҰӨБА суды сіңіруді анықтау үшін бірыңғай жалпы қабылданған әдіс жоқ, сондықтан әртүрлі сынақ әдістері қолданылады. ҰӨБА суды сіңіруді сандық бағалау үшін стандартталған сынақ әдісі мен өлшеу әдістемесін әзірлеу қажет, ҰӨБА суды сіңіруді сандық бағалау үшін стандартталған сынақ әдісі мен өлшеу әдістемесін әзірлеу қажет, ҰӨБА суды сіңіруді сандық бағалау үшін стандартталған сынақ әдісі мен өлшеу әдістемесін әзірлеу қажет;
- ұсталған цемент ерітіндісін сандық бағалау;
- кәдімгі бетонға арналған қоспаны есептеу әдісін және сынамалық араластыру әдісін біріктіру арқылы ҰӨБА көмегімен бетонға арналған қоспаның тиісті құрамын әзірлеу;
- бөлшектердің мөлшері, бөлшектердің пішіні, потенциалды реактивтілігі мен құрамы бойынша бөлінуін ескеретін ҰӨБА бөлшектерінің қаптамасын болжау моделін белгілеу [14].

Бетон қоспасын жасау үшін сығылатын саптама моделінің (ССМ) жарамдылығын анықтау үшін дөңгелектелген немесе ұсақталған агрегаттардың екілік комбинациясы жиі қолданылады. Алайда, әдетте ұсақ кварц құмының (дөңгелек түрдегі) қайта өңделген бетоннан (ұсақталған түрдегі) ұсақ толтырғышпен үйлесуі қолданылатын ҰӨБА бар бетон жағдайында осы комбинациялар үшін де ССМ болжамдарының сенімділігін қамтамасыз ету қажет. Бұл ССМ табиғи ұсақ агрегаттармен салыстырғанда ҰӨБА су сіңіру қабілетінің едәуір жоғары болуына байланысты пайымдауларды ескерусіз қолданыла алмайды.

Сонымен қатар, цемент қамырының ішкі салыстырмалы ылғалдылығын өлшеу судың қайта өңделген агрегаттан цемент қамырына қалай тасымалданатынын түсінуге көмектеседі. Алайда, одан әрі зерттеу үшін ҰӨБА қасиеттерінің кең спектрімен (күрғақ, қаныққан, қанықпаған) қосымша эксперименттер жүргізу ұсынылады [7].

Құрылыс масштабындағы материалдың бұзылуы әдетте жергілікті микрокректердің пайда болуынан және өсуінен басталатындықтан, зертханалық үлгілердің крекинг процесінің сандық талдауы қайта өңделген бетоннан жасалған инженерлік құрылымдардың бұзылу сипатын түсінуге ықпал етеді. Мұндай зерттеулер өрескел дәнді қайталама агрегаттарды пайдалана отырып, бетон үшін жүргізіледі, бірақ ҰӨБА үшін емес. ҰӨБА пайдалана отырып, бетонның жыртылу қасиеттерін зерттеу үшін одан әрі зерттеулер жүргізу қажет.

Төзімділікке келетін болсақ, жеделдетілген сынақтардың нәтижелеріне сәйкес, ҰӨБА қолдану жалпы бетонның пайдалану сипаттамаларының төмендеуіне әкелді. Бетонда ҰӨБА қолдану өнімділіктің төмендеуіне әкеліп соқтырса да, бұл оларды құрылымдық бетонда қолдануға қауіп төндірмейді. Сонымен қатар, құйылып шыққан кезінен бастап бетонның ұзақ мерзімді пайдалану сипаттамаларын мониторингтеу бойынша зерттеулер өте аз. Осылайша, бетонның ұзақмерзімді сипаттамаларының жарамдылық критерийлерін одан әрі зерттеу және белгілеу (шөгү және сусымалылық, карбонизация, сульфаттардың әсері, хлоридтердің түсуі) қызығушылық тудырады.

ҰӨБА инновациялық қолдану бойынша зерттеулерді қарастыру керек, мысалы, икемділігі жоғары тұтқыр композиттерге және ҰӨБА қолданатын 3D басып шығарылатын ерітінділерге қатысты алдын ала зерттеулер. Шолу зерттеулері барысында алынған бетон қоспаларының 43 эфирлемесіне және олардың пайдалану сипаттамаларын байқауға сүйене отырып, сапаны бақылау және бетонда ҰӨБА практикалық қолдану бойынша бірнеше ұсыныстар беруге болады.

