

УДК: 624.012

DOI: 10.20535/iwccmm2024303101

КАРБОНІЗАЦІЯ БЕТОНУ: ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ, ДІАГНОСТИКА

Дарина ЗЮЗЬ,
Студентка 2 курсу
КПІ ім. Ігоря Сікорського
ziuz.daryna@lil.kpi.ua

Дмитро МОНЖЕРАН
Аспірант
КПІ ім. Ігоря Сікорського
info@rbst.pro

Олексій СІКОРСЬКИЙ
Старший викладач, к.т.н.
КПІ ім. Ігоря Сікорського
o.sikorsky@kpi.ua

Анотація: Карбонізація бетону – це поступовий і необоротний процес, який відбувається між вуглеклим газом із повітря з водою, яка міститься у порах бетону. В процесі отримання залізобетону відбувається реакція гідратації цементу внаслідок якої утворюється гідроксид кальцію, за рахунок якого водневий показник показує рН близький до 12,5 а це доволі лужне середовище. В такому середовищі процеси корозії арматури пасивуються. Процес карбонізації плавно мігрує до арматури із границі поділу фаз бетон-повітря. Водневий показник карбонізованого бетону зменшується до дев'яти, що порушує інертність сталі і запускає процеси іржавіння. Сталева арматура при іржавленні збільшується в об'ємі, що з часом призводить до руйнування поверхневого шару бетону через надмірні внутрішні напруги. Дана робота присвячена дослідженню причин виникнення карбонізації бетону, наслідкам цього процесу та діагностиці даного явища. В тезах також висвітлена актуальність проблеми забезпечення довговічності залізобетонних конструкцій.

Ключові слова: вологість, діагностика, карбонізація, корозія, арматура, фенолфталеїн

Abstract: Carbonation of concrete is a gradual and irreversible process that occurs between carbon dioxide from the air and water contained in the pores of concrete. In the process of obtaining reinforced concrete, a cement hydration reaction takes place, as a result of which calcium hydroxide is formed, due to which the hydrogen indicator shows a pH close to 12.5, which is a rather alkaline environment. In such an environment, the processes of corrosion of reinforcement are passivated. The carbonization process smoothly migrates to the reinforcement from the concrete-air phase separation boundary. The hydrogen index of carbonized concrete decreases to nine, which disrupts the inertness of steel and triggers rusting processes. Steel reinforcement when rusting increases in volume, which eventually leads to the destruction of the surface layer of concrete due to excessive internal stresses. This work is devoted to the study of the causes of carbonation of concrete, the consequences of this process, and the diagnosis of this phenomenon. The theses also highlight the relevance of the problem of ensuring the durability of reinforced concrete structures.

Key words: carbonation, corrosion, diagnostics, fittings, moisture, phenolphthalein

Проблема забезпечення довговічності залізобетонних конструкцій є дуже актуальною. Приблизно 75% будівельних конструкцій, які експлуатуються у різних країнах постійно піддаються руйнівному впливу агресивних середовищ [1]. У підземному будівництві ця цифра може збільшитись до 80-90%. На ремонт і відновлення ушкоджених конструкцій у промислово розвинених країнах витрачається до 40% капіталовкладень, в свою чергу для нового будівництва використовується менше 60%. Особливо великі витрати на ремонт та відновлення відзначені у мостобудуванні.

Наприклад, в США у 1990-х роках на ремонт та відновлення мостів витрачалося понад 20 млрд. доларів, потім ці витрати щорічно зростали на 0,5 млрд. У Великобританії щорічні витрати на ремонт мостів становлять понад 1 млрд. доларів.

На промислових підприємствах, особливо на підприємствах хімічної промисловості, можливі значні пошкодження конструкцій, пов'язані з агресивною дією розчинів солей, кислот тощо.

Великий вплив на корозійний стан залізо бетонних конструкцій має довкілля: водоповітряне середовище, ґрунтові води та агресивні речовини, що містяться в них [1-4].

Найважливішим фактором, що знижує термін служби залізобетонних конструкцій, є корозія сталеві арматури, яка призводить до зменшення її поперечного перерізу, зниження зчеплення з бетоном, зміни міцності властивостей сталі та залізобетонних конструкцій в цілому. Серед різних факторів [5, 6] на корозію арматури може значною мірою впливати дія хлоридів і карбонізація бетону. Пасивну дію по відношенню до сталеві арматури зазвичай забезпечує висока лужність порової рідини в бетоні, граничне значення водневого показника якої становить 11,8. При його зниженні пасивуючий шар на поверхні арматури виявляється нестабільним і сталь у бетоні внаслідок так званої депасивації починає активно кородувати на фоні розвитку відповідного електрохімічного процесу. При цьому дія хлоридів та карбонізація захисного шару бетону можуть посилювати корозійний процес та

призводити до розвитку точкової або протяжної по довжині арматурного стрижня корозії сталі. Найбільш інтенсивно цей процес проходить в областях тріщин у бетоні, що перетинають арматурні стрижні.

