

Список использованных источников

1. Naranje V., Swarnalatha R. Design of Tracking System for Prefabricated Building Components using RFID Technology and CAD Model//Procedia Manufacturing.2019.Vol.32.P.928-935.
2. Gao Y., Tian X.-L. Prefabrication policies and the performance of construction industry in China // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 253. P. 120042.
3. Андреева А.Б. Актуальность использования технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства // Уральский научный вестник. 2019. Т. 3. № 2. С. 63-66.
4. Hwang B.G., Ngo J., Wan Y.P. Integrated Digital Delivery: Implementation status and project performance in the Singapore construction industry//Journal of Cleaner Production.2020.Vol.262 P72.
5. Arashpour M., Kamat V., Bai Yu., Wakefield R., Abbasi B. Optimization modeling of multi-skilled resources in prefabrication: Theorizing cost analysis of process integration in off-site construction // Automation in Construction. 2018. Vol. 95. Pp.1-9.

ӘОЖ 666.9

ҚҰРЫЛЫМДЫҚ МАҚСАТТАҒЫ ЖОҒАРЫ БЕРІК ЖЕҢІЛ ФИБРОБЕТОНДАР

Кемелханов Нуржан Кенжеғалиевич

nurzhan.kemelhanov@mail.ru

7М07329 - «Құрылыс» ББ 1-курс магистранты, «Құрылыс» кафедрасы, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан қ, Қазақстан Республикасы
Ғылыми жетекші – PhD Тулебекова А.С.

Кіріспе

Бетонтологияны дамытудың қазіргі заманғы жаһандық тренді жеңіл бетондарды әзірлеу, сапасын арттыру және қолдану салаларын кеңейту болып табылады. Қазіргі уақытта олар тек тұрғын үй құрылысында ғана емес, сонымен қатар көлік, теңіз және басқа да салаларда қолданылады. Жеңіл бетондарды қолданудың мұндай кеңеюі олардың меншікті беріктігінің артуына байланысты мүмкін болды. Ғимараттардың құрылымдық элементтерінің салмағын азайту күрделі сәулет мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, айқын перспективалар мен артықшылықтарға қарамастан, мұндай бетондардың кемшіліктері бар, оларды жою әртүрлі физикалық және физика - химиялық әдістерді тартуды қажет етеді. Атап айтқанда, қолдану аясын кеңейту (өнімді 3D басып шығару арқылы өндіру) қатайту кезінде цемент тасының құрылымы мен қасиеттерінің параметрлерін қалыптастырудың бастапқы кезеңінде де, жеңіл бетоннан жасалған бұйымдарды пайдалану кезінде де құрылымды қалыптастыру процестерін мұқият бақылауды қажет етеді.

Фибробетондардың қасиеттері мен ерекшеліктері

Фибробетондардың көптеген түрлері бар екендігі белгілі, оларды қолдану негізінде жасалған тиісті құрылымдардың физикалық және механикалық сипаттамаларын арттыруға көмектеседі. Құрылыс индустриясында нормалар мен стандарттарды қанағаттандыратын заманауи материалдар мен технологияларды қолдану негіз болып табылады. Сонымен қатар, фибробетондар деп аталатын жоғары өнімділік қасиеттері бар бетондар жасалды және жасалды [1].

Талшық үшін маңызды көрсеткіш оның ұзындығының диаметрге қатынасы болып табылады. Бұл жақсы адгезияға және бетон қоспасындағы дисперсті талшықтың тиімді жұмысына әсер етеді. Бұл қарым-қатынастың мәні жоғарылаған сайын фибробетонды дайындау шарттары нашарлайды. Ұзын талшықты болғандықтан, бұл қоспаны араластыру қиынға соғады. Кейбір зерттеушілер, атап айтқанда Семенюк С.Д., 80 : 100 қатынасы оңтайлы деп санайды.

Дисперсті талшықтардың кең таралған түрлері: металл, полипропилен, базальт, шыны, көміртек және целлюлоза талшығы. Фибробетон өндірісінде талшықты таңдау, байланыстырғыш түрі және жіптердің оңтайлы таңдалған химиялық құрамы үлкен әсер етеді.

