**Қанарбай Ә., Ақмалайұлы К.**

**Алматы, Қазақстан**

[**asel.kanarbay@mail.ru**](mailto:asel.kanarbay@mail.ru)

[**kakmalaev@mail.ru**](mailto:kakmalaev@mail.ru)

**(электронный сертификат нужен)**

**НАНО ҚОСПАСЫ БАР ҰСАҚ ТҮЙІРШІКТІ БЕТОНДЫ 3D-да БАСЫП ШЫҒАРУ**

Қазіргі уақытта құрылыс индустриясында Revitt және Archicad сияқты BIM технологиялары мен бағдарламалары белсенді түрде енгізілуде. Бұл 3D-да басып шығару арқылы ғимараттарды жобалауға және салуға мүмкіндік береді. Құрылыс нысандарына керек материалды басып шығару үшін өнімдердің мақсатына және 3D-да басып шығару әдісіне байланысты көрсетілген қасиеттері бар бейорганикалық байланыстырғыштарға негізделген әртүрлі материалдар қолданылады.

Мақала ұсақ түйіршікті бетонды нано кремний диоксидімен өзгертуге арналған. Химиялық қоспа енгізу жылдам жасалатын жоғары беріктігі бар бетондарды алуға мүмкіндік береді. Беріктілігін арттыру және оны тездету мақстында қоспаның тиімді мөлшері анықталды. Нанокремнеземді қосу кезінде беріктіліктің бір тәулік ішінде 1,4 есеге, яғни 76,3 %-ға, 3 тәулікте 76,3 %-ға, 7 тәулікте – 66,2 %-ға, 28 тәулікте – 44,0 % - ға артқанын көрсетті. Сондай-ақ беріктіліктің өсу жылдамдығының артқанын көрсетті.

Соңғы жылдары құрылыс саласының компьютерлік технологиялармен тұрақты байланысы қалыптасуда. Мұндай байланыстың пайдасы әр түрлі саладағы мамандарға, соның ішінде құрылысшыларға айқын көрінеді. Ең алдымен, сәулеттік және дизайнерлік жобаларды жоғары дәлдікпен жасауға мүмкіндік беретін виртуалды модельдеу құралдарын қолданудың өсуі байқалады. Екіншіден, қазіргі уақытта құрылыс индустриясында BIM технологиялары мен Revit, Archicad сияқты бағдарламалар белсенді түрде енгізілуде. Бұл ғимараттарды 3D-да басып шығару әдісімен жобалауға және салуға, сондай-ақ оларды бірыңғай бағдарламалық ортаның көмегімен пайдалануға мүмкіндік береді. Құрылыс нысандарына керек материалдарды басып шығару мақсатында және 3D-да басып шығару әдісіне байланысты берілген қасиеттері бар бейорганикалық тұтқыр заттарға (бетондар және т.б.) негізделген материалдардың әртүрлі түрлері қолданылады.

Құрылыстағы аддитивті технологияны құрамы бойынша қамтамасыз ету бөлігінде бүгінгі күні елеулі алшақтық байқалады. Мұқият қараған кезде барлық қатаң талаптарға сай келетін ұсақ түйіршікті бетондар жасау мәселесі қарапайым емес болып шығады. Технологияны құрылыс тәжірибесіне кеңінен және сенімді енгізу үшін ғылыми негізде ұсақ түйіршікті бетон құрамын әзірлеуге кешенді тәсіл қажет. Бетон сипатталатын негізгі көрсеткіші, ол қысу беріктігі болып табылады. Құрылыс құрылымдарды тез сапалы тұрғызуды көздейтіндіктен, бастапқы қатаю кезеңінде беріктігі жоғары жоғары беріктігі бар бетонды қолданған жөн. Бұл нанокримнезем қоспаларын қолдану арқылы мүмкін болады [1].

Әр түрлі авторлардың эксперименттерінің нәтижелерін ескере отырып, SiO2 нанобөлшектерінің меншікті беті (S)|M = 50-ден 450-900-ге дейін) бетонның механикалық өнімділігін арттырудың шешуші факторы болып табылатынын атап өтуге болады, бұл кальций силикаттарының гидратация реакциясын белсендіру және C-S-H гидраттарының түзілуі және C-S-H гельінің наноқұрылымын өзгерту.

