

УДК 624.012.25

Потієнко Л.В.,
Луцький національний технічний університет**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ І РОЗКРИТТЯ
ТРИЩИН ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ НАВАНТАЖЕНЬ**

В роботі спостерігали за утворенням і розвитком нормальних тріщин в невідсиленних і відсиленних залізобетонних балок.

Ключові слова: тріщиноутворення, повторні навантаження, ширина розкриття розкриття тріщин, контрольні зразки.

Згідно з програмою досліджень балки БС-1 і БР-1 випробувані монотонним навантаженням до руйнування. Зразки балок БС-2,3 і БР-2,3 зазнавали циклічних навантажень з максимальною амплітудою цикла, яка у середньому становила 0,75 від руйнівного зусилля. Таким чином усі три зразки обох серій (БС і БР) були доведені до значень навантаження з рівнем $\eta = 0,75 F / F_u$, після чого зразки БС-1 і БР-1 довантажували до руйнування. Зразки БС-2,3 і БР-2,3 після відміченого рівня розвантажували і далі випробували у режимі циклічного навантаження. Після 10 циклів балки зазначених серій були зруйновані.

На рис.1 наведені результати вимірювань ширини розкриття тріщин балок серій БС і БР при монотонному прикладанні зусиль.

У контрольних зразках невідсиленних балок серії БС тріщини з'являлися при навантаженні приблизно $F_{crc} \approx 8...10$ кН, що складає 28...30% від руйнуючого навантаження. Для серії БР відповідно ці величини становили $F_{crc} \approx 4...6$ кН, тобто відповідали 25...28% від руйнуючого зусилля. Нажаль, точних значень зусиль тріщиноутворення візуально спостерігати неможливо, а за допомогою мікроскопа можна вимірювати тріщину шириною розкриття порядку 0,03 мм.

Як видно з рис.1, зі збільшенням зусилля тріщин розвиваються і при експлуатаційному рівні (порядку 75% від руйнуючого) у середньому максимальна їх ширина розкриття становить 0,13мм для балок серії БС і 0,18мм – для БР.

З аналізу результатів, наведених на рис.1 можна зробити висновок, що більший відсоток армування призводить до зменшення ширини розкриття тріщин. Так, відсоток армування балок серії БС, який становить $\mu_s = 2,83\%$ сприяє зменшенню ширини розкриття тріщин майже у півтора (1,38) рази, у порівнянні з нормально армованою балкою при $\mu_s = 1,02\%$. Зважаючи на те, що відсотки армування балок серії БС і БР відрізняються більш, ніж у 2 рази, слід

було б чекати більш значного зменшення ширини розкриття тріщин у балках серії БС. Однак, як видно з роботи [1], дослідження свідчать про те, що при $\mu_s > 2\%$ величина a_{crc} практично перестає залежати від відсотка армування. Крім того, тут відіграла роль наявність у балках серії БС більшого діаметра ($\varnothing 20$ мм) розтягнутої арматури у порівнянні з балками серії БР ($\varnothing 12$ мм), що також сприяло меншому зростанню величини a_{crc} у балках серії БР.

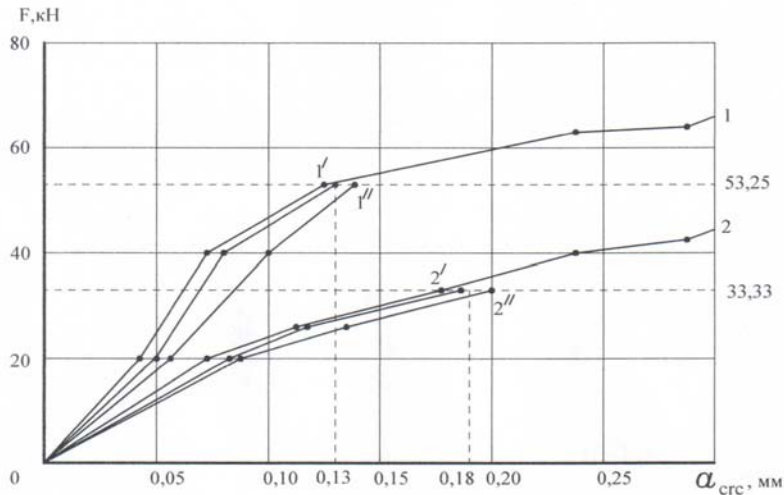


Рис. 1. Змінення ширини розкриття тріщин непідсилених експериментальних зразків серії БС-1(1) і БР-1(2); БС-2(1'), БС-3(1''); БР-2(2'), БР-3(2'')

У процесі повторного навантаження балок БС-2,3 і БР-2,3 отримана динаміка розкриття тріщин. Аналізуючи рис.2 можна дійти таких висновків:

- повторні навантаження досить суттєво впливають на ширину розкриття нормальних тріщин у згинальних залізобетонних елементах з різними відсотками армування;

- ширина розкриття тріщин на максимальній амплітуді цикла після повторних навантажень збільшилася: у балках БС-2,3 у середньому в 1,8 рази, а у балках БР-2,3 – у 1,5 рази;

- при експлуатаційному рівні повторних навантажень ширина розкриття тріщин стабілізується практично після п'ятого циклу навантаження; при цьому, повторні навантаження ніби нівелюють ширину розкриття тріщин, навіть для балок з різним відсотком армування;

За планом експерименту дослідні зразки балок контрольних серій БС і БР, які призначалися для підсилення були одноразово попередньо навантаженні зусиллям, яке становило 0,7 від руйнівного. Це зусилля імітувало зношення балок шляхом утворення початкових нормальних тріщин. За результатами попереднього навантаження утворювалися нормальні тріщини шириною розкриття порядку 0,1...0,15мм.

У процесі виконання попереднього навантаження зусилля були прикладені ступенями, які дорівнювали 10% від руйнівного навантаження, отриманого за результатами випробування балок БС-1 і БР-1, доведених до руйнування. На рис.3 наведені середні значення з трьох зразків результати вимірювань ширини нормальних тріщин \bar{a}_{cr} в балках серій БС і БР у процесі попереднього навантаження. З рис. 3 видно, що після розвантаження ширина розкриття тріщин зменшується з 0,10 мм до 0,05 мм в балках серії БС та з 0,15 мм до 0,07 мм – в балках серії БР.

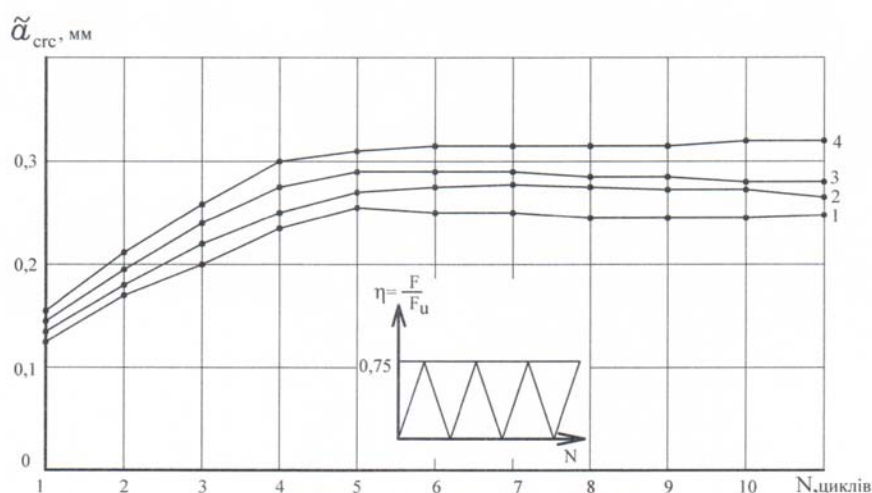


Рис. 2. Ширина розкриття тріщин на максимальному рівні повторних навантажень: 1,2,3,4 – відповідно серії БС-2, БС-3, БР-2, БР-3

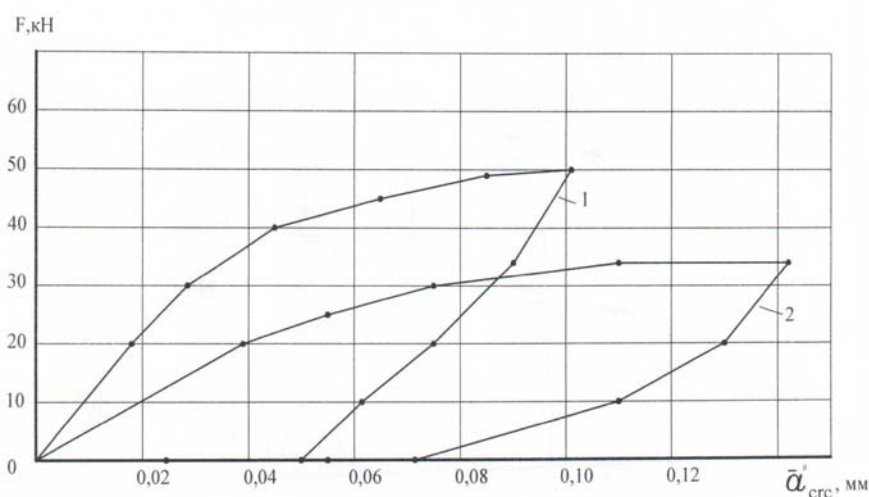


Рис.3. Спостереження за шириною розкриття тріщин при попередньому навантаженні балок серії БС (1) і БР (2) (середні значення з трьох зразків)

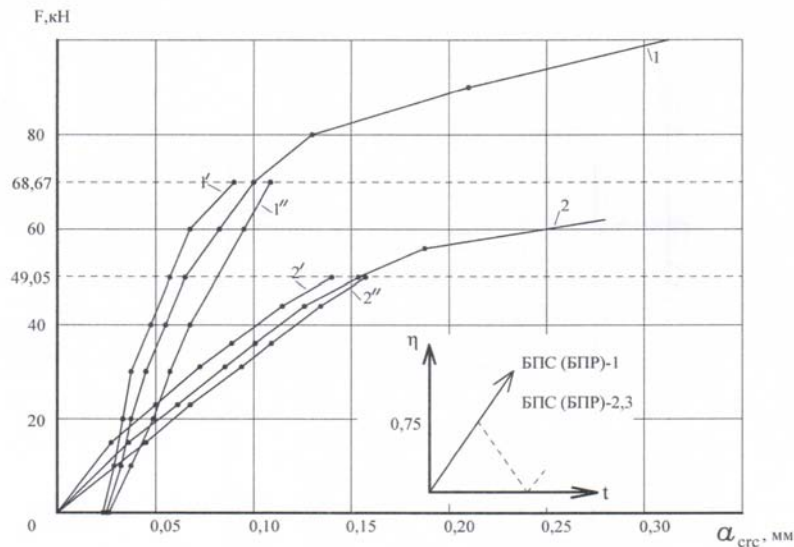


Рис.4. Змінення ширини розкриття тріщин підсилених балок після попереднього навантаження: 1 - балка БПС-1; 2 – БПР-1; 1', 1'' - балки БПС-2,3 на першому півциклі навантаження; 2', 2'' - балки БПР-2,3 на першому півциклі навантаження

Після попередніх навантажень усі балки були розвантажені, а потім підсилені у стиснутій (серія БПС) та розтягнутій (серія БПР) зонах. Перед підсилюванням вимірювали ширину нормальних тріщин від попереднього навантаження. Виявилось, що тріщини в усіх балках практично знизилися до величини 0,03...0,05 мм, що пояснюється пружною роботою арматури розтягнутої зони.

Зрозуміло, що такі залишкові розкриття тріщин не змогли суттєво вплинути на наступні якісні показники тріщиноутворення та жорсткостей підсилених зразків після циклічних навантажень. Але на кількісні характеристики залишкові тріщини усе ж таки вплинули.

На рис.4 наведені результати вимірювань ширини розкриття тріщин у підсилених балках: для балок БПС-1 і БПР-1, які випробували з початку навантаження і до руйнування, і для балок БПС-2,3 і БПР-2,3 – для першого напівцикла повторних навантажень. Зважаючи на те, що в балках серії БПР при підсиленні усі тріщини були ретельно зашпаровані, відліки з початку навантаження визначалися з нульової відмітки.

Перш за усе треба відзначити якісну картину утворення і розкриття нормальних тріщин у підсилених балках, які мали початкові тріщини.

Для балок серії БПС, підсилених у стиснутій зоні, початкові (залишкові) тріщини сформували картину тріщиноутворення зразків. В процесі прикладання циклічних навантажень тріщини розвивалися за сформованою попереднім навантаженням схемою.

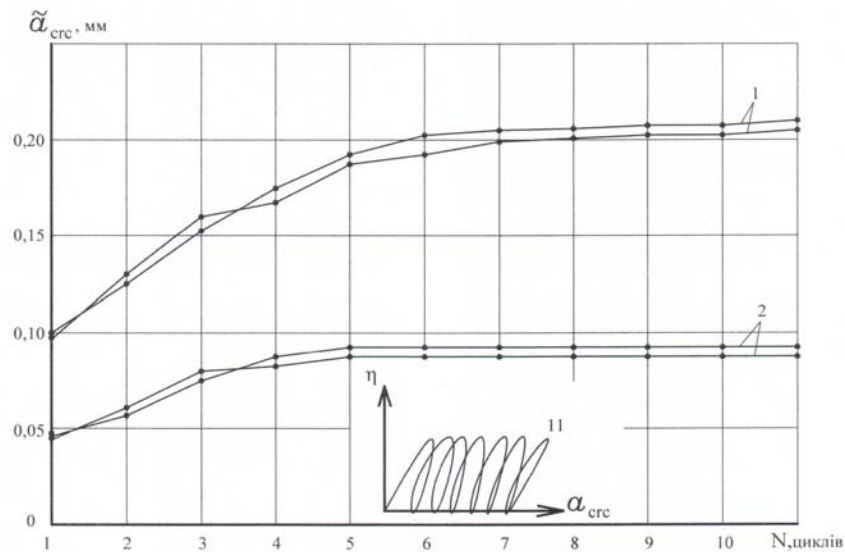


Рис.5. Ширина розкриття тріщин на максимальному рівні навантаження (1) та залишкові (2) зразків серії БПС-2,3

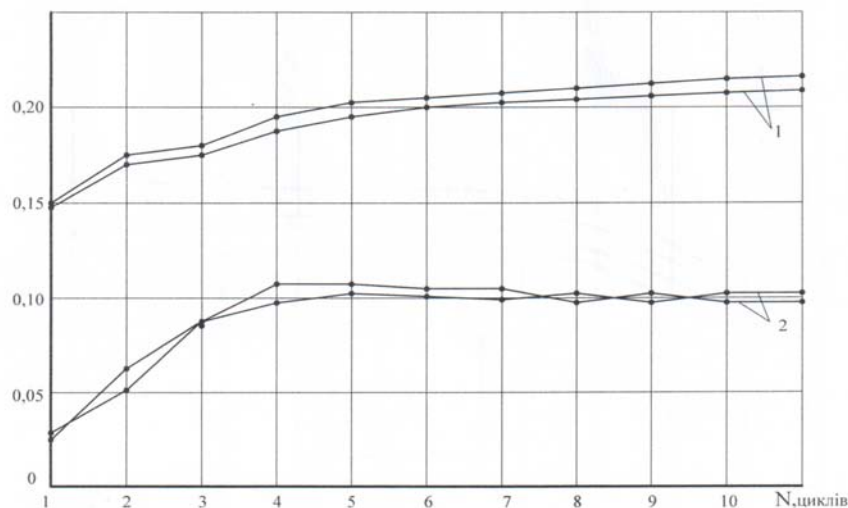


Рис.6. Ширина розкриття тріщин на максимальному рівні навантаження (1) та залишкові (2) зразків серії БПР-2,3

У балках серії БПР у процесі підсилення розтягнутої зони, як було відзначено вище тріщини були ретельно зашпаровані. Після цього була приварена додаткова арматура підсилення і улаштований захисний шар бетону. Такий спосіб підсилення, з урахуванням незначної залишкової ширини розкриття тріщин після початкового навантаження дозволив практично повністю відновити якість конструкції балки і вважати її непошкодженою.

Наступні випробування підтвердили ці припущення. І усе ж таки залишкові тріщини зіграли свою роль, спричинивши появу тріщин після підсилення і навантаження за тими ж траєкторіями, які утворилися при попередньому навантаженні.

Аналізуючи рис.5 і 6, слід відзначити, що збільшення ширини розкриття тріщин при циклічних навантаженнях має ті ж самі закономірності, що і у елементів без підсилення.

У той же час виявилися деякі відмінності у процесі розкриття тріщин у непідсиленних і підсиленних зразках під впливом повторних навантажень, а саме:

- у підсиленних зразків відмічено відносно більше зростання ширини розкриття тріщин: у балках БПС ширина розкриття тріщин зростає у 2,1 рази, у той же час, як у БС – у 1,7 рази; у балках БПР зростання має величину 1,67, а у БР – 1,5 рази;

- одночасно, абсолютні значення ширини розкриття тріщин у підсиленних зразках менші ніж у непідсиленних: у БПС-2,3 величина $\tilde{a}_{crc,max} = 0,21$ мм, у БС – 0,26 мм, у БПР величина $\tilde{a}_{crc,max} = 0,25$ мм, у БР – 0,31 мм;

- залишкові значення ширини розкриття тріщин теж збільшуються за такими ж закономірностями, що і максимальні; отримана залишкова ширина розкриття тріщин практично не перебільшує $\tilde{a}_{crc,max} \leq 0,1$ мм (див.рис.5 і 6).

Із зазначеного вище можна зробити висновки про те, що підсилення сприяє зменшенню максимальної ширини розкриття нормальних тріщин, хоча темпи зростання збільшуються при дії циклічних навантажень у порівнянні з непідсиленними зразками. Зважаючи на те, що відсотки армування після підсилення у обох серіях зближуються, практично вирівнюється і ширина розкриття тріщин. При цьому максимальне значення $\tilde{a}_{crc,max}$ не перевищує 0,25 мм.

Отримані величини ширини розкриття тріщин при однократному та повторних навантаженнях не перевищують допустимих значень за нормами.

З цього випливає, що повторні навантаження експлуатаційного (середнього) рівня не є небезпечними для залізобетонних згинальних елементів. Затухання розвитку тріщин настає практично після п'ятого – шостого циклів повторного навантаження.

Висновки

На завершення описування тріщиноутворення у різних балках (непідсиленних і підсиленних) та для різних схем випробування (монотонне навантаження до руйнування і повторне навантаження) слід відзначити специфіку дослідження ширини розкриття нормальних тріщин.

Ширина розкриття тріщин є дуже нестабільною величиною. Тут впливає багато факторів, які залежать як від технології виготовлення і напружено-деформативного стану конструкції, так і від властивостей матеріалу і умов експлуатації. Тому, у кінцевому розрахунку, для успішної експлуатації залізобетонних конструкцій найбільший інтерес уявляє ширина розкриття тріщин, яке спричиняє корозію арматури та знижує експлуатаційні якості у

цілому: зменшує жорсткість, збільшує деформації, переміщення, прогини тощо. З наведених даних у описуваних дослідженнях на кожному етапі була виміряна максимальна ширина нормальних тріщин $a_{срс,маx}$, яка з'являлася у зоні чистого згину кожної дослідної балки. Як правило, в процесі навантаження, розкривалась одна-дві магістральні тріщини, по яким потім йшло руйнування.

Література

1. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям / А.С. Занесов, Э.Н. Кодыш, Л.Л. Лемыш, И.К. Никитин. – М.: Стройиздат, 1988.-320с.

Аннотация

В работе наблюдали за образованием и развитием нормальных трещин у неусиленных и усиленных железобетонных балок.

Annotation

Under the investigation we were observing for creation and opening of the normal cracks in the nonreinforced and reinforced concrete beams.