



СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2022_1_59
MFTAA 67.09.33

В.П. Колпакова, Ю.Н. Еремеева, С.Б. Анапьянова, С.М. Токтарова

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ, Қазақстан

E-mail: vkolpakova53@mail.ru*

E-mail: yeremeyeva83@mail.ru

E-mail: samala.79@mail.ru

E-mail: saltanatmt95@inbox.ru

ДРЕНАЖ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ӨНДІРУДЕ АДДИТИВТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF DRAINAGE SYSTEM ELEMENTS

Аңдатпа. Ашық типтегі спорттық нысандар үшін дренаж жүйелерін салудағы басты міндет – құрылыстың экономикалық шығындарын азайта отырып, су әкететін науаларға арналған дренаж торларының беріктігі мен сенімділігін арттыру. Осы мақсатқа жету үшін беріктіктің жоғары талаптарына сәйкес келетін бетонның құрамын таңдау қажет және де ол үнемді болу керек. Бұл мәселені шешу тұтқыр зат ретінде пайдаланылатын цементті қысқарту үшін тау-кен өндірісінің қатты тұрмыстық қалдықтарын (ҚТҚ) және техногендік-минералдық түзілімдерді (ТМТ) қолдану кезінде мүмкін болады. Аддитивті технологияларды қолдану құрылыс мерзімін қысқартуға және қалдықтарды кәдеге жарату арқылы экология мәселелерін шешуге мүмкіндік береді.

Зерттеулер аттестатталған зертхана жағдайында стандартты әдістер мен сенімді жабдықтарды қолдана отырып жүргізілді. Экспериментті жоспарлаудың заманауи әдістерін қолдану алға қойылған міндеттерге қол жеткізуге ықпал етті.

Авторлар жұмысының нәтижелері: ұсатылған әйнек қосылған шыны фибробетонның құрамы жасалды; ТМТ қосылған бетондардың құрамы жасалды; шыны фибробетонның құрамына ұсатылған әйнекті қосу және бетонның құрамына ТМТ қосу өзірленді және негізделді; құрылыстық 3D-принтерінде басылып шығарылған дренаж торларын жасау үшін ТМТ қосылған бетонды қолдану ұсынылды.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы: жүргізілген сынақтардың нәтижелері ұсатылған шыны қосылған фибробетон мен техногендік-минералдық түзілімдер қосылған бетондардың құрамы бойынша салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік берді.

Алынған нәтижелер ашық спорт стадиондарының су бұру науаларына арналған дренажды торларды дайындау саласында аддитивті технологияларды қолдану мүмкіндігін анықтауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: су бұру (әкету) науалары; дренажды торлар; фибробетон; шыны фибробетон; аддитивті технологиялар; құрылыстық 3D-принтер.

Аннотация. Главная задача при строительстве дренажных систем для объектов спортивного назначения открытого типа заключается в повышении прочности и надежности дренажных решеток для водоотводных лотков с одновременным снижением экономических затрат на строительство. Для достижения этой цели необходимо подобрать состав бетона, отвечающего повышенным требованиям по прочности и при этом быть экономически выгодным. Решение этого вопроса возможно при применении твердых бытовых отходов (ТБО) и техногенно-минеральных образований (ТМО) горнодобывающего производства для сокращения цемента, используемого в качестве вяжущего вещества. Применение аддитивных технологий позволит сократить сроки строительства и решить вопросы экологии путем утилизации отходов.

Исследования проводились с применением стандартных методов и поверенного оборудования в условиях аттестованной лаборатории. Достижению поставленных задач способствовало применение современных методов планирования эксперимента.

Результатами работы авторов является: разработан состав стеклофибробетона с добавлением измельченного стекла; разработан состав бетонов с добавлением ТМО; разработано и обосновано добавление измельченного стекла в состав стеклофибробетона и добавление ТМО в состав бетона, предложено применение бетона с добавлением ТМО для изготовления дренажных решеток, напечатанных на строительном 3D-принтере.

Теоретическая и практическая значимость работы: результаты проведенных испытаний позволили провести сравнительный анализ по составу стеклофибробетона с добавлением измельченного стекла и бетона с добавлением техногенно-минеральных образований.

Полученные результаты позволили определить возможное применение аддитивных технологий в области изготовления дренажных решеток для водоотводных лотков открытых спортивных стадионов.

Ключевые слова: водоотводные лотки; дренажные решетки; фибробетон; стеклофибробетон; аддитивные технологии; строительный 3D-принтер.

Abstract. The main task in the construction of drainage systems for open-type sports facilities is to increase the strength and reliability of drainage grates for drainage trays while reducing the economic costs of construction. To achieve this goal, it is necessary to select a concrete composition that meets increased strength requirements and, at the same time, be economically viable. The solution to this issue is possible with the use of municipal solid waste (MSW) and technogenic-mineral formations (TMF) of the mining industry to reduce the cement used as a binder. The use of additive technologies will reduce construction time and solve environmental issues through waste disposal.