Агресивний вплив двоокису вуглецю CO_2 , залежно від умов навколишнього середовища може проявлятися подвійно. У конструкціях, що зазнають атмосферного впливу, вуглекислота викликає формування карбонату кальцію. У гідравлічних спорудах спостерігається таке явище, як вилуговування. До нього схильні в'язучі матеріали. Утворення карбонату кальцію відбувається внаслідок проникнення в бетон двоокису вуглецю. Цей процес полягає в трансформації вапна з утворенням карбонату кальцію. Процес протікає у присутності води та двоокису вуглецю. Його концентрація залежить від навколишніх умов: наприклад, від рівня промислового забруднення в районі експлуатації бетонної конструкції. У якісному бетоні рівень рН перевищує 13, у цих умовах на стрижнях арматури виникає пасивуюча плівка оксиду заліза, що ізолює їх від кисню та вологи. Якщо споруді під впливом вуглекислоти спостерігається утворення карбонатів, рівень рН у бетоні знижується до 9, тобто лужність середовища навколо стрижнів арматури знижується. Коли рівень рН менше 11, пасивуюча плівка нейтралізується, і сталева арматура піддається агресивному впливу кисню і вологи, що знаходяться в атмосфері. У подібних умовах починається корозія арматурних стрижнів, а обсяг новоутворень може зростати до 6 разів. Бетон, що оточує арматурні стрижні, відшаровується і може повністю відвалитися. Як тільки почнеться руйнування бетону, руйнування арматурних стрижнів інтенсифікується, оскільки з'являються нові шляхи доступу для кисню та вологи. Вуглекислота проникає всередину бетону, причому швидкість її проникнення значною мірою залежить від вологості: вона особливо інтенсивна, коли двоокис вуглецю знаходиться в газоподібному стані, тобто в порах, заповнених повітрям. У місцях сильного скупчення вологи вона значно нижча.

Таким чином, у порах, повністю заповнених водою швидкість проникнення може бути близько нуля.

Однак не слід забувати, що для утворення карбонатів під дією вуглекислоти волога абсолютно необхідна. На Рис. 1 зображено графік залежності швидкості проникнення двоокису вуглецю від рівня відносної вологості бетону.

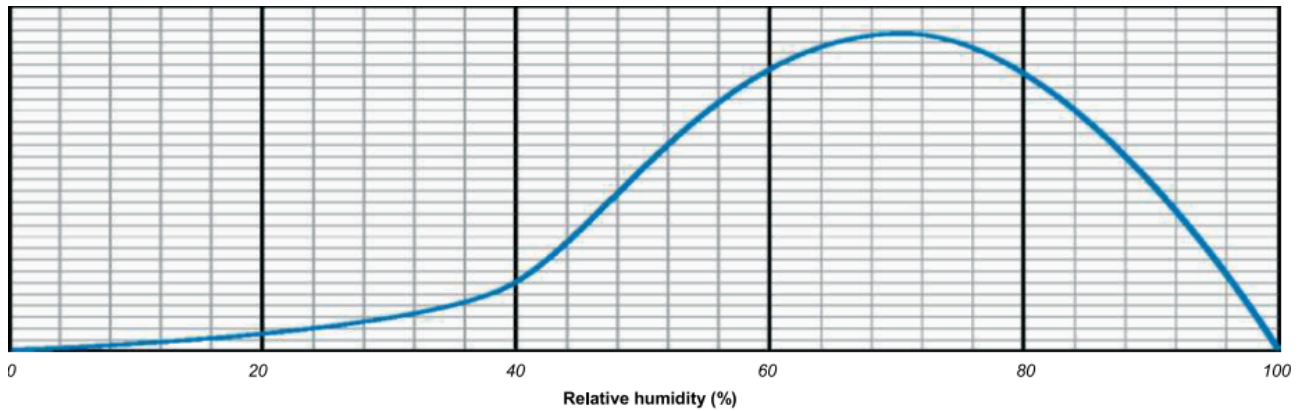


Рис. 1 Графік залежності швидкості карбонізації від відносної вологості у відсотках.