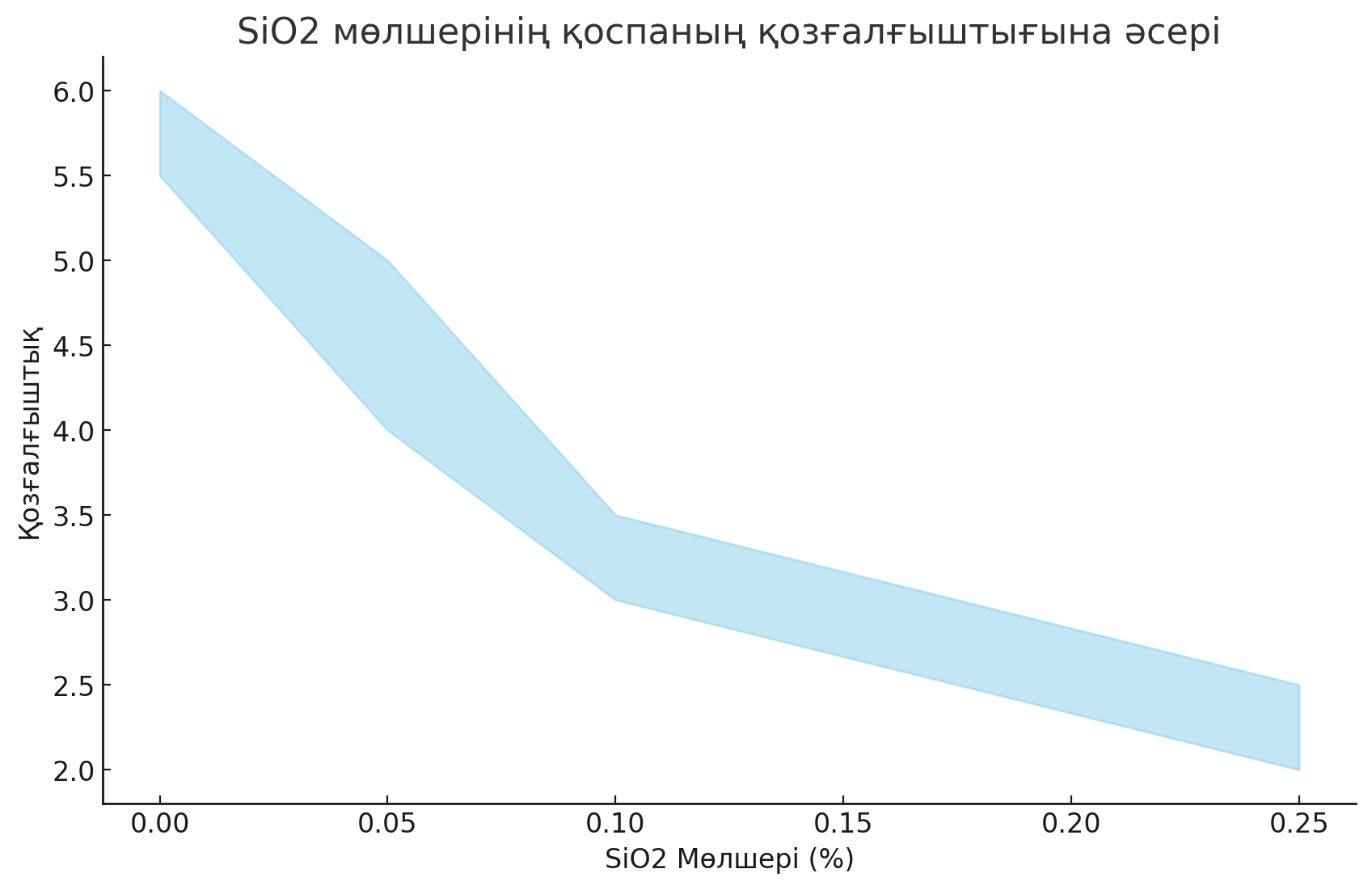
Нано кремний диоксидін қолдану мыналарға мүмкіндік береді: мүжілуге төзімділігін арттыру, цемент шығынын азайту; бетонның беріктігін арттыру, оның ішінде ұсақ түйіршіктіліктерге қатысты, қалыпты жағдайда қатаю кезінде алғашқы беріктігін арттыру (1 тәуліктің ішінде 25-40 МПа); жоғары қозғалмалы яғни шөгу конусы 20-24 см бөлінбейтін болатын бетон қоспасын алу және де коррозияға қарсы тұрақтылықты арттыру. Микрокремнеземді қосу су өткізгіштігін 50 % - ға төмендетеді, сульфатқа төзімділікті 100% - ға арттырады; аязға төзімділікті Ғ500-ге дейін арттырады. Бұл жұмыстың мақсаты нанокремнеземді ұсақ түйіршікті бетонның беріктік сипаттамаларына әсерін талдау және оның оңтайлы мөлшерін анықтау болып табылады.

