

ТҮЙІНДЕМЕ

Құттыбай М.Т. Диссертациялық жұмысы 8d07340 - "құрылыс материалдарын, бұйымдары мен конструкцияларын өндіру"білім беру бағдарламасы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін ұсынылған

Диссертацияның тақырыбы - "Ферроқорытпа өндірісінің қалдықтары негізінде құйылған модификацияланған бетонның пайдалану қасиеттерін арттыру"

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Құрылыс индустриясында құйылған модификацияланған бетондарға өнімділіктің кең спектрін қамтитын жоғары пайдалану талаптары қойылады, олардың арасында беріктік сипаттамаларына, материалдың ылғалға төтеп беру қабілетіне, қайта мұздатуға және ерітуге төзімділігіне, агрессивті заттармен әрекеттесу кезінде тұтастықты сақтау қабілетіне ерекше назар аударылады [1]. Көптеген зерттеулер химиялық төзімділігі жоғары полимерлі қоспаларды қолдану арқылы құрылыс құрылымдарын күшейту мүмкіндігін көрсетті [2]. Алайда, өндірістің қымбаттығына байланысты полимерлі бетондар жаппай қолданылмады, нәтижесінде дәстүрлі бетон қоспалары құрылыстағы негізгі құрылымдық материал болып қала береді. Еуропа елдерінде монолитті модификацияланған бетоннан жасалған конструкцияларды әзірлеу және енгізу айтарлықтай деңгейге жетті: ауқымды эксперименттік деректер де, табысты жұмыс істейтін өндіріс технологиялары да бар. Қазақстан Республикасының аумағында бұл бағыт ғылыми зерттеулер мен жергілікті өндірістік сынақтар сатысында қалады, кең өнеркәсіптік пайдалануға ие болмайды [3]. Осыған сүйене отырып, олардың ішкі құрылымын мақсатты түрде өзгерту арқылы агрессивті ортаға төзімділігі жоғары құйылған модификацияланған бетондарды жасау міндеті өзекті және іс жүзінде маңызды болып көрінеді.

Осы мақсатқа жету үшін технологиялық көрсеткіштер мен пайдалану сенімділігінің теңгерімді үйлесімін қамтамасыз ететін жоғары тығыздықтағы құйылған модификацияланған бетон құрылымын жасау негізгі міндет болып табылады. Бұл күрделі көп компонентті модификаторларды қолданумен бірге материалдың әрбір жергілікті микрокөлемінде бөлшектердің тығыз оралуына ықпал ететін дисперсті-сараланған байланыстырушы компоненттерді қолдану арқылы жүзеге асырылады [4-5].

Зерттеу Қазақстан Республикасының индустриялық-инновациялық дамуының 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы шеңберінде жүргізілді.

Тақырыптың даму дәрежесі. Отандық және шетелдік зерттеушілердің ғылыми еңбектерін, сондай-ақ қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттарды талдау бетон материалдарының беріктігін арттыру проблемаларына, әсіресе агрессивті сыртқы әсер ету жағдайында тұрақты қызығушылықты анықтады. Сондықтан цемент жүйелерінің құрамы мен құрылымын оңтайландыру арқылы тұрақтылықты арттыру стратегияларына ерекше назар аударылады. Байланысты саладағы зерттеулердің айтарлықтай көлеміне қарамастан, жоғары бақыланатын гранулометрия жүзеге асырылатын полифракциялық цемент жүйелерін пайдалана отырып, сондай-ақ үш компоненттен тұратын композициялық модификаторды (оның ішінде суперпластификациялаушы агент, полимерлі компонент және микро кремний диоксиді) пайдалана отырып, құйылған модификацияланған бетондарды қалыптастыру тақырыбы ғылыми тұрғыдан жеткіліксіз әзірленген күйінде қалып отыр. Бұл әсіресе осы модификацияның цемент матрицасының құрылымдық өзін-өзі ұйымдастыру заңдылықтарына, сондай-ақ қатайтылған композициялық материалдың соңғы тұтынушылық және физика-химиялық параметрлеріне қалай әсер ететінін зерттеу контекстінде айқын көрінеді.

Ғылыми гипотеза. Сірә, жоғары беріктігі, жарықтарға, аязға, ылғалға және агрессивті әсерлерге төзімділігі бар құйылған модификацияланған бетонды қалыптастырудың кілті үш компонентті модификатордың әсерімен бірге цемент компонентінің фракциялық құрамын егжей-тегжейлі бақылау болып табылады. Мұндай инженерлік қосылыс айқын кристалдылықпен және элементтердің тығыз қаптамасымен кеңістіктік реттелген микроқұрылымды қалыптастыруды бастайды деп болжанады, соның арқасында композиттің жоғары құрылымдық тұрақтылығы мен ұзақ мерзімді пайдалану сенімділігіне қол жеткізіледі. Жүйеде микрокремнеземнің болуы екінші позолан реакциясының дамуын күшейтеді, нәтижесінде CSH(B) типті химиялық тұрақты төмен қысымды кальций гидросиликаттары пайда болады. Бұл өз кезегінде агрессивті жағдайларда жұмыс істеу кезінде материалдың коррозияға төзімділігін одан әрі арттыруды қамтамасыз етеді.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері. Диссертация агрессивті пайдалану жағдайында тиімді жұмыс істей алатын модификацияланған құрылымы бар құйылған бетонды алуға мүмкіндік беретін ғылыми негізделген және технологиялық тұрғыдан жүзеге асырылатын тәсілді құруға арналған. Бұл тәсілдің негізгі құрамдас бөлігі үш компонентті модификатор — гиперпластификатор, полимерлі қоспа және микрокремнезем комбинациясын қамтитын бақыланатын астық үлестірімі бар полифракциялық байланыстырғышты енгізу болып табылады. Мұндай кешен

дайын материалдың өнімділігі мен пайдалану сенімділігінің қажетті көрсеткіштерін қамтамасыз етуі керек деп болжануда.

