

УДК 69.07

ДОВГОВІЧНІСТЬ НЕСУЧИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА КРИТЕРІЄМ РУЙНУВАННЯ БЕТОНУ ЗАХИСНОГО ШАРУ АРМАТУРИ

Савицький М. В., докт. техн. наук, проф.; Шехоркіна С. Є., докт. техн. наук, доц.;
Бордун М. В., Ph. D; Савицький А. М.

Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. В сучасних нормах проектування залізобетонних конструкцій виключається можливість розвитку процесу корозії арматури. Але наявний досвід експлуатації конструкцій засвідчує, що на практиці ці процеси є одними з найбільш поширених, що приводять до деградації і руйнування залізобетонних конструкцій. Руйнування залізобетону внаслідок корозії арматури, зазвичай, відбувається в результаті нейтралізації бетону захисного шару кислими газами, депасивації арматури, розвитку процесу корозії і утворення на поверхні арматури різних сполук заліза, які чинять тиск на бетон в зоні контакту його з арматурою, утворення тріщин вздовж арматури, інтенсифікації процесу корозії арматури і втрати несучої здатності конструкції. Дослідження умов руйнування бетону захисного шару і встановлення визначальних параметрів і їх вплив на цей процес є актуальною науковою і прикладною проблемою.

Мета роботи. Дослідження умов руйнування бетону захисного шару, встановлення визначальних параметрів залізобетонних конструкцій їх впливу на процес утворення тріщин в бетоні захисного шару, формулювання критерію довговічності.

Виклад матеріалу. Результати. В роботі [1] були сформульовані умови надійності захисного шару або технологічних параметрів бетону захисного шару, що забезпечують безвідмовну роботу арматури при недопущенні її корозії. Далі розглянемо умови руйнування бетону захисного шару продуктами корозії арматури. На рисунку 1 представлено поперечний переріз бетонного елемента з арматурним стержнем, що кородує в ньому. Будемо вважати тиск продуктів корозії рівномірно розподіленим по поверхні контакту бетону та арматури. Розподіл напружень в плоскому полі, обмеженому прямою, з розташованим на деякій відстані від прямолінійного краю круговим отвором радіусом R , по контуру якого прикладено рівномірно розподілений тиск P , може бути визначено на основі передумов теорії пружності [2].

Якщо x позначено відстань, що відкладена від точки A вздовж осі A_x , то напруження σ_x по контуру прямолінійної грані на півплощини (осі A_x) буде дорівнювати:

$$\sigma_x = -4P \frac{x^2 - 2aR - a^2}{x^2 + 2aR + a^2}, \quad (1)$$

де a – найкоротша відстань до контуру отвору від межі півплощини; P – тиск продуктів корозії арматури.

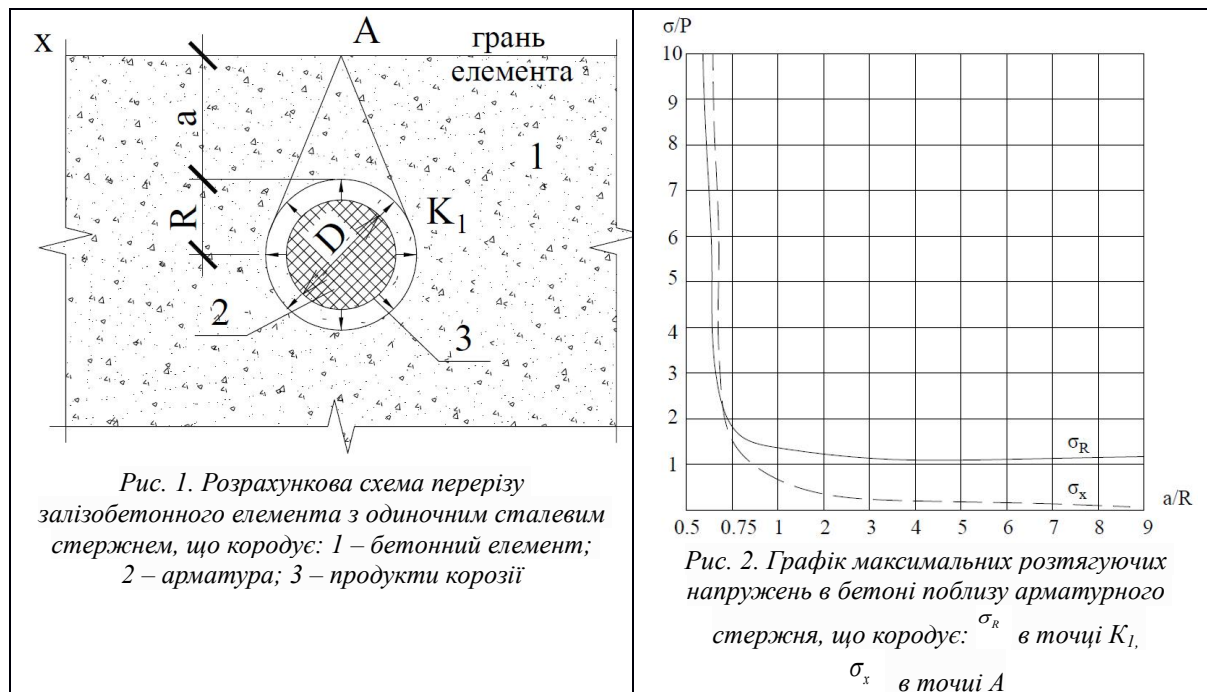
Функція $\sigma_x = f(x)$ має дві екстремальні точки:

