

УДК 691.32

**СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**MODERN MATERIALS FOR REINFORCING OF
FERROCONCRETE FLEXURAL ELEMENTS**

Валовой О.І., к.т.н., проф. (ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг), **Попруга Д.В., к.т.н., доц.** (ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг)

Валовой А.И., к.т.н., проф. (ГВЗУ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог), **Попруга Д.В., к.т.н., доц.** (ГВЗУ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог)

Valovoi O.I., D.Eng., professor (Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih), **Popruga D.V., D.Eng., associate professor** (Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih)

В статті наводяться результати випробування фізико-механічних характеристик зразків бетонних кубів та призм, виготовлених з бетону на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів.

В статье приводятся результаты испытания физико-механических характеристик образцов бетонных кубов и призм, изготовленных из бетона на отходах горно-обогатительных комбинатов.

In clause results of tests of physicommechanical characteristics of sample of concrete cubes and the prisms made of concrete on waste are resulted is mountain concentrating combines.

Ключові слова:

Бетон, міцність, деформація, клей.

Бетон, прочность, деформация, клей.

Concrete, durability, deformation, glue.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями

Значна частка будівель і споруд в Україні збудовані із залізобетонних конструкцій. Вони експлуатуються багато років, частина з них мають

дефекти і пошкодження, інші перевантажені внаслідок збільшення проти нормативних тимчасових та постійних навантажень. Замінити ці конструкції часто економічно недоцільно. Одним з найбільш ефективних способів продовження експлуатації залізобетонних конструкцій є їх підсилення нарощуванням стиснутої зони, застосовуючи при цьому високоміцні та економічні матеріали.

Сучасний ремонт і реконструкція будівель і споруд вимагають скорочення термінів виконання робіт, що залежать багато в чому від підвищення продуктивності праці. Велике значення при цьому мають економія матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів у будівництві.

Вирішення цих проблем полягає у використанні як дрібного заповнювача для бетону відходів збагачення залізних руд, так званої "пульпи". Відходи збагачення являють собою штучний кварцово-залізистий пісок, що виходить у результаті дроблення, здрібнювання й магнітного збагачення залізистих кварцитів. За складом й фізико-механічними властивостями ці відходи придатні для широкого використання у виробництві будівельних конструкцій [1,2].

Найбільш перспективним і вигідним, з забезпечення безвідходного використання нерудної попутної сировини для виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій. Цей напрямок важливий ще й тому, що в багатьох областях України сьогодні відчувається гострий дефіцит як у кварцовому піску, так і в гранітному щебені, а виробництво будівельних конструкцій неухильно зростає.

В 80-х роках минулого століття науково-дослідними інститутами, вузами й будівельними організаціями було проведено всебічне вивчення властивостей бетонів, виготовлених з відходів підприємств гірничорудної промисловості. Такі ж дослідження проводилися на будівельному факультеті ДВНЗ "Криворізький національний університет". Результати цих досліджень дозволили зробити висновки про те, що при використанні цих відходів можна створювати бетони із заданими характеристиками: середньою щільністю, міцністю, деформативністю, водонепроникністю, стиративністю та іншими важливими в експлуатації будівельних конструкцій властивостями. Було встановлено, що міцність бетону на дрібному заповнювачі з відходів ГЗК на 13-22 % вище міцності бетону на гірському або річковому кварцовому піску. Це пояснюється великою шорсткістю зерен відходів та їхньою підвищеною міцністю.

Набір міцності бетонів на відходах відбувається швидше, ніж у традиційних цементних сумішах. Це дозволяє вводити в експлуатацію будівельні конструкції в більше ранній термін після бетонування.

До переваг бетонів на відходах ГЗК у порівнянні зі звичайними бетонами відносяться також знижена усадка (на 40 % менше) і повзучість (зниження до 50 %). Ці характеристики досить істотні, тому що в процесі тривалої експлуатації усадка знижує тріщиностійкість матеріалу, а повзучість

збільшує деформації конструкцій: прогини, відхилення від вертикалі, зміни форми. Є усі підстави прогнозувати і ефективність використання відходів ГЗК і при підсиленні залізобетонних конструкцій.

Основною причиною, що гальмує широке впровадження відходів при підсиленні залізобетонних конструкцій, є недостатня кількість досліджень. У той же час використання відходів ГЗК у виробництві бетону для підсилення залізобетонних конструкцій має велике техніко-економічне значення.

Підсилення нарощуванням стиснутої зони елементів проводять укладенням додаткового шару бетону. При цьому повинно бути забезпечено надійне зчеплення “старого” бетону з “новим” бетоном підсилюваних елементів. Найбільш ефективним і перспективним способом їх зчеплення є використання високоміцних клеїв.