Нанокремнеземді модификациялау арқылы бетонның беріктігін пайдалануға байланысты зерттеулерде Шымкент цемент зауытының ЦЕМ I 42,5 H маркалы портландцементі байланыстырғыш материал ретінде пайдаланылды. Цементтің минералогиялық құрамы, % массасы: C3S – 60,0; C2S – 15,5; C3A – 8,4; C4AF – 11,3; бос СаО – 0,50. Жұмыста Қапшағай карьерінің жуылған кварц құмы пайдаланылды. Құм 8736-2014 мемлекеттік стандартқа сай құрылыс жұмыстарына арналған құм. Табиғи ылғалдылығы 6-7 %, сусымалы тығыздығы 1450 кг/м3, шынайы тығыздығы – 2600 кг/м3, ірілік модулі – 2,9; ластаушы қоспалардың мөлшері 0,5 %.

Нано кремний диоксиді модификациялық қоспалар ретінде қолданылды, және ол техникалық шарттарының талаптарына сәйкес келді. Өндірушінің техникалық паспортына сәйкес оның бастапқы бөлшектерінің орташа мәні 12 нм, РН = 3,6-4,3. Нано кремний диоксиді көкшіл-ақ түсті, оның нақты беті 200 м2/г, нано кремний диоксидінің химиялық құрамы массасы бойынша пайызбен мынандай: SiO2-99,5; AI2O3 – 0,05; Fe2O3 – 0,001; TiO2 – 0,01. Пластификатор ретінде Master Rheobuild 1000 суперпластификаторы қолданылды, тығыздығы 1095 кг/м3, массасы бойынша 20 % қатты фазасы бар. Суперпластификатор цемент шығынынан алғанда 0,5 % мөлшерінде енгізілді.

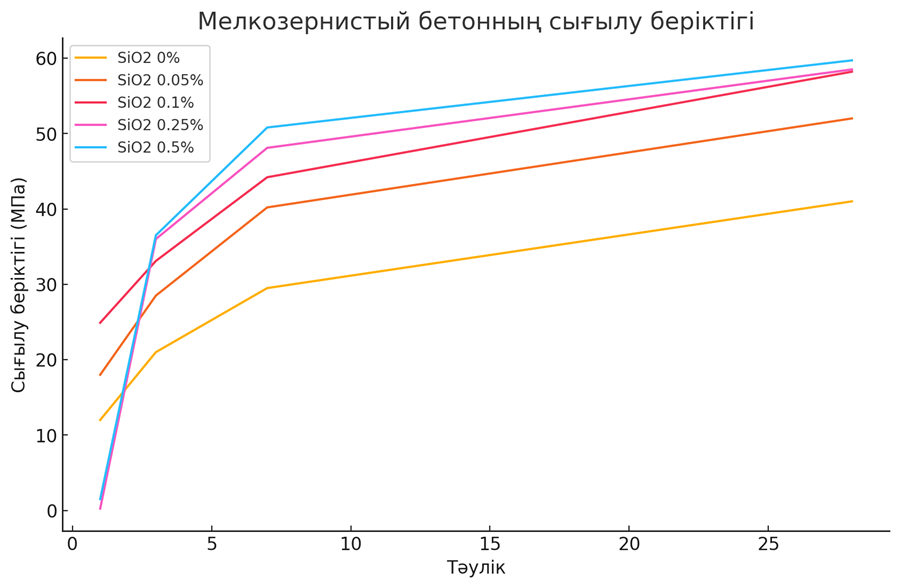
Ұсақ түйіршікті бетон қоспасы мен ұсақ түйіршікті бетонның сипаттамаларын анықтау үшін портландцементтен тұратын қоспа дайындалды – 60 кг цемент; 1340 кг құм; және 260 л су. Нано кремний ұнтағы су ертіндісіне қосылды, оның біркелкі таралуына ультрадыбыстық өңдеу арқылы қол жеткізілді. Қоспаның алынған ерітіндісі құрғақ құм мен цемент қоспасына қосылды. Цемент-құм ерітіндісі 60-90 секунд ішінде механикалық араластырумен дайындалды. Алынған қоспадан өлшемі 40х40х160 мм үлгі-бағана қалыпталды, олар қалыпты жағдайда 3, 7 және 29 тәулікте қалыпты жағдайда қатайды.