1 – при $x = 0$ відповідає найбільшим напруженням розтягу, що виникають в точці A ;

2 – при значенні $x = \pm\sqrt{3(a^2 + 2aR)}$, відповідає максимальним напруженням стиску:

$$(\sigma_x)^+_{\max} = 4P \frac{R^2}{a^2 + 2aR}, \quad (2)$$

$$(\sigma_x)^-_{\max} = -\frac{1}{2}P \frac{R^2}{a^2 + 2aR}, \quad (3)$$



Напруження розтягу виникають також і на контурі кругового отвору. Максимальної величини вони досягають в точках контуру K_1 , де пряма, що проведена з точки A , буде дотичною до контуру отвору. Величина цих напружень σ_R буде дорівнювати:

$$(\sigma_R)_{\max} = P \frac{a^2 + 2aR + 2R^2}{a^2 + 2aR} \quad (4)$$

Прирівнявши вирази (2) та (4), отримаємо, що при значенні:

$$a = (\sqrt{3} - 1)R = 0.73R \quad (5)$$

найбільші напруження на контурі кругового отвору дорівнюють максимальним напруженням розтягу на межі напівплощини.

Якщо відстань $a < 0.73R$, то найбільші напруження виникатимуть в точці A прямолінійної межі напівплощини; якщо $a > 0.73R$, то тріщина виникне на контурі отвору (рис. 2).

Для більшості залізобетонних конструкцій $\frac{a}{R} > 0.73$, а отже, тріщина, що виникає внаслідок корозії арматури, повинна з'явитися на контурі отвору.

Вважається [3], що окиснення найчастіше протікає за параболічним законом, і зв'язок між товщиною окисної плівки δ_κ , що утворюється на поверхні металу, і часом корозії τ може бути виражена залежністю:

$$\delta_{\kappa}^2 = k\tau, \quad (6)$$

де k – константа, в яку входить коефіцієнт дифузії, концентрація кисню та деякий числовий коефіцієнт.

За умови, що до утворення тріщини та руйнування захисний шар працює в пружній стадії, запишемо спрощений вираз:

$$\varepsilon_{x,R} = \frac{1}{E} \sigma_{x,R}, \quad (7)$$

де E – модуль пружності бетону, а індекси x та R тут і в подальшому вказують, що вираз стосується бетону, відповідно на межі напівплощини і на контурі отвору (рис. 1).

В першому наближенні деформації бетону захисного шару ε_x з умови нерозривності деформацій лінійно пов'язані з ростом товщини δ_{κ} окисної плівки на сталі. Звідси, з урахуванням рівнянь (2.36) та (2.37), отримуємо залежність між напруженням в бетоні захисного шару $\sigma_{x,R}$ і часом корозії τ :

$$\sigma_{x,R}^2 = f\tau, \quad (2.38)$$

де f – коефіцієнт пропорційності.

Оскільки максимальний тиск \bar{P} є функцією параметра $\frac{a}{R}$ та міцності бетону при розтягненні $\bar{\sigma}$, то і довговічність τ є функцією цих же величин:

$$\tau = \Phi\left(\frac{a}{R}, \bar{\sigma}\right). \quad (8)$$

Висновки. Довговічність залізобетонних конструкцій істотно нелінійно залежить від міцності і товщини захисного шару бетону. Призначення раціональної величини захисного шару бетону, заходи щодо забезпечення проектної величини захисного шару при виготовленні залізобетону і підвищення міцності при розтягуванні бетону захисного шару, поряд із щільністю бетону, мають вирішальне значення для підвищення довговічності залізобетонних конструкцій.

Список використаних джерел

1. Савицкий Н. В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах : дис. ... д-ра техн. наук: [спец.] 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения, 05.23.05 – Строительные материалы и изделия. Днепропетровск, 1994. 400 с.
2. Савин Г. Н. Концентрация напряжений около отверстий. Киев : Наукова думка, 1968. 891 с.
3. Broomfield J. P. Corrosion of Steel in Concrete: Understanding, Investigation and Repair. CRC Press, 2006. 296 p.
4. Бик М. В., Букет О. І., Васильев Г. С. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс]. Електронні текстові дані (1 файл: 8,81 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 318 с.
5. Стоєв П. І., Литовченко С. В., Гірка І. О., Грицина В. Т. Хімічна корозія та захист металів : навч. посіб. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 216 с.