Найбільш небезпечний рівень вологості між 50% - 80%. За цим діапазоном, тобто, в умовах повної сухості, і повного вологонасичення, швидкість знижується до нуля (див. рис. 1).

Тепер можна з повною на те підставою стверджувати, що з перерахованих вище причин карбонізація завдає бетонним спорудам виняткової шкоди. Однак це не може стати визначальним фактором для будівництва із неармованого бетону.

Діагностика руйнування при карбонізації: щоб переконатися, що руйнування спричинене утворенням карбонатів, застосовується методика, що ґрунтується на зміні кольору бетону після обробки його поверхні 1-відсотковим водним розчином фенолфталеїну в етиловому спирті (стандарт UNI EN 13295:2005). Коли розчин контактує з не карбонізованим бетоном, він червоніє. Якщо бетон карбонізований, розчин свій колір не змінює.

Ця методика також дозволяє перевіряти глибину карбонізації бетону під впливом вуглекислоти. Приклад показаний на Рис. 2, де глибина утворення карбонатів становить приблизно 3 см.

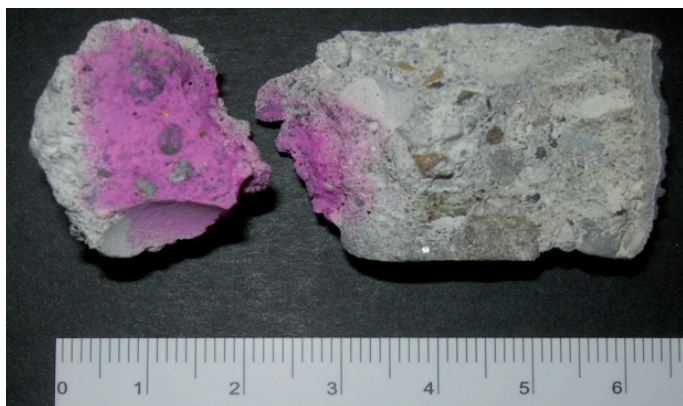


Рис.2 Кольоровий тест за допомогою фенолфталеїну

Глибина утворення карбонатів в армованому бетоні вказує на ступінь руйнування. Щоб усунути дефекти, необхідно видалити просочений двоокисом вуглецю бетон, що оточує арматурні стрижні [7].

ВИСНОВКИ

В роботі перераховані основні причини, які призводять до карбонізації бетону, а саме: склад води, повітря, рівень вологості, мікротріщини на поверхні бетонної конструкції.

Наслідками карбонізації бетону є руйнування його поверхневого шару та корозія арматури через зниження значення водневого показника, що як наслідок призводить до ослаблення конструкції та виведення її із ладу.

Представлена методика діагностики глибини карбонізації бетону за допомогою нанесення водно-спиртового розчину фенолфталеїну.

Список літератури:

11. Klimenko Y. V. (2012) Resurs zalizobetonnikh konstruksij [Resource of reinforced concrete constructions]. Visnik Odes'koї derzhavnoї akademії budivnitstva ta arkhitekturi – Bulletin of the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Odesa, OSACEA, no. 47, part 2, pp. 111-117 (in Ukrainian)

2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. ДБН В.2.6-98: 2009. – [Діючий від 2011-07-01]. - Київ : Мінбуд України, 2011. - 73 с. – (Національні стандарти України)

3. Бетони. Правила контролю міцності. * ДСТУ Б В.2.7-224:2009. - [Діючий від 2010-09-01]. - Київ: Мінбуд України, 2009. - 26 с. - (Національні стандарти України).

4. Бетони. Правила контролю міцності механічними методами неруйнівного контролю. * ДСТУ Б В.2.7-220:2009. – [Діючий від 2010-09-01]. - Київ: Мінбуд України, 2010. - 34 с. – (Національні стандарти України)

5. Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 7473-94). – [Діючий від 2000-02-23]. – Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та державної політики України, 2000. – 20 с. – (Національні стандарти України)

6. Вандаловська Л. А. Дослідження процесів корозії залізобетонних конструкцій прядильних цехів віскозних виробництв та розробка способів підвищення їх довговічності: автореферат дис. на здобуття вчений. степ. канд. техн. наук : 05.23.01 / Вандалівська Людмила Олексіївна. - Київ: НДІБК, 1971. - 22 с.

7. MAPEI SpA (2011) The deterioration of concrete, Booklet: [lines-technical-document-the-deterioration-of-concrete-en.pdf](#)