Бұл міндетті орындау үшін зерттеудің келесі бағыттарын кезең кезеңімен қарау жоспарлануда:

- микро деңгейде негіздің максималды тығыздығына қол жеткізуге мүмкіндік беретін цемент байланыстырғыштың ең оңтайлы құрамын анықтау;

- полифракциялық тұтқыр негіз мен үш компонентті модификаторды біріктіретін мақсатты модификацияланған құрылымы бар құйылған бетон жүйесін алу, содан кейін мұндай құрамның қоспаның технологиялық көрсеткіштеріне әсерін бағалау;

- цемент тастың құрылымдық эволюциясына және төселген бетонның соңғы физика-механикалық көрсеткіштеріне фракцияларға бөлінген тұтқыр заттың күрделі модификациялық құрамы мен жиынтық әсерінің әсерін егжей-тегжейлі зерттеу;

- алынған бетон материалын жаппай өндіріс жағдайларына бейімдеудің қолданбалы алгоритмін әзірлеу, содан кейін оның тиімділігін міндетті техникалық тексеруді және инженерлік деңгейде пайдалану сенімділігін талдауды қоса алғанда, агрессивті ортада жұмыс істейтін конструкциялардың элементтерін тұрғызу кезінде оны мақсатты пайдалану.

Зерттеу нысаны – бұл полифракциялық құрылымымен сипатталатын және үш функционалды қоспалар-суперпластификатор, полимер компоненті және микро кремний қосылған цемент байланыстырғыш негізінде алынған, берілген модификациялық сипаттамалары бар құйылған бетонның бір түрі. Материалдың негізгі мақсаты оны қарқынды пайдалану жағдайында жүзеге асырылатын құрылыс жобаларында қолдануға байланысты.

Зерттеу пәні-бұл құрылымның ішкі ұйымдастырылуын да, өзгертілген құйылған бетонның пайдалану қасиеттерін де анықтайтын бірқатар параметрлер. Полифракциялық байланыстырушы жүйе бетонның беріктігіне, ылғалға, аязға төзімділікке және қабықтың жоғары тығыздығына байланысты агрессивті ортаға төзімділікке баса назар аудара отырып, жұқа дисперсті компоненттер мен модификаторлардың комбинациясының бетон қасиеттеріне әсерін зерттейді.

Ғылыми жаңалық. Цемент тасының тығыз кеңістіктік реттелген құрылымын қалыптастыруға ықпал ететін бақыланатын гранулометриясы бар полифракциялық цемент байланыстырғышты пайдалануға негізделген құйылған модификацияланған бетонды алудың ғылыми негізделген әдісі әзірленді.

Үш компонентті модификатордың (ап-122 суперпластификаторы, поливинилпирролидон, МК-95 микрокремнеземі) гидратация процестерінің қарқындылығына және материалдың беріктігі мен пайдалану сипаттамаларының жоғарылауын қамтамасыз ететін CSH(B) типті тұрақты кальций гидросиликаттарының түзілуіне әсері анықталды.

Алғаш рет диаметрі 0,1–0,5 мкм кеуекті жүйесі бар цемент конгломератының біркелкі микрокристалды құрылымының қалыптасуы эксперименталды түрде расталды, бұл судың сіңуін 2,1% - ға дейін төмендетуді және бетонның аязға төзімділігін f600-ге дейін арттыруды қамтамасыз етеді.

66,1 МПа дейін қысу беріктігін және W12 деңгейіне дейін су өткізбейтіндігін қамтамасыз ететін құйылған модификацияланған бетонның жаңа құрамы ұсынылды, бұл оның агрессивті ортада жұмыс істеу тиімділігін растайды.

Өнеркәсіптік құрылыста модификацияланған құйма бетонды қолдануды реттейтін нормативтік техникалық құжат ("ЛМБ2022" ТР) әзірленді және енгізілді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы. Жүргізілген зерттеулер негізінде гранулометриялық құрамы бойынша бақыланатын құрамы бар полифракциялық Тұтқыр және күрделі үштік қоспаларды (құрамында суперпластификаторлар, суда еритін полимерлер және аморфты кремнезем бар) пайдалана отырып алынған бетондардың құрылымдық түзілу механизмі туралы жаңа мәліметтер алынды. Цемент матрицасында микрокристалды құрылымды құру және қатты фазалық қаптаманың тығыздығын арттыру құйылған модификацияланған бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсартатыны анықталды.

Осы зерттеу шеңберінде әзірленген материал құйылған модификацияланған бетонның жоғары агрессивті ортадағы пайдалану жағдайларына мақсатты бейімделуінің нәтижесі болып табылады. Жұмыста ұсынылған композиция тек химиялық-технологиялық шешім ретінде ғана емес, сонымен қатар тұрақты даму сұрақтарына инженерлік жауап ретінде де құрылды. Алынған қоспаның күрделі жағдайларда қолдануға жарамдылығын қамтамасыз ететін бірқатар қасиеттері бар: беріктік көрсеткіштері қысу кезінде 66,1 МПа және иілу кезінде 7,8 МПа жетеді. Материалдың жарықтардың өсуіне төтеп беру қабілетін көрсететін деформация қарқындылығы коэффициентінің мәні 0,07467 МПа х М⁰ құрайды. Бұл жағдайда суды сіңіру минимумға дейін төмендейді-2,1% - дан аспайды. Материал W12 деңгейіне жетіп, су өткізбейтін сыныптан сәтті өтеді, ал аязға төзімділік F600 деңгейінде расталады. Сонымен қатар, оның химиялық

заттардың деструктивті әсеріне төзімділігін атап өткен жөн, бұл коррозияға бейім инфрақұрылымда қолданылған кезде маңызды.