Research were carried out using standard methods and proven equipment in a certified laboratory. The achievement of the set tasks was facilitated by the use of modern methods of experiment planning.

The results of the work of the authors are: the composition of glass fiber reinforced concrete with the addition of crushed glass has been developed; the composition of concretes with the addition of TMF has been developed; the addition of crushed glass to the composition of glass fiber reinforced concrete and the addition of TMF to the composition of concrete was developed and substantiated; the use of concrete with the addition of TMF is proposed for the manufacture of drainage gratings, printed on a construction 3D printer.

Theoretical and practical significance of the work: the results of the tests carried out made it possible to carry out a comparative analysis of the composition of glass fiber reinforced concrete with the addition of crushed glass and concrete with the addition of technogenic-mineral formations.

The results obtained made it possible to determine the possible application of additive technologies in the field of manufacturing drainage grids for drainage trays of outdoor sports stadiums.

Key words: drainage trays; drainage grates; fiber concrete; glass fiber concrete; additive technologies; construction 3D-printer.

Кіріспе. Жұмыстың мақсаты – аддитивті технологияларды қолдана отырып, ашық спорт стадиондарына арналған су әкету науаларының дренаждық торларын жасау үшін бетон қоспасының құрамын жасау.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет болды: аддитивті технологияларды қолдана отырып, дренажды торларды жасау үшін бетон қоспасының құрамына әдеби шолу жасау; белгілі фибробетондарға талдау жасау; шыны талшықтың бетонның беріктігіне әсерін зерттеу; ұсатылған әйнектің шыны фибробетонның қасиеттеріне әсерін зерттеу; шыны талшық пен ұсақталған әйнек қосылған фибробетон қоспаларын дайын-

даудағы технологиялық қасиеттерді зерттеу; ТМТ қосылған бетонның құрылымын зерттеу; зертханалық зерттеулер жүргізу. Әдеби шолу нәтижесінде 3D-принтерде дренажды торды басып шығару үшін шыны фибробетон мен ТМТ [1] қосылған бетонды қолдану мүмкіндігі анықталды.

Бетонға ұсатылған әйнекті қосу [2, 3] бетонның беріктігін арттырады және олардың қоршаған ортаға зиянды әсерін азайтады [4].

Әдеби шолу. Қазіргі уақытта ірі объектілерді қарқынды салу және қайта құру жүріп жатыр, бұл беріктігі жоғары және жоғары пайдалану сипаттамалары бар бетон жасау қажеттілігіне алып келеді. Спорттық нысандарды салу үшін жоғары сапалы құрылыс материалдары қажет. Суды әкету мәселесі жаңбыр мен еріген су жиналу мүмкіндігі бар кез келген аумақ үшін өзекті.

Оны жинау және бұру мақсатында негізгі элементтері науалар мен торлар болып табылатын арнайы жер үсті су бұру жүйелері пайдаланылады. Спорт объектілерінің су бұру жүйесі стадионды айнала жасалған су әкету науасынан тұрады. Олар өзара құм ұстағыштар арқылы нөсерлік канализацияға қосылған (1-сурет). Каскадты етіп жасалынған әртүрлі биіктіктегі 50-200 мм науалар қолданылады, соның арқасында еріген қар және жаңбыр сулары кіші науадан үлкен науаға ағызылады. Мұндай техникалық шешім жалпы қалалық және аудандық стадиондар үшін қолайлы болып табылады.

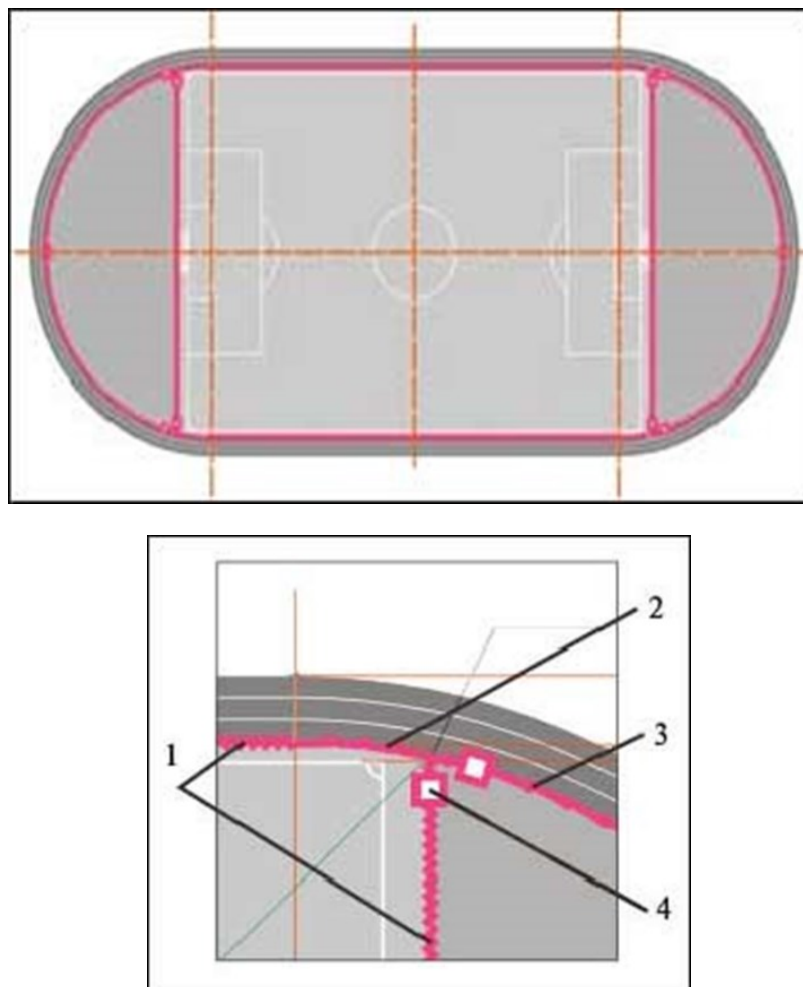
Дренаждың конструкциясы жаңбыр суларының (нөсер) және еріген қар суларының ең көп шығынының ағуына және бұрылуына есептеледі.

