

Вплив корозії на елементи залізобетонних конструкцій

Даніл Візиренко, здобувач ступеня вищої освіти «магістр»¹ (ORCID:0009-0003-7715-1384), Віра Колякова, канд. техн. наук, доцент¹ (ORCID:0000-0001-6879-8520), Софія Шевчук, здобувачка ступеня вищої освіти «бакалавр»¹ (ORCID:0009-0001-7326-7799), Анна Маргошина, здобувачка ступеня вищої освіти «бакалавр»¹ (ORCID:0009-0009-4112-509X)

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

АНОТАЦІЯ

Представлено результати математичного порівняння залізобетонних елементів будівлі до та після впливу агресивного середовища [1,2]. Розрахунок виконано за нелінійною деформаційною методикою з урахуванням приросту деформацій в перерізі бетону та арматури.

Ключові слова: корозія, вплив, агресивне середовище, залізобетонні балки, залізобетонні конструкції.

ВСТУП

Проблеми якості та довговічності будівельних конструкцій, як з технічної, так і економічної точок зору, особливо в умовах ризику корозії, стають дедалі більш актуальними для будівельників. Багато дослідників присвятили свої дослідження вивченню цього питання [1,2,3]. Зрозуміло, що в багатьох випадках економічно доцільно збільшити початкові витрати на створення конструкції та її надійний захист, якщо це сприяє зниженню кількості та вартості ремонтів під час експлуатації. Це особливо важливо для залізобетонних конструкцій, де сталеві арматура може бути надійно захищена бетоном, який, у свою чергу, може бути високо стійким до впливу навколишнього середовища.

МЕТА РОБОТИ

Математичне порівняння конструкції балок до та після пошкодження корозією.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження несучої здатності залізобетонної балки до та після впливу корозії передбачає аналіз вихідних даних, математичні розрахунки, проведення випробувань на навантаження та аналіз отриманих результатів для оцінки впливу агресивного середовища. Це дослідження дозволяє виявити різницю в ефективності експлуатації конструкцій, що зазнали корозійних пошкоджень [2, 6].

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження деформацій крайньої грані стиснутої зони бетону і прогинів залізобетонних балок, проводили постійно під час тривалих експериментальних випробувань [6]. Відносні деформації арматури ϵ_s , бетону ϵ_b , прогини f_{max}^{exp} визначали при величині граничного згинального моменту, який відповідав втраті несучої здатності балки при текучості арматури M_u^{exp} та при $0,7 M_u^{exp}$ [4, 6].

Аналіз початкових даних

Для визначення характеристик деформацій конструкцій, які не зазнали впливу агресивного середовища, спочатку проводили випробування на згин під короточасним

навантаженням. Експериментально отримані значення деформацій арматури, бетону та прогинів балок, що відповідають граничному стану — втраті несучої здатності через текучість арматури — були зафіксовані в результатах досліджень. (табл.1) [3].

Експериментальні величини				Розрахункові величини прогинів f мм, згідно діючих норм	
Деформації бетону $\epsilon_b \times 10^5$ при M_u^{exp}	Деформації арматури $\epsilon_s \times 10^5$ при M_u^{exp}	прогинів		при $0,7 M_u^{exp}$ $f_{0,7}^{exp}$, мм	при M_u^{exp} f_1^{exp} , мм
		при $0,7 M_u^{exp}$ f_1^{exp} , мм	при M_u^{exp} f_1^{exp} , мм		
188,5	315,2	6,96	13,20	6,07	9,42
143,5	290,9	7,08	12,52	5,80	9,06

Таблиця 1. Деформації експериментальних балок, не пошкоджених корозією.

Графіки зміни деформацій арматури, бетону стиснутої зони і прогинів балок, випробуваних короточасним навантаженням, а також при короточасному навантаженні до заданого проектного рівня ($0,3 \dots 0,7 M_u^{exp}$) для балок, які випробувувались тривалим навантаженням, з подальшим відновленням наведено на рис.1.

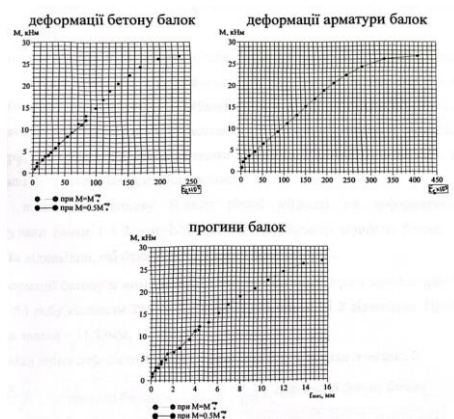


Рисунок 1. Деформації балок, не пошкоджених корозією.

Проаналізувавши дані з табл.1 та рис.1 можна зробити висновок, що текучість арматури настає при величині згинального моменту 25,53 кН · м та 23,49 кН · м.

Порівняння результатів розрахунків

Дослідження впливу агресивного середовища на деформації балок, проводили випробуванням балок на сумісну дію навантаження та агресивного середовища. При випробуванні змінними параметрами були характеристики бетону, рівень прикладеного навантаження, а також наявність або відсутність одночасного впливу навантаження та агресивного середовища.