Ұсынылған технологияны өндірістік деңгейде практикалық қолдану процесінде " құрылыс ферроқорытпаларын өндіру кезінде пайда болатын композициялық модификаторлар мен техногендік компоненттерді қоса отырып, полифракциялық тұтқыр негізінде модификацияланған құю бетоны "нормативтік құжат әзірленді және күшіне енді. Көрсетілген құжат - ТР 250117-1412-21022004-2024 - "ЛМБ2022" ТР атауымен бекітілген және әзірлеуді өнеркәсіптік практикаға одан әрі енгізуді қамтамасыз ететін негізгі технологиялық негіз ретінде әрекет етеді.

Диссертациялық зерттеудің әдістемесі мен әдістері. Диссертациялық зерттеу жүргізу үшін берілген пайдалану параметрлері бар нақты материалдарды жасау принциптерін көрсететін бірнеше ғылыми ережелерді біріктіруге негізделген тәсіл таңдалды. Теориялық негіз материалды зерттеу саласындағы жүйелік талдау тұжырымдамасы болып табылады, бұл құрылымдық құрылым, компоненттердің құрамы және соңғы өнімнің физика-механикалық қасиеттері арасындағы байланысты анықтауға мүмкіндік береді. Эксперименттік процедуралардың кешенділігі ғылыми талдаудың дәлелденген құралдарын қолдану арқылы қамтамасыз етіледі. Оларға рентгендік фазалық бақылау әдістері, микроқұрылымды егжей-тегжейлі сканерлеу, химиялық сынақтар, сондай-ақ математикалық деректерді өңдеумен бірге қолданылатын лазерлік гранулометрия жатады. Мұндай синтез бөлшектердің шөгу тығыздығын және олардың геометриялық қасиеттерін ескере отырып, цемент компонентінің ұсақ бөлшектерінің параметрлерін тиімді таңдауға мүмкіндік берді, бұл болашақта алынған матрицаның құрылымдық тұрақтылығы мен беріктігін анықтады.

Қорғауға шығарылатын ережелер:

- Құйылған бетонның жоғары пайдалану көрсеткіштеріне қол жеткізу мүмкіндігін ғылыми тексеру реттелетін астық құрылымы мен қаптаманың максималды тығыздығы бар цемент байланыстырғыштың арнайы рецептурасын енгізуге, сондай-ақ бірыңғай кешенді модификациялық жүйе ретінде поликарбонат, полимер және микрокремнезем қоспасын пайдалануға негізделген.

- Үштік модификатордың синергетикалық әсерін кезең-кезеңімен зерттеу нәтижесінде алынған жүйелік нәтижелер оның құрылымның қалыптасу сатысына, микроморфологияға және цемент тасының және жалпы композиттің соңғы қасиеттеріне әсеріне бағытталған.

- Сыни беріктік сипаттамаларының, оның ішінде сығымдау, иілу беріктігінің, сондай-ақ жарыққа төзімділіктің, циклдік мұздату және

химиялық сыну көрсеткіштерінің тәуелділігін эмпирикалық анықтау жұқа дисперсті минералды тұтқыр негізінде көп компонентті жүйеде түрлендіргіш қоспаның құрамының өзгеруімен тікелей байланысты.

- Құю материалдарының әзірленген рецептураларының техникалық-экономикалық тиімділігіне Талдамалық бағалау жүргізу, ал өндіріске енгізу параметрлері шығындарды, ресурс тиімділігі мен рентабельділікті ескере отырып жобаланған.

Нәтижелердің сенімділік дәрежесі. Нәтижелердің сенімділігін негіздеудің орталық элементі кездейсоқ және тұрақты емес бұрмаланулардың әсерін азайтатын факторлар жиынтығы болып табылады. Негізгі шарт-көптеген сынақтарда тұрақты жұмыс істейтін жоғары дәлдіктегі зерттеу және өлшеу құралдарын пайдалану. Қолданылатын бақылау әдістері кем дегенде 0,96 сенімділік аралығын қамтамасыз ететін дәлелденген өлшеу процедураларына негізделген. Сонымен қатар, алынған мәліметтерді түсіндіру үшін математикалық және статистикалық талдау әдістері қолданылды, бұл табиғи тәуелділіктерді анықтауға және статистикалық шамалы ауытқуларды болдырмауға мүмкіндік берді. Мұның бәрі кешенде жүргізілген зерттеулердің дұрыстығын сенімді растау үшін берік негіз жасайды. Эксперименттік сынақтар барысында техникалық шешімдердің жұмысқа қабілеттілігін тексеру және қатаң жағдайларда пайдалануға арналған бетондарға практикалық сынақтар жүргізу жақсы нәтиже берді.