Жаңа буынның жоғары сапалы бетон өндірісінде ҰӨБА пайдалану үшін ластануды барынша азайту үшін ҰӨБА сапасын жақсартылған бақылауды енгізу қажет. Ластануды тану және жою саласындағы соңғы жетістіктердің бірі-сапаны бақылаудың онлайн сенсорларын қолдану (гиперспектральды бейнелеу және лазерлік сыну спектроскопиясы), сондай-ақ инфрақызылға жақын сенсорлармен сұрыптау және желмен елеу. Мүмкіндігінше далада бетон конструкцияларын іріктеп бұзуды ынталандыру керек. Бұл ластанудың минималды деңгейі бар материалды алу үшін өте қажет [2,3].

ҰӨБА көзінің бетон сипаттамаларына (әсіресе зертханалық жағдайда жасалған немесе далалық құрылыстардан алынған) әсеріне келетін болсақ, зертханалық және далалық ҰӨБА екеуінің де бетон қоспалары кең ауқымды

қасиеттерге ие және зертханалық ҰӨБА бар бетонның бетонмен салыстырғанда нашар немесе жақсы өнімділікке ие екендігі туралы ешқандай дәлел жоқ. Дегенмен, мүмкіндігінше далада бетон конструкцияларын іріктеп бұзуды ынталандыру және қолдану керек. Бұл ластанудың минималды деңгейі бар материалды алу үшін өте қажет. Сонымен қатар, бастапқы бетонның әртүрлі түрлеріне, өңдеу технологиясының түріне және сақтау түріне байланысты ҰӨБА сапасының әсерін ескеру қажет. Қайталама бетон мен ерітінділердің пайдалану сипаттамаларына әсер ететін ҰӨБА қасиеттерін анықтау үшін нейрондық желілерді пайдалану ұсынылады. Осы мақсатта барлық көрсетілген жұмыстардың нәтижелерін, сондай-ақ бастапқы бетон, қайта өңдеу технологиясының түрі және сақтау түрі туралы ақпаратты ескеру қажет.

ҰӨБА ашық ауада сақтаудан аулақ болу керек. Бұл ҰӨБА қадаларының сыртқы қабаттарын күйдіруге және материалдың агломерациясына әкеледі. Агломерация бетон қоспасындағы бөлшектердің тығыздалуын азайтады.

Құрғақ ҰӨБА пайдаланумен салыстырғанда өңдеу қабілетін жақсарту үшін ішінара қаныққан күйде (жалпы су сіңіру қабілетінің 80%) ҰӨБА пайдалану ұсынылады. ҰӨБА қысқа араластыру процесінде суды сіңіру қабілетін толық пайдалана алмады.

ҰӨБА бетон қоспасында қолдануға жалпы шектеулер жоқ. ҰӨБА оңтайлы пайыздық мөлшері 25% – бет құрайтыны анықталды, бұл бетонның беріктігіне әсер етпейді. ҰӨБА құрамының одан әрі ұлғаюымен меншікті беті ұлғаяды, бұл суға деген қажеттілікті және цемент құрамын арттырады.

Қорытынды. Қорыта келе, ҰӨБА сипаттамаларын анықтау және құрылымдық қолдану саласындағы негізгі жетістіктер, прогрестер мен шектеулер туралы әдебиеттерге жан-жақты және жаңартылған шолу ұсынылған. Жүйелі талдау жүргізу үшін мынадай деректер талданды: ҰӨБА физикалық және химиялық сипаттамалары; 43 бетон/ерітінді қоспаларының құрамы мен қасиеттері. Осы уақытқа дейін айтылғандардың барлығын ескере отырып, келесі негізгі тұжырымдар жасалды:

