

УДК 624.016

**Д. А. ЄРМОЛЕНКО, О. В. ДЕМЧЕНКО, Р. С. ХАЛЯВА, Т. С. ХАЛЯВА**  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

## **ВИСОКОМІЦНІ БЕТОНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МІСЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Підібрано та експериментально отримано склади високоміцних бетонів. Визначені їх фізико-механічні властивості. Розглянуто використання високоміцних бетонів у трубобетонних елементах.

**трубобетон, високоміцний бетон, міцність бетону**

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

На даний час в Україні і за кордоном спостерігається різке збільшення будівництва висотних будівель. При будівництві таких складних об'єктів найвигідніше використовувати високоміцні бетони, які дозволили б істотно зменшити розміри перерізу несучих конструкцій, відповідно, матеріальні витрати на будівництво. Конструкції з високоміцних бетонів, у разі настання граничного стану руйнуються майже миттєво, що істотно знижує їх надійність. Цей недолік виключається при використанні трубобетонних конструкцій. Сталева оболонка стримує крихке руйнування бетонного ядра, забезпечуючи пластичний характер руйнування конструкцій у випадку перевищення допустимих навантажень на конструкції, тоді як руйнування залізобетонних колон, особливо з високоміцного бетону, має найчастіше блискавичний вибухонебезпечний характер [1]. Однак основною перевагою є приріст несучої здатності до 35 % і більше внаслідок зміцнення бетонного ядра, обтисненого оболонкою [2].

Високі показники якості та довговічності високоміцного бетону обумовлені значно більшою однорідністю структури матеріалу внаслідок виключення великого заповнювача, високим ступенем ущільнення за рахунок оптимізації гранулометричного складу частинок, гранично низьким вмістом води в бетоні внаслідок застосування ефективних суперпластифікаторів [3].

**Метою досліджень** є розроблення складів та визначення фізико-механічних властивостей високоміцних бетонів з максимально можливим використанням матеріалів місцевої будівельної бази для заповнення осердя трубобетонних елементів.

### **ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ**

Для виконання поставленої задачі з метою пошуку оптимальних складів високоміцного бетону для бетонування коротких трубобетонних елементів проведений розрахунок [5] п'яти складів бетону з різною міцністю та водоцементним відношенням В/Ц – 0,29; 0,25; 0,24; 0,23.

При підборі складу бетону велика увага приділялася якості заповнювачів, криві гранулометричного складу яких не виходили за межі сприятливої та допустимої області відповідно до норм DIN 1045-2 і мали низький вміст дрібнодисперсних частинок ( $< 0,125$  мм) і дрібнозернистого піску (від 0,125 до 0,250 мм), що рекомендовані для одержання бетонів з мінімальною витратою цементу і, відповідно, низькою усадкою [4].

Для виготовлення бетонів використано: портландцемент загальнобудівельного призначення ПЦ І-500 Н (Евроцемент) [7], м. Балаклея, Харківська обл., який має насипну густину  $\rho_n = 1\,300$  кг/м<sup>3</sup> та істинну густину  $\rho_a = 3,1$  г/см<sup>3</sup>. Як крупний заповнювач використано Тахтаївський гранітний щебінь (Полтавська обл.) фракції 5–10 мм, який відповідав вимогам стандарту [6], пустотність щебеню 47 %, насипна густина  $\rho_n = 1\,350$  кг/м<sup>3</sup>, істинна густина  $\rho_a = 2,71$  г/см<sup>3</sup>. Як дрібний заповнювач для бетонів

використовували Миколаївський пісок кварцовий з модулем крупності  $M_k = 2,34$ , насипна густина у сухому стані  $\rho_n = 1\,515 \text{ кг/м}^3$ , істина густина  $\rho_a = 2,61 \text{ г/см}^3$ , який відповідає вимогам [10].

Як добавка до бетону застосовувався суперпластифікатор Glenium 51 на основі ефірів полікарбоксилату, що мають додаткову перевагу структури макромолекул полімеру, які скупчуються на поверхні частинки, фактично беруть на себе функцію розпірок. Добавка вводилася в кількості 1 % від маси цементу. У порівнянні з іншими реагентами, навіть мінімальна доза продуктів на основі ефірів полікарбоксилату забезпечує розріджуючу дію та покращує легкоукладність бетонної суміші [3]. Ця добавка забезпечує хорошу збереженість технологічних властивостей бетонних сумішей з дуже низьким водоцементним співвідношенням і дозволяє отримати довговічні бетони з високою ранньою та пізньою міцністю. Підібрані склади бетонів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Склади бетонів

№ складу	Проектний клас бетону за міцністю відповідно ДСТУ Б В.2.7-176	Проектна міцність МПа	В/Ц	Витрата матеріалів, кг/м <sup>3</sup>		
				цемент	пісок	щебінь
Склад 1	C20/25	32,2	0,60	308	660	1 254
Склад 2	C32/40	51,4	0,29	493	600	1 254
Склад 3	C40/50	64,3	0,25	510	586	1 254
Склад 4	C50/60	77,1	0,24	529	571	1 254
Склад 5	C60/75	90,0	0,23	592	517	1 254

Для приготування бетонної суміші C20/25 використовувався бетонозмішувач гравітаційної дії, а для приготування бетонної суміші C32/40, C40/50, C50/60, C60/75 використовувався бетонозмішувач примусової дії. Дозування матеріалів проводили за масою. Перемішування проводилося механічно протягом 5 хв., ущільнення бетонної суміші відбувалось вібруванням. Витримування зразків – у формах протягом однієї доби, накритих вологою тканиною, подальше зберігання – протягом 27 діб в приміщенні з температурою повітря  $t^\circ = 20 \pm 2^\circ \text{C}$  при відносній вологості повітря 95–97 %. Зразки-циліндри зберігалися в формах для збереження ідентичних умов набору міцності, що й труботетонні зразки.