Болат талшықтардың артықшылығы жоғары физика – механикалық сипаттамаларда ғана емес, сонымен қатар өнімді өндіру технологиясында да бар. Араластыру процесі бетон араластырғыштардағы құрылыс алаңдарында жүреді, бұл өндіріс уақытын екі есе қысқартады және материал шығынын азайтуға және ғимараттар мен құрылыстардың салмағын азайтуға көмектеседі [2]. Бірақ болат фибробетондарды пайдалану кезінде, конструкциялардағы металл сияқты материалды үнемдеубасты мақсатқа қол жеткізілмейді, өйткені бетонның осы түрін өндіруде Болат шығыны темірбетонмен салыстырғанда көп. Болат талшығының басты кемшілігі-коррозияға төзімділігі төмен және металл талшықтарын өндіруде пайда болатын күрделілік, бұл болат фибробетондарды қолдануды шектейді.

Карбонатты жыныстарды ұсақтау қалдықтарына негізделген ұсақ түйіршікті бетонның қасиеттеріне металл фибраның әсері бойынша зерттеулер жүргізілді. Осы зерттеулер карбонатты жыныстарды ұсақтау қалдықтарына негізделген дисперсті – арматураланған ұсақ түйіршікті бетон ретінде металл фибраны пайдалану перспективасын растады.

Зерттеу нәтижелері ұсақ түйіршікті фибробетондардың беріктігі фибраны қолданбай бетонның беріктігімен салыстырғанда жоғарылайтындығын көрсетті. Сондай-ақ, фибробетондардың беріктігі агрегаттағы ұсақтаудың жоғарылауымен (70% - ға дейін) артады және жоғары беріктігі бар фибробетондарды алудың экономикалық орындылығы артады.

Талшықты таңдау мәселесі осы материалдың қол жетімділігімен, оны құрылыс индустриясына енгізу перспективасымен және физика – механикалық қасиеттердің әртүрлі спектрімен анықталады. Талшық бетонға қосымша қаттылықты алуға және беріктік сипаттамаларын арттыруға көмектеседі, соның арқасында жоғары жүктемелерге төтеп бере алатын құрылымдарды дамыту мүмкіндігі бар.

Фибробетондардың қасиеттерінің көрсеткіштері: қысу беріктігі, осьтік созылу, иілу кезіндегі созылу; деформацияның бастапқы модулі; аязға төзімділік; суға төзімділік; абразия; соққы беріктігі, яғни тұтқырлық.

Фибробетондардың беріктік сипаттамалары зерттелді, оларда қайта өңделген пластикалық бөтелкелер (қалалық қалдықтар) қолданылды. Зерттеу нәтижелері полипропилен фибрасын пластикалық қалдықтардан алынған фибраға ауыстыру кезінде пластикалық қалдықтардан фибробетон үлгілерін сығу беріктігі полипропилен фибрасынан алынған фибробетонмен салыстырғанда төмендемейтінін көрсетті. Сонымен қатар, пластикалық қалдықтарды пайдалану осы материалдың құнын төмендетеді [3].

Жоғары берік жеңіл фибробетонды қолданудың практикалық аспектілері

Жоғары беріктігі бар жеңіл фибробетоннан бұйымдар зауыттық жағдайда да, 3D басып шығару әдісімен де жасалуы мүмкін. Зауытта жоғары беріктігі бар фибробетоннан бұйымдар жасау технологиясы дәстүрлі түрде өнімнің белгілі бір түріне арналған техникалық регламенттерге сәйкес жүзеге асырылады және дәстүрлі түрде келесі технологиялық кезеңдерді қамтиды [4]:

1. Бастапқы компоненттерді дайындау;
2. Бетон қоспасын дайындау;
3. Бұйымды қалыптау (бетон төсеу);
4. Бетонға күтім жасау (жылу ылғалмен өңдеу);
5. Қалыптарды ашу, тексеру және бұйымдарды қоймалау.

3D басып шығару әдісімен жоғары берік жеңіл бетон өнімдерін өндіру технологиясы ерекше қызығушылық тудырады.