Бүгінгі таңда 3D – аддитивті технологияларды рецепт бойынша қамтамасыз ету бөлігінде айтарлықтай кемшілік бар, өйткені 3D-принтерімен ұсынылған барлық талаптарға жауап беретін ұсақ түйіршікті бетон рецептурасын әзірлеу толық дамымаған. 3D-принтері үшін қолданылатын материалдарды зерттеу саласы көп ізденісті қажет етеді.

Пайдалану сипаты мен беріктігі жоғары фибробетонды алу үшін фибраның және цемент матрицасының технологиялық үйлесімділігіне қол жеткізу үшін қоспаны оңтайлы таңдау керек, цемент матрицасы ортасында фибраның коррозияға төзімділігін және алынған фибробетонның қажетті беріктігін қамтамасыз ету керек [5].

Жақсартылған талшықты цемент матрицасына адгезиясы, жоғары беріктік және талшықты серпімділік модулі, сілтілі ортаға төзімділік құрылымды қалыптастыру процесіне, пайдалану және физикалық-механикалық сипаттамаларға оң әсер ететін цемент бетонында жоғары дисперсті толтырғыш талшықты қолдану арқылы қол жеткізіледі [6].

Талшықты қолдану бетонды күшейтеді, көлемді жақтауды (каркас) жасайды. Жұқа және жоғары дисперсиялық қабілеті бар фибралар бетондағы жарықтардың ашылуын оның қатаюының ерте немесе пластикалық сатысында тоқтата алады. Фибра – бұл жоғары бағаға ие және көп уақытты қажет ететін төсеу процесі бар болат шыбықтарды арматуралауға тамаша балама. Металл емес талшықтардан шыны талшықтарды, базальт, асбест хризотил және т.б. қолдануға болады [7].



1-сурет. Сызықтық дренаждың принциптік сұлбасы:
1 – сызықтық науалар, 2, 3 – радиалды науалар, 4 – құмұстағыштар

Фибробетонның сапасы мен қасиетіне әсер ету дәрежесі оның түріне, мөлшеріне, бетон қоспасына енгізу реттілігіне және фибробетонды дайындауға қоспаны араластыру режиміне байланысты. Фибробетонның ең жоғары тиімділігі осы параметрлердің оңтайлы үйлесімінде қамтамасыз етіледі [8].

Цементтегі шыны талшық сілтілік әсерге ұшырайды, осылайша тез бұзылады, бұған жол бермеу үшін шыны талшықтың бұзылуына жол бермейтін тұтқыр заттарды немесе шараларды қолдану қажет. Мұндай шараларға бетонға сазтопырақты цементін қосу, түрлі қоспалар, полимермен сіңдіру және т.б. жатады.

Талшықты бетон қоспасына енгізу маңызды бөлік болып табылады, себебі талшықты қоспа бірігіп кесектеліп қалуы мүмкін, ал фиброталшық өз кезегінде «кірпі» түзеді, бұл сапаны нашарлатады және өнімде материалдың жеткілікті тығыздығына жол бермейді.

«Кірпі» түзілуін болдырмау үшін және жеткілікті жайылыққа қол жеткізу толтырманың үлкен фракцияларының бір бөлігі 55 %-дан аспауы керек (көлеміне байланысты) [9]. Сондықтан гранулометриялық құрамның қисығы S-тәрізді қисыққа айналады.

Бетонға фиброталшықты қосу беріктігін арттырады, сондықтан бетонның сынуға қарсылығы артады. Бетон компоненттерінің (фибралар мен бетон матрицалары) бірлескен жұмысы фибробетонның интегралды қасиеттерін көрсетеді [10].

Бетон мен фиброталшық өзара әрекеттесу кезінде бір-біріне жағымды әсер ететін оң қасиеттерді біріктіреді. Бетон қысуға қарсы жоғары беріктігіне ие, ал фиброталшық өз кезегінде микрожарықтардың пайда болуына төзімді, су өткізбейді [11].

Әдеби шолу нәтижесінде 3D-принтерде басып шығару үшін шыны фибробетонды қолдану мүмкіндігі анықталды. Бұл экономикалық тиімді, қоршаған ортаға қауіпсіз және көпшілікке қол жетімді.

Металлургиялық қорғасын-мырыш өндірісінің абразивтік шламы өндірістердің сарқынды суларын коагуляциялау нәтижесінде алынады. Өңделген сарқынды суларда коллоидты дисперсті жүйелер болып табылатын борпылдақ қабыршақтар пайда болады, оларда қатты фаза жұқа абразивті болады, кальций карбонаты, еритін кальций, натрий тұздары және басқалары болады.

Сусыздану кезінде (ашық ауада кептіру) дисперсті жүйелер пайда болады, олардың бөлшектері кеңістіктік жақтауға қосылады, содан кейін шлам біртіндеп қатайды. Шлам қалдықтарында коагуляциялық кристалдану құрылымының қалыптасуы кальций гидроалюминаты мен гидроалюмоферритінің және құрамы жағынан цементті гидратациялау өнімдеріне жақын басқа гидраттық фазалардың түзілуі есебінен жүреді.

Бұл абразивті шламды минералды қоспа ретінде қатайтқыш активатор және цемент құрамын толтырғыш ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Шламның жоғары дисперсиясы белсенді кристалдану орталығының қалыптасуына әсер етеді [12].

Материалдар және зерттеу әдістері. Эксперименттік зерттеулер «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының FUTURUM құрылыс технологиялары және материалдары зертханасының практикаға бағытталған дайындық оқу-өндірістік орталығы базасында жүргізілді.

Зерттелетін материал сынамасын (ТМТ) «FUTURUM» оқу-өндірістік орталығында орнатылған S-6045 маркалы құрылыс 3D-принтерін пайдалана отырып, аддитивті технология бойынша бұйымдарды басып шығару үшін қоспаны дайындау үшін пайдалану ұсынылды [13]. Құрылыс бұйымдарын аддитивті технологиямен бетонды баспалау үлкен қарқынға ие болуда [14, 15].

Зерттелетін материал сынамасын (ТМТ) 3D-принтерді қолдана отырып, аддитивті технология бойынша өнімдерді басып шығару үшін қоспаны дайындау үшін пайдалану ұсынылады.

Аддитивті технологиялар үшін бетон қоспасының құрамын таңдау 3D басып шығару әдіснамасына тікелей байланысты бірқатар маңызды жағдайларға сәйкес келуі керек [16]. Бұл ретте бірқатар негізгі міндеттерді шешу қажет:

1. Бетонның соңғы қысуға беріктігін барынша арттыру;
2. Бетон қоспасының қозғалғыштығын барынша арттыру;
3. 3D-принтер саптамасынан таратылғаннан кейін бетон қоспасы құрамының берілген пішінді сақтау қабілетін барынша арттыру;
4. Бетон қоспасын бірігу жылдамдығын барынша арттырыңыз;
5. Алдыңғы және кейінгі қабаттың жеткілікті адгезиясын алуға мүмкіндік беретін бірігу жылдамдығын қамтамасыз ету.

Жоғарыда айтылғандардан көрініп тұрғандай, міндеттердің бір бөлігі бір-біріне қайшы келеді, сондықтан негізгі мақсат барлық аталған параметрлердің тепе-теңдігіне қол жеткізу

болып табылады, яғни бұл қысымға беріктілікті арттыру үшін құрамдағы су-цемент қатынасы көрсеткішінің төмендеуін білдіретіндігін ескеру керек. Алайда, қалыпты жағдайда судың азаюы қоспаның жұмыс қабілеттілігі сияқты маңызды көрсеткішті төмендететінін ескеру қажет.

3D-принтерінің саптамасынан шыққан кезде бетон қоспасының құрамы жеткілікті түрде ағып кетуі маңызды, ал қабат пайда болғаннан кейін пішінді сақтап, кейінгі қабаттарды ұстап тұру керек. Таратылғаннан кейін (экструзия), құрамы барынша жылдам бірігуі керек, бірақ келесі қабаттармен ілінісуі де қамтамасыз етілуі керек. Берілген қасиеттерді қамтамасыз ету үшін, химиялық қоспалардан басқа, қоспаның құрамына тас материалдарының ұсақ фракциялары кіруі керек, бұл жағдайда толтырманың 30 % мөлшерінде ТМТ енгізілді. 3D басып шығаруға арналған қоспаның құрамы 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. 3D басып шығаруға арналған бетон қоспасының құрамы