Нано кремнийдің ұсақ түйіршікті бетонның беріктігіне әсері. Нанокремнезем қоспасы цемент массасының 0,05; 0,10; 0,25 және 0,5 % мөлшерінде қосылды. Ұсақ түйіршікті бетонның дайын қоспасы конустың шөгіндісімен анықталды (1 сурет).



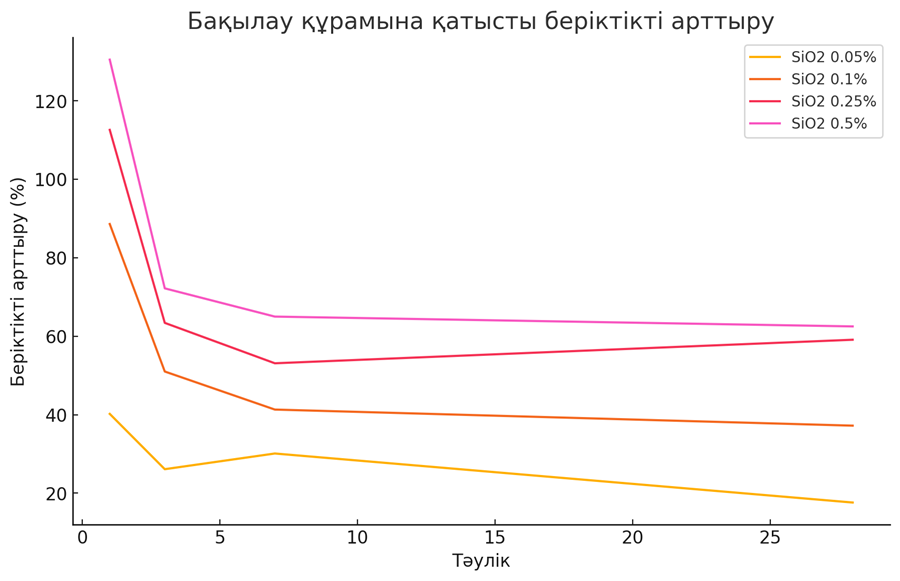
1 сурет. Нанокремнезем мөлшерінің қоспаның қозғалғыштығына әсері

Нәтижелерді талдау нанокремнезем қосылған қоспаларда цемент-су қатынасының бірдей жағдайында төмен екенін көрсетті, бұл зерттелетін шектерде нанокремнеземді қосу қоспаның қозғалғыштығын төмендетеді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.