З кожного замісу виготовлені: серія труботетонних зразків, п'ять зразків кубиків розмірами  $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$ , три циліндри діаметром 100 мм і висотою 400 мм кожного складу для контролю міцності бетону, які відповідають вимогам [8, 9].

Для визначення міцнісних характеристик бетону були проведені випробування контрольних зразків кубиків та циліндрів у віці 28 діб відповідно до вимог [8]. Міцність при стиску та модуль пружності складів бетонів наведена в таблиці 2 та на рисунку 1.

Таблиця 2 – Міцність при стиску складів бетонів

Номер складу бетону	Міцність визначена на зразках-кубах $f_{ck,cube}$ , МПа	Міцність визначена на зразках-циліндрах $f_{ck,cyl}$ , МПа	Модуль пружності $E_0 \times 10^5$ , МПа
1	35,08	36,03	0,265
2	63,50	63,04	0,323
3	71,86	75,37	0,367
4	77,56	81,49	0,393
5	86,92	93,36	0,401

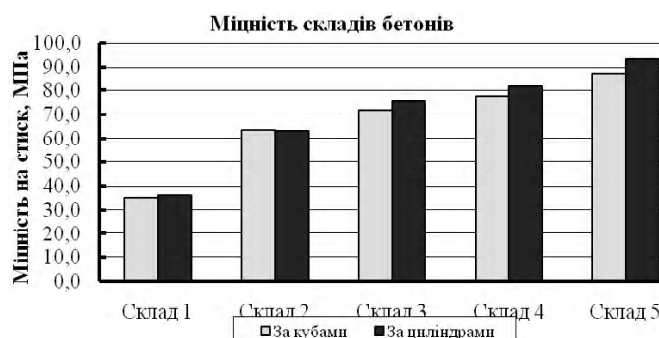


Рисунок 1 – Міцність складів бетонів визначена на зразках-кубах та циліндрах.

За руйнівальне навантаження приймалося максимальне зусилля, яке було досягнуте в процесі випробування. Міцність бетону в серії з трьох зразків визначали як середнє арифметичне значення за двома найбільшими за міцністю зразками.

Вища міцність бетону, що визначена на зразках циліндрах, отримана за рахунок ізоляції від зовнішнього середовища бетонної суміші, тобто твердіння в об'ємі покращило міцнісні характеристики бетону.

## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження показали можливість отримання високоміцних бетонів при використанні цементів марки 500 та місцевих заповнювачів. Використання високоміцних бетонів як осердя трубобетонних елементів дозволяє поліпшити його експлуатаційні характеристики та підвищити несучу здатність конструктивного елемента в цілому не збільшуючи поперечного перерізу.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стороженко, Л. І. Трубобетон [Текст] : Монографія / Л. І. Стороженко, Д. А. Єрмоленко, О. І. Лапенко. – Полтава : ПолтНТУ, 2009. – 306 с.
2. Tan, Ke Feng. Mechanical Properties of High Strength Concrete Filled Steel Tubular Columns [Текст] / Ke Feng Tan, Lai Bao Liu // Advanced Materials Research. – 2012. – Vols. 472–475. – P. 1119–1125.
3. Модифікатори нової генерації для бетонів [Текст] / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, У. Д. Марущак [та ін.] // Будівельні матеріали та вироб. – 2006. – № 1. – С. 5–7.
4. Берг, О. Я. Высокопрочный бетон [Текст] / О. Я. Берг, Е. Н. Щербаков, Г. Н. Писанко. – М. : Стройиздат, 1971. – 208 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу [Текст]. – Чинний від 2009-12-22. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с.
6. ДСТУ Б.В.2.7-75-95. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови [Текст]. – Чинний від 2006-07-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 1996. – 13 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови [Текст]. – Чинний з 2011-09-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 29 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками [Текст]. – Чинний від 2009-12-22. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ) [Текст]. – Чинний від 2009-09-30. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 109 с.
10. ДСТУ Б.В.2.7-32-95. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови [Текст]. – Чинний від 1996-01-01. – К. : Держкоммістобудування України, 1996. – 13 с.

Отримано 02.06.2014

Д. А. ЕРМОЛЕНКО, О. В. ДЕМЧЕНКО, Р. С. ХАЛЯВА, Т. С. ХАЛЯВА  
ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБОБЕТОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

Подобраны и экспериментально получены составы высокопрочных бетонов. Определены их физико-механические свойства. Рассмотрено использование высокопрочных бетонов в трубобетонных элементах.

**трубобетон, высокопрочный бетон, прочность бетона**

DMITRY YERMOLENKO, OKSANA DEMCHENKO, RUSLAN KHALIIVA, TARAS KHALIIVA

HIGH-STRENGTH CONCRETE FOR THE MANUFACTURE OF CONCRETE FILLED STEEL TUBE DESIGNS WITH USE LOCAL MATERIALS

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

Compositions of high-strength concrete have been chosen and obtained. Physical and mechanical properties of concrete have been determined. Usage of high-strength concrete in concrete filled steel tube elements has been considered.

**concrete filled steel tube, high-strength concrete, strength of concrete**