ҰӨБА бетонының физика-химиялық сипаттамалары оның бастапқы дизайны мен пайдалану тарихына, сондай-ақ қайта өңдеу және сақтау технологиясына байланысты. Бұл физика-химиялық сипаттамалар бетон қоспасы мен қатайтылған бетонның жұмысына әсер етеді. Қазіргі уақытта білім жеткіліксіз, цемент құрамы бірдей немесе төмен болған кезде жоғары сапалы бетон алу үшін осы ҰӨБА сипаттамаларын оңтайлы пайдалануға мүмкіндік беретін нұсқаулықтар немесе нормативтік актілер жоқ. Осылайша, жаңа бетонға ұраны кеңінен енгізу және оңтайлы пайдалану қиынға соғады, өйткені бетонның күтілетін пайдалану сипаттамаларына байланысты тәуекелдер белгісіз, ал судың қажеттілігін өтеу үшін цементтің жоғарылауы CO_2 шығындары мен шығарындыларының артуына әкеледі. Осылайша, жаңа бетонға ҰӨБА кең көлемде енгізу және оңтайлы пайдалану қиын, өйткені бетонның күтілетін пайдалану сипаттамаларына байланысты тәуекелдер белгісіз, ал ҰӨБА суға деген қажеттілігін өтеу үшін цементтің жоғарылауы шығындар мен CO_2 шығарындыларының артуына әкеледі.

ҰӨБА қайта пайдалану қазіргі уақытта эксперименталды түрде оңтайландырылған және бөлек талдауға және болжауға болатын теориялық әсерлерге негізделмеген. Демек, негізгі міндеттердің бірі-ҰӨБА бір мезгілде пайдалану және цементтің құрамын азайту немесе кем дегенде оны тұрақты деңгейде ұстау. Қажетті техникалық сипаттамаларға (өңдеу қабілеті,

беріктігі) сәйкес келу әрдайым мүмкін бола бермейді: негізінен қоспалардың төмен өңделуі олардың қолданылуын шектейді. Осы себепті ҰӨБА бетоны үшін қолайлы суперпластификаторлар мен реологиялық қасиеттер модификаторларын қолданудың практикалық тәжірибесі қажет.

Аталған барлық жұмыстардың нәтижелеріне сүйене отырып, судың жоғары сіңуі, ҰӨБА ылғалдылығы, бөлшектердің бір-біріне жабысуы және ерітіндінің жабысуы сияқты ҰӨБА шектеу қасиеттері анықталды. Сақтау жағдайларына байланысты ҰӨБА ылғалдылығының үш режимі ұсынылады, олар сонымен қатар бөлшектердің агломерациясының суды сіңіру көрсеткіштеріне әсерін түсінуге арналған. Сандық және сапалық сипаттамалар бойынша әдістер мен ұсыныстар бөлу кезінде және одан кейін ҰӨБА сапасын терең бақылау үшін қажет. Бұл жоғары сапалы бетонды қолдану үшін қажетті оңтайлы сапаны қамтамасыз ету үшін пайдалы болар еді.

ҰӨБА өңдеу мен ҰӨБА физика-химиялық сипаттамалары арасындағы байланыс туралы білім, сондай-ақ жоғары өнімді бетон алу үшін цементтің төмен құрамын сақтау үшін оңтайлы төсеу және цементпен өзара әрекеттесу туралы білім, сондай-ақ микроқұрылым және жаңа бетонның ұзақ мерзімді өнімділігін күту туралы білім зерттеудің басымдығы болуы керек.

Практикалық тұрғыдан алғанда, ҰӨБА бар құрылымдық бетонның пайдалану сипаттамалары, қатайтылған бетонның деформациялануын және болат арматураның коррозиясына қарсы қамтамасыз ете алатын тұрақтылықты ескере отырып бағалануы керек. Белгілі модельдердің модификациялары (шөгү, сусымалы, хлоридті диффузия және CO_2) ең жақсы шешім болып табылады, өйткені оларды қолда бар тәжірибе мен эксперименттік зерттеулерге, сондай-ақ болашақ ауқымды зертханалық сынақтарға негіздеуге болады. Бұл микромеханикалық қасиеттермен қатар (бетон матрицасы және интерфейс) ҰӨБА қолданудың салдарын дәлірек бағалауға мүмкіндік береді. Бұл тәжірибеде ҰӨБА көмегімен бетон қоспаларын жобалаудың қолданыстағы тәсілдерін оңтайландыруға айқындық әкеледі.

