

ПАРАМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ БАЛКОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ ІЗ ТРІЩИНАМИ, ЗА УМОВ ПОПАДАННЯ НА НИХ АГРЕСИВНИХ РОЗЧИНІВ

Пропонується метод оцінювання залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в умовах агресивних середовищ, на основі контролю деяких електрохімічних параметрів.

Предлагается метод оценки остаточного ресурса железобетонных конструкций, что эксплуатируются в условиях агрессивных сред, на основе контроля некоторых электрохимических параметров.

This is a method which is suggested for the valuation of a residual resource of the constructions of reinforced concrete working in the conditions of the aggressive surroundings on the basis of control of some electrochemical parameters.

Ключові слова: експлуатація, агресивне середовище, електрохімічні параметри, довговічність.

Постановка проблеми. Існуючі нормативні документи не визначають довговічність залізобетонних конструкцій, а лише призначають засоби захисту залежно від агресивності середовища. У більшості ж випадків норми агресивності не збігаються з агресивністю середовища, що передбачається, оскільки в будівлях і спорудах ступінь агресивності змінюється в широких межах на одній і тій же конструкції, в різних місцях конструкції.

Тому проблема оцінювання залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій будівель та споруд у даних умовах є важливою і потребує пошуку надійних методів.

Аналіз останніх досліджень. Теорія розрахунку ресурсу балкових залізобетонних конструкцій, яка ґрунтується на поступовому накопиченні уражень у процесі експлуатації, висвітлена в праці [1]. За допомогою критерію живучості, котрий характеризує ресурс у сприйнятті зовнішніх навантажень, визначається доцільність підсилення або відновлення ураженої конструкції. Слід відмітити, що даний критерій відображає результат накопичення уражень у бетоні залізобетонних конструкцій. За накопиченням уражень у бетоні оцінюється залишковий ресурс також і в роботі [2].

На основі еспериментальних досліджень [3, 4] отримані залежності, які дозволяють розрахувати ресурс роботи залізобетонних конструкцій при корозії арматури. Терміном придатності прийнято вважати появу поздовжніх тріщин у бетоні над розтягнутою арматурою залізобетонних балок. У якості внутрішніх параметрів прийняті діаметр арматури, коефіцієнт армування, товщина та клас бетону захисного шару.

Виходячи з вивчення динаміки розкриття тріщин і корозії розтягнутої арматури, розраховувати залишковий ресурс балкових залізобетонних конструкцій пропонується в роботі [5]. Проблемним у даній методиці залишається визначення ступеня корозії арматури в тріщині.

Розроблено ряд методів, спрямованих на виявлення рівня вичерпання ресурсу в пошкоджених корозією несучих залізобетонних конструкціях. Пропонується визначати несучу здатність балкових залізобетонних конструкцій за міцністю нормального перерізу, який включає внутрішній непошкоджений корозією бетон та зовнішній шар частково деградованого бетону [6, 7].

Існують методики прогнозування довговічності залізобетонних конструкцій, що будуються на врахуванні неоднорідності таких параметрів, як проникливість і товщина захисного шару бетону, час його карбонізації, час дифузії хлоридів через бетон та ін. [8, 9, 10].

Аналіз показує, що в розроблених методиках із визначення залишкового ресурсу, довговічності залізобетонних конструкцій не в повній мірі вдається досягти потрібної достовірності й точності результатів унаслідок відсутності належних даних із динаміки корозії арматури. Більшість методик передбачає стаціонарні режими експлуатації конструкцій; не враховує того, що швидкість корозії арматури, деградаційні процеси в бетоні змінні за часом; будується на емпіричних залежностях, супутніх процесах (карбонізації бетону, дифузії агресивного середовища через бетон та ін.).

