

Перспективність виготовлення швидкотверднучих бетонних сумішей та бетонів на їх основі

Вікторія Зозулинець, PhD, с. н. с.² (ORCID: 0000-0002-8066-2033), Володимир Киричок, PhD, с. н. с.¹ (ORCID: 0000-0001-5444-7252), Софія Макаренко, студентка¹ (ORCID: 0009-0007-5351-7547)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

² Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів, Україна

АНОТАЦІЯ

Представлено результати літературного аналізу та зазначено актуальність і перспективність досліджень зосереджених на розробці бетонних сумішей та бетонів на основі швидкотверднучих бетонних сумішей. Визначено мету та основні завдання досліджень за даною тематикою. Наведено методологію проведення досліджень, а також наукову та практичну цінність очікуваних результатів отриманих в ході роботи, що спрямована на розробку складів швидкотверднучих бетонних сумішей, які досягають міцності при стиску 20-30 МПа через 2-3 години з подальшим зростанням до понад 80 МПа.

Ключові слова: швидкотверднучі бетонні суміші, в'язучі речовини, рання міцність, відновлення бетонних конструкцій.

1. ВСТУП

Бетон є найбільш широко використовуваним будівельним матеріалом для промислового та цивільного будівництва. З'єднання між старими та новими бетонними елементами з'явилося при ремонті залізобетону та з'єднанні збірних бетонних конструкцій. Якість зчеплення між старими та новими бетонними елементами визначає, чи буде несуча здатність і довговічність «відремонтованої» конструкції працювати як монолітна конструкція. Таким чином, дослідження міцності зв'язку та механізму між новими та старими бетонними елементами має важливе значення для інженерних застосувань. Протягом терміну служби бетонних конструкцій можуть виникнути деякі дефекти, які потребують термінового обслуговування та ремонту. Швидке схоплювання та швидке твердіння бетону може скоротити час обслуговування бетонних та залізобетонних конструкцій, підвищити ефективність будівництва та забезпечити економічні та соціальні вигоди.

2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Прикладною проблемою на яку спрямовано дане дослідження є розробка технології швидкотверднучих бетонних сумішей для оперативного відновлення залізобетонних конструкцій. З огляду на реалії сьогодення, забезпечення швидкого будівництва та відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій стратегічного призначення, а також підвищення надійності та довговічності оборонних споруд, безумовно, є пріоритетним завданням всього будівельного комплексу країни.

Світовий і вітчизняний досвід показує, що сучасні технології бетону дозволяють створювати ефективні будівельні матеріали нового покоління, що характеризуються високими ранньою і проектною міцністю (20...30 і 60...150 МПа відповідно на 2 і 28 день твердження), водонепроникністю (W12), морозостійкістю (F600) і водопоглинанням менше 1...2 % [1,2]. Застосування технологій бетону нового покоління є актуальним для розробки матеріалів для оперативного

відновлення бетонних споруд. Однак ці цементи та бетони на їх основі є досить дорогими.

З розвитком будівельної галузі та вимоги до ефективності будівельних матеріалів значно підвищуються, це стосується і раннього набору міцності [3]. Швидкотверднучий сульфоалюмінатний цемент (FHSC) — це вид цементу, на основі якого бетон може досягти цільової міцності протягом 6 годин. Проте, незважаючи на високу продуктивність, використання подібних матеріалів не завжди фінансово доцільне, особливо, якщо мова йде про великі об'єми роботи [4].

Ключовим аспектом є також регулювання консистенції бетонних сумішей, що вимагає обґрунтованого вибору сумісних речовин органічного і неорганічного походження в системі «в'язуча речовина – хімічна добавка» [5,6].

Поєднання експериментальних і теоретичних даних служить основою для розробки швидкотверднучих матеріалів для оперативного відновлення і підсилення бетонних і залізобетонних конструкцій.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Відомо, що теоретичними передумовами синтезу міцності, довговічності і спеціальних властивостей будівельних матеріалів є найбільш повне використання енергії цементів, створення оптимальної мікроструктури при їх твердінні, зменшення макропористості та підвищення тріщиностійкості. З таких позицій в найбільш вигідній ситуації є лужні цементи і бетони на їх основі. Відомі роботи з розробки і використання високоміцних шлаколужних бетонів в конструкціях, що підлягають статичним, динамічним та атмосферним навантаженням. Теоретичні узагальнення цих напрацювань і практичні досягнення дозволяють прогнозувати можливість отримання нового класу будівельних матеріалів, а саме швидкотверднучих будівельних сумішей, за рахунок комплексного підходу до направленої управління процесами структуроутворення цементного каменю з використанням різних видів в'язучих речовин.

Основною ідеєю проекту є використання потенційних властивостей гібридних лужних цементів при розробці на їх основі швидкотверднучих бетонних сумішей за рахунок направленої управління процесами структуроутворення та

властивостями цементуючої матриці і бетонів шляхом коригування компонентного складу цементу в умовах введення до їх складу модифікуючих добавок та корегування складу заповнювачів. Доцільним є і використання технічних та технологічних засоби і методи, які забезпечують зниження дефектності мікроструктури в умовах швидкісного структуроутворення цементного каменю, підвищення міцності на розтяг при згині та ударної стійкості бетонів.

