

Пріоритетність та перспективність розробки бетонів на основі рециркульованих заповнювачів

Вікторія Зозулинець доктор філософії,^{1,2} (ORCID: 0000-0002-8066-2033)
Євген Мітасов, магістр¹, (ORCID: 0009-0004-9018-8277)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна

² Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів, 03037, проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

Представлено результати літературного аналізу та зазначено актуальність і перспективність досліджень зосереджених на розробці бетонних сумішей та бетонів на основі рециркульованих заповнювачів з бетонних конструкцій. Визначено, що науковою новизною зазначеного напрямку роботи є визначення процесів зменшення дефектності структури рециркульованого заповнювача та бетону на його основ. Наведено основну ідею досліджень за даною тематикою, а також характеристику сировинних матеріалів та методологію проведення досліджень. Окреслено наукову та практичну цінність очікуваних результатів отриманих в ході розробки даного матеріалу.

Ключові слова: рециркульований заповнювач, в'язучі речовини, утилізація, бетонні конструкції, дефектність структури.

1. ВСТУП

Питання широкого застосування рециркульованого заповнювача, виготовленого з перероблених бетонних конструкцій, є актуальним з кількох аспектів: необхідності утилізації великого обсягу відходів, що утворилися внаслідок бойових дій, з огляду на потребу в масовій відбудові та залученні для цього великої кількості сировини, а також з економічної, екологічної та раціональної точки зору. Однак, такі техногенні рециркульовані матеріали можуть мати значні структурні дефекти через їх походження та потребують розробки специфічних технологій для їх використання. Для України це питання ускладнюється наявністю органічних залишків та продуктів горіння, що утворилися внаслідок військових дій, що ускладнює формування бетонних структур на основі таких матеріалів. Можливими шляхами зменшення дефектів є введення модифікуючих добавок, що сприяють самозалікуванню бетонних елементів, та використання альтернативних цементів, здатних витримувати структурні коливання, викликані органічними домішками. Крім того, використання альтернативних цементів розширить сировинну базу для відбудови України, оскільки існуючих ресурсів навіть у перспективні буде недостатньо.

2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Задача, яку ставить перед собою дане дослідження, полягає у розробці бетонів загального будівельного призначення на основі рециркульованих залишків бетонних конструкцій, які утворилися внаслідок бойових дій. З урахуванням значних обсягів руйнування житлового фонду (більше 80 млн м²) та об'єктів промислових комплексів, а також потреби в їх відновленні, це питання набуває особливої актуальності та пріоритетності для будівельної індустрії та національної безпеки.

Відомо, що матеріали на основі портландцементних систем є необоротними продуктами, що не підлягають хімічному розкладанню та можуть бути утилізовані тільки шляхом механічної переробки [1]. У світовій практиці дедалі

більше з'являється робіт науковців, що спрямовані на розв'язання цієї проблеми [2]. Водночас, використання подібних матеріалів також обумовлює появу недоліків, що неприйнятні традиційним бетонним конструкціям [3]. Насамперед, питання обумовлено підвищеною дефектністю структури матеріалу самого рециркульованого заповнювача, який в процесі переробки і класифікації набуває дефектності структури (мікротріщин) та, відповідно, погіршує властивості кінцевого продукту.

Питання використання матеріалів на основі рециркульованих заповнювачів та лужних цементів активно досліджуються на світовому науковому ринку [4], вивчаючи поведінку таких матеріалів в різних умовах експлуатації [5,6]. Дослідники відзначають перспективність використання подібних систем та високі експлуатаційні показники, в той самий час відзначаючи підвищену вартість таких технологій та складність технології отримання матеріалу порівняно із традиційними цементними системами.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Основною ідеєю дослідження є використання рециркульованих заповнювачів, що утворились внаслідок процесу переробки та класифікації залишків бетонних будівель і споруд, що зазнали руйнувань та пошкоджень внаслідок ведення бойових дій та збройної агресії. Усунення недоліків у структурі матеріалу, що пов'язані із дефектністю структури такого заповнювача, передбачається за рахунок використання модифікуючих добавок різного походження та принципів дії, а також спільного впливу використання запропонованих добавок та в'язучих речовин різного виду (традиційних та лужних цементів). Узагальнення вищенаведених досліджень і досягнень дозволяє висунути гіпотезу, що поєднуючи особливості розвитку структури та властивості різних цементів та модифікуючих добавок різного складу та механізму дії можна забезпечити спрямований розвиток процесів структуроутворення бетонів на основі рециркульованого заповнювача з метою отримання малодфектної структури матеріалу та високих експлуатаційних властивостей.

3.1. Сировинні матеріали

В якості в'язучих речовин для виготовлення бетонних сумішей на основі рециркульованих заповнювачів, розглядається використання портландцементу ПЦ І – 400, шлакопортландцементу ШПЦ ІІІ – 400 та лужного цементу ЛЦЕМ-І, що дозволить проводити дослідження у 3-х напрямках та розширити номенклатуру будівельних матеріалів даного типу.