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Залишається не розв'язаною проблема визначення залишкового ресурсу балкових залізобетонних конструкцій на базі використання законів електрохімічної кінетики корозії металу арматури в агресивних розчинах. Зважаючи на те, що була розроблена математична модель роботи гальванічної пари «арматура в тріщині – арматура під бетонним покриттям» [11], з'являється можливість поповнити методики визначення залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій на базі застосування даної моделі.

Формулювання цілей роботи. Метою даної роботи є отримання залежностей для визначення залишкового ресурсу балкових залізобетонних конструкцій на основі замірів електрохімічних характеристик арматури при попаданні агресивного розчину в нормальні тріщини.

Виклад основного матеріалу. Відмова несучої здатності балкових залізобетонних конструкцій настане тоді, коли напруга у розтягнутій арматурі на площі перерізу, що залишилася після корозії, перевищить межу плинності арматурної сталі,

$$\sigma_s > R_s, \quad (1)$$

де σ_s - напруга в арматурі від експлуатаційного навантаження;

R_s - характеристика міцності арматури (межа плинності).

Для згинальних залізобетонних елементів нерівність (1) може бути записана так:

$$M_r - M_q > M_r - M_r [1 - \nu(t)], \quad (2)$$

де M_r – гранична несуча здатність конструкції на момент обстеження;
 M_q – згинальний момент, що діє на конструкцію під час експлуатації на момент обстеження;

$\nu(t) = \Delta A_s / A_s$ – відносна втрата площі перерізу розтягнутої арматури на момент оцінювання залишкового ресурсу.

Різниця між граничною несучою здатністю на момент обстеження M_r і розрахунковим зусиллям M_q , що діє на конструкцію під час експлуатації, створює запас несучої здатності, який можна взяти до уваги при розрахунках ресурсу згинальної конструкції з ураженою корозією арматурою в тріщинах.

У розгорнутому вигляді нерівність (2) буде такою:

$$R_s z_1 A_s - \sigma_s z_2 A_s > R_s z_1 A_s - R_s z_1 A_s [1 - \nu(t)]. \quad (3)$$

Нерівність (3) після перетворення набуде вигляду

$$1 - \frac{\sigma_s z_2}{R_s z_1} > 1 - [1 - \nu(t)],$$

або

$$1 - \frac{z_0}{m} > \nu(t), \quad (4)$$

де $m = \frac{R_s}{\sigma_s}$ – коефіцієнт запасу напруги в арматурі;

$z_0 = \frac{z_2}{z_1}$ – відносне плече внутрішньої пари відповідно на момент

обстеження z_2 і при перебуванні конструкції в граничному стані z_1 .

Із врахуванням раніше отриманої залежності для визначення струму гальванопари, що діє в нормальній тріщині [11], вираз (4) набуває вигляду

$$1 - \frac{z_0}{m} > \frac{2K}{7,87\pi D^2 a_m} \left(\frac{2(E_k - E_a)\gamma}{\pi} \frac{\sin^2 \frac{\kappa\pi a}{2}}{\kappa(1 + \frac{\kappa\pi L}{c})} \right) t,$$

або

$$1 - \frac{z_0}{m} > \frac{2}{D} A t, \quad (5)$$

$$A = \frac{K}{7,87\pi D a_\delta} \frac{2(E_a - E_k)\gamma}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin^2 \frac{\kappa\pi a}{c}}{k \left(1 + \frac{\kappa\pi L}{c}\right)},$$

де E_a, E_k – стаціонарні потенціали металу арматури в досліджуваній тріщині й під бетонним покриттям, В;

γ – питома електропровідність агресивного розчину, Ом⁻¹см⁻¹;

a – половина ширини розкриття нормальної тріщини в перерізі, що досліджується, см;

c – половина відстані між нормальними тріщинами, см;
 a_m – ширина розкриття тріщини в перерізі, що досліджується, см;
 K – електрохімічний еквівалент, г\А год;
 D – початковий діаметр арматури, см;
 t – час корозії, год;
 k – 1, 2, 3.....;
 $L = \gamma \times b$, см;
 b – коефіцієнт поляризації металу арматури, Ом см².

