

НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДБОРУ КОМПОНЕНТІВ БЕТОНІВ ДЛЯ 3D ДРУКУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Автор – Хоменко Світлана, студ. гр. ПЦБ-18мн
Науковий керівник – к. т. н., доц. каф. залізобетонних і кам'яних конструкцій
Конопляник О. Ю.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

В теперішній час все більшої популярності набувають методи виготовлення будівельних конструкцій та виробів за допомогою 3D принтеру. В технології 3D друку одним з основних факторів, який впливає на якість кінцевої продукції, є склад бетонної суміші, яка застосовується. При цьому, для кожного з виду виробів, важливо розробити окремий склад суміші, яка володіє певними фізико-механічними властивостями.

В теперішній час в Дніпропетровській області в с. Братське знаходиться виробниче приміщення, в якому налагоджений випуск дрібноштучних бетонних виробів за допомогою 3D друку. Прикладом таких конструкцій можуть служити секції забору, димові канали, каналізаційні люки, туалети, альтанки та інші різні малі архітектурні форми. Технологічно процес виготовлення бетонних виробів визначається пошаровим укладанням в необхідному напрямку бетонної суміші через сопло бетоноукладача за допомогою комп'ютерної програми на мові G-коду.

Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» налагодила співробітництво з зазначеним виробництвом, яке стосується удосконалення технології виготовлення і нанесення сумішей, а також розробки оптимальних складів бетонів. Першим кроком такого співробітництва є розробка складів сумішей з різними в'язучими і прискорювачами твердіння, які суттєво впливають на скорочення термінів тужавлення сумішей [1].

Виходячи з того, що найбільш доречним є виготовлення виробів і конструкцій в умовах виробничих приміщень і будівельних майданчиків, бетон для 3D друку та технологія його виготовлення повинні відповідати наступним умовам:

- строки тужавлення і твердіння бетонів повинні бути короткими для забезпечення формування кожного шару суміші;

- умови твердіння і спосіб витримки виробів повинні бути простими і не вимагати додаткових площ за межами виробничих приміщень і будівельних майданчиків.

При виборі матеріалів – компонентів бетону виходили також з конструктивно-технологічних параметрів виробів і рішень по технології їх виготовлення, а саме:

- для укладки і ущільнення бетонної суміші буде застосований метод видачі під тиском суміші з сопла бетоноукладача 3D принтера і паралельно для контролю – метод ручного ущільнення суміші в формах;

- гранулометричний склад і реологічні властивості суміші [2] повинні забезпечити виготовлення виробів товщиною від 40 до 150 мм.

Сумісні дослідження науковців кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій і працівників цеху по випуску будівельних конструкцій і виробів дозволили встановити склад бетонної суміші для 3D друку конструкцій, яка складається з наступних компонентів: щебеню, піску річкового, цементу М500, води, пластифікатору В10, прискорювача тужавлення Redament та фібри поліпропіленової BauGut.

Для встановлення оптимального дозування кількості компонентів в складі суміші призвели дослідження їх фракційного складу, насипної маси, вологості та щільності.

Фракційний склад вихідних компонентів визначали шляхом їх просіювання через набір стандартних сит за методикою [3; 4]. Фракційний склад щебеню та річкового піску наведений в таблиці 1.

Таблиця 1

Фракційний склад компонентів бетонної суміші

Найменування компонентів	Повні залишки на ситах, %, з розміром вічок в мм							
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менше 0,16
Щебінь	–	30,27	61,78	4,11	0,96	1,85	0,96	0,07
Пісок річковий	–	–	–	0,31	3,4	86,67	9,18	0,44

Як видно з таблиці 1 і враховуючи те, що максимальна фракція щебеню складає 7 мм, можна вважати, що по фракційному складу щебінь відповідає фракції 1,25...7 мм, а модуль крупності піску дорівнює 0,98. Таким чином, по фракційному складу щебінь і пісок відносяться до дрібнозернистих компонентів.

За методикою для сипучих матеріалів[3; 4] також були встановлені об'ємні насипні ваги і вологість щебеню, піску та портландцементу. Об'ємна насипна вага щебеню склала 1 320 кг/м³, піску – 1 460 кг/м³, а портландцементу – 1 100 кг/м³. Вологість щебеню становить 0,8 %, піску – 6,73 %, а цементу – 0,2 %.

Проведені дослідження характеристик матеріалів-компонентів суміші для 3D друку конструкцій, дозволили визначити оптимальний склад і технологію виготовлення суміші.

Технологія виготовлення суміші була прийнята наступною. Спочатку в воду додавали послідовно пластифікатор, прискорювач твердіння і фібру і всю рідину перемішували вручну протягом 1 хв. Отриману рідину заливали в бетонозмішувач БСМ-500, запускали в двигун і додавали необхідну кількість піску. Отриману суміш перемішували на протязі 2 хв. Потім додавали необхідну кількість щебеню і усю суміш перемішували на протязі 2...3 хв до отримання однорідної маси.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження характеристик матеріалів-компонентів суміші дозволили визначити оптимальний склад і технологію виготовлення суміші для 3D друку конструкцій. Виходячи з умов служби виробів і конструкцій, які виготовляються за допомогою 3D друку, в подальшому необхідно встановити показники міцності, деформативності, водостійкості та морозостійкості бетонів.

Список використаних джерел

1. Savytskyi Mykola, Konoplianiuk Olexandr, Unchik Stanislav, Dukat Stanislav, Savytskyi Andriy. Sustainable housing and human settlement. Materials for 3D construction printing : monograph. Dnipro – Bratislava : SHEI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture” – Slovak University of Technology in Bratislava, 2018. Pp. 208–215.

2. Лермит Р. Проблемы технологии бетона : монография. Москва : Госстройиздат, 1959. 294 с.

3. ГОСТ 8735-88. Межгосударственный стандарт. Песок для строительных работ. Методы испытаний. Москва : Госстрой СССР, 1989. 43 с.

4. ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97). Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань. Київ : Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 1999. 47 с. (Держстандарт України).