

ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК, АРМОВАНИХ ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНИМ ЛИСТОМ

Добрянський І.М., Бурчєня С.П., Шмиг Р.А.

Львівський національний аграрний університет
м. Львів, Україна

АНОТАЦІЯ: В статті подається аналіз експериментальних досліджень та методика розрахунку ширини розкриття тріщин сталобетонних балок, армованих просічно-витяжним листом, та звичайних залізобетонних, армованих стрижневою арматурою, що виконані з різних класів бетону та з різним відсотком армування.

АННОТАЦИЯ: В статье подается анализ экспериментальных исследований и методика расчета ширины раскрытия трещин сталобетонных балок, армированных просечно-вытяжным листом и обычных железобетонных, армированных стержневой арматурой, что выполнены из разных классов бетона и с разным процентом армирования.

ABSTRACT: The analysis of experimental investigations and calculating as for the opening width of cracks of steel concrete beams reinforced by cut and stretched sheet and standard iron concrete beams reinforced by rod armature made from different kinds of concrete and with different pear cent of reinforcement are highlighted in the article

КЛЮЧОВІ СЛОВА: сталобетонна балка, тріщиностійкість, ширина розкриття тріщини, просічно-витяжний лист.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Ширина розкриття тріщин – це величина, яка може змінюватися в широкому діапазоні при рівних умовах навіть для одного і того ж елемента. Методика розрахунку ширини розкриття тріщин для звичайних залізобетонних конструкцій, армованих стрижневою арматурою, є

нескладною і виконується згідно формул (5.8-5.10) [2], які добре узгоджуються з експериментальними значеннями.

Питання використання просічно-витяжного листа в ролі робочого армування в сталобетонних конструкціях, до сьогоднішнього дня не досліджувалось, і відповідно, ні теоретично, ні експериментально (не визначена) ширина розкриття тріщин для таких конструкцій [5-6].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Ряд науковців вважають, що ширина розкриття тріщин лінійно залежить від діаметру арматури (пропозиції Г. Рюша, Л. Бріса, У. Бугрена) і від товщини захисного шару бетону (пропозиції Б. Бромса, А. Оас-Якобсона). Щодо міцності бетону, то в ряді нормативних документів цей чинник вводиться у розрахунок, хоча більшість дослідників вважають, що міцність бетону не справляє основного впливу на ширину розкриття нормальних тріщин [4]. Крім того, питаннями тріщиностійкості залізобетонних конструкцій займалися провідні науковці колишнього Радянського Союзу та України а саме: Гвоздев О.О., Гуша Ю.П., Дмитрієв С.А., Бідний Г.Р., Берг О.Я., Залесов А.С., Немировський Я.М., Мурашев В.І., Бабич Є.М. та ін.

Метою нашого дослідження є використання існуючої нормативної методики розрахунку ширини розкриття тріщин у залізобетонних конструкціях для сталобетонних балок, армованих просічно-витяжним листом.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час випробування дослідних зразків проводилось спостереження за утворенням та розвитком тріщин на кожному етапі завантаження. Дослідні зразки різнилися класом бетону та видом армування. Для дослідних зразків першої серії (балкові зразки Б-I-1, Б-I-2 та Б-I-3) використовувався клас бетону С16/20; для другої серії (балкові зразки Б-II-1, Б-II-2 та Б-II-3) – С35/45. У дослідних зразках Б-I-1 та Б-II-1 – робоче армування виконане з просічно-витяжного листа із захисним шаром бетону (рис. 1, а, в); Б-I-2 та Б-II-2 без захисного шару (рис. 1, б, г); Б-I-3 та Б-II-3 – робоче армування виконане із стрижневої арматури (рис. 1, д) [3].

Дослідження балкових зразків на згин проводилось на стенді, де завантаження виконували двома зосередженими силами, прикладеними на верхній грані балкового зразка (рис. 2).

Балки спирались на дві опори: рухому і нерухому. Навантаження створювали гідравлічним домкратом потужністю 50 тс і прикладали ступенями $F = 0,05 \dots 0,1F_{\max}$ з перервою між завантаженнями 25...30 хв.