Компоненттер	Құрғақ толтырмалар кезіндегі материалдар шығыны
Цемент, кг	8,5
Өзен құмы (70 %), кг	16,94
ТМТ (30 %), кг	7,26
Пластификатор Rheobuild 1000 К, л	0,068
Су, л	6,725

МЕМСТ 8735-88 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Сынау әдістері» және МЕМСТ 5802-86 «Құрылыс ерітінділері. Сынақ әдістері» талаптарына сәйкес ТМТ пайдалана отырып 3D-басып шығару үшін алынған қоспаны сынау нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте. Материал сипаты

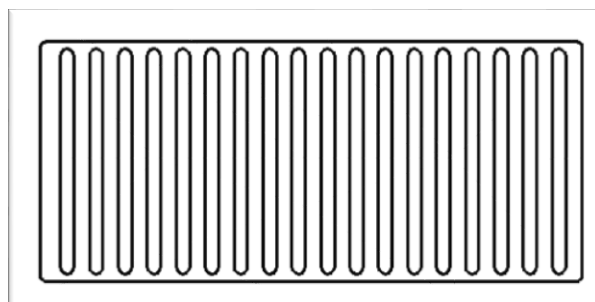
Көрсеткіштердің атауы	МЕМСТ сынау әдістеріне	Көрсеткіштердің нақты шамалары
Ірілігі 10 мм астам түйіршіктердің құрамы, салмағы бойынша %-бен	МЕМСТ 8735-88	0
Ірілігі 5 мм астам түйіршіктердің құрамы, салмағы бойынша %-бен	МЕМСТ 8735-88	0
Түйіршіктің мөлшері 0,14 мм кем, салмағы бойынша %-бен	МЕМСТ 8735-88	13
Толық қалдықтар, %-бен, електерде (мм)	МЕМСТ 8735-88	2,5
1,25		1,0
0,63		3,0
0,315		6,0
0,14		28,0
< 0,14		87
Құрғақ күйдегі сусымалы тығыздық, кг/м ³	МЕМСТ 5802-86	1445
Конусты батыру арқылы ерітіндінің қозғалғыштығы, см	МЕМСТ 5802-86	8,5

Қатқан ерітіндінің тығыздығы, кг/м ³	МЕМСТ 5802-86	1930
---	---------------	------

Ұсынылған материал (ТМТ) 3D басып шығару үшін қоспаны дайындау үшін пайдаланылды.

Компоненттердің, соның ішінде ТМТ-ның пайыздық мөлшерін өзгерту арқылы қоспаның құрамында құрылысқа қажетті әртүрлі беріктік сипаттамалары бар қоспалар шығаруға болады.

Сызықтық дренаждың негізгі элементтері – жаңбыр қабылдағыш торлар (2-сурет) мен науалар. Жауын суын қабылдағыш торлары жасалатын негізгі материал – шойын, мырышталған болат, болат және пластик. Мұндай торлар оларды өндіруге үлкен шығындарды талап етеді және қоршаған ортаға теріс әсер етеді. Торды жасау үшін ТМО қосылған бетонды қолдану және аддитивті технологияларды қолдану ұсынылды.



2-сурет. Дренаж торының үлгісі

ТМТ негізінде жасалған дренаждық торларды пайдалану экономикалық шығындарды азайтуға, сондай-ақ экологиялық ортаға теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді.

3D-принтерде басып шығаруды бастамас бұрын, 2D форматында AutoCad бағдарламасында 2-суретте көрсетілген дренаж торы жасалды, содан кейін сурет 3D моделін жасау үшін ScetchUp бағдарламасына ауыстырылды.

Ерітіндіні 3D-принтерге жүктемес бұрын, ерітіндінің қозғалғыштығы тексерілді (3-сурет). Қозғалғыштық 4-15 см аралығында болады, бұл оны қолдану мақсаттарына байланысты. Қозғалғыштықтың артуына судың белгілі бір мөлшерін қосу арқылы қол жеткізіледі.



3-сурет. Бетон ерітіндісінің қозғалғыштығын анықтау

Араластырудың бастапқы кезеңінде конустың батуы 6 см болды, қажетті қозғалғыштыққа қол жеткізу үшін ерітіндіге пластификатор қосылды, қайтадан араластырғаннан кейін конустың батуы 8,6 см болды.

Бетон ерітіндісін дайындағаннан кейін 3D-принтердің саптамасы және ерітіндіні салуға арналған контейнер сумен суланды. Содан кейін 3D-принтеріне ерітінді жүктеліп, басып шығару бағдарламасы іске қосылды. Сосын үздіксіз қабатпен 2 қабатты етіп басылып шығарылды (4-сурет).



a



б

4-сурет. *a* – 3D-принтерде дренажды торды басып шығару;
б – дренажды тордың тәжірибелік үлгісі

Зертханалық зерттеулер нәтижесінде 2 түрлі құрам жасалды: ұсатылған әйнек пен шыны талшық қосылған бетон (3-кесте); ТМТ қосылған бетон (4-кесте).

