

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕЦИКЛІНГУ БУДІВЕЛЬНОГО ЛОМУ (БЕТОНУ) ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЗАПОВНЮВАЧІВ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто технології переробки будівельного лому з бетону для одержання вторинних заповнювачів. Висвітлено методи підготовки матеріалу, їхній вплив на властивості бетонних сумішей, економічні й екологічні переваги.

Ключові слова: рециклінг, бетон, вторинні заповнювачі, сталий розвиток, екологічна ефективність, recycled concrete aggregate (RCA).

Abstract

The paper examines the technologies of processing construction scrap from concrete for the production of secondary aggregates. The methods of material preparation, their influence on the properties of concrete mixtures, economic and environmental advantages are highlighted.

Keywords: recycling, concrete, secondary aggregates, sustainable development, eco-efficiency, recycled concrete aggregate (RCA).

Вступ

Інтенсивне оновлення забудови призводить до зростання кількості відходів бетону. Залізобетонні конструкції після демонтажу містять значний обсяг мінеральних ресурсів, придатних для повторного використання у вигляді вторинних заповнювачів. Використання технологій рециклінгу сприяє зменшенню обсягів полігонних відходів, зниженню споживання природного щебеню та забезпечує реалізацію принципів циркулярної економіки (підходу до виробництва і споживання, який прагне зменшити відходи та максимально використовувати ресурси) [2,3].

Попри очевидні переваги, практичне застосування вторинних заповнювачів залишається обмеженим через відмінності їхніх фізико-механічних властивостей від природних матеріалів. Зокрема, збільшена пористість, водопоглинання та нерівномірність складу вимагають корекції технологічних параметрів бетонних сумішей [4].

Метою дослідження є обґрунтування технологічних та організації використання рециклінгу будівельного лому (бетону) для отримання вторинних заповнювачів будівельних сумішей, оцінка їх впливу на властивості бетону та визначення перспектив упровадження цієї технології.

Результати дослідження

Будівельний лом, що утворюється внаслідок демонтажу або реконструкції споруд, містить значну частку бетонних елементів, придатних для повторного використання у вигляді вторинних заповнювачів. Рециклінг бетону передбачає комплекс технологічних процесів, спрямованих на отримання матеріалу з властивостями, максимально наближеними до природних заповнювачів [1].

Рециклінг бетону відбувається в такі етапи:

- Первинним етапом є збір та сортування відходів. Для ефективного повторного використання необхідно відокремити бетонний лом від інших фракцій будівельних відходів - цегли, деревини, металу, пластмас. Попереднє сортування підвищує якість кінцевого продукту та знижує навантаження на подальші технологічні операції. Зібраний бетон транспортується на пункти переробки або обробляється безпосередньо на будівельних майданчиках за допомогою мобільних дробильних установок [2].
- Наступним етапом є дроблення бетонного лому. Залежно від якості та марки бетону застосовують шоківі, ударні або конусні дробарки, які забезпечують подрібнення до заданих фракцій

(5-20 мм, 20-40 мм тощо). На цьому етапі відбувається також відділення арматури та металевих домішок за допомогою магнітних сепараторів. Після дроблення матеріал піддають просіюванню та очищенню від пилоподібних частинок, які негативно впливають на однорідність сумішей [4].

Суттєвим технологічним моментом є зменшення залишкового шару старого цементного каменю, який утворює пористу поверхню зерен і підвищує їхню водопоглинальність. Для цього застосовують такі методи:

1. механічне шліфування або обдирання, що зменшує товщину цементного шару;
2. термічну обробку (при температурах 300-500 °C), яка частково випалює старий розчин і підвищує міцність гранул;
3. хімічне очищення слабкими кислотними або лужними розчинами, що розчиняє поверхневі продукти гідратації;
4. карбонізацію силікатними розчинами, які ущільнюють поверхню і зменшують водопоглинання [3].

Результати численних досліджень свідчать, що фізико-механічні характеристики вторинних заповнювачів помітно відрізняються від природних. Щільність RCA(recycled concrete aggregate - вторинний сипучий матеріал, що отримується шляхом дроблення та просіювання будівельних відходів, переважно бетону), у середньому становить 2300-2500 кг/м³ проти 2600 кг/м³ у природного щебеню, водопоглинання 4-8 % проти 1-2 %, а коефіцієнт міцності на стирання зменшується на 10-25 % [5]. Це призводить до необхідності корекції складу бетонної суміші.