Рециркульований заповнювач фракцій 5-20 буде використаний у вигляді товарного продукту з переробного заводу, а також при додаванні залишків органіки, деревинної стружки, вуглецевого пилу у кількості 0...5 % за масою щебеню.

У якості досліджуваного матеріалу буде використано бетонну суміш класу С25, орієнтовний вміст цементу 350 кг/м³ (підбирається за контрольним складом за критерієм міцності).

Вміст рециркульованого заповнювача 1180 кг/м³.

У якості модифікуючих добавок будуть використані пластифікуючі добавки, добавки, що провокують ущільнення структури шляхом формування новоутворень у порах бетону, біодобавки, що сприяють самозаліковуванню бетонного каменю, тощо (згідно із аналізом літературних джерел і рекомендацій COST)

3.2. Методологія досліджень

Методологія досліджень в цілому передбачає дослідження впливу залишків органіки, продуктів горіння, тощо у складі рециркульованого заповнювача на властивості кінцевого продукту – бетонної суміші та бетону на її основі. Також, враховуючи специфіку досліджень, доцільним є використання методів фізико-хімічного аналізу (рентгенофазовий, диференційно-термічний та термогравіметричний аналізи, електронна мікроскопія, інфрачервона спектроскопія, мікрозондовий аналіз) і математичного планування експериментів залежності фізико-технічних властивостей цементів та напрямків їх структуроутворення.

Для дослідження і визначення структурних характеристик гідратних фаз у присутності модифікаторів (зміна морфології, склад аніонів у гідратованих сполуках, ступінь кристалізації) доречним є використання відомих методів, а саме ІК- спектроскопії, малокутового розсіювання рентгенівських променів, методу спектроскопії ядерно-магнітного резонансу (ЯМР), електронної мікроскопії з використанням новітніх методик та обладнання.

3.3. Очікувані результати досліджень

В результаті проведеної роботи будуть зазначені рецептурні рішення щодо отримання ефективних малodefekтних бетонів на основі рециркульованих заповнювачів та різних видів в'язучих речовин, що не тільки відкриє можливість утилізації великотонажних відходів бойових дій, але й дозволить розширити варіативність отримання бетонів різного призначення. Оскільки будівельні відходи, утворені внаслідок ведення бойових дій, наявні у різних регіонах України, їх можна розцінювати як місцеву сировину, що дозволить не тільки вирішувати екологічні питання утилізації відходів, але й оптимізувати логістичну складову постачання матеріалів для відновлення країни.

Очікувані напрацювання досліджень зосереджених в даному напрямку представлятимуть інтерес для муніципалітетів міст, селищ, а також об'єднаних

територіальних громад, що зазнали руйнувань внаслідок збройної агресії росії. Реалізація проекту не тільки дозволить вирішити питання утилізації великотонажних промислових відходів, але й дозволить значно наростити темпи будівництва та відновлення інфраструктури та пошкодженого та зруйнованого житлового фонду за рахунок отримання великого сировинного ресурсу у вигляді вторинного рециркульованого заповнювача як місцевої сировини. Крім того, буде розширено варіативність використання в'язучих речовин, що може стати важливою запорукою високих темпів повоєнного відновлення.

4. ВИСНОВКИ

Основною концепцією представленої роботи є розвиток досліджень у напрямку: «склад – структура – властивості – технологія». Очікувані результати роботи будуть досягнуті за допомогою визначення взаємозв'язку складом цементів різної природи та механізмів їх тверднення, впливом модифікаторів різних за типом і структурою на розвиток процесів самозаліковування структури бетону на основі рециркульованих заповнювачів, а також на здатність протидіяти шкідливому впливу матеріалів органічного походження та продуктів горіння в структурі такого заповнювача. Це у комплексі дозволить отримати нові закономірності спрямованого розвитку структури бетонів на основі рециркульованих заповнювачів, що характеризуються стабільністю структурно – механічних характеристик у часі.

Список літератури

- [1] Ferronato, N., Fuentes Sirpa, R. C., Guisbert Lizarazu, E. G., Conti, F., & Torretta, V. (2023). Construction and demolition waste recycling in developing cities: management and cost analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(9), 24377-24397.
- [2] F. de Andrade Salgado, F. de Andrade Silva. Recycled aggregates from construction and demolition waste towards an application on structural concrete: A review. *Journal of Building Engineering*, 52, 104452 (2022)
- [3] Soomro F.A. et al. Shrinkage of concrete panels made with recyclable concrete aggregates. *Engineering technology and applied science research*, (2019), 9(2), 4027-4029.
- [4] M. Alhawati, A. Ashour, G. Yildirim, A. Aldemir, M. Sahmaran. Properties of geopolymers sourced from construction and demolition waste: a review/ *J. Build. Eng.*, 50 (2022), Article 104104
- [5] Lancelotti I., Vezzali V., Leonelli C. Alkali activation for management of construction and demolition wastes coming from earthquake. *Procc. International conference Geopolymers 2023* (2023).
- [6] Giannopoulou I. and others. High temperature performance of geopolymers based on construction and demolition waste. *Journal of Building Engineering*, 72, 106575 (2023)