Параметри $E_a, E_k, \gamma, a_m, a, c$ визначаються замірами на реальних конструкціях.

Використавши формулу (5), можливо розрахувати граничний час експлуатації конструкції при корозії арматури в магістральній тріщині

$$t = \frac{1 - \frac{z_0}{m}}{2A} D. \quad (6)$$

Усі необхідні параметри можуть бути отримані з проектною документації, безпосередніми замірами і з довідкової літератури.

Висновки.

1. Одержана залежність для визначення залишкового ресурсу балкових залізобетонних конструкцій, що експлуатуються з нормальними тріщинами, за умов попадання на них агресивних розчинів.

2. Залежність містить параметри, які можуть бути отримані на основі замірів на реальних залізобетонних конструкціях та даних проектною документації.

3. Розрахунки за такою залежністю дозволяють одержати інформацію для прийняття рішень щодо подальшої експлуатації конструкції.

Література

1. Чирков В.П. Оценка ресурса железобетонных конструкций при коррозии арматуры /В.П. Чирков, А.Н. Кардангушев // Изв. вузов. Строительство. – 1992. – №3. – С.3–9.
2. Ахметзянов Ф.Х. К оценке остаточного ресурса железобетонных конструкций при накоплении повреждений /Ф.Х. Ахметзянов //Изв. вузов. Строительство. –1992. – №2. – С.6–9.
3. Мигунов В.Н. Влияние внутренних факторов на скорость образования продольных трещин железобетонных конструкций с учетом коррозионного поражения арматуры класса А-1 и А-111/ В.Н. Мигунов //Изв. вузов. Строительство. – 2003. – №3. – С.121–123.
4. Попеско А.И. Инженерный метод расчета усиленных железобетонных стержней с коррозионными повреждениями / А.И. Попеско, О.И. Анцыгин, А.А. Дайлов //Бетон и железобетон. – №2. – 2006. – С.11–14.
5. Потапов Ю.Б. Расчет долговечности железобетонных конструкций с учетом коррозии арматуры / Ю.Б. Потапов, П.А. Головинский, Г.Д. Шмелева //Изв. вузов. Строительство. – 2003. – №6. – С.113–117.
6. Бліхарський З.Я. Напружено-деформований стан залізобетонних конструкцій в агресивному середовищі при дії навантаження: автореф. дис. /З.Я. Бліхарський. – К.: КНУБіА, 2005. –20 с.
7. Бондаренко В.М. О влиянии коррозионных повреждений на силовое сопротивление железобетонных конструкций /В.М. Бондаренко, В.Г. Назаренко, О.Б. Чупиев //Бетон и железобетон. –1999. – №6. – С.27–30.

8. *Zur chloridinduzierten Makroelementkorrosion von Stahl in Beton /Raupach Michael//Dtsch. Ausschuss Stahlbeton. –1992. –P.433.*

9. *Васильев А.И. Вероятностная оценка остаточного ресурса службы железобетонных мостовых конструкций/А.И.Васильев//Автомобільні дороги і транспортне будівництво: наук.-техн. зб. – К. 2004. – Вип.69. – С.20–24.*

10. *Бондаренко В.М. К вопросу об оценке силового сопротивления железобетона, поврежденного коррозионными воздействиями/ В.М. Бондаренко, В.Н. Прохоров //Изв. вузов. Строительство. – 1998. – №3. – С.30–40.*

11. *Бондар В.О. Математичне моделювання корозії залізобетонних конструкцій в тріщинах транспортних споруд / В.О. Бондар, О.В. Степова // Современные технологии и материалы в дорожном хозяйстве: материалы Международ. науч.-техн. конф. – Х.: ХНАДУ, 2006. – С.45–48.*

Надійшла до редакції 19.02.2009

© Л.В. Бондар, О.В. Степова