3-кесте. Ұсатылған шыны және шыны талшық қосылған фибробетонның құрамы

Компоненттер	№ 1 құрам	№ 2 құрам	№ 3 құрам	№ 4 құрам
Цемент, кг	2,02	2,115	2,02	2,115
Құм, кг	5,51	6,06	6,06	6,06

Су, л	1,375	1,375	1,375	1,375
Шыны, кг	0,105	0,21		0,21
Шыны талшық, гр			200	200

Эксперименттік зерттеулер минералды қоспа ретінде енгізілген ТМТ-ның бетонның беріктігіне әсерін анықтау мақсатында жүргізілді.

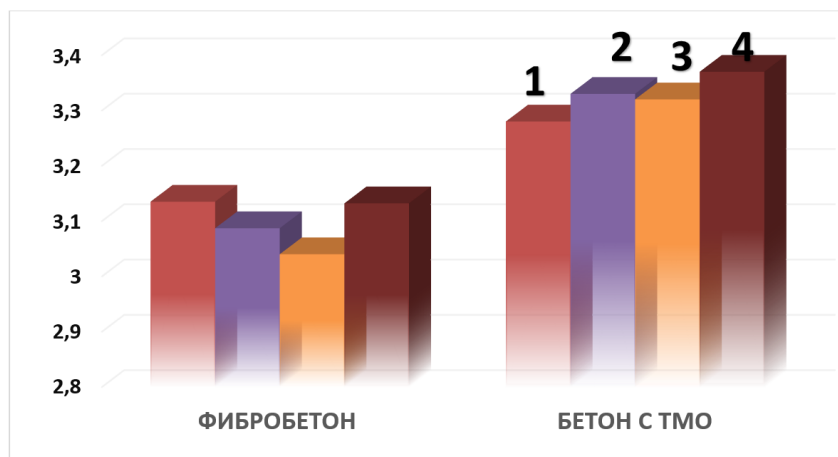
4-кесте. ТМТ қосылған бетонның құрамы

Компоненттер	№ 1 құрам	№ 2 құрам	№ 3 құрам
Цемент, кг	2,125	2,02	2,125
Ұсақ түйіршікті құм, кг (70 %)	4,235	4,235	6,05
Су, л	1,681	1,681	1,375
ТМТ, кг	1,815(30 %)	2,120(35 %)	

Ұсатылған әйнекті қолданатын құрам беріктікті сынау кезінде оң нәтиже көрсетті, бірақ шыны талшықтан алынған 5 % мөлшерінде шыны талшықты қосқанда, нәтижелер өзгерген жоқ. Сондықтан одан әрі зерттеу қажет, бетонның құрамындағы шыны талшықтың пайызын арттыру ұсынылады. Осыған байланысты 3D-принтері үшін ТМТ қосылған бетонның тағы бір құрамы жасалды. Зертханалық зерттеулердің нәтижесі ашық стадиондар алаңдарында дренаждық жүйелерді орнату кезінде пайдаланылатын дренаждық науаларға арналған аддитивті технологияларды пайдалана отырып, дренаждық торларды өндіру саласында осы бетонды қолдану мүмкіндігін көрсетті.

Жұмыс барысында 4-суретте көрсетілген тордың пішіні жасалды және тәжірибелік үлгі басып шығарылды. Ашық стадиондарды салу кезінде бетонның беріктігі бойынша жоғары талаптар қойылуына байланысты осы талаптарға сәйкес келетін құрам әзірленді және таңдалды. Құрылыс 3D-принтерінде басып шығару нәтижелері оң нәтиже көрсетті, құрам қажетті қозғалғыштыққа қол жеткізе отырып таңдалды. Басып шығару үзіліссіз жүргізілді, қоспасы жыртылмады және ағып кетпеді. Дренаж торының үлгісі жеткілікті берік болды, ол спорт кешендеріне жеткілікті жүктемеге төтеп бере алады.

Сынақ нәтижелерін талдау бойынша (5-сурет) 30 % мөлшерінде ТМТ қосылған кезде бетон үлгілерінің беріктігі 35 %-ға артқаны, ТМТ 35 % мөлшерінде қосылған кезде бетон үлгілерінің беріктігі тек 7 %-ға өскені анықталды. Сондықтан 30 % мөлшерінде ТМТ қосылған бетонды қолдану ұсынылады. Пайыздық құрамның жоғарылауы цемент бөлшектері арасындағы байланыстың бұзылуына байланысты қысу беріктігінің төмендеуіне әкеледі.



5-сурет. Бетонның беріктігі бойынша салыстырмалы талдау

Жоғарыда келтірілген нәтижелер ТМТ қосылған бетонның фибробетонмен салыстырғанда беріктігі жоғары екенін көрсетті, оған әйнек пен шыны талшық қосылды (5-сурет). Демек, 3D-принтерде дренажды торды басып шығару үшін ТМТ қосылған бетонның құрамы ұсынылады.