Әдебиеттер тізімі

1. Красникова, Н.М. Вторичное использование бетонного лома в качестве сырьевых компонентов цементных бетонов [Текст] / Н.М. Красникова, Е.В. Кириллова, В.Г. Хозин // Строительные материалы. – 2020. – №1-2. – С. 56-65.
2. Киценко, Т.П. Использование крупного заполнителя из бетонного лома в тяжелых бетонах [Текст] / Т.П. Киценко, Д.С. Омелянович // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – №1. – С. 99-103.
3. Магсумов, А.Н. Использование бетонного лома в качестве крупного заполнителя для производства бетонных смесей [Текст] / А.Н. Магсумов, Н.М. Шарипьянов // Символ науки. – 2018. – №6. – С. 29-32.
4. De Brito J., Agrela F., Silva R.V. Construction and demolition waste // New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete – Woodhead Publishing, 2019. P. 1-22.
5. Pedro D., De Brito J., Evangelista L. Influence of the use of recycled concrete aggregates from different sources on structural concrete // Construction and Building Materials, 2014. Vol. 71. P. 141-151.
6. Silva R.V., De Brito J., Dhir R.K. Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 105. P. 400-415.
7. Oliveira R., De Brito J., Veiga R. Incorporation of fine glass aggregates in renderings // Construction and Building Materials, 2013. Vol. 44. P. 329-341.

8. Коровкин, М.О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона [Текст] / М.О. Коровкин, А.И. Шестернин, Н.А. Ершкова // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3(37). – С. 85.
9. Ахмед, А.А. Использование бетонного лома Ирака в качестве наполнителя и заполнителя тяжелого и лёгкого бетона [Текст] / А.А. Ахмед, Р.С. Федюк, Ю.Л. Лисейцев, Р.А. Тимохин, Г. Мурали // Строительные материалы и изделия. – 2020. – №3 (3). – С. 28-39.
10. Щербань, Е.М. Улучшение экологической обстановки в Ростовской области путём применения промышленных отходов в строительной индустрии [Текст] / Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, М.П. Нажуев, А.А. Чернильник // Экология России: на пути к инновациям. – 2019. – С. 57-60.
11. Vieira C.S., Pereira P.M., de Lurdes Lopes M. Recycled construction and demolition wastes as filling material for geosynthetic reinforced structures. Interface properties // Journal of Cleaner Production, 2016. Vol. 124. P. 299-311.
12. Evangelista L., Guedes M., De Brito J., Ferro A.C., Pereira M.F. Physical, chemical and mineralogical properties of fine recycled aggregates made from concrete waste // Construction and building materials, 2015. Vol. 86. P. 178-188.
13. Fan C.C. Huang R., Hwang H., Chao S.J. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregates from crushed concrete wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 112. P. 708-715.
14. Lotfy A., Al-Fayez M. Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate // Cement and concrete composites, 2015. Vol. 61. P. 36-43.

Материал редакцияга 12.04.24 түсті.

А.К. Жусипбеков¹, Д.Ж. Артыкбаев¹

¹*Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННЫХ БЕТОННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В БЕТОНЕ

Аннотация. В статье обсуждается современное состояние мелкодисперсных переработанных бетонных заполнителей (МПБЗ), обращается внимание на их физические, химические и инженерные свойства, а также на прочность бетонов МПБЗ. Невозможно сделать выводы без дальнейших исследований рекомендаций и средств для широкого применения МПБЗ в новых бетонах при сохранении цементного состава хотя бы на том же уровне или, желательно, на низком уровне. В частности, все еще не хватает знаний об основных физико-химических свойствах и их связи с качеством бетонной смеси и производительностью бетона. Измельчение и просеивание переработанных агрегатов или создание основы для лучшего понимания качества МПБЗ, полученного из полевых конструкций. Сравнивая свойства МПБЗ со свойствами мелкодисперсных природных агрегатов, определяются основные ограничивающие свойства МПБЗ, такие как высокое водопоглощение, состояние влажности МПБЗ, агломерация частиц и адгезивный раствор. Таким образом, несмотря на то, что он может быть стабильным с точки зрения химического состава, трудно добиться стабильного качества МПБЗ. При проектировании бетонных смесей необходимы передовые методы и инструменты бетонной технологии, чтобы учитывать ограничивающие свойства МПБЗ.

Ключевые слова: наполнители из переработанного бетона; натуральные наполнители; бетонные смеси; долговечность.

A.K. Zhusipbekov¹, D.Zh. Artykbaev¹

¹*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*

THE USE OF RECYCLED CONCRETE FILLERS IN CONCRETE

Abstract. Fine recycled concrete aggregates (fRCA), the current state is discussed, attention is paid to their physical, chemical and engineering properties, as well as the strength of fRCA concrete. Without further research, it is impossible to draw conclusions about the recommendations and tools for the widespread use of fRCA in new concretes, while maintaining the cement composition at least at the same level or preferably at a low level. In particular, what is still lacking, knowledge of basic physico-chemical properties and their relationship with the quality of the concrete mixture and the performance of concrete. Crushing and sifting of recycled aggregates, or laying the foundation for a better understanding of the quality of fRCA obtained from field structures. Comparing the properties of fRCA with the properties of finely dispersed natural aggregates, the main limiting properties of fRCA, such as high water absorption, the state of moisture content of fRCA, particle agglomeration and adhesive solution, are determined. Thus, it is difficult to achieve a stable fRCA quality, although it can be stable in chemical composition. In the design of concrete mixes, advanced performance methods and tools of concrete technology are needed to take into account the limiting properties of fRCA.

Keywords: recycled concrete aggregates; natural aggregates; concrete mixes; durability.

References

1. Krasnikova N.M., Kirillova Ye.V., Khozin V.G. Vtorichnoye ispol'zovaniye betonnoyo loma v kachestve syr'yevykh komponentov tsementnykh betonov [Secondary use of concrete scrap as raw materials for cement concrete] // Stroitel'nyye materialy [Construction materials], 2020. No. 1-2. P. 56-65, [in Russian].
2. Kitsenko T.P., Omel'yanovich D.S. Ispol'zovaniye krupnogo zapolnitelya iz betonnoyo loma v tyazhelykh betonakh [Use of coarse aggregate from concrete scrap in heavy concrete] // Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury [Bulletin of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture], 2020. No. 1. P. 99-103, [in Russian].
3. Magsumov, A.N., Sharipyanov N.M. Ispol'zovaniye betonnoyo loma v kachestve krupnogo zapolnitelya dlya proizvodstva betonnykh smesey [Use of concrete scrap as coarse aggregate for the production of concrete mixtures] // Simvol nauki [Symbol of science], 2018. No. 6. P. 29-32, [in Russian].
4. De Brito J., Agrela F., Silva R.V. Construction and demolition waste // New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete – Woodhead Publishing, 2019. P. 1-22.
5. Pedro D., De Brito J., Evangelista L. Influence of the use of recycled concrete aggregates from different sources on structural concrete // Construction and Building Materials, 2014. Vol. 71. P. 141-151.
6. Silva R.V., De Brito J., Dhir R.K. Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 105. P. 400-415.
7. Oliveira R., De Brito J., Veiga R. Incorporation of fine glass aggregates in renderings // Construction and Building Materials, 2013. Vol. 44. P. 329-341.
8. Korovkin M.O. Shesternin A.I., Yeroshkina N.A. Ispol'zovaniye droblenogo betonnoyo loma v kachestve zapolnitelya dlya samouplotnyayushchegosya betona [Use of crushed concrete scrap as a filler for self-compacting concrete] // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don], 2015. Vol. 37, No. 3. P. 85, [in Russian].

9. Akhmed A.A., Fedjuk R.S., Liseytshev YU.L., Timokhin R.A., Murali G. Ispol'zovaniye betonogo loma Iraka v kachestve napolnitelya i zapolnitelya tyazhelogo i logkogo betona [Use of Iraqi concrete scrap as a filler and aggregate for heavy and lightweight concrete] // Stroitel'nyye materialy i izdeliya [Construction materials and products], 2020. Vol. 3, No. 3. P. 28-39, [in Russian].
10. Shcherban' Ye.M., Stel'makh S.A., Nazhuyev M.P., Chernil'nik A.A. Uluchsheniye ekologicheskoy obstanovki v Rostovskoy oblasti putom primeneniya promyshlennykh otkhodov v stroitel'noy industrii [Improving the environmental situation in the Rostov region by using industrial waste in the construction industry] // Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam [Ecology of Russia: on the way to innovations], 2019. P. 57-60, [in Russian].
11. Vieira C.S., Pereira P.M., de Lurdes Lopes M. Recycled construction and demolition wastes as filling material for geosynthetic reinforced structures. Interface properties // Journal of Cleaner Production, 2016. Vol. 124. P. 299-311.
12. Evangelista L., Guedes M., De Brito J., Ferro A.C., Pereira M.F. Physical, chemical and mineralogical properties of fine recycled aggregates made from concrete waste // Construction and building materials, 2015. Vol. 86. P. 178-188.
13. Fan C.C. Huang R., Hwang H., Chao S.J. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregates from crushed concrete wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 112. P. 708-715.
14. Lotfy A., Al-Fayez M. Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate // Cement and concrete composites, 2015. Vol. 61. P. 36-43.