Бұл технология келесі технологиялық кезеңдерді қамтиды:

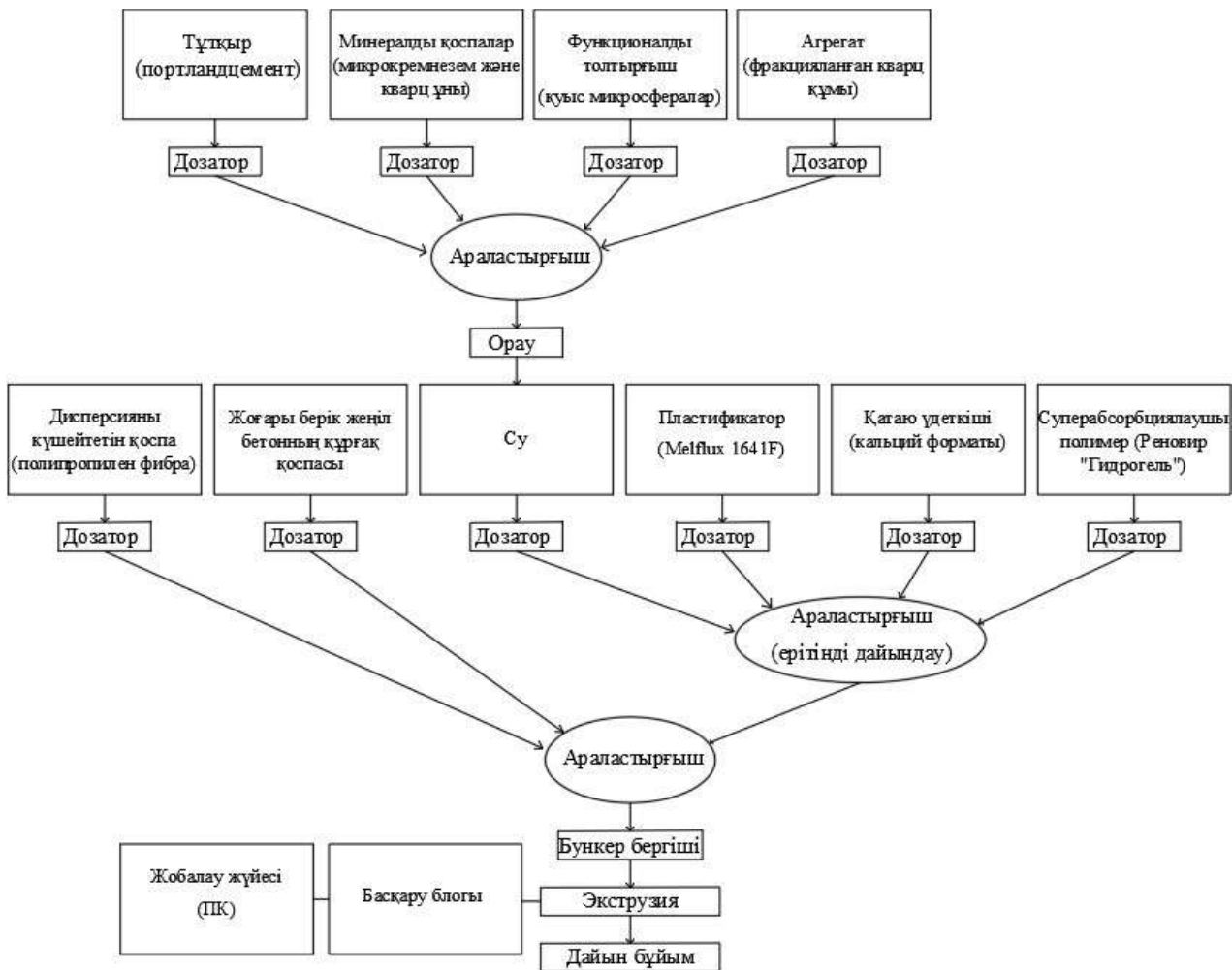
1. Сандық дизайн моделін құру;
2. Бастапқы компоненттерді дайындау;

3. Бетон қоспасын дайындау

4. Қабатты экструзия бұйымдары

Қолайсыз жағдайларда портландцементті гидратациялау процесін қамтамасыз ету бойынша әзірленген технологиялық шешімдерді іске асыра отырып, беріктігі жоғары жеңіл фибробетоннан 3D басып шығару әдісімен бұйымдарды өндірудің қағидатты технологиялық схемасы 1.1-суретте көрсетілген.

Ғимараттың болашақ дизайнын оның мақсатының ерекшеліктерін ескере отырып толық көлемде жобалау. Бұл ретте жабдықтың техникалық параметрлері негізінде (1.1-кесте) технологиялық операциялардың реттілігі мен ұзақтығын сипаттайтын жоспар-кесте қалыптастырылады, сондай-ақ болашақ ғимараттың жоспарына сәйкес басып шығару маршруты жасалады(1.2-сурет) [5].

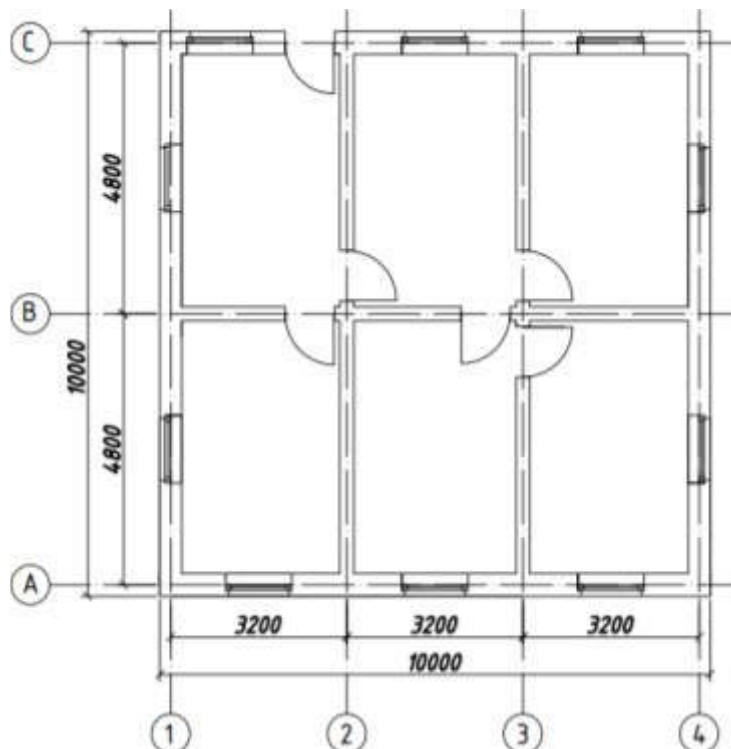


Сурет 1.1. 3D басып шығару әдісімен беріктігі жоғары жеңіл фибробетоннан жасалған экструдталған бұйымдарды дайындаудың принципті технологиялық схемасы[5]

Кесте 1.1-шартты 3D-кран типті принтердің техникалық сипаттамалары[5]

№ п/п	Көрсеткіші	Мәні
1	Баспаның шекті арақашықтығы(бумның ұшып шығуы), м	8,5
2	Баспаның шекті ауданы, М ²	130
3	Экструзиялық бастың қозғалыс жылдамдығы, м /мин	2-4

4	Беру көлемі, л / мин	30
5	Орташа энергия тұтыну, кВт / сағ	8
6	Экструзиялық бастың көлденең қимасы: - ені, м - биіктігі, м	0,02-0,25 0,03-0,05



Сурет 1.2. -3D басып шығару технологиясы бойынша салынған шартты ғимараттың бірінші қабатының модельдік жоспары[5]

Беріктігі жоғары жеңіл фибробетондарды дайындау үшін қолданылатын барлық бастапқы компоненттердің техникалық паспорттары болуы және тиісті МЕМСТның негізгі талаптарын қанағаттандыруы тиіс.

3D басып шығару әдісімен ғимараттарды салудың жоғары жылдамдығы дайындық жұмыстарының төмендеуімен негізделген. Бетонның жобалық орташа тығыздығын қамтамасыз ету үшін сусымалы компоненттерді (тұтқыр, минералды қоспалар, толтырғыш және толтырғыш) дайындау және мөлшерлеу алдын ала кезеңде орындалады. Құрғақ қоспа компоненттердің қажетті арақатынасымен 5-7 минут бойы мәжбүрлі әрекет ететін араластырғышта араластырылады және жұмсақ қаптамағабуып-түйіледі. Бұл пішінде құрғақ қоспасы құрылыс алаңына түседі және 3D принтеріне сия дайындау үшін қолданылады[6].

Бетон қоспасы жоғары берік жеңіл фибробетонның құрғақ қоспасын функционалды қоспалардың сулы ерітіндісімен біріктіру арқылы циклдік әрекеттің жылжымалы бетон араластырғыш қондырғысының көмегімен автоматтандырылған түрде дайындалады.