Қорытынды. Ашық спорт стадиондарына арналған дренаждық торлары бар су әкету науалар түріндегі дренаждық жүйелерді салу кезінде беріктікке жоғары талаптар қойылады, осыған байланысты бетонның екі құрамы таңдалды:

- 1) ҚТҚ қосылған фибробетон – ұсатылған шыны және шыны талшық;
- 2) тау-кен өндіру өндірісінің өнеркәсіптік қалдықтары (ТМТ) қосылған бетон.

Зерттелген мөлшерде ұсатылған әйнек пен шыны талшықты қолданатын бетонның құрамы оң нәтиже бермеді және одан әрі зерттеуді қажет етеді.

ТМТ қосылған бетонның құрамы беріктік пен қозғалғыштыққа сынау кезінде оң нәтиже көрсетті. Алынған салыстырмалы талдаулар мен бір-бірінен ерекшеленетін құрамдар бойынша бетонның ТМТ қосылған ең оңтайлы құрамы 3D-принтер үшін таңдалды.

Жұмыстың нәтижесі – 3D-принтері үшін ТМТ қосылған бетонның таңдалған құрамы және берілген конфигурациясы бар дренажды тордың басылған тәжірибелік үлгісі.

Список литературы

1. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Милькина А.С. Особенности структуры бетонов нового поколения с применением техногенных материалов // Вестник СибАДИ. – 2018. – Т. 15. – №4. – С. 588-595.
2. Артюхова П.Н., Антипина А.А., Сивкова В.И., Казыева А.И. Пеностекло из стеклобоя: идея для малого бизнеса // «Энергия молодых – строительному комплексу»: Материалы научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых. – Братск: Изд-во БрГУ, 2017. – С. 6-10.
3. Шевченко Р.И. бетоны и растворы с заполнителем из стеклобоя // Сборник: «Энергия молодых – строительному комплексу»: материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых. – Братск: Изд-во БрГУ. – 2015. – С. 32-36.
4. Lovely Sabat, Shashwati Soumya Pradhan // Materialstoday:proceedings., 2020, vol.2,part 2, pp1330-1334. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.170> (дата обращения: 13.11.2021).
5. Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Евтушенко Е.И.. Исследование химического взаимодействия стекловолокна с продуктами гидротации цемента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2020. – №12. – С.119-125. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-119-125.

6. Кузик. Е.С. Применение стекловолокна для создания конструкционных композитов// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2016. -№7-6. -С.939-942; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10068> (дата обращения: 13.11.2021).
7. Окольников Г.Э., Белов А.П., Слинкова Е.В. Анализ свойств различных видов фибробетонов // Системные технологии. – 2018. – № 26. – С. 206-210.
8. Белоусов И.В., Шилов А.В., Меретуков З.А., Маилян Л.Д. Применение фибробетона в железобетонных конструкциях // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007-2017. – 2017. №4. – <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4421> (дата обращения: 13.11.2021).
9. Fediuk, R.; Amran, M.; Klyuev, S.; Klyuev, A. Increasing the Performance of a Fiber-Reinforced Concrete for Protective Facilities. *Fibers* 2021, 9, 64. <https://doi.org/10.3390/fib9110064>
10. İskender, M., Karasu, B., "Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC)" *EI-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2018, 5(1); 136-162.
11. Рябова А.А. Оценка стеклофибробетона как конструкционного материала // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11-3 – С. 500-504. – URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39448> (дата обращения: 14.11.2021).
12. Жалгасулы Н., Естемесов З.А., Сартбаев М.К., Когут А.В. Возможности использования техногенных отходов горных предприятий для получения строительных материалов.// *Новости науки Казахстана*. – 2017. – № 3 (133). – С. 108-112.
13. Шевцов М.Н, Власов В.А., Колпакова В.П., Еремеева Ю.Н, Сайлауханова Ж.С Улучшение качества бетонных растворов для конструкций водоотводных лотков с применением современных добавок // *Вестник ИШ ДВФУ*. 2021. №1 (46). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uluchshenie-kachestva-betonnyh-rastvorov-dlya-konstruktsiy-vodootvodnyh-lotkov-s-primeneniem-sovremennyh-dobavok> (дата обращения: 13.11.2021).
14. Ключев С.В., Ключев А.В., Кузик Е.С. Аддитивные технологии в строительной индустрии // *Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: материалы сборник трудов Международной научн.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016 г. – Ч.2. – С. 54-58.*
15. Ans Al Rashid, Shoukat Alim Khan, Sami G. Al-Ghamdi, Muammer Koç. Additive manufacturing: Technology, applications, markets, and opportunities for the built environment.// *Automation in Construction*. – 2020.- № 118 (2020) 103268. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103268>
16. Удодов С.А., Белов Ф.А., Золотухина А.Е. 3D-печать в строительстве: новое направление в технологии бетона и сухих строительных смесей//*INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH: Сборник статей победителей VI Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. 2017. Пенза: Изд-во Наука и Просвещение, 2017. – С. 58-61.*