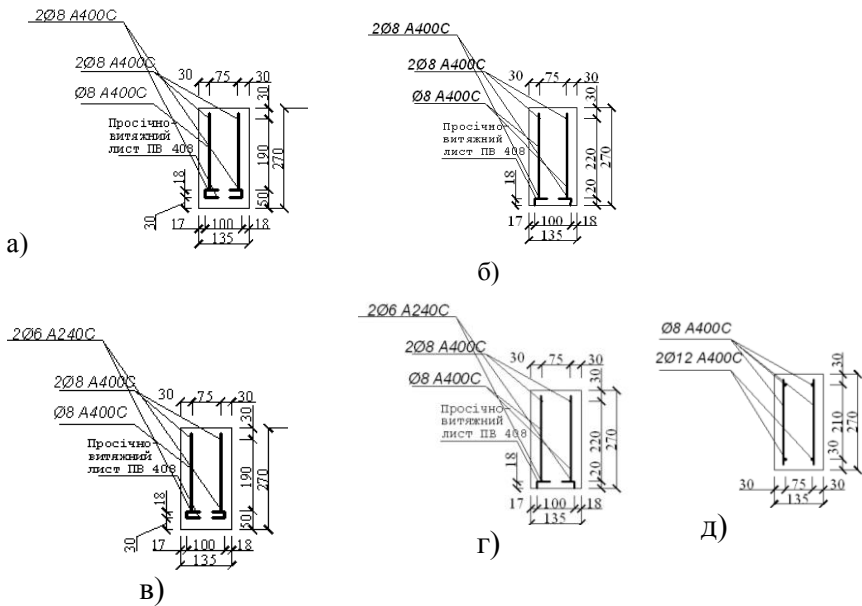


Рис. 1. Поперечний переріз дослідних зразків:
а) Б-I-1; б) Б-I-2; в) Б-II-1; г) Б-II-2; д) Б-I-3; Б-II-3

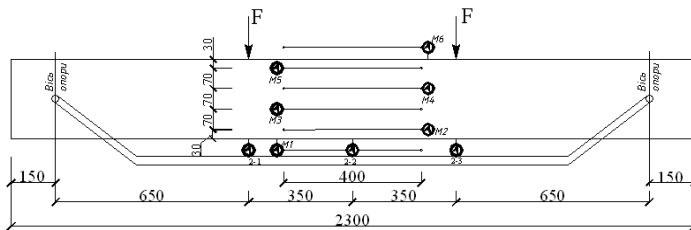


Рис. 2. Схема розміщення вимірювальних приладів при випробуванні:
мікроіндикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм М1...М6 на бічній грані ; індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм И1...И3 на металевій рамі

Величину прикладених навантажень контролювали зразковим манометром насосної станції та кільцевим динамометром. Під час витримки кожної ступені навантаження відслідковували появу, розвиток та ширину розкриття тріщин

Із збільшенням навантаження, все більше проявилися непружні деформації, при цьому в розтягнутому бетоні починаючи з $0,2...0,5F_{max}$ утворюються і розвиваються мікротріщини.

Величину зусилля, що відповідає утворенню та розвитку тріщин у дослідних балкових зразках визначали за показами індикаторів і мікроіндикаторів, а їх ширину розкриття визначали за допомогою мірного мікроскопа МПБ-2М.

Перші тріщини в усіх дослідних зразках утворилися в зоні чистого згину. У зв'язку з тим, що припорні ділянки дослідних зразків були свідомо переармовані, то похилі тріщини в зоні дії поперечних сил не утворювались, і це дало змогу ефективно дослідити деформації нормальних перерізів дослідних зразків.

Теоретичні значення моментів тріщиноутворення зразків, армованих просічно-втяжним листом, знаходили як для залізобетонних, приймаючи за критерій утворення тріщин досягнення деформаціями крайнього розтягнутого волокна бетону в перерізі, що розглядається, граничних значень ε_{ctu} з відповідної діаграми стану для другої групи граничних станів. У разі відсутності такої діаграми приймали за [1] величину

$$\varepsilon_{ctu} = -2f_{cm} / E_{ck}.$$

Теоретична ширина розкриття тріщин w_k для залізобетонних дослідних зразків та зразків, армованих просічно-втяжним листом, визначалась за формулами [2].