Бекіту суының мөлшері құрылыс "сияларының" қажетті қозғалғыштығын қамтамасыз ету үшін экструзиялық жабдықтың техникалық сипаттамаларына сәйкес таңдалады. Су шығынын азайту поликарбоксилатты пластификаторды қолдану арқылы қамтамасыз етіледі.

3D басып шығару кезінде бетон бұйымын қалыптаудың тесіксіз әдісі бетон қоспасының орнату және қатайту уақытын реттеуді қажет етеді, ол үшін қатайтқыштар қолданылады. Сонымен қатар, қатаю үдеткішінің ағынын таңдағанда, принтердің экструзиялық басының жылдамдығын да, басып шығарудың "терезесінің" ұзақтығын да анықтайтын белгілі бір дизайнды басып шығарудың көптеген параметрлерін ескеру қажет.

1.2 – суретке сәйкес ішкі және сыртқы қабырғалардың толық ұзындығын басып шығару үшін 3D принтердің экструзиялық басы 90 м қашықтықты өтуі керек, 30 л/мин басып шығару жылдамдығын ескере отырып, 1 қабатты басып шығару ұзақтығы 22,5 минуттан, ал бетон қоспасын тұтыну 0,675м³ құрайды.

Ғимараттың сандық жобасына сәйкес басып шығару басы барлық көлденең басып шығару маршрутынан өтеді, содан кейін ол тік позицияны өзгертеді және тік маршрут толық орындалғанға дейін маршрутты қайталайды[7].

Қорытынды. Отандық және шетелдік құрылыста тәжірибе көрсеткендей, фибробетон кең қолдану саласы бар әмбебап құрылыс материалы болып саналады. Дисперсті күшейтілген бетон күрделі өндіріс технологиясын қажет етпейді және сонымен бірге қарапайым бетондармен бәсекелесуге мүмкіндік беретін жағымды қасиеттер жиынтығын алады.

Физика-механикалық сипаттамаларды жақсарту және жоғары тиімді жаңа буын фибробетондарын жасау үшін оларды өндіруде поликарбоксилат негізінде суперпластификациялайтын қоспаларды қолдану қажет. Тәжірибелер көрсеткендей, қоспаларды енгізу бетон қоспасының су қажеттілігінің төмендеуіне және фибробетонның беріктігінің жоғарылауына әкеледі.

3D басып шығару әдісімен жоғары берік жеңіл фибробетоннан бұйымдар жасаудың негізгі технологиялық схемасы жасалды.

3D басып шығару әдісімен құрылыста жоғары берік жеңіл фибробетонды қолдану жоғары экономикалық тиімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, оның ішінде бүгінгі таңда типтік баспа конструкцияларын салу кезінде. Экономикалық тиімділік 30% - дан асады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Рябинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно – армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография / Ф.Н. Рабинович. – М.: АВС, 2004. – 560 с.
2. Ключев С.В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций / С.В. Ключев // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – №4. – с.71 –74.
3. Талантова К.В. Сталефибробетон с заданными свойствами и строительные конструкции на его основе: автореф. дис. д – ра техн. Наук / К.В. Талантова. – Ростов н/Д, 2013. – 36 с.
4. Разработка новой технологии энерго- и ресурсоэффективных наномодифицированных композиционных материалов для строительства в эксплуатационных условиях Тихоокеанского региона на основе региональных сырьевых ресурсов России и Вьетнама. Исследование долговечности: Отчет о прикладных научных исследованиях (заключительный) / НИУ МГСУ; Руководитель: Королев Е.В.; Иноземцев А.С., Семенов В.С.Смирнов В.А., Гришина А.Н., Иноземцев С.С., Гладких В.А., Зыонг Т.К. Рег. №НИОКР АААА-А18 118071290045-0. - М., 2020. - 300 с.
5. Inozemtcev, A.S. Technical and economic efficiency of materials using 3Dprinting in construction on the example of high-strength lightweight fiber-reinforced concrete / A.S. Inozemtcev, T.Q. Duong // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 97. 02010.
6. Duong, T.Q. The effectiveness of 3D-printing in the construction industry of Vietnam / T.Q. Duong, A.S. Inozemtsev, E.V. Korolev // International conference on 199 building materials «Science and technology of building materials for sustainable development». Hanoi, Vietnam: IBM, 2019. P. 49-58.
7. Королев, Е.В. Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии / Е.В.Королев, А.А. Чавычалов // Нанотехнологии в строительстве. 2012. № 2.С. 25-32.