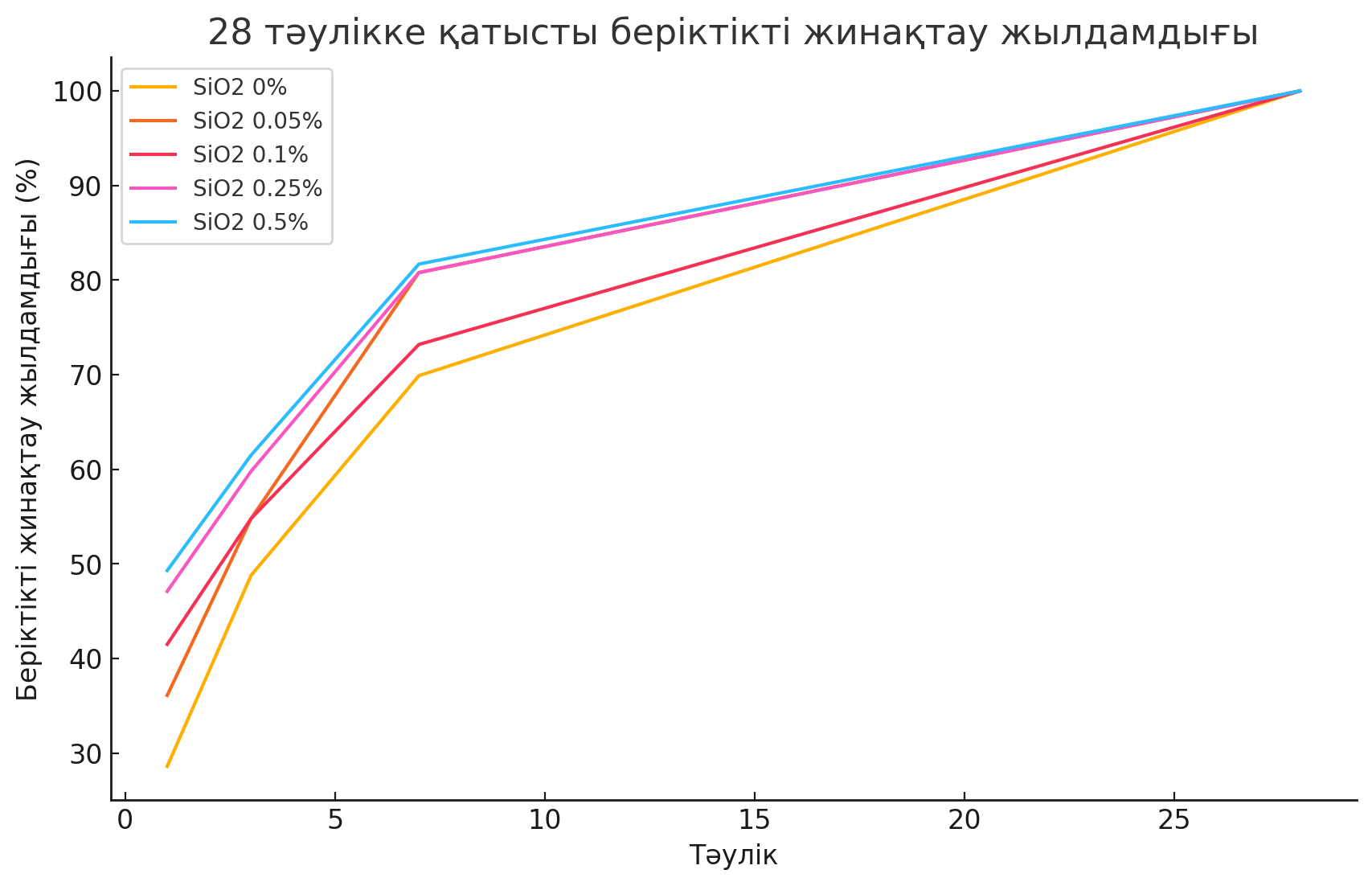
2 сурет. Нано кремний қосу кезіндегі ұсақ түйіршікті бетонның сығылу беріктігін (МПа) өзгеруі

Нанокремнезем мөлшерінің ұсақ түйіршікті бетонды сығу беріктігіне әсері туралы тәжірибелік зерттеулер нәтижесі 2 суретте келтірілген, ал 3 суретте су-цемент қатынасында нанокремнезем қоспасының әртүрлі мөлшерінде 3, 7 және 28 тәулік ішіндегі сығылу беріктілігінің беріктіктің өсуі көрсетілген, судың цементке қатынасы 0,45 тең болғанда.