3.1. Мета та основні завдання

Метою дослідження є розробка швидкотверднучих бетонних сумішей для оперативного відновлення залізобетонних конструкцій.

Основні завдання:

- дослідити властивості швидкотверднучих бетонних сумішей залежно від виду в'язучого на відсоткового вмісту компонентів системи;
- вивчити вплив модифікаторів різної природи на процеси структуроутворення композиційних матеріалів на основі швидкотверднучих бетонних сумішей;
- дослідити вплив різних видів в'язучих речовин на структурні особливості швидкотверднучих бетонних сумішей на різних рівнях структури;
- вивчити довготривалі експлуатаційні властивості розроблених бетонів, які впливають на довговічність та нормативний термін експлуатації конструкцій.

3.2. Методологія досліджень

В ході досліджень передбачається проведення комплексу фізико-хімічних, фізико-механічних досліджень та комп'ютерної мікроскопії для виявлення основних закономірностей формування структури і властивостей штучного каменю на основі швидкотверднучих бетонних сумішей. Розробка та оптимізація складів здійснюватиметься за допомогою математичного планування експериментів, з врахуванням фізико-технічних властивостей цементів та напрямків їх структуроутворення.

3.3. Очікувані результати досліджень

Очікувані результати роботи будуть досягнуті за допомогою визначення особливостей процесів структуроутворення різного виду в'язучих речовин і комплексів модифікуючих добавок. Результатом проведеної роботи будуть визначені заходи отримання швидкотверднучих матеріалів, в тому числі, виготовлених за технологією «високофункціональних» бетонів (реакційно-порошкові бетони, для підводного бетонування, торкрет-бетони тощо), на основі швидкотверднучих бетонних сумішей, які характеризуються швидким твердненням – 50-60 МПа через 3 доби, що є співставним з аналогами на глиноземистому цементі, і особливошвидким твердненням – 20-30 МПа через 3 год, що переважає аналогі на геополімерах.

Для світового та вітчизняного матеріалознавства очікувані результати будуть цінними з огляду на підвищення ефективності використання і розкриття потенційних можливостей в'язучих речовин, зокрема у напрямку розробки швидкотверднучих бетонних сумішей, що характеризуються високою технологічністю, та будуть направлені на забезпечення надійності будівель та споруд. Також напрацювання отримані в ході даних досліджень представлятимуть інтерес для муніципалітетів міст, селищ, а також об'єднаних територіальних громад, що зазнали

руйнувань. Крім того, буде розширено варіативність використання в'язучих речовин, що може стати важливою запорукою високих темпів повесного відновлення.

4. ВИСНОВКИ

Розроблені матеріали будуть характеризуватись високими експлуатаційними властивостями. Отримані характеристики обумовлюють актуальність використання вказаних матеріалів для аварійного відновлення, ремонту і підсилення бетонних об'єктів та споруд. Забезпечення пришвидшеного набору міцності, адгезії до мінеральних основ, міцності на розтяг при згині, водостійкості можуть бути науково обґрунтовані за рахунок визначення напрямків процесів структуроутворення, визначення фазового складу новоутворень і морфологічних особливостей структурних одиниць в залежності від взаємовідношення складових цементуючого матеріалу, умов затвердіння і визначення ефективних органічно-мінеральних модифікаторів, направлених на формування полярних, ланцюгових та лінійних структуроутворюючих з'єднань.

Список літератури

- [1] Meng, L. Y., Yi, H., Park, K. B., Lin, R., & Wang, X. Y. (2025). Partial replacement of ordinary Portland cement with belite-rich cement to produce limestone calcined clay cement to regulate the hydration process, improve strength, and reduce carbon emissions. *Construction and Building Materials*, 460, 139865.
- [2] Ghafoori, N., Maler, M. O., Najimi, M., Hasnat, A., & Gbadamosi, A. (2024). Role of Cement Type on Properties of High Early-Strength Concrete. *Journal of Composites Science*, 9(1), 3.
- [3] Yong, C. L., Zhang, F., Ma, X., Lee, H. V., Onn, C. C., Koting, S., & Mo, K. H. (2025). Integrated analysis of strength, microstructure, and environmental impact of thermally activated ladle furnace slag cement mortar. *Construction and Building Materials*, 482, 141712.
- [4] Murtaza, M., Zhang, J., Yang, C., Cui, X., Su, C., & Ramadan, A. N. (2024). Performance analysis of self compacting concrete by incorporating fly ash, coal gangue powder, cement kiln dust and recycled concrete powder by absolute volume method. *Construction and Building Materials*, 431, 136601.
- [5] Shah, S. F. A., Chen, B., Odetji, S. Y., Haque, M. A., & Ahmad, M. R. (2020). Improvement of early strength of fly ash-slag based one-part alkali activated mortar. *Construction and Building Materials*, 246, 118533.
- [6] Thomas, S. E., Ramaswamy, K. P., & Thomas, B. S. (2023). A review on rheological behaviour of alkali activated materials and the influence of composition factors. *Materials Today: Proceedings*.