

Карбонізація бетону і корозія арматури залізобетонних конструкцій підземних каналізаційних систем

Валерій Макаренко, д.т.н., професор¹ (ORCID: 0000-0001-668-3957), Оксана Бердник, к.т.н., доцент¹ (ORCID: 0000-0001-5321-3518), Наталія Амеліна, к.т.н., доцент¹ (ORCID: 0000-0002-3076-8120)

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

АНОТАЦІЯ

В роботі вивчався процес карбонізації бетону з різним співвідношенням води до цементу (В/Ц). Досліджувався вплив середовища на корозійні uszkodження арматури залізобетону. Наведені результати дослідження карбонізації бетону на спеціально приготовлених модельних зразках бетону розміром 250x250x250мм з терміном експозиції в розчині NACE на протязі 500 діб без зовнішнього навантаження. Дані, викладені в роботі, свідчать про активну карбонізацію бетону на протязі всього терміну експозиції зразків в розчині NACE, однак особливо значній за інтенсивністю карбонізації піддається бетон, приготовлений на співвідношенні В/Ц=0.5 і 0.6. В меншій мірі піддається карбонізації бетон із співвідношенням В/Ц=0.7. Причому, аналогічна тенденція спостерігається й для корозії арматури.

Ключові слова: корозія, арматура, карбонізація, бетон, експозиція.

1. ВСТУП

В останні роки відбулося накопичення значної кількості даних, які засвідчують значний внесок біодеструкції в процеси руйнування будівельних матеріалів, в тому числі бетону. Гідротехнічні спорудження (наприклад підземні каналізаційні системи) – це частина техносфери, яка безпосередньо взаємодіє з водною оболонкою біосфери і активно впливає на якість природних вод. В зв'язку з цим виникла задача оцінити вплив біофактора на процеси деструкції бетону гідротехнічних споруджень, зокрема бетону каналізаційних підземних конструкцій (рис.1). В даній статті узагальнені експериментальні і натурні мікробіологічні дослідження, проведені спільно із спеціалістами Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона НАНУ. В процесі досліджень були ретельно обстежені каналізаційні системи багатьох міст України та гідротехнічних споруд. Було встановлено, що біологічна корозія бетону представляє собою процес uszkodження бетону, виникаючий в результаті життєдіяльності живих організмів таких, як бактерії різних видів, гриби тощо, які поселяються на поверхні будівельних конструкцій. Мікроорганізми-біодеструктори здатні спричинити руйнування практично любых будівельних матеріалів і конструкцій, в тому числі і бетону, який є штучним матеріалом. Біоушкодження будівельних матеріалів зводиться до порушення зчеплення складових компонентів. Найбільш активними в корозійному відношенні є літотрофні бактерії, окислюючи неорганічні з'єднання, нітрифікуючі бактерії, які отримують енергію шляхом окиснення відновлених неорганічних з'єднань азоту, в тому числі постійно присутнього в атмосфері аміаку, процес йде до утворення азотної кислот. Отже, азотна кислота і є причиною руйнування будівельних матеріалів. Не менш руйнівна роль стосується другої групи – бактерій, які окислюють з'єднання сірки. Бактерії можуть руйнувати не тільки бетон, але й сталеву арматуру і багато інших металевих споруджень і конструкцій. В цьому випадку дія мікроорганізмів носить біоелектрохімічний характер. Відмічається найбільший вплив на метал бактерій,

утворюючих кислоти – це сульфатредуючі, нітрифікуючі і тіонові.

2. МЕТА РОБОТИ

В якості модельного середовища використовували розчин бактерій двох видів СВБ – сульфат відновлювальні і ГТБ – гетеротрофні які в різних об'ємах додавали в розчин. Бетонні зразки виготовляли на цементі марки 300, 500 і 600 з різним відношенням цементу і води.

Глибину карбонізації бетону визначали хімічним методом з оцінки водневого показника – рН середовища та за допомогою використання фенолфталеїну за прикметами кольорів розбіжності (метод ФФТ).

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На рисунку 1 і 2 наведені результати вимірів довжини тріщин, які утворюються в зразках уздовж арматурних трижнів.

Як відомо з літературних джерел [1], ще на початку 20-го століття було встановлено, що головні компоненти цементного каменю в бетоні, такі як гідросилікати, гідроалюмінати, гідроалюмоферити і гідроксид кальцію, можуть існувати в твердій фазі в рівновазі з рідкою фазою тільки при умові її насичення чи пересичення відносно іонів Ca^{2+} . Тривале зберігання каналізаційних стоків в підземних галереях, які мають як правило аркові залізобетонні конструкції (рис.2) обов'язково приведе до вищерблювання іонів кальцію і поступового розкладення кристалогідратів цементного каменю, тобто до корозії бетону першого виду. Однак, стадійність розкладення компонентів цементного каменю і ступінь втрати ним захисних властивостей по відношенню до арматури вивчені недостатньо. Зокрема, корозійні процеси в бетоні і арматурі відрізняються: в надводній (корозія карбонізації) і підводній (корозія вищерблювання) частинах каналізаційних підземних галерей [1-2].

