

Секція загальнотехнічних проблем

ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ, УШКОДЖЕНИХ КОРОЗІЄЮ

Афанасьєва Л.,

Київський національний університет будівництва та архітектури

E-mail: afanasieva2709@gmail.com

Оцінка залишкового ресурсу конструкцій з корозійними пошкодженнями потребує знань про розвиток корозійних процесів в конструкції, а також прогнозування їх розвитку. З цією метою проведені чисельні дослідження напружено-деформованого стану збірних залізобетонних колон будівлі, що ушкоджені корозією.

Для оцінки експлуатаційних якостей залізобетонних конструкцій, що мають внутрішні дефекти, проведені експериментальні дослідження [1–5] потребують подальшого розвитку. Наведені чисельні дослідження дозволять розробити рекомендації щодо прогнозування придатності конструкцій до безпечної експлуатації. За результатами попередніх досліджень [1, 2] встановлено, що найбільший вплив корозійних пошкоджень на міцність і деформативність залізобетонних конструкцій пов'язаний зі зменшенням поперечного перерізу стрижнів робочої арматури.

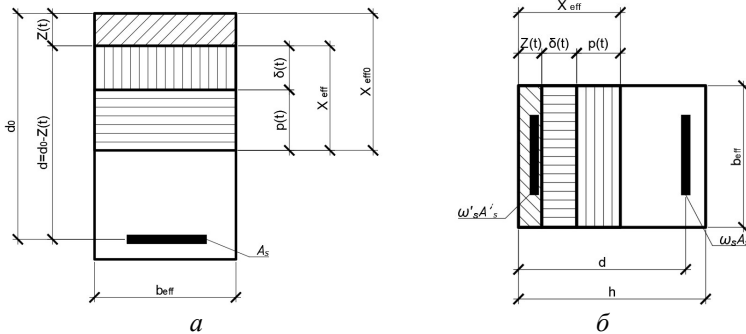
За наявності корозійних пошкоджень бетонний переріз розглядають [1, 2, 4, 5] як складений переріз (див. рис. 1), де $Z(t)$ – ділянка повністю зруйнованого корозією стиснутого бетону; $\delta(t)$ – ділянка частково пошкодженого стиснутого бетону; $p(t)$ – ділянка непошкодженої частини стиснутого бетону; X_{eff} – висота стиснутої зони; d – робоча висота перерізу; ω_s та ω'_s – коефіцієнти, що враховують зміну міцності опору пошкодженої корозією арматури.

Фізико-механічні характеристики шарів перерізу – відповідно напруження стиснутого бетону, міцність, модуль деформацій визначають з використанням залежностей В.М. Бондаренко [3,4]:

$$\sigma^*(t, z) = K^*(t, z)\sigma(z); \quad (1)$$

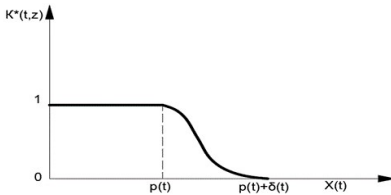
$$R^*(t, z) = K^*(t, z)R(t); \quad (2)$$

$$A^*(t, z) = K^*(t, z)A(t, t_0). \quad (3)$$



**Рис. 1. Схеми поперечного перерізу елемента:
а – згинального елемента; б – стиснутого елемента**

Функція $K^*(t, z)$ в наведених формулах за своєю фізичною суттю описує деградацію напружень стиснутого бетону $\sigma(z)$, а також тимчасового модуля деформації $E(t, t_0)$ та міцності $R(t)$. Характер зміни функції $K^*(t, z)$ наведений на рис. 2.



**Рис. 2. Графік функції $K^*(t, z)$
у стиснутій зоні**

В цілому під дією навантаження різного рівня наведений на рис. 3. Аналіз наведених графіків свідчить про незначний вплив взаємодії між бетоном і арматурою на деформативність залізобетонного елемента в цілому. Наведений аналіз досліджень свідчить, що значний вплив на якісні характеристики роботи залізобетонних елементів мають корозійні пошкодження бетонного перерізу і корозія стрижнів робочої арматури.

З використанням ПК ЛІРА-САПР виконані чисельні дослідження моделей збірних залізобетонних колон будівлі, що мають пошкодження в місці з'єднання. Зазначенні пошкодження виявлені в результаті натурних обстежень конструкцій, які армовані стрижнями різних діаметрів. При розрахунку прийняті наступні передумови: корозія поширюється рівномірно по всьому периметру стрижня, товщина корозійного шару становить 1,0 мм.

Проведені експериментальні дослідження [5] свідчать, що щеплення арматури з бетоном не має значного впливу на деформації розрахункового залізобетонного елемента (рис. 3).

Вплив наявності та відсутності зв'язку між бетоном та арматурою в залізобетонному елементі на переміщення елемента

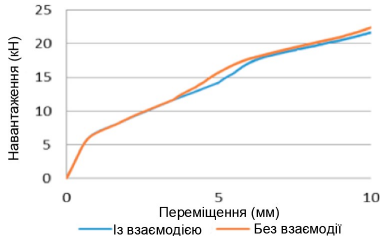


Рис. 3. Вплив наявності та відсутності взаємодії між бетоном і арматурою

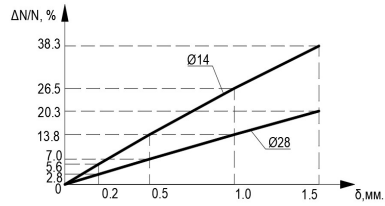


Рис. 4. Графік залежності граничного повздовжнього зусилля в арматурних стрижнях різного діаметра від глибини корозії

Характер зміни граничного повздовжнього зусилля в арматурних стрижнях при різній глибині корозійних пошкоджень стрижнів наведені на рис. 4. За результатами збору навантажень чисельні дослідження колон-близнюків – звичайної і пошкодженої корозією – виконані на дію розрахункового навантаження: повздовжня сила $N = 500$ кН, та згинальний момент $M = 60$ кНм.

Корозійні пошкодження є причиною збільшення висоти стиснутої зони в дефектному перерізі. В даній розрахунковій ситуації вона збільшилась до 30,0 %. Має місце перерозподіл напружень та зусиль, що сприймає елемент.

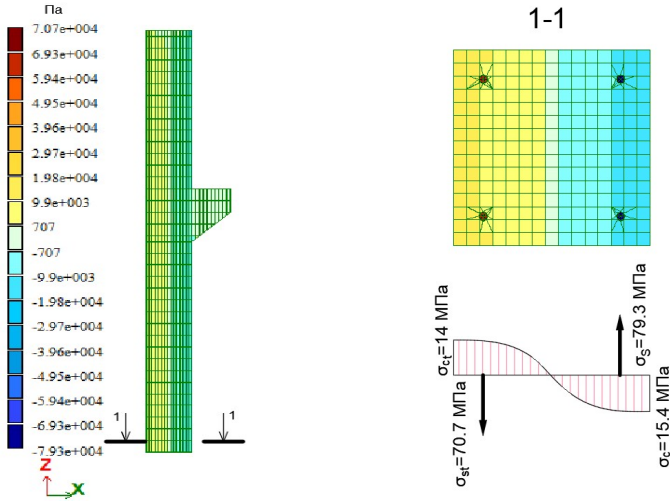
Напруження в стиснутій арматурі σ_s , збільшилось практично в два рази. Напруження в розтягнутій арматурі σ_{st} – до 30,0 %. Такі зміни загрожують крихким руйнуванням стиснутого бетону та втратою міцності арматурного стрижня через значну динаміку початкових та кінцевих значень параметрів перерізу. Перекіс колони в площині рами збільшився до 20,0 %.

На рис. 5 наведені результати розрахунку моделі колони, армованої стрижнями $d = 14$ мм.

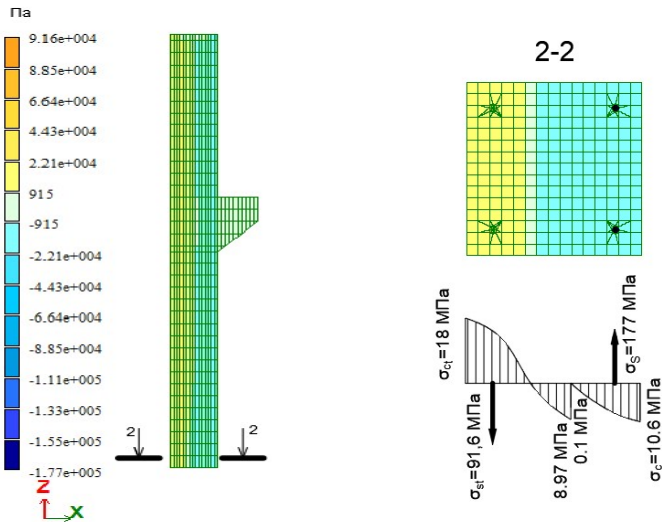
Висота стиснутої зони збільшилась до 20,0 %. Напруження в робочій стиснутій арматурі σ_s , збільшилось до 90,0 %. Напруження в розтягнутій арматурі σ_{st} – зменшились до 20,0 %. Перекіс колони в площині рами збільшився на 14,0 %. Такі результати розрахунку отримані за умови дії однакового навантаження дослідних конструкцій. Результати розрахунків дослідних елементів наведені в таблиці 1.

За результатами розрахунку пошкодження стику колон є небезпечним явищем, що впливає на експлуатаційні якості конструкції. В ушкоджені корозією перерізі відбувається перерозподіл напружень і зусиль. Збільшується висота стиснутої зони бетону, зростають переміщення конструкції, що може негативно позначитись на роботі

усієї будівлі, призвести до виникнення таких реакцій суміжних коняструкцій, на дію яких вони не були розраховані, і в результаті до руйнування усієї будівлі.



Результати розрахунку колони без пошкоджень



Результати розрахунку колони з пошкодженнями бетону та арматури

Рис. 5. Результати розрахунку елемента

Результати розрахунків дослідних колон

Колона армована 4Ø14, без корозійних пошкоджень	Колона армована 4Ø14, з корозійними пошкодженнями	Зміна кінцевого параметра порівняно з початковим, %	Колона армована 4Ø28, без корозійних пошкоджень	Колона армована 4Ø28, з корозійними пошкодженнями	Зміна кінцевого параметра порівняно з початковим, %
Напруження стиску бетону σ_c , МПа					
15,4	10,6	68,8	13,3	8,13	61
Напруження розтягу бетону σ_{ct} , МПа					
14	18	28,6	11,8	14,5	23
Напруження стиску арматури σ_s , МПа					
79,3	177	123	75,2	139	85
Напруження розтягу арматури σ_{st} , МПа					
70,7	91,6	29,6	68,5	80	17
Переміщення вздовж осі X, мм					
20,5	24,6	20	18	20,6	14
Переміщення вздовж осі Z, мм					
2,65	3,23	22	-2,33	-2,7	16

Література

1. Смоляго Г. А. Моделирование величины коррозионных повреждений арматуры железобетонных конструкций в условиях хлоридной агрессивной среды / Г. А. Смоляго, А. В. Дронов, Н. В. Фролов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – Т. 21, № 1 (70). – С. 43–49.
2. Бондаренко В. М. Износ, повреждения и безопасность железобетонных сооружений / В. М. Бондаренко, А. В. Боровских. – М. : ИД Русанова, 2000. – 144 с.
3. Бондаренко В. М. Специфика силового сопротивления поврежденных коррозией железобетонных конструкций и новые факторы разрушения / В. М. Бондаренко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – № 4.
4. Ларионова Е. А. Несущая способность изгибаемого железобетонного элемента при коррозионных повреждениях / Е. А. Ларионова // Вестник МГСУ. – 2014. – № 7. – С. 51–63.
5. Бондаренко В. М. Определение коррозионных потерь несущей способности сжатых железобетонных элементов при решении по СНиП / В. М. Бондаренко, А. И. Иванов, А. В. Пискунов // Бетон и железобетон. – 2011. – № 5. – С. 26–29.