References

1. Tolstoj A.D., Lesovik V.S., Mil'kina A.S. Osobennosti struktury betonov novogo pokolenija s primeneniem tehnogennyh materialov // *Vestnik SibADI*. - 2018. – Т. 15, №4. – С. 588-595.
2. Artjuhova P.N., Antipina A.A., Sivkova V.I., Kazyeva A.I. Penosteklo iz stekloboja: ideja dlja malogo biznesa // «Jenergija molodyh – stroitel'nomu kompleksu»: *Materialy nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, magistrantov, aspirantov, molodyh uchenyh*. – Bratsk: Izd-vo BrGU, 2017. – С. 6-10.
3. Shevchenko R.I. betony i rastvory s zapolnitelem iz stekloboja // *Sbornik: «Jenergija molodyh – stroitel'nomu kompleksu»: materialy Vserossijskoj nauchno-tehnocheskoj konferencii studentov, magistrantov, aspirantov, molodyh uchenyh*. - Bratsk: Izd-vo BrGU. – 2015. – С. 32-36.
4. Lovely Sabat, Shashwati Soumya Pradhan // *Materialstoday:proceedings.*, 2020, vol.2,part 2, pp1330-1334. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.170> (дата обращения: 13.11.2021).
5. Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Evtushenko E.I. Issledovanie himicheskogo vzaimodejstvija steklovolokna s produktami gidrotacii cementa// *vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*.-2020. -№12. - С.119-125. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-119-125.
6. Kuzik. E.S. Primenenie steklovolokna dlja sozdaniya konstrukcionnyh kompozitov// *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. – 2016. – №7-6. -С.939-942; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10068> (дата обращения: 13.11.2021).

7. Okol'nikova G.Je., Belov A.P., Slin'kova E.V. Analiz svojstv razlichnyh vidov fibrobetonov// Sistemnye tehnologii. – 2018. – №26. – S.206-210.
8. Belousov I.V., Shilov A.V., Meretukov Z.A., Mailjan L.D. Primenenie fibrobetona v zhelezobetonnyh konstrukcijah.// Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Inzhenernyj vestnik Dona», 2007-2017, 2017, №4. <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4421> (data obrashhenija: 13.11.2021).
9. Fediuk, R.; Amran, M.; Klyuev, S.; Klyuev, A. Increasing the Performance of a Fiber-Reinforced Concrete for Protective Facilities. *Fibers* 2021, 9, 64. <https://doi.org/10.3390/fib9110064>
10. Iskender, M., Karasu, B., "Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC)" *EI-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2018, 5(1); 136-162.
11. Rjabova A.A. Ocenka steklofibrobetona kak konstrukcionnogo materiala. // Fundamental'nye issledovanija. – 2015. – № 11-3 – S. 500-504; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39448> (data obrashhenija: 14.11.2021).
12. Zhalgasuly N., Estemesov Z.A., Sartbaev M.K., Kogut A.V. Vozmozhnosti ispol'zovanija tehnogennyh othodov gornyh predpriyatij dlja poluchenija stroitel'nyh materialov.// *Novosti nauki Kazahstana*. - 2017.-№ 3(133). – S.108-112.
13. Shevcov M.N, Vlasov V.A., Kolpakova V.P., Ereemeva Ju.N, Sajlauhanova Zh.S Uluchshenie kachestva betonnyh rastvorov dlja konstrukcij vodootvodnyh lotkov s primeneniem sovremennyh dobavok // *Vestnik Ish DVFU*. 2021. №1 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uluchshenie-kachestva-betonnyh-rastvorov-dlya-konstruktsiy-vodootvodnyh-lotkov-s-primeneniem-sovremennyh-dobavok> (data obrashhenija: 13.11.2021).
14. Kljuev S.V., Kljuev A.V., Kuzik E.S. Additivnye tehnologii v stroitel'noj industrii// *Intellektual'nye stroitel'nye kompozity dlja zelenogo stroitel'stva: materialy sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchn.-prakt. konf. Belgorod: Izd-vo BGTU*, 2016 g. Ch.2. – S-54-58.
15. Ans Al Rashid, Shoukat Alim Khan, Sami G. Al-Ghamdi, Muammer Koç. Additive manufacturing: Technology, applications, markets, and opportunities for the built environment // *Automation in Construction*. – 2020. – № 118 (2020) 103268. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103268>
16. Udodov S.A., Belov F.A., Zolotuhina A.E. 3D-pechat' v stroitel'stve: novoe napravlenie v tehnologii betona i suhikh stroitel'nyh smesej// *INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH: Sbornik statej pobeditelej VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Pod obshhej redakciej G. Ju. Guljaeva*. 2017. Penza: Izd-vo Nauka i Prosveshhenie, 2017 g. – S-58-61.