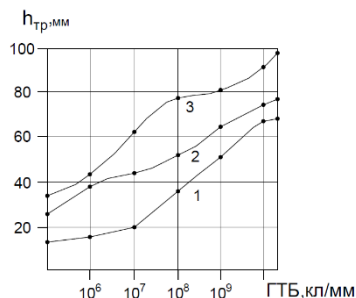


Рисунок 1. Залежності довжини тріщин в бетоні (уздовж арматурних стрижнів) від концентрації бактерій ГТБ в модельному розчині. Позначення: 1 – бетон класу В40 В/Ц=0.4; 2 – бетон класу В45 з В/Ц=0.6; 3 – бетон класу В40 з В/Ц=0.7

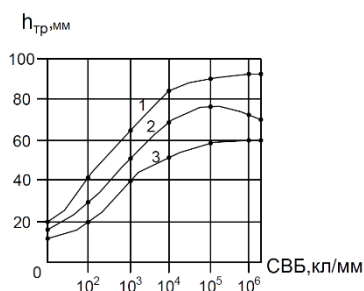


Рисунок 2. Залежності довжини тріщин в бетоні (уздовж арматурних стрижнів) від концентрації бактерій СВБ в модельному розчині. Позначення: 1 – бетон класу В40 з В/Ц=0.4; 2 – бетон класу В45 з В/Ц=0.6; 3 – бетон класу В40 з В/Ц=0.7

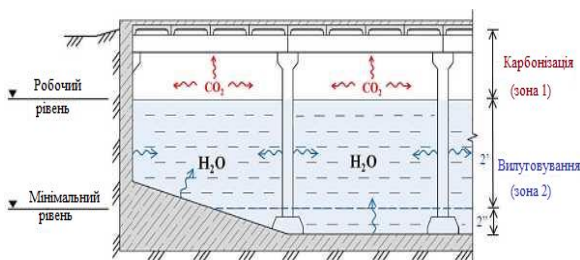


Рисунок 3. Схема каналізаційних побутово-промислових стоків. Зона 1 - впливу вуглекислого газу повітря, що супроводжується карбонізацією бетону - в надводній частині; зона 2 - вплив на бетон каналізаційної водної суміші, що спричиняє корозію вищерблювання - в підводній частині: зона 2' - зона «змінного горизонту»; зона 2'' - зона постійного знаходження залізобетонних конструкцій під водою.

Необхідно прийняти до уваги, що цю проблему поглиблює низька ремонтпридатність залізобетону у випадку розвитку корозійних процесів в арматурі залізобетонних конструкцій. В зв'язку з цим виникає необхідність забезпечення необхідних термінів служби армованих бетонних конструкцій, експлуатованих в умовах агресивних середовищ. Перш за все, поглиблюють і прискорюють цей негативний процес наступні фактори: водонепроникливість бетону, вплив на конструкцію не розрахункових навантажень, вищерблення окремих компонентів цементного каменю, накопичення й кристалізація солей, проникнення в бетон агресивних газів і солей, схильність до карбонізації тощо. Як свідчать

результати експериментальних випробувань, наведені в роботі [3], кращою стійкістю до впливу агресивного зовнішнього середовища, в тому числі каналізаційного підземного повітря в умовах 100% вологості і агресивного лужного середовища бетону, володіє базальтопластикова арматура. В той же час, в ході експериментальних досліджень відмічена висока деформативність конструкцій, армованих базальтопластиковою арматурою. Прогини і ширина розкриття тріщин в даних конструкціях перевищує аналогічні значення для зразків-близнюків зі сталеву арматурою в 4-8 раз.

Необхідно відмітити, що ДБН103 “Арматура склопластикова. Технічні умови” не містить необхідних нормативної бази, що не дозволяє ввести загальні правила позначення вимоги до властивостей, внаслідок чого неможливо проектувати композитобетонні конструкції без прив'язки до виробника арматури.

В п'ять раз більш низький модуль пружності G в порівнянні зі сталеву арматурою приводить до зниження навантаження елемента згину, що в підсумку унеможливіло їх використання в складних напружених умовах. Рівняння рівноваги дійсні по відношенню перерізів із сталеву арматури.

4. ВИСНОВКИ

Вибираючи матеріал для проектування бетону, слід звернути увагу на якість заповнювача, в тому числі на вміст в ньому реакційно-здатних з лугами компонентів і мінералів. Заповнювачі, які містять такі компоненти можуть спричинити, так звану, “внутрішню корозію” бетону. Вона полягає в тому, що реакційно-здатні компоненти заповнювача вступають в хімічну взаємодію з лугами цементу і хімічних добавок, утворюють на контактній поверхні з цементним каменем і в мікротріщинах зерен заповнювачів в'язкий силікатний гель, внаслідок чого підвищується внутрішній тиск, що приводить до розтріскування бетону. Процес розвивається повільно, але в той же час веде до повної деструкції бетону. Такого роду ушкодження бетонних конструкцій спостерігали на різних гідротехнічних спорудах. Основний захист від внутрішньої корозії – обмеження лугів в бетоні та застосування мінеральних добавок. Крім того, слід звернути увагу, що бетон, підданий внутрішній корозії, практично неможливо ремонтувати.

Список літератури

- [1] Berdnyk O Yu, Lastivka O V, Maystrenko A A, Amelina N O. Processes of structure formation and neoformation of basalt fiber in an alkaline environment. – IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020). – Vol. 907. – 012036.
- [2] Song J. Basalt fibre-reinforced PA1012 composites: Morphology, mechanical properties, crystallization behaviours, structure and water contact angle J. Compos. Mater. 2014. V. 49. № 4. pp. 415–424.
- [3] Gaff M., Kačík F., Gašparík M., Makovická Osvaldová L., Čekovská H. 2019. The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. Construction and Building Materials. Vol. 200: 551-558.