Визначення впливу деформацій на бетон при різній міцності проводили випробуванням балки з $\mu \approx 1,5\%$ (2Ø14A400C) і призмовою міцністю бетону $f_{cm} = 44$ МПа, яка була навантажена до рівня $0,7 M_u^{exp}$.

Деформація бетону в момент втрати несучої здатності при текучості арматури на 51 добу складала 236×10^5 . Прогин балки складав $f = 11,53$ мм [4].

Час перебування балок в агресивному середовищі під навантаженням і без навантаження був однаковим. Після перебування балок в агресивному середовищі їх випробували короточасним навантаженням до руйнування. Досягнення граничного стану за текучістю арматури відбулося на 51-54 день. Перерізи бетону при втраті несучої здатності для балок, які перебували під впливом агресивного середовища і навантаження, і лише агресивного середовища відрізнялися на 15...20%. Експериментальні величини деформацій бетону стиснутої зони і прогини, які відповідають втраті несучої здатності M_u^{exp} та $0,7 M_u^{exp}$. Наведені у (табл. 2).

Час, діб	Експериментальні величини			Розрахункові величини прогинів f мм, згідно діючих норм	
	Деформації арматури $\epsilon_b \times 10^5$ при M_u^{exp}	прогинів		при $0,7 M_u^{exp}$ f_1^{exp} , мм	при M_u^{exp} f_2^{exp} , мм
		при $0,7 M_u^{exp}$ f_1^{exp} , мм	при M_u^{exp} f_2^{exp} , мм		
235,6	315,2	-	11,53	-	10,73
255,7	290,9	-	11,41	-	10,19

Таблиця 2. Деформації експериментальних балок, пошкоджених корозією, в залежності від тривалості дії навантаження.

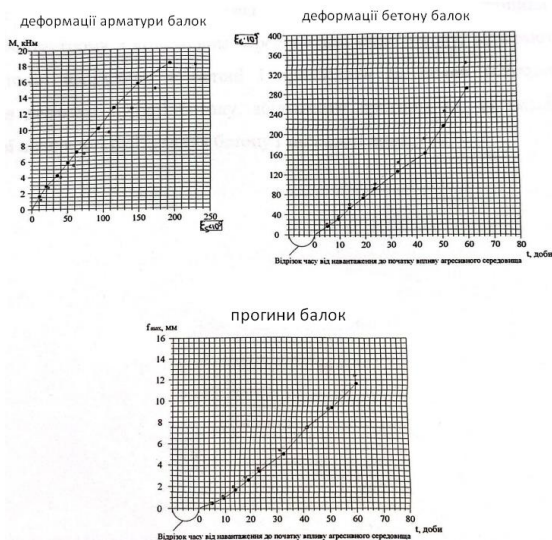


Рисунок 2. Деформації арматури, бетону балок та прогини балок.

Аналіз результатів дослідження

Аналіз результатів показує, що одночасний вплив навантаження та агресивного середовища є більш сприятливим фактором для дослідження балок порівняно з впливом лише агресивного середовища. Значне збільшення деформацій у стиснутій зоні бетону та прогинів залізобетонних балок в умовах сірчаної кислоти відбувається через зменшення поперечного перерізу балок.

ВИСНОВКИ

1. Збільшення прогинів балок спостерігалось після досягнення текучості арматури, при цьому кінцеві значення прогинів залежать від рівня навантаження експериментальних зразків [5].

2. Під час тривалого навантаження, порівняно з короточасним, кінцеві значення деформацій бетону та прогинів зростають. Це зумовлено тим, що при тривалій дії навантаження мікротріщини, які утворюються в контакті бетону з агресивним середовищем через корозію, стають концентраторами напружень, що призводить до появи нових мікротріщин, підвищення деформативності бетону, збільшення прогинів та, як наслідок, до прискореного руйнування бетону і текучості арматури [6].

3. Експериментальні випробування показали, що зі зменшенням рівня навантаження балок знижується інтенсивність приросту деформацій та прогинів. Це пов'язано з менш вираженими пластичними деформаціями бетону при нижчих рівнях початкового навантаження [4, 6].

Список літератури

[1] Бліхарський З.Я. Розрахунок міцності нормальних перерізів, пошкоджених корозією // Вісник НУ «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – Львів, 2002. – №462. – С. 6-11

[2] Бліхарський, З. Я., Стащук, М. Г., & Малик, О. М. (2003). Моделювання корозійних руйнувань залізобетонних балок в агресивному середовищі. Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж.–Донецьк, 48-55.

[3] ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2009 – 200 с.

[4] ДСТУ Б В.2.6-156:2010. (2011). Бетонні та залізобетонні конструкції із важкого бетону. Правила проектування. Київ: Мінрегіонбуд України, ДП «Укрархбудінформ». 118 с.

[5] Kim, S., Jeong, Y., Kwon, M. et al. Experimental and Numerical Study on the Behavior of RC Members under Combined Loads. Int J Concr Struct Mater 18, 8 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00645-w>.

Робота виконана під керівництвом (канд. техн. наук., доцента Колякової В.М.).