Експериментальні та теоретичні значення моментів тріщиноутворення дослідних зразків зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Експериментальні та теоретичні значення моментів тріщиноутворення в дослідних зразках

Шифр балки	$\dot{I}_{crc}^{\dot{a}\dot{e}\dot{n}}$, кН·м	$\dot{I}_{crc}^{\dot{A}\dot{N}\dot{O}\dot{O}}$, кН·м	$\frac{\dot{I}_{crc}^{\dot{A}\dot{N}\dot{O}\dot{O}} - \dot{I}_{crc}^{\dot{a}\dot{e}\dot{n}}}{\dot{I}_{crc}^{\dot{a}\dot{e}\dot{n}}}$, %
1	2	3	4
Б-I-1	4,75	4,47	-6
Б-I-2	6,21	4,94	-20
Б-I-3	5,73	4,74	-17
Б-II-1	7,34	6,74	-8
Б-II-2	8,45	7,27	-14
Б-II-3	8,85	7,35	-17

Порівняння експериментальної і теоретичної ширини розкриття тріщин зведено в табл. 2.

Таблиця 2

Експериментальна та теоретична максимальна ширина розкриття тріщин дослідних балкових зразків при $M = 0,7M_{руй}$

Шифр балки	$M_{екс},$ кН*м	Ширина розкриття, мм		$\frac{w_k^{теор} - a_{скс}^{екс}}{a_{скс}^{екс}},$ %	Руйнівний момент $M_{руй},$ кН*м
		Експерименталь на, $a_{скс}^{д\dot{e}п}$	За ДСТУ, $w_k^{теор}$		
Б-I-1	16,25	0,20	0,18	-10%	22,75
Б-I-2	19,50	0,15	0,16	6%	25,35
Б-I-3	19,50	0,20	0,23	15%	26,00
Б-II-1	11,37	0,12	0,10	-16%	15,27
Б-II-2	11,37	0,11	0,12	9%	16,90
Б-II-3	23,01	0,26	0,30	15%	32,17

У всіх дослідних зразках, армованих просічно-витяжним листом, процес тріщиноутворення мав свої особливості. На початкових стадіях завантаження з'являлись первинні нормальні тріщини. При подальшому завантаженні між ними виникали додаткові нормальні тріщини та проходив процес розкриття та росту тріщин рис. 3. При навантаженнях, близьких, до руйнуючого, у дослідних зразках (Б-I-1, Б-I-2, Б-II-1 та Б-II-2) на рівні просічно-витяжного листа виникала горизонтальна тріщина, яка розвивалася в обох напрямках: до місця прикладення зовнішнього навантаження та до опори. Залежність максимальної ширини розкриття тріщин від величини зовнішнього навантаження наведені на рис 4.

Процес тріщиноутворення в дослідних зразках, армованих стрижневою арматурою проходив аналогічно, незалежно від класу бетону. Відмінною була лише ширина розкриття тріщин – із зростанням класу бетону збільшувалася несуча здатність зразків та збільшувалася ширина домінуючої тріщини при рівних навантаженнях.

У момент руйнування, найбільша ширина розкриття тріщин мала місце для дослідного балкового зразка Б-I-2 (I серія) і становила 1 мм. Розвиток горизонтальної тріщини вздовж просічно-витяжного листа свідчив про порушення монолітності перерізу (рис. 3).

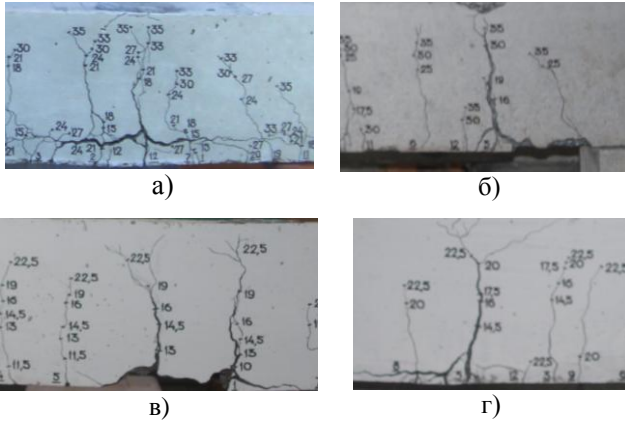
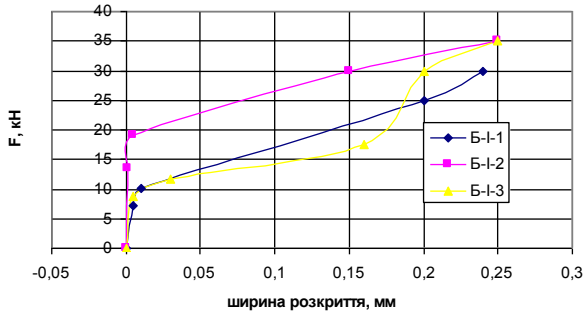
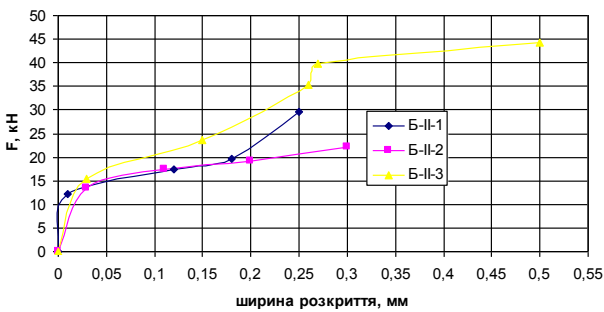


Рис. 3. Характер розвитку домінуючої тріщини у дослідних зразках, армованих просічно-втяжним листом: а) Б-I-1; б) Б-I-2; в) Б-II-1; г) Б-II-2



а)



б)

Рис. 4. Залежність максимальної ширини розкриття тріщин від величини навантаження для дослідних зразків: а) серії I; б) серії II

Після завершення експерименту, в усіх дослідних зразках, спостерігалась подібна картина: оглянувши балку знизу, в місці домінуючої нормальної тріщини було видно що просічно-витяжний лист, оголився, тобто в його комірках бетон був відсутнім. Це свідчить про те, що в момент руйнування балки, стискаючі зусилля бетону в комірках просічно-витяжного листа досягали свого максимуму, що і призводило до його дроблення.

ВИСНОВКИ

Отже вище наведена методика для визначення максимальної ширини розкриття тріщин, прийнятна не лише для традиційних залізобетонних, але і для сталобетонних балок, армованих просічно-витяжним листом. При цьому можна визначити, що крок тріщин для таких балок ми не визначали, а приймали рівним кроку поперечних стержнів. Крім того, балки армовані просічно-витяжним листом, за експлуатаційних рівнів завантаження мають меншу максимальну ширину розкриття тріщин ніж звичайні залізобетонні, армовані стрижневою арматурою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабич В.Є. Практичний метод розрахунку прогинів залізобетонних балок за ДСТУ Б В.2.6 – 156:2010 / В.Є. Бабич // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник, 2011. – №101. – С. 532-540.
2. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6 – 156:2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
3. Добрянський І.М. Сталобетонні балкові елементи з робочим армуванням у вигляді просічно-витяжного листа: методика випробування та дослідження / І. Добрянський, С. Бурчєня, І. Шмиг // Теоретичні і практичні аспекти розвитку агропромислового виробництва та сільських територій : матер. Міжнар. наук.–практ. форуму, 21-24 вер. 2011 р. – Львів, 2011. – С. 438-444.
4. НИИЖБ. Предельные состояния элементов железобетонных конструкций. - Москва, Стройиздат, 1976 – 216 с.
5. Пат. u2011 08765 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент / Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурчєня С.П.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. – № 69032; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. №8.
6. Пат. u2011 08771 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент / Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурчєня С.П.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. – № 69035, заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. №8.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2013 р.