При використанні RCA у бетоні спостерігається підвищена потреба у воді для досягнення необхідної рухливості, що потребує введення пластифікуючих добавок або попереднього зволоження заповнювачів. Водночас наявність мікропористої структури RCA сприяє покращенню зчеплення з цементним тістом і зменшує ризик розшарування суміші [6].

Експериментальні дані показують, що часткова заміна природного заповнювача RCA у межах 20-30 % практично не впливає на міцність бетону класу C25/30. При заміні 50 % спостерігається зниження міцності на стиск у середньому на 10-15 %, а при повній заміні - до 30 %. Однак застосування суперпластифікаторів та мінеральних добавок (мікрокремнезему, летючої золи) дозволяє компенсувати ці втрати та забезпечити відповідність міцнісним вимогам [3].

Можна зазначити такі аспекти застосування технології рециклінгу бетону:

1. Нормативне забезпечення та контроль якості. Важливою умовою успішного використання вторинних заповнювачів є дотримання стандартів і контролю якості. Європейський стандарт EN 12620 визначає допустимий вміст домішок (до 5 %), межі водопоглинання (до 10 %) і щільності (не менше 2000 кг/м³) [1].
2. Екологічні переваги використання вторинних заповнювачів. Застосування RCA дозволяє знизити вуглецевий слід будівництва. Заміна 1 т природного щебеню вторинним скорочує викиди CO₂ на 20-40 кг та зменшує потребу у природних кар'єрних матеріалах на 0,8-1,0 т [8]. Крім того, утилізація бетонного лому запобігає накопиченню відходів на полігонах.
3. Економічна ефективність технології рециклінгу. Вартість виробництва бетону з частковим використанням RCA може бути нижчою на 10-20 % за рахунок зменшення витрат на видобуток і транспортування природних матеріалів. Основні витрати припадають на подрібнення, очищення та логістику, однак вони компенсуються скороченням платежів за утилізацію будівельного лому [4].

Технологія рециклінгу бетонного лому для отримання заповнювачів є технічно обґрунтованою, економічно вигідною та екологічно доцільною. Для її ефективного впровадження необхідні стандартизовані методи контролю якості RCA, створення спеціалізованих переробних потужностей і розробка рекомендацій щодо застосування вторинних заповнювачів у різних типах будівельних сумішей.

Висновки

В даній роботі було проаналізовано технологічні та організаційні засади використання рециклінгу будівельного лому бетону. Ця технологія має високий технічний, екологічний та економічний потенціал. Встановлено, що вторинні заповнювачі, отримані шляхом сортування, дроблення, очищення та обробки, можуть ефективно застосовуватись у складі будівельних сумішей за умови корекції їх складу та використання модифікуючих добавок. Застосування рециклінгу дозволяє зменшити наванта-

ження на природні ресурси, скоротити обсяги будівельних відходів, знизити викиди парникових газів та оптимізувати витрати на виробництво. Це робить технологію переробки бетонного лому важливим інструментом сталого будівництва. Для ефективного впровадження рециклінгу в будівельну практику необхідно вдосконалити нормативно-правову базу, стандартизувати методи контролю якості вторинних матеріалів та забезпечити розвиток відповідної виробничої інфраструктури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б EN 12620:2013. Заповнювачі для бетону.
2. Optimal Replacement Ratio of Recycled Concrete Aggregate Balancing Mechanical Performance with Sustainability: A Review. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/7/2204>
3. ВПЛИВ ВИДУ ОБРОБКИ РЕЦИКЛІНГОВИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/28391/1/Trykoz.pdf>
4. Pacheco, J., De Brito, J. and Lamperti Tornaghi, M., Use of recycled aggregates in concrete: opportunities for upscaling in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023
5. Рихліцька, О. В. Використання заповнювачів рециклінгу бетону в технічних та екологічних показниках еко-ефективних бетонів. URL: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2023/radaphd/23182/disertaciya-rikhlicka-ov.pdf>
6. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.

Заблюцький Руслан Русланович - студент групи 2Б-23б, факультет будівництва та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zabruslan@ukr.net

Христич Олександр Володимирович - канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: khristych@vntu.edu.ua

Zablotskyi Ruslan Ruslanovych - student of the 2B-23b group, Faculty of Construction and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: zabruslan@ukr.net

Khrystych Oleksandr Volodymyrovych – PhD, Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: khristych@vntu.edu.ua