Жұмысты апробациялау. Диссертациялық зерттеудің негізгі мазмұны мен қорытындылары ғылыми форумда тексерілді: "өнеркәсіптік құрылыс" II Халықаралық конференциясы (Алматы, 2025 ж.). "Белсенді сейсмикалық қорғанысы бар ғимараттар мен құрылыстарды жобалау, салу және пайдалану ерекшеліктері" III ғылыми-практикалық конференциясы (Алматы, Руннит КЕАҚ, 2024 ж.) "белсенді сейсмикалық қорғанысы бар ғимараттар мен құрылыстарды жобалау, салу және пайдалану ерекшеліктері" халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы (Алматы, Руннит КЕАҚ, 2024 ж.) "перспективалар энергия үнемдейтін құрылыс материалдарының қазіргі заманғы өндірісі" (Ташкент, 2023 ж., Ташкент).

Зерттеу нәтижелерін енгізу. Әзірленген құйылған модификацияланған бетонды өнеркәсіптік енгізу темірбетон бұйымдарын өндіру кезінде "темірбетон-1" кәсіпорнында жүзеге асырылды: Л9-11 сериялы 200 науа және ЛР-6 типті суару жүйелерінің 100 науасы жасалды.

Өтініш берушінің жеке үлесі. Үміткер өзінің диссертациялық зерттеуінің мақсаттары мен міндеттерін тұжырымдап, тестілеу әдістерін таңдап, алынған нәтижелерді талдап, түсіндірді. Клинкер компоненттерінің ұсақ фракциясының тығыз қаптамасын қамтамасыз ету үшін математикалық

алгоритмдерді қолдана отырып, бағдарламалық-есептеу кешендерінің көмегімен жүзеге асырылатын цемент байланыстырғыштың астық құрамын зерттеуге ерекше назар аударылды. Модификацияланған бетон қоспасының құрамы физика-технологиялық қасиеттерін жақсарту мақсатында оңтайландырылды. Бетонды қатал жағдайларда қолдану бойынша ұсыныстар. Ғылыми басылымдарда зерттеу тақырыптары бойынша басылымдар шығарылды.

Жарияланымдар. Диссертациялық зерттеудің жалпыланған ережелері алты ғылыми жұмыста көрініс тапты: үшеуі Scopus дәйексөздер базасында тіркелген халықаралық журналдарда

1. Saduakasov M., Talal A., Kopzhassarov B., Akhmetov D., Nurumov R. (2025). Structural thermal insulating foam concrete properties for foundation insulation. International Journal of GEOMATE, Feb., 2025 Vol.28, Issue 126, pp.25-32 ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: <https://doi.org/10.21660/2025.126.4545> (SCOPUS Q3)

2. Abdraimov I., Talal A., Kopzhassarov B., Kuttybay M., Akhmetov D., Tynybekov R. (2024). Strength and durability effect of self-compacting concrete reinforcement with micro-silica and volume fiber. International Journal of GEOMATE, July, 2024 Vol.27, Issue 119, pp.26-33 ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: <https://doi.org/10.21660/2024.119.4334> (SCOPUS Q3)

3. Begentayev M., Kuldeyev E., Akhmetov D., Zhumadilova Zh., Suleyev D. (2025). The Effect of Mineral Fillers on the Rheological and Performance Properties of Self-Compacting Concretes in the Production of Reinforced J. Compos. Sci. 2025, 9(5), 235; <https://doi.org/10.3390/jcs9050235> (SCOPUS Q1)

Олардың екеуі Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім сапасы комитеті бекіткен тізбеге енгізілген рецензияланатын ғылыми басылымдарда жарияланды

1. Kopzhassarov B., Akhmetov D., Zhagifarov A., Abdraimov I., Kuttybay M., Zhumadilova Z. (2024). Quality improvement effectiveness of road slabs produced using microsilica and fiber. QazBSQA Хабаршысы. Сәулет және Құрылыс. № 2 (92), Алматы 2024. Б. 76-90 <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.2-06> Received (ҚР КОКЧВО)

2. Kuldeyev E., Zhumadilova Zh. Zhagifarov A., Tolegenova A., Kuttybay M., Alikhan A. (2025). Physicochemical properties of silica fume and fly ash from Tau-Ken Temir LLP and Pavlodar CHP for potential use in self-compacting concrete. Technobius, 2025, 5(1), 0076, DOI: <https://doi.org/10.54355/tbus/5.1.2025.0076> (ҚР КОКЧВО)

Ал қалған бір патент пайдалы модельге алынды

1. Құлдеев Е.И., Жұмаділова Ж. О., Ахметов Д. А., Құттыбай М. Т. (№10360). Өздігінен тығыздалатын бетон дайындауға арналған композиция. [Патент].

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертация көлемі академиялық Стандартта көзделген құрылымдық элементтерді қоса алғанда 183 бетті құрайды: мазмұны, кіріспе бөлігі, бес тақырыптық тараудағы негізгі баяндама, қорытынды қорытынды, 137 дереккөзден тұратын библиографиялық тізім және бір қосымша. Иллюстрациялық материал 41 кесте және 25 графикалық схема мен сурет түрінде ұсынылған.

I тарау бойынша қорытындылар

Қазақстанның су шаруашылығындағы аса өткір проблемалардың бірі мелиоративтік жүйелер инфрақұрылымының, атап айтқанда өз ресурстарының шегінде жұмыс істейтін және соңғы екі жарым онжылдықта өзінің көтергіш және гидравликалық қасиеттерін жоғалтқан су қоймаларының тозуы болып қала береді. Ағымдағы жағдайды талдау әрбір төртінші элементті қайта құрудың жүйелі қажеттілігін көрсетеді. Бұл шындық өткір инженерлік және ғылыми міндет қояды-гидротехникалық құрылымдарға тән агрессивті жүктемелерге төтеп бере алатын түбегейлі басқа пайдалану қасиеттері бар құйылған бетон жасау.