3 сурет. Бақылау құрамына қатысты ұсақ түйіршікті бетонның беріктігін арттыру

4 суретте нано кремний диоксиді қосылған кездегі ұсақ түйіршікті бетонның беріктік жиынтығының жылдамдығы көрсетілген.



4 сурет. Ұсақ түйіршікті бетонның беріктік жиынтығының жылдамдығы

(28 тәулікке қатысты)

Тәжірибелік деректерді талдау нано қоспаның беріктілік пен беріктіліктің өсу жылдамдығына әсерін анықтады. Нано қоспаны қосу кезінде беріктік бірінші тәуліктікте 1,4 есеге, үш тәулік кезінде 74,6 %-ға, жеті тәулік кезінде 65,7 %-ға, 28 тәулік кезінде 42,0 %-ға артады. Бұл ретте нанокремнеземді 0,5 % қосу кезінде барынша қатайтуға қол жеткізілді. Бұл ретте нанокремнеземді 0,5 % қосу кезінде барынша қатайтуға қол жеткізілді. Нано кремний диоксиді қосу кезде сығылу беріктігін арттыру жылдамдығы артады. Әсіресе, бірінші және үшінші күні бетонды қатайту кезіндегі әсері. Бұл тез қатаятын бетондарды алу үшін нано қоспаны қолдануды қамтиды.

Бірқатар ғалымдардың пікірінше [1-3], ерітіндінің беріктігін арттыру бойынша алынған нәтижелер нано кремний бөлшектерін қосу арқылы қол жеткізілген нано құрылымының әсерімен түсіндірілуі керек. Бұл бөлшектер үлкен меншікті бетімен және оның жоғары физика-химиялық белсенділігімен сипатталады. Кремний диоксиді нанобөлшектерінің бетінің әсерінен цементтің гидратация жылдамдығы артады және цемент матрицасын құрылымдайтын және оның беріктігін арттыратын кальций силикаты гидраттарының реттелген молекулалық құрылымдарының бағытталған қалыптасуы жүреді.

Сонымен қатар, цемент композицияларындағы нанокремнеземнің оң әсері пуццоланизация реакциясымен түсіндіріледі, нәтижесінде нанокремнезем бос кальций гидроксидін беріктігі жоғары төмен негізгі кальций гидроксиликаттарына байланыстырады.

SiO2 + Ca(OH)2 + H2O = mCaO.nSiO2.qH2O

Нанокремнезем қоспаларын қолдану кезінде беріктіктің жоғарылауымен қатар қосымша әсер етуі мүмкін (сульфатқа төзімділіктің, аязға төзімділіктің, хлоридтердің қозғалысының төзімділігі және т.б. жоғарылауы). Осылайша, нано кремнеземнің әсерін талдау нәтижесінде нано кремнеземді қосу кезінде бірінші тәулік уақытында сығылу беріктігі 1,4 есе, үш тәулік уақытында 74,8 %, жеті тәулік уақытында 64,8 %, 28 тәулік уақытында 42,8 % артатыны анықталды. Нано кремний қоспаларын қосу тез қататын жоғары беріктігі бар бетондарды алуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер:

1. Потапов В.В., горев Д.С. Сравнительные результаты повышения прочности бетона вводом нано кремнезема и микро кремнезема /В.В. Потапов, Д.С. Горев // Современные наукоемкие технологии. – 2018. - №9 – С. 98-102.

2. Обзорная статья по 3D-строительным технологиям [Электронный ресурс]. – URL:http://geektimes.ru/post/224299 (дата обращения: 14.12.2016).

3. Рудяк К.А., Чернышев Ю.О. Возведение зданий методом послойного экструдирования // Современные концепции развития науки: матери-алы Междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 2016. – С. 147–151.

4. Мустафин Н.Ш., Барышников А.А. Новейшие технологии в строительстве. 3D-принтер [Электронный ресурс] // Региональное развитие. – 2015. – № 8 (12). – URL: https://regrazvitie.ru / novejshie-technologies-v-stroitelstve-3d-printer (дата обращения: 14.12.2016).