

УДК: 666.971.1

DOI: 10.20535/iwccmm2026355395

ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МІНЕРАЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА ПОРОВУ СТРУКТУРИ ТА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ РОЗЧИНІВ НА ЦЕМЕНТНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

Нестеренко М. Б.

*Аспірант кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний
університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
e-mail: 1. nesterenkom@iit.kpi.ua*

Анотація. Робота має оглядовий характер та спрямована на аналіз та узагальнення інформації про актуальні дослідження впливу фізико-хімічних характеристик та гранулометричних параметрів мінеральних функціональних наповнювачів природного походження (пісок та вапняк) так і різноманітних наповнювачів техногенного походження на формування порової структури та морозостійкість та, як наслідок, довговічність і збереження заданих експлуатаційних характеристик матеріалів. Враховуючи кліматичні умови в яких знаходиться територія України, значна частина будівельних конструкцій експлуатується в умовах циклічних температурних коливань і підвищеної вологості, що робить актуальним покращення відповідних параметрів.

Ключові слова: мінеральні наповнювачі, композити, гранулометрія, морозостійкість, властивості, структура, склад.

Підвищення довговічності та експлуатаційної надійності сухих будівельних сумішей на цементному в'язучому у мурувальних, штукатурних, теплоізоляційних і ремонтних роботах при зовнішньому використанні або в неопалювальних приміщеннях є актуальним у сьогоденні.

Метою роботи є аналіз та узагальнення результатів актуальних досліджень закономірностей впливу характеристик функціональних наповнювачів природного та техногенного походження на порову структуру композитів та їх довговічність протягом циклів заморожування-відтавання. У дослідженнях використані стандартні методи вимірювання на міцність та стиск, дослідження мінерального (фазового) складу методом рентгенофазового аналізу, дослідження порової структури методами SEM.

Так у випадку використання еолового піску було досліджено композити з різними співвідношеннями пісок/в'язуче (портландцемент), а саме 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1 та піддано їх відповідно 0, 20, 40, 60, 80 циклам заморожування-відтавання [1]. Авторами дослідження отримано результати які показують, що еоловий пісок у складі ефективно зменшує пошкодження внутрішньої порової структури спричинені циклами заморожування-відтавання. Присутній ефект мікрозаповнення еоловим піском не тільки зменшує пористість, але й сприяє більш рівномірному розподілу розмірів пор, зменшуючи частку великих пор і збільшуючи частку дрібних пор, покращуючи структуру пор з точки зору збереження міцності композиту за триваючих циклів заморожування-відтавання. Авторами встановлено, що оптимальним співвідношенням піску до в'язучого є 0,25 за якого морозостійкість досягає свого оптимального рівня. Зі збільшенням кількості еолового піску у складі цей показник зменшується.

В іншому дослідженні авторами обрано метод заміни у складі композиту портландцементу без мінеральних добавок портландцементом з мінеральною добавкою - шлаком доменним гранульованим [2]. Визначено, що морозостійкість зменшується зі збільшенням коефіцієнта заміщення портландцементом зі шлаком через недостатнє ущільнення структури пор розміром менше 150 нм та зсуву піку розподілу розмірів пор у бік більшого діаметра. Збільшення частки великих пор спричиняє підвищення проникності композиту (бетону, суміші).

Заміна традиційних функціональних наповнювачів (кварцових пісків) вапняковим борошном/порошком/піском та вплив цих наповнювачів на довгострокову міцність на стиск та довговічність досліджені в різних комбінаціях даних матеріалів в композиті [3]. Встановлено, що вапняковий наповнювач значно знижує міцність на стиск за високого співвідношення водоцементного відношення (в/ц) 0,47, тоді як його вплив на суміші з низьким в/ц 0,36 є помірним, подібним до впливу кварцового піску. На відміну від піску, вапняковий наповнювач знижує стійкість композиту до міграції хлоридів при в/ц 0,47, тоді як цей ефект стає незначним при зниженні цього співвідношення до 0,36. Частки вапнякового наповнювачу у матриці композиту забезпечують зменшення усадки розчину, особливо у сумішах з низьким в/ц. Вапняковий наповнювач збільшує як розмір пор, так і частку більших пор розміром понад 50 нм у сумішах із в/ц 0,47, але з помірним збільшенням за в/ц 0,36.

Композити можуть мати комбінований вплив циклів заморожування-відтавання та сульфатів. Авторами іншого дослідження використано розчини з комбінацією доменного шлаку, вапнякового борошна та золи виносу [4]. У рамках дослідження було проведено цикли заморожування-відтавання у чистій воді та у розчині Na_2SO_4 з масовою часткою 5%. Результати показали, що вапнякове борошно ущільнює структуру, але його активність є низькою. При вмісті до 20% хімічна реакція є вищою, ніж фізична. Пуцоланова активність золи та шлаку збільшує кількість продуктів вторинної гідратації, оптимізують структуру пор та покращують щільність. Комбінування вапняного порошку, золи та шлаку може покращити морозостійкість. Морозостійкість композиту за наявності сульфатного середовища погіршується на відміну від середовища з чистою водою. Є зміни морфології, втрата маси, зменшення міцності на стиск та розтяг.

ВИСНОВКИ

Аналіз джерел показав, що використання функціональних наповнювачів природного і техногенного походження (вапнякового борошна/порошку/піску, шлаку доменного гранульованого, золи виносу, поліфракційного піску) сприяє ущільненню мікроструктури та зменшенню об'єму капілярних пор, що впливає на підвищення морозостійкості та довговічності будівельних матеріалів. Підбір складів та комбінацій функціональних наповнювачів, водоцементного відношення дозволяє досягати максимізації необхідних властивостей в залежності від умов та середовища використання матеріалу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zhang, J., Gao, Z., Zhang, H., Chen, S., Qin, X., & Zhang, H. (2025). Effect of aeolian sand on pore structure and frost resistance of foam concrete. *Journal of Building Engineering*, 114, 114445. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.114445>
2. Ding, Z., Quy, N. X., Noguchi, T., Kim, J., & Hama, Y. (2022). A study on the change in frost resistance and pore structure of concrete containing blast furnace slag under the carbonation conditions. *Construction and Building Materials*, 331, 127295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127295>
3. Zhang, M., Lv, H., Zhou, S., Wu, Y., Zheng, X., & Yan, Q. (2023). Study on the Frost Resistance of Composite Limestone Powder Concrete against Coupling Effects of Sulfate Freeze–Thaw. *Buildings*, 13(11), 2776. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13112776>
4. Jiang, Z., Yang, Q., Wang, B., Li, C., Zhang, J., & Ren, Q. (2024). Limestone filler as a mineral additive on the compressive strength and durability of self-compacting concrete with limestone manufactured sand. *Journal of Building Engineering*, 94, 109965. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109965>