Мұндай түрлендірудің негізгі бағыты бетонның микроқұрылымын қатаудың жанама әсері ретінде емес, белгілі бір параметрлері бар басқарылатын жүйе ретінде жобалау болып табылады. Ол суперпластификатормен, функционалды полимермен және жоғары белсенді микрокремнеземмен синергетикалық әрекеттесетін қатаң таңдалған фракциялар мен үш компонентті модификациялаушы композициядан тұратын полифракциялық цемент байланыстырғышқа негізделген. Бұл тәсіл жеке қасиетті жақсартуға емес, бүкіл құрылымды толығымен қайта құруға бағытталған — жаңа күйдегі сұйықтықтан тығыздық пен қатайтылған күйдегі коррозияға төзімділікке дейін.

Бөлшектердің қаптамасы максималды тығыздық шегіне жақындаған сайын су-цемент қатынасының төмендеуі ғана емес, сонымен қатар қатты фазаның үлесінің күрт артуы маңызды. Қалдық ірі фракциялардың қатысуымен дәндердің көп деңгейлі архитектурасын қалыптастыру массив ішінде пайдалану кернеулерін өтейтін және ішкі өзін-өзі қалпына келтіру әсерімен жұмыс істейтін ұзақ мерзімді беріктік қаңқасын құруға мүмкіндік береді.

МК-95 микрокремнеземімен күшейтілген цемент матрицасында капиллярлық кеңістіктің күрт қысқаруы, әлсіз өтпелі аймақтардың жойылуы және қышқылдардың, тұздардың және жылу берудің әсеріне төзімді

химиялық инертті, кеңістікте ұйымдастырылған қабықтың пайда болуы байқалады. Бұл тек өнімділікті арттыру туралы ғана емес-бұл қатал су жағдайларына бейімделген және беріктігі мен беріктігін жоғалтпай ондаған жылдар бойы құрылымдық тұтастықты сақтай алатын бетонның жаңа класына көшу туралы.

II тарау бойынша қорытындылар

Үштік қоспалар жүйесі бар құйылған модификацияланған бетон (гиперпластификатор, микрокремнезем, полимер, полипропилен талшығы) жоғары физика-механикалық сипаттамалары бар: қысу беріктігі — 67,1 МПа, иілу — 7,28 МПа, суды сіңіру — 2,1%, аязға төзімділік — F600, су өткізбейтін — W12. Ферроқорытпа өндірісінің қалдықтарын пайдалану материалдың ылғалға төзімділігі мен беріктігін одан әрі арттырды.

Цемент байланыстырғыштың гранулометриялық құрамын оңтайландыру (фракция өлшемімен: 12 мкм — 15%, 6,6 мкм — 75%, 4,9 мкм — 10%) және модификациялаушы қоспалардың дозаларын дәл таңдау (0,2% повидон-K30, 0,7% полипропилен талшығы) өзіндік құнның төмендеуімен беріктіктің жоғарылауын қамтамасыз етті.

III тарау бойынша қорытындылар

Профессор Накамура ұсынған бетон қоспаларын қабылдау әдістемесіне сүйене отырып, модификацияланған монолитті бетон формуласының бастапқы нұсқасы жасалды. Зертханалық сынақтар барысында B450 беріктік сыныбына сәйкес келетін M30 маркалы бетонға арналған қоспаның параметрлеріне эксперименттік түзету жүргізілді. Нәтижесінде түзетілген құрамның реологиялық қасиеттерінің мәндері де тіркелді.

Алдын ала талдау процесінде әртүрлі дисперсиялық дәрежедегі үш фракцияны қамтитын полифракциялық жүйелердің таралуын модельдеу жүзеге асырылды: F1-бөлшектердің орташа диаметрі $d_{cr} = 12$ мкм, меншікті беті $S_{cr} = 1500$ см²/г; F2- $d_{cr} = 6,6$ мкм, $S_{cr} = 3000$ см² / г; F3- $d_{cr} = 4,9$ мкм, $S_{cr} = 4500$ см² / г. нәтижелер бөлшектердің қаптамасының тығыздығы 0,555398-ден 0,620393-ке дейін өзгеретінін көрсетті. Қаптаманың минималды мәні 100/0/0 құрамы үшін, максимум – 60/20/20 құрамы үшін бекітілген. 1500 см²/г фракциясының 15%, 3000 см²/г фракциясының 75% және 4500 см²/г фракциясының 10% қамтитын №6 құрамы технологиялық және физика-механикалық көрсеткіштердің жиынтығы бойынша оңтайлы болып танылды, бұл ретте қаптаманың тығыздығы мен бетонның беріктігі арасында тұрақты оң корреляция байқалады.

Екінші ретті регрессия теңдеулері (3.10, 3.11, 3.12) сығымдау беріктігінің өзгеруінің, деформация қарқындылығының шартты коэффициентінің және өзгермелі параметрлері бар құйылған

модификацияланған бетонның суды сіңіруінің байланысын сенімді түрде көрсетеді: повидон-к30 полимерінің массалық құрамы (хакт) және полипропилен талшығының көлемдік концентрациясы (x_2).

