

**МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОСЛІДНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПІДСИЛЕНИХ РІЗНИМИ
СПОСОБАМИ В РОЗТЯГНУТІЙ ЗОНІ**

**STRENGTH CHARACTERISTICS OF EXPERIMENTAL
REINFORCED CONCRETE BEAMS STRENGTHENED IN
VARIOUS WAYS IN THE STRETCHED AREA**

**Боярчук Б.А., к.т.н., доцент, Маліков В.В., к.т.н., доцент (Луцький
НТУ, м. Луцьк)**

**Boyarchuk B.A, Ph.D., associate professor, Malikov V.V, Ph.D.,
associate professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)**

Наведені результати досліджень міцнісних характеристик підсилених залізобетонних балок в розтягнутій зоні трьома способами: сталевібробетоном, полімербетоном і стержньовою арматурою з важким бетоном

These results reinforced durable characteristics of reinforced concrete beams stretched zone in three ways: stalefibrobetonom, the rod and concrete reinforcement of heavy concrete. In the design of strengthening the idea was to increase the stats (strength, crack resistance, deformability) of the structures by approximately the same value, and then evaluate their effectiveness. To do this, one series of beams was reinforced with a layer of concrete, the strength of which is subject to increase shoulder internal pair of forces the cross-section should be equal to the strength of beams reinforced with additional reinforcement in combination with polimerbetona or heavy concrete.

According to the research results, the most effective way to gain one is the growing layer of concrete, since strength properties of the reinforcement used in full.

Ключові слова: залізобетонні балки, сталевібробетон, полімербетон, стержньова арматура, важкий бетон

Keywords: concrete beams, stalefibrobeton, concrete, reinforcing rod, heavy concrete

Експериментальні балки виготовлялися в заводських умовах з важкого бетону класу В15, які армувались в розтягнутій зоні стержньовою арматурою 2Ø14АІІІ. Для поперечного армування використовувалась дротова арматура Ø4Вр-1 з кроком 100мм на приопорних ділянках балки. Середня третина балок поперечною арматурою не армувалась. Всього було виготовлено 4 серії балок з розмірами 120х200х2000 мм по 4 штуки в кожній. Балки першої серії не підсилювались. Половину балок з решти трьох серій підсилювали трьома способами (див. табл.1). Для порівняння результатів підсилення балок другу половину з решти трьох серій балок моделювали, імітуючи таким чином втрату ними своєї несучої здатності. Це досягалось за допомогою попереднього навантаження балки на спеціальній установці зусиллям, що становило приблизно 80% від руйнівного до появи та розкриття тріщин. Після цього балки розвантажували і підсилювали.

Підсилення балок другої серії виконували сталеві фібробетоном, що складався з матриці (дрібнозернистий бетон класу В20) і сталевих фібр з відпрацьованих канатів Ø1 мм. Вміст фібр становив 3% за об'ємом. Товщина шару підсилення прийнята 40 мм.

Балки третьої серії підсилювали полімербетоном, який виготовляли з дрібнозернистого бетону класу В20 та епоксидної смоли ЕД-20 (20% за об'ємом). Товщина шару підсилення - 20 мм.

Балки четвертої серії підсилювали способом підведення додаткової арматури 2Ø8АІІІ, яку замонолічували дрібнозернистим бетоном класу В20. Товщина шару підсилення - 20 мм.

Методика та програма експерименту описанні у роботах [8, 9].

Як показав експеримент з чотирьох випробуваних серій балок дві серії (непідсилені зразки та зразки, підсилені шаром сталеві фібробетону) зруйнувалися за нормальними перерізами. Дві інші серії (підсилені додатковою арматурою і шаром полімербетону або важкого бетону) були зруйновані за похилими перерізами внаслідок сумісної дії поперечної сили та згинального моменту.

При проектуванні підсилення задум полягав у тому, щоб підвищити параметри (міцність, тріщиностійкість, деформативність) конструкцій приблизно на одну і ту ж величину, а потім оцінити їх ефективність.

Для цього одна серія балок була підсилена шаром сталеві фібробетону, міцність якого з урахуванням збільшення плеча внутрішньої пари сил перерізу мала дорівнювати міцності балок,

підсилених додатковою арматурою 2 Ø8 А-III у сполученні з полімербетоном або важким бетоном.

Однак, зважаючи на те, що нові матеріали (сталеві фібробетон і полімербетон), які були використані як елементи підсилення, вивчені недостатньо і мають свої особливості, при виробництві з'явилися деякі відхилення у їх реальних міцнісних і деформативних характеристиках. Крім того, при наявності додаткової поздовжньої арматури підсилення несуча здатність похилих перерізів виявилася меншою, ніж нормальних. В той же час, як видно з результатів випробувань зразків марок БС і БСН при включенні в роботу сталеві фібробетону, спільна деформація шару підсилення з основною балкою може тривати від початку навантаження до руйнування.

У балