

ВПЛИВ КОРОЗІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ НА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК

*З. Бліхарський, д.т.н., Р. Вашкевич, к.т.н., Р. Хміль, к.т.н.,
Р. Струк, к.т.н.*

Національний університет „Львівська політехніка”

Ключові слова: залізобетонні конструкції, агресивне середовище, тріщиностійкість, момент тріщиноутворення, ширина розкриття тріщин.

Стаття присвячена дослідженню впливу тріщин та ширини їх розкриття на корозійні пошкодження арматури. У статті подано методику досліджень тріщиностійкості залізобетонних згинаних елементів, як не пошкоджених, так і пошкоджених агресивним середовищем. Теоретичні величини моменту тріщиноутворення та ширини розкриття тріщин, визначених за чинними нормами, порівнюються з величинами, отриманими експериментально.

Постановка проблеми. Особливо важливими під час експлуатації залізобетонних конструкцій у реальних умовах стають питання їх взаємодії з агресивними середовищами [1]. Характерною особливістю залізобетонних конструкцій є те, що більшість із них експлуатується з тріщинами. Взаємодія з агресивним середовищем призводить до появи корозійних пошкоджень арматури. Сьогодні велику увагу приділяють питанню впливу агресивного середовища при розрахунку залізобетонних конструкцій. Проявами такого впливу може бути зменшення робочого перерізу елементів, зменшення тріщиностійкості та міцності, зростання деформацій. Усі ці чинники попереджають про небезпеку експлуатації споруди. Саме тому експлуатація споруд за активного впливу агресивних середовищ має супроводжуватися врахуванням цього впливу в розрахунках, що є однаково важливим, як і періодичний огляд таких конструкцій фахівцями [2]. Особливістю є те, що вплив агресивного середовища, як правило, відбувався одночасно з дією навантаження на залізобетонні балки, і відповідно ширина розкриття тріщин та корозійні пошкодження арматури з часом лише зростають. Таке поєднання впливів є актуальним для вивчення, оскільки відображає реальну роботу конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні проведено невелику кількість досліджень тріщиностійкості залізобетонних конструкцій, які перебувають під впливом агресивного середовища і навантаження [3 – 5]. При цьому мало досліджували вплив ширини розкриття тріщин на інтенсивність корозійних пошкоджень арматури.

Постановка задачі. Метою роботи є дослідження тріщиностійкості згинаних залізобетонних конструкцій, що перебувають під одночасним впливом агресивного середовища і навантаження різних рівнів. У результаті експериментально-теоретичних досліджень проведено оцінку корозійних пошкоджень арматури залежно від ширини розкриття тріщин і порівняння отриманих розрахункових величин з експериментальними даними.

Виклад основного матеріалу. В експериментальних дослідженнях проводили спостереження за шириною розкриття тріщин експериментальних балок за навантаження їх до проектного рівня, а також за короткочасного навантаження до руйнування. Під час випробовувань спостерігали за моментом тріщиноутворення та розвитком тріщин. Момент тріщиноутворення визначали візуально за допомогою мікроскопа МПБ-2М. Додатковою інформацією про появу тріщин слугували стрибки в показах тензодавачів нижньої зони, через які вона пройшла. За допомогою мікроскопа замірювали і ширину розкриття тріщин. Відліки за приладами, а також фіксацію розвитку тріщин проводили після кожного ступеня навантаження і заносили в журнал випробовувань. Ширину всіх тріщин вимірювали на кожному етапі навантаження і у разі втрати несучої здатності балки внаслідок плинності арматури $M = M_u^{exp}$. Характер розвитку тріщин балок, не пошкоджених корозією (БЗ-1.1 та БЗ-2.1), показано на рис. 1.

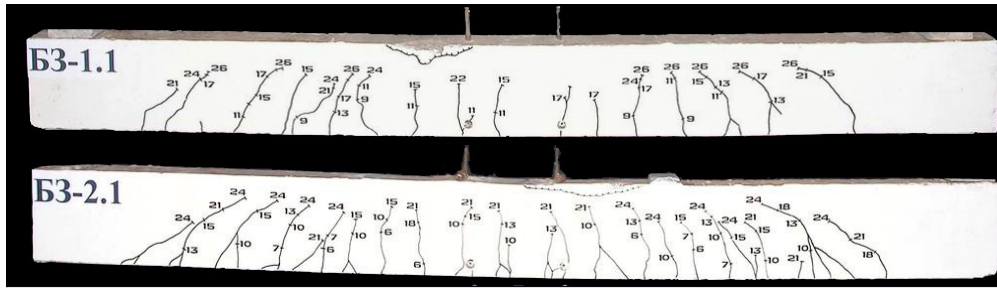


Рис. 1. Характер руйнування балок, не пошкоджених корозією.

Для решти експериментальних балок, які навантажували до проектного рівня (0,3; 0,5; та 0,7 від M_u^{exp}) з метою їх подальшого перебування в агресивному середовищі, під час навантаження також проводили заміри моменту тріщиноутворення, максимальної ширини розкриття тріщин на різних рівнях навантаження.

Експериментальні параметри тріщиностійкості експериментальних балок, а також розрахункові значення згідно з чинними нормами [7; 8] наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Серія		Експеримент				Розрахунок згідно з чинними нормами		$\frac{M_{crc}^{exp}}{M_{crc}^{norm}}$	$\frac{a_{crc}^{exp}}{a_{crc}^{norm}}$
		Шифр балок	Рівень навантаження від M_u^{exp}	M_{crc}^{exp} , кН·м	a_{crc}^{exp} , мм	$\frac{M_{crc}^{exp}}{M_u^{exp}}$	M_{crc}^{norm} , кН·м		
1	БЗ-1.1	0,3	3,72	0,05	0,183	3,02	1,232	0,8	
		0,5		0,12				1,2	
		0,7		0,15				1,0	
		1,0		0,27				1,3	
	БДп-1.2-0,7к	0,3	3,73	0,05	0,186	2,99	1,247	0,9	
		0,5		0,10				1,1	
		0,7		0,15				1,1	
	БДп-1.3-0,7к	0,3	3,71	0,05	0,184	2,93	1,266	0,9	
		0,5		0,10				1,1	
		0,7		0,15				1,1	
	БДп-1.6-0,5к	0,3	3,84	0,05	0,177	3,01	1,276	0,9	
		0,5		0,10				1,0	
БДп-1.7-0,5к	0,3	3,79	0,05	0,171	2,89	1,311	0,8		
	0,5		0,12				1,2		
2	БЗ-2.1	0,3	3,58	0,05	0,178	3,01	1,185	0,8	
		0,5		0,10				1,0	
		0,7		0,15				1,1	
		1,0		0,25				1,3	
	БД-2.2-0,7к	0,3	4,02	0,05	0,182	3,19	1,260	0,8	
		0,5		0,10				1,1	
		0,7		0,12				1,0	
	БД-2.3-0,7к	0,3	3,97	0,05	0,188	3,28	1,210	0,9	
		0,5		0,12				1,3	
		0,7		0,15				1,1	
	БДп-2.8-0,5к	0,3	3,91	0,05	0,180	3,22	1,214	0,9	
		0,5		0,10				1,1	
БДп-2.9-	0,3	3,88	0,05	0,180	3,17	1,220	0,9		
	0,5		0,12				1,2		

БДп-2.10-	0,3	3,97	0,05	0,17	3,24	0,057	1,22	0,8
БДп-2.11-	0,3	3,90	0,05	0,17	3,21	0,056	1,21	0,8

Порівняння експериментальних і розрахункових показників свідчить, що для балок, не пошкоджених корозією, методика норм дає задовільну збіжність результатів. Відхилення теоретичних значень ширини розкриття тріщин від експериментальних складало до $-15...+36\%$. Момент тріщиноутворення не пошкоджених корозією балок перебував у межах $0,18 M_u^{exp}$. Така розбіжність для

ширини розкриття тріщин вважається нормальною, що підтверджено у працях інших авторів [1].

Під час дослідження впливу сумісної дії навантаження й агресивного середовища на тріщиностійкість залізобетонних згинальних елементів перед початком впливу агресивного середовища на конструкції балок проводили вимірювання ширини розкриття кожної тріщини, місця її розташування з фіксацією на прозорій кальці. Після руйнування експериментальних балок внаслідок сумісної дії агресивного середовища і навантаження проводили відкриття робочої арматури та обстеження її для визначення впливу тріщин і ширини їх розкриття на корозійні пошкодження арматури. У тріщинах з початковою шириною 0,05 мм слідів корозії не помічено; за ширини 0,1 мм траплялися продукти корозії поверхні бетону в межах тріщини і робочої арматури у вигляді вузької смужки бурого іржі в місці проходження тріщини; при ширині розкриття до 0,2 мм була помітна незначна поверхнева корозія на рівні тріщини у вигляді невеликих плям площею до 1 см^2 (рис. 2).

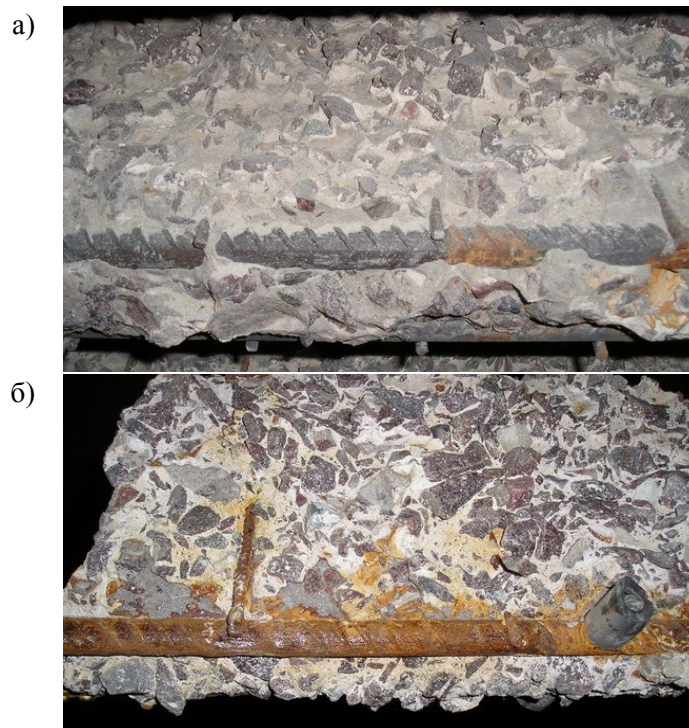


Рис. 2. Характерна корозія арматури в місцях розташування тріщин (а) та місць зварювання (б).

Необхідно зауважити, що корозія арматурних прутків на ділянках між тріщинами була відсутня. Це свідчить про надійне зчеплення арматури і бетону балки та їх сумісну роботу.

Місця інтенсивної корозії, як правило, збігаються з розташуванням тріщин і місцями зварювання. Крім того, відомо, що місця зварювання є концентраторами напружень, ділянками з перерозподілом статичних потенціалів, внаслідок чого пришвидшуються процеси корозії [6].

Аналіз результатів обстеження показав, що за наявності навіть незначного залишкового захисного шару важкого бетону (6...10 мм) у разі дії кислотного середовища спостерігається незначна корозія арматури в межах тріщин, яка не впливає на зменшення перерізу арматури і несучу

здатність балки відповідно. Проведені дослідження дозволяють дійти висновку, що у разі дії агресивного середовища на згинальні елементи ширина розкриття тріщин до 0,05 мм не є небезпечною для робочої арматури. За більшої ширини розкриття тріщин виявлені сліди корозії на робочій арматурі, але вона не впливала на руйнування балок. Крім того, на підставі аналізу експериментальних даних для зменшення інтенсивності корозії арматурних прутків рекомендовано використовувати в'язані каркаси, щоб уникати додаткових концентраторів напружень внаслідок зварювання.

Також досліджували на тріщиностійкість балки серії 2, які спочатку перебували під впливом лише агресивного середовища, а потім були випробувані короткочасним навантаженням до руйнування. Визначали їх момент тріщиноутворення, розподіл тріщин за довжиною і шириною балок, пошкоджених корозією. Для спостереження за тріщинами одна з бокових граней балок була вирівняна шаром гіпсу. Характер і розвиток тріщин відтворено на рис. 3, де цифрами показано значення згинального моменту в кНм.

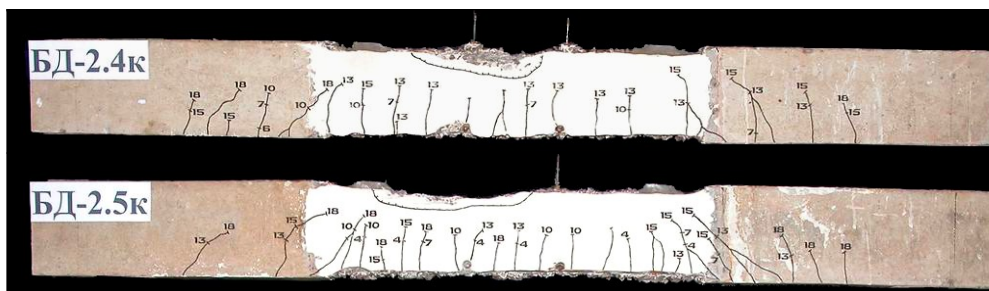


Рис. 3. Характер руйнування пошкоджених корозією балок серії 2.

Експериментальні параметри тріщиностійкості (момент утворення тріщин, максимальна ширина розкриття тріщин за $M = M_u^{exp}$) за короткочасного випробування до руйнування експериментальних балок, пошкоджених корозією, наведені в табл. 2. Також у табл. 2 наведено розрахункові значення згідно з чинними нормами [7; 8].

Після руйнування проводили відкриття робочої арматури балок відбиванням захисного шару бетону та обстежили її на предмет наявності корозійних пошкоджень. Слідів корозії на арматурних прутках під захисним шаром бетону не помічено. Максимальна товщина захисного шару складає до 5...8 мм. Це можна пояснити тим, що балки перебували в агресивному середовищі без навантаження, тобто в них були відсутні початкові тріщини, а бетон навіть за відносно малого розміру і захисного шару надійно захищає арматуру від корозії.

Таблиця 2

Тріщиностійкість експериментальних зразків, пошкоджених корозією за короткочасного випробування

ярус	Шифр балок	Експеримент			Розрахунок згідно з чинними нормами		$\frac{M_{crc}^{exp}}{M_{crc}^{norm}}$	$\frac{a_{crc}^{exp}}{a_{crc}^{norm}}$
		M_{crc}^{exp} , кН·м	a_{crc}^{exp} , мм	$\frac{M_{crc}^{exp}}{M_u^{exp}}$	M_{crc}^{norm} , кН·м	a_{crc}^{norm} , мм		
2	БД-2.4к	2,21	0,200	0,10 3	1,44	0,184	1,53 5	1,087
	БД-2.5к	1,91	0,175	0,10 5	1,40	0,179	1,36 4	0,977

Необхідно зазначити, що закономірність розвитку тріщин за довжиною балок, пошкоджених і не пошкоджених корозією, була схожою (див. рис. 1, 2). Момент тріщиноутворення балок перебував у межах $0,12...0,19 M_u^{exp}$. Методика норм [7; 8] із задовільною точністю дозволяє визначити ширину розкриття тріщин балок, пошкоджених і не пошкоджених корозією.

Висновки. Дослідження корозії арматури в поперечних перерізах балок показало, що навіть за незначного захисного шару бетону (~5 мм) корозії арматури в середовищі H_2SO_4 не виявлено. За

початкової ширини розкриття тріщин до 0,05 мм корозія арматури в межах тріщин також практично відсутня. За початкової ширини розкриття тріщин понад 0,1 мм виявлено корозію арматури, яка була найінтенсивніша в місцях зварювання поздовжніх і поперечних прутків арматури. Порівняння експериментальних і розрахункових значень показує, що методика норм дає задовільну збіжність результатів. Відхилення теоретичних значень ширини розкриття тріщин від експериментальних складало до $-15...+36\%$.

Бібліографічний список

1. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры / [В. М. Москвин, С. Н. Алексеев, Г. П. Вербецкий, В. И. Новгородский] ; под ред. В. М. Москвина. – М. : Стройиздат, 1971. – 144 с.
2. Барашиков А. Я. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений / А. Я. Барашиков, А. М. Малишев. – К. : НМЦ Держтехнаглядохоронпраці України, 1998. – 232 с.
3. Бліхарський З. Я. Вплив корозійного середовища на стан залізобетонних димових труб / З. Я. Бліхарський, Р. Є. Хміль // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури : будівельні конструкції будівлі та споруди. – Макіївка : ДонДАБА, 2001. – Вип. 2001-5(30). С. 97–100.
4. Булгакова М. Г. Исследование изгибаемых элементов при совместном действии нагрузки и агрессивной среды / М. Г. Булгакова, А.А. Шаталов // Бетон и железобетон. – 1976. – № 3. – С. 13 – 15.
5. Овчинников И. Г. Прочность и долговечность железобетонных элементов конструкций в условиях сульфатной агрессии / И. Г. Овчинников, Р. Р. Инамов, Р. Б. Гарибов. – Саратов, 2001. – 163 с.
6. Влияние сульфида железа на стойкость бетона к коррозии третьего вида / [А. С. Коломоцкий, А. Д. Толстой, В. С. Лесовик, В. И. Бабушкин] // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 41–42.
7. Бетонные и железобетонные конструкции : СНиП 2.03.01-84*. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
8. Изменения № 1 к СНиП 2.03.01-84* (изд. 1989 г.) Введ. 01.01.1996. // Будівництво України. Додаток до журналу. – 1995. – № 6. ; 1996. – № 1.

Блихарский З., Вашкевич Р., Хмиль Р., Струк Р. Влияние коррозионных повреждений на трещиностойкость железобетонных балок

Статья посвящена исследованию влияния трещин и ширины их раскрытия на коррозионные повреждения арматуры. В статье подана методика исследований трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов, как не поврежденных, так и поврежденных агрессивной средой. Теоретические величины момента трещинообразования и ширины раскрытия трещин, определенных по действующим нормам сравниваются с величинами, полученными экспериментально.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, агрессивная среда, трещиностойкость, момент трещинообразования, ширина раскрытия трещин.

Blikharskyi Z., Vashkevych R., Khmil R., Struk R. Influence of corrosion on crack resistance of reinforced concrete beams

The paper is devoted to the investigation of the reinforced concrete constructions cracks on the reinforcing bars corrosion. The experimental results of cracks width and cracks moment values are given in the article. Comparing of results of calculation of cracks width and moment and with experimental dates is given.

Key words: reinforced concrete constructions, aggressive environment, cracks resistance, cracks moment, cracks width.