MATLAB r2022a математикалық құралдарының көмегімен регрессиялық теңдеулердің мақсатты функцияларының экстремалды мәндері анықталды. Орнатылды:

$\text{MAX } Y_1 = 77,5$ $X_1 = 0,0235$ және $x_2 = 0,0928$ (сәйкесінше 0,202% және 0,714%);

$\text{MAX } Y_2 = 0,075$ $x_1 = 0,2667$ және $x_2 = 0,2355$ кезінде (сәйкесінше 0,227% және 0,734%);

$\text{MIN } Y_3 = 2,352$ $x_1 = 0,390$ және $x_2 = 0,130$ (қайта есептегенде сәйкесінше 0,238% және 0,718%).

Сандық талдау айнымалы факторлардың оңтайлы мәндерін анықтайды: $x_{1_opt} = 0,2$ және $x_{2_opt} = 0,7$ табиғи координаттарда. Бұл параметрлер бір уақытта максималды қысу беріктігіне ($R_{сф}$) қол жеткізуге және судың сіңуін төмендетуге мүмкіндік береді. Табылған мәндерді алмастыра отырып, регрессия теңдеулері материалдың келесі қасиеттерін берді: $r_{sh} = 77,4$ МПа, шартты деформация кернеуінің коэффициенті $K_c * = 0,074$ МПа хМ0. 5, суды сіңіру $W_m = 1,9$ %.

IV тарау бойынша қорытындылар

4.2-кестеде келтірілген фазалық құрамды талдау стандартты цементті қолданудан айырмашылығы (құрамы 1-Сем I 42,5 сағ) полирефрактивті желімге ауысқанда (құрамы 2) клиникалық қосылыстардың үлесі артқанын көрсетті. Бұл төмендеу оның құрамында клинкер материалының резерві рөлін атқаратын ірі, ішінара инертті фракциялардың (1500 см²/г) болуына тікелей байланысты. Полифракциялық байланыстырғышты ар122 (3-компонент) немесе Повидон-К30 (4-компонент) гиперпластификаторларына ауыстыру кезінде негізгі құрамға қатысты 1-2% - дан аспайтын крандар мен С-с құрамының шамалы жоғалуы тіркелді. 2. Екі компонентті бір мезгілде қосқанда (5-композиция) клинкер фазаларының үлесінің ұқсас төмендеуі байқалды, бірақ ылғалдандыру деңгейі 57% - ға дейін өсті, бұл ылғалдандыру процестерінің жоғарылауын көрсетеді. 15% микрокремнезем МК-95 -. (құрамы 6)әрі қарай енгізу кезінде поззолан реакциясы күшейе түсті: портландит Са(ОН) 2 мөлшері 26-мен салыстырғанда 2% - дан астамға азайды, ал құрылымда тұрақты төмен негізді кальций гидросиликаттары басым бола бастады. Клинкер шикізатын пайдалану тұжырымдамасының келешегі ұзақ сынақтардың нәтижелерімен расталды: 6 айдан кейін 7-ші партияда клинкер мен сульфаттардың мөлшері тиісінше 10% және 11% - ға төмендеді, Са(ОГ) саны 10,4% - ға дейін төмендеді, ал ылғалдану деңгейі

82% - ға дейін өсті. Осылайша, ірі түйіршікті фракцияны енгізу ($S_{уд} = 1500 \text{ см}^2 / \text{г}$) цемент тас құрылымының ұзақ мерзімді дамуын қамтамасыз етеді және жоғары беріктігі бар бетонның пайда болуына ықпал етеді.

Цемент тасының электронды микроскопиясы оның құрылымындағы түбегейлі өзгерістерді анықтады. Гиперпластификатордың, полимерлердің және микрокремнеземнің әсері күшті және біртекті кеуекті матрицаның пайда болуына әкелді, онда этtringиттің ине кристалдарының жиналуы ерекше байқалады. Бұл кристалдардың мөлшері едәуір азайып, 60-70 нм-ге жетті. Қазіргі уақытта цемент тасының құрылымы 0,1-ден 0,5 мкм-ге дейінгі кеуек өлшемдері бар массивті, ұсақ кеуекті тормен сипатталады, бұл өз кезегінде материалдың жоғары тығыздығының дамуын және агрессивті сыртқы әсерлерге әлеуетті төзімділікті көрсетеді.

Бақылау цемент жүйесі мен модификацияланған № 6 рецептураның салыстырмалы сынақтары айқын реологиялық артықшылықтарды анықтады. Аяқтау уақытының 7 секундқа қысқаруы құрамында қоспалар пакеті (ар122 – 1,7%, повидон-К30 – 0,2%, МК-95 – 15%) және полипропилен талшығы (0,7%) бар полирефрактивті Желімді енгізу кезінде байқалды. Бүктеу индексі 10% төмендеген кезде. Параметрлердің байқалған өзгерістері композиттің жұмыс сипаттамаларына тікелей әсер ететіндігін атап өтуге болады: модификациялық қоспалардың арқасында фракциялық стратификацияны азайтуға, ірі түйіршікті толтыру процестерін басуға, тік қималардағы бетон массивінің морфологиясын теңестіруге болады.

Сығымдау және иілу кезіндегі цемент жүйелерінің механикалық параметрлері модификациялаушы компоненттерді қолданумен нақты байланысты екендігі анықталды. Аналитикалық шолу есеп жасауға мүмкіндік береді:

- Құрамы 5 (ПВ + ар122 1,7% + повидон-К30 0,2% + МК-95 15%) бақылау үлгісінен 1 (ПК + ар122 1,7%) 14,4 МПа (+29%), ал 2-нұсқа (ПВ + ар122 1,7%) 8,4 МПа (+15%) асып түсті, бұл кешенді модификацияның синергетикалық әсерін растайды;

- 60,7% полипропиленді күшейтетін талшықтардың қосылуы қысу беріктігін 4,7% - дан 5% - ға дейін арттыруды қамтамасыз етті, дегенмен эксперименттік деректер талшық концентрациясының критикалық шегінен асып кету құрылымдық элементтердің бір-біріне жабысу үрдісіне әкелетінін, содан кейін механикалық қасиеттердің төмендеуін көрсетеді;

- Сынақ нәтижелері иілу беріктігі бойынша көшбасшыны анықтады құрамы 6 (+іг модификаторы) – r_{tb} шегі бақылаудан 1,78 МПа – ға (+32,4%), ал 5-үлгі 0,67 МПа-ға (+10,1%) асып түсті, бұл деформация кезінде кернеуді қайта бөлудегі талшықтардың рөлін жанама түрде көрсетеді.

ЛКМ призмаларында сыну заңдылықтары мен жарықтардың пайда болу параметрлері түбегейлі қайта түсіндірілді. Негізгі бақылау: талшықты күшейтілген үлгілер (6-нұсқа) сызықтық емес сыну сценарийін көрсетеді-бастапқы жарықшақ аймағы бақылаумен салыстырғанда иілу кезінде кернеудің 35,2% - ға артуымен біртіндеп кеңейеді. Модификацияланған жүйелерде кернеу концентрациясының көрсеткіші 40,91% - ға өсті, бұл олардың көпірлері арқылы энергияның таралуына байланысты болуы мүмкін. Бір қызығы, полипропилен композицияларындағы крекинг кинетикасы квазипластикалық қасиеттерге ие болды: апатты ыдыраудың орнына ақаулардың көп сатылы "ісінуі" байқалды. Бұл құбылыс микродеформациялардың сөнуі туралы гипотезаны жанама түрде қолдайды-арматуралық элементтер сынғыш чиптерді бақыланатын деградация процесіне айналдырып, жойғыш жүктемелердің бір бөлігін сіңіре алады. Парадоксты атап өткен жөн: жарыққа төзімділіктің жақсаруына қарамастан, артық талшықтар (0,7% — дан астам) кері байланыс әсерін тудырады-талшықтардың жиналуы кернеудің жаңа концентрациясын тудырады.

Жүргізілген сынақтар модификацияланған құрамдардың гидрофизикалық сипаттамаларының жақсарғанын растады. Атап айтқанда, 6-құрам (ПВ + 1,7% AR122 + 0,2% Повидон-K30 + 15% МК-95 + 0,7% ПФ) бақылау үлгісімен салыстырғанда суды сіңірудің 52,3% - ға төмендегенін көрсетті (1-құрам). Басқа зерттелетін құрамдар үшін ұқсас көрсеткіштер: 34,1% (құрамы 2), 40,9% (құрамы 3), 45,5% (құрамы 4), 50% (құрамы 5).

Бетон жүйелерінің криотұрақтылығы модификацияланған үлгілерді сынау кезінде ерекше үлгілерді анықтады. Полифункционалды қоспалары бар 5-6 композициялар бұзылудың рекордтық тұтқырлығын көрсетті: температура 600°C жоғарылағаннан кейін массаның жоғалуы 1,7-1,8%-дан аспады, ал беріктік регрессиясы 9,3-10,1% деңгейінде сақталды. Байқалған құбылыс синергетикалық әсер туралы тезисті ұсынуға мүмкіндік береді: химиялық пластификаторлар мен талшықты арматураның үйлесімі кеуек кеңістігінің құрылымын өзгерту арқылы ылғалдың капиллярлық миграциясына кедергі келтіруі мүмкін. Парадоксты атап өту қызықты-көрсеткіштердің біртектілігіне қарамастан, талшықтары бар 6 құрамы беріктіктің біршама аз деградациясын көрсетеді (9,3% қарсы 10,1%), мұны микрофракция мұз линзаларының аймақтарында кернеудің таралу торы ретінде әрекет ететіндігімен түсіндіруге болады.

ЛМВ жүйелерінің коррозияға төзімділігінің эксперименттік сынақтары өзгертілген үлгілердің қалыптан тыс төзімділігін анықтады. 6 құрамы (PV + [ar122 1,7% + povidon-K30 0,2% + МК-95 15%] + PF 0,7%) химиялық агрессияға қатысты максималды инертті көрсетеді деп айтуға болады:

Хлоридті ортадағы массаның ыдырау жылдамдығы (3% NaCl) 29,3% төмендеді, ал қысу/иілу беріктігінің регрессиясы бақылау тобымен салыстырғанда сәйкесінше 38,8% және 30% құрады;

Қышқылдық әсер (0,01 м HCl) көрсеткіштердің төмендеуіне әкелді-масса 27,7% - ға, қысу беріктігі 27,4% - ға, иілу беріктігі 23,7% - ға төмендеді%;

Жууды имитациялайтын тазартылған суды сынау аномальды тенденцияларды анықтады: қуаттың апатты төмендеуі кезінде массаның жоғалуы бақылау фонымен салыстырғанда 18,6% - ға 50,4% - ға (қысу) және 49,6% - ға (иілу) төмендеді;

Сульфаттың әсері (5% Navsoox) қарама – қарсы өзгерістерді тудырды-массаның өсу динамикасы 24,3% - ға баяулады, қысу күші 20% - ға өсті, иілу күші 18,3% - ға өсті және кері тәуелділікті көрсетті. Парадоксальды әсер сульфаттың әсерінен матрицада қорғаныс фазаларының пайда болуына байланысты болуы мүмкін.

V тарау бойынша қорытындылар

Кестелік деректер инновациялық бетон матрицасының анықтамалық жүйелерден түбегейлі артықшылығын анықтады. Ферроқорытпа қалдықтарын, полимер матрицасын (ar122 — 1,7%, повидон-К30 — 0,2%) және 0,7% полипропилен талшығын біріктіретін полифракциялық байланыстырғышқа негізделген каскадты модификация материалдың пайдалану сипаттамаларының профилін қайта жүктеуге мүмкіндік берді. Компоненттердің синергиясын сапаны жақсарту катализаторы деп атауға болады: микросилика (15%) тығыз матрицаны құрайды, талшықтар жарықтардың пайда болуына жол бермейді, ал полимер кешені деструктивті процестерді тежейді.

Өнеркәсіптік қалдықтарды пайдалану тосқауыл қасиеттерін төмендетіп қана қоймай, арттырды — бұл әсер цемент матрицасында наноөлшемді металлалық қабаттардың пайда болуына байланысты болуы мүмкін.

Өндірістік жылы жылыту және ыстық сумен жабдықтау қажеттіліктеріне 67 060 Гкал жылу энергиясын тұтыну жоспарлануда, бұл ресурстардың құнын есептеу кестеде көрсетілген.5.3. Суық суды тұтынуға келетін болсақ, оның көлемі ғимараттардың ішкі сумен жабдықтау және кәріз жүйелерін жобалауды реттейтін "ҚНЖЕ 2.04.01-85*" СП 30.13330.2016 талаптарына сәйкес технологиялық операциялар мен санитарлық-техникалық қажеттіліктерге арналған нормативтерді ескере отырып айқындалады.

Есептеулер нәтижесінде AP122 гиперпластификаторы, повидон-К30 полимері және МК-95 микросиликаты бар кешенді қоспамен бірге полифракциялық тұтқыр затты пайдалана отырып технологияға көшу 2024

жылғы баға деңгейіне сүйене отырып, төселген модификацияланған бетонның текше метріне 2462 теңгені үнемдеуге мүмкіндік беретіні анықталды.

Полифракциялық байланыстырғышты, Ферроқорытпа өндірісінің қалдықтарын және полипропилен талшығын қамтитын құйылған модификацияланған бетонның әзірленген құрамының техникалық тиімділігі физикалық-техникалық көрсеткіштердің жиынтығы бойынша бағаланды. ПВ+(1,7% AR122+0,2% повидон-К30+15% МК-95)+ПФ құрамының өндірістік сынақтарының нәтижелерін салыстырмалы талдау бақылау зауыттық нұсқасымен салыстырғанда 0,7% - ға мынадай заңдылықтарды анықтады: қысу кезінде беріктіктің 40,7% - ға артуы; иілу кезінде созылу беріктігі 32,2% - ға артады; Секірудің шартты созылу беріктігі 38,5% - ға төмендеді, ал материалдың суды сіңіруі 54% - ға төмендеді; суға төзімділік деңгейі қысымның үш деңгейіне өсті; аязға төзімділік көрсеткіші екі есе өсті.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері:

Үштік қоспалар жүйесі бар құйылған модификацияланған бетон (гиперпластификатор, микрокремнезем, полимер, полипропилен талшығы) жоғары физика-механикалық сипаттамалары бар: қысу беріктігі — 67,1 МПа, иілу — 7,28 МПа, суды сіңіру — 2,1%, аязға төзімділік — F600, су өткізбейтін — W12. Ферроқорытпа өндірісінің қалдықтарын пайдалану материалдың ылғалға төзімділігі мен беріктігін одан әрі арттырды.

Цемент байланыстырғыштың гранулометриялық құрамын оңтайландыру (фракция өлшемімен: 12 мкм — 15%, 6,6 мкм — 75%, 4,9 мкм — 10%) және модификациялаушы қоспалардың дозаларын дәл таңдау (0,2% повидон-К30, 0,7% полипропилен талшығы) өзіндік құнның төмендеуімен беріктіктің жоғарылауын қамтамасыз етті.

Рентгендік фазалық талдау портландит құрамының 26% - ға төмендегенін және поззолан реакциясының белсенді дамуын көрсетті. 6 айдан кейін ылғалдану деңгейі 82% - ға жетті, бұл клинкер резервінің болуын және материалдың ұзақ мерзімді беріктікке әлеуетін растайды.

Электронды-микроскопиялық талдау біркелкі бөлінген ұсақ кеуектілігі (0,1–0,5 мкм) және тұрақтандырылған этtringит фазасы (60-70 нм) бар цемент конгломератының тығыз микроқұрылымын анықтады, бұл жарықтың пайда болуын азайтуға көмектеседі.

Механикалық сынақтар бақылау құрамдарымен салыстырғанда қысу және иілу беріктігінің жақсарғанын растады: сәйкесінше 29% және 32,4% өсу. Полипропилен талшығының қосылуы қосымша беріктік пен деформацияға төзімділікті арттырды.

Композит химиялық деградацияға жоғары төзімділікті көрсетті (NaCl , HCl , су, Na_2SO_4), массасы мен беріктігі аз. "Темірбетон-1" ЖШС-де өндірістік апробация технологияның нақты жағдайларда қолданылатындығын дәлелдеді. Экономикалық тиімділік өнімнің м3-на 2572 теңгені құрады.

Перспективалар: құйылған бетонның беріктігін, тұрақтылығын және үнемділігін арттыру үшін қайталама минералды компоненттердің кеңейтілген спектрін пайдалану.