Однак особливості роботи з’єднань бетонних і залізобетонних елементів до цього часу недостатньо вивчені. Подальшому використанню клеїв перешкоджає недостатні дослідження питань міцності, надійності й довговічності клейових з’єднань бетонних і залізобетонних конструкцій.

Аналіз досліджень та публікацій

Дослідженням особливостей роботи залізобетонних конструкцій, виготовлених з бетону на дрібних заповнювачах - відходах ГЗК займалися Г.Н.Бондаренко, А.И. Валовой, Г.Т.Стороженко, Б.Н.Шевченко та інші.

Зазначеними авторами були проведені дослідження складу й властивостей відходів гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу. Проведені дослідження довели можливість використання як дрібного заповнювача збагачених відходів ГЗК для виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій.

Застосуванню клеїв у бетонних і залізобетонних конструкціях присвячені роботи Е.П.Александряна, Р.І. Бергена, В.А. Лисенка, М.С.Золотова, Г.А. Молодченка, О.Л.Шагіна, В.З.Клименка та ін.

Постановка завдання

Перед авторами була поставлена задача дослідження міцнісних та деформативних властивостей кубів і призм, виготовлених з бетону на відходах збагачення залізних руд. Була також досліджена міцність з’єднання кубів за допомогою клею.

Зазначені випробування були виконані у рамках широких досліджень зразків-балок, підсиленних бетоном на відходах ГЗК [3].

Викладення матеріалу та результати

Для визначення міцнісних характеристик основного бетону експериментальних балок, а також бетону підсилення були виготовлені дослідні зразки кубів розмірами 100×100×100 мм, 150×150×150 мм і дослідні зразки призм розмірами 100×100×400 мм. Кількість дослідних зразків кубів і призм складала по 12 шт. для кожного виду бетону.

Зразки виготовлені з бетону на відходах збагачення залізних руд, для якого використали шлакопортландцемент М400 Криворізького цементного

заводу, пісок з відходів збагачення мокрої магнітної сепарації залізистих кварцитів ВАТ Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату з модулем крупності $M_k - 2,0$ і щебеню сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів ВАТ “Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату” крупністю 5-20 мм.

Для вимірювання повздовжніх деформацій бетону використовували індикатори годинникового типу на базі 150 мм, які встановлювали по осі в призмах з двох боків. Кубикова та призмове міцність бетону, а також модуль пружності були визначені у відповідності до ДСТУ [6]. Випробування зразків основного бетону та бетону підсилення виконували у відповідності до вимог чинних норм [7,8] у віці 7, 14, 28 діб з моменту їх виготовлення і у віці безпосередньо перед випробуваннями основних зразків балок, тобто у віці 97 та 365 діб (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд випробуваних кубів та призм

Узагальнені середні результати випробувань фізико-механічних характеристик зразків основного бетону та бетону підсилення наведені у табл. 1.

Для визначення міцності з'єднання кубів використовували клей **Cerinol ZH**. Це – модифікований синтетичними речовинами матеріал на основі цементу, призначений для виконання сполучного шару на елементах будівельних конструкцій, які піддаються високим навантаженням.

Були виготовлені три балочних елемента складених з трьох кубиків 100x100x100 мм. Кубики з відходів ГЗК з'єднували за допомогою клею, який втирали за допомогою щітки на підготовлену бетонну поверхню. Виготовлення та нанесення клею проводили у відповідності до технічної документації виробника. Кубики з яких склалися балочні елементи були

Таблиця 1

Міцнісні та деформативні властивості використаних бетонів

№ п/п	Вид бетону	Проектний клас бетону		Вік зразків, діб																
				Кубикова міцність, R, МПа					Призмочова міцність, R _p , МПа					Початковий модуль пружності, E _p · 10 ⁻⁵			Граничні деформації при стиску, ε _к · 10 ⁻⁵			
1	Основний бетон	V-20		7	14	28	97	365	7	14	28	97	365	7	14	28	97	365	97	365
2	Бетон підсилення	V-25		16,73	22,69	28,28	-	29,63	12,83	17,40	21,69	-	22,81	0,27	0,29	0,35	-	0,36	-	186
1	Основний бетон	V-20		14,63	19,84	24,73	27,62	-	11,22	15,22	18,97	21,18	-	0,26	0,28	0,33	0,35	-	210	-

виготовлені з бетону класу В 25. Випробування проводили у віці 1 доба, 2 доби та на 28 добу. Отримані значення показують, що клей набирає міцність в перші дві доби, а характер руйнування зразків по бетону свідчить про підвищену міцність клеєного з'єднання [4].

Дослідженню також підлягали особливості пружнопластичного деформування й руйнування при статичному й короткочасному циклічному навантаженні бетонів на відходах ГЗК. Відповідно до програми дослідження були виготовлені дві серії зразків кубів і призм. Зразки були випробувані східчастим навантаженням (у режимі м'якого навантаження при заданій амплітуді). Склад бетону проектного класу для обох серій - В40. Дрібним заповнювачем слугували відходи Новокириворізького гірничо-збагачувального комбінату, пластифікаційною добавкою слугував розчин сульфатоспиртової барди ССБ у кількості від маси цементу 0,1% для першої серії й 0,23% для другої.

З табл. 2 видно, що використовуваний бетон має підвищений модуль пружності й досить низьке значення максимальних деформацій стиску, що характерно взагалі для бетонів на відходах ГЗК.

Таблиця 2

Міцнісні та деформативні властивості використаних бетонів

Номер серії	Кубикова міцність, R, МПа	Призмova міцність, R _b , МПа	K= R _b /R	Початковий модуль пружності, E _b · 10 ⁻⁵	Граничні деформації при стиску, ε _R · 10 ⁻⁵
I	38	25,3	0,68	0,39	114
II	42	33,0	0,80	0,40	140

Як видно з табл. 2, міцнісні й деформативні характеристики бетону II серії відрізнялися від таких для серії I. Характерно, що одночасно зі збільшенням міцності й граничної стискальності бетону за рахунок збільшення кількості ССБ і зменшення В/Ц у складі бетону початковий модуль пружності практично не змінюється. У зазначеному складі бетону його фізико-механічні характеристики наближаються до властивостей важкого бетону на кварцовому піску. Ця обставина повинна враховуватися при проектуванні залізобетонних конструкцій з бетонів на дрібних заповнювачах з відходів збагачення залізних руд.

При випробуванні призм серії I на рівні навантаження більш ніж 0,77 від руйнуючого була відзначена малоциклова втома бетону.

Дослідження призм серії II показали, що при низьких рівнях циклічних навантажень визначена міцність може підвищуватися до 6-7%, а при

середніх - практично не змінюється.

Аналіз випробувань призм показав, що при високому рівні навантаження граничні деформації бетону ϵ_R збільшуються зі зменшенням навантаження й збільшенням кількості циклів. При цьому збільшення граничних деформація бетону ϵ_R відбувається в діапазоні навантажень, що приводять до малоциклової втоми бетону. Починаючи з деякого рівня навантаження, значення граничних деформацій стабілізуються, а потім при $\eta=0,75$ - зменшуються [5].

Висновки

Підводячи підсумки дослідженням основних фізико-механічних характеристик бетонів на відходах ГЗК, можна відзначити, що у відношенні міцнісних і деформативних властивостей, зазначені бетони не уступають, а по деяких параметрах і перевершують традиційні бетони на кварцовому піску.

Клей, який використовували у дослідженні, набирає проектну міцність уже в першу добу і якщо враховувати, що набір міцності бетону на відходах відбувається швидше ніж у традиційних цементних сумішах, то слід вважати, що таке сполучення матеріалів є досить ефективним для використання його при підсиленні залізобетонних конструкцій.

1. Бондаренко Г.Н. Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях из отходов ГОК. – Бетон и железобетон, 1975, №3, с. 6-8. 2. Василькова Г.А., Стороженко Г.Т. Бетони на основі відходів гірничо-збагачувальних комбінатів. – Буд. матеріали і конструкції, 1970, №6, с. 8-9. 3. Попруга Д.В. Міцність стикових з'єднань при підсиленні залізобетонних згинальних елементів у стиснутій зоні. Автореф. дис. на здобут. вч. ступ. канд. техн. наук. Київ: КНУБА, 2009. – 20 с. 4. Попруга Д.В. Ефективні матеріали для підсилення залізобетонних конструкцій / М. А. Валовой, Д. В. Попруга // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 17. – Рівне : НУВГП, 2008. – С. 7–13. 5. Валовой А.И. Влияние кратковременных переменных нагрузок на прочность, деформативность и трещиностойкость железобетонных элементов из бетонов на отходах обогащения железных руд. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Киев: КИСИ, 1980. – 20 с. 6. ДСТУ БА.1.1.-49-94. Методи фізико-механічних досліджень будівельних матеріалів. Терміни та визначення. – Введ.01.01.95. 7. ГОСТ 10180 – 90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Взамен ГОСТ 10180 – 78; Введ.01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990 – 45с. 8. ГОСТ 24452 – 80, ГОСТ 24544 – 81, ГОСТ 24545 – 81. Бетоны. Методы испытаний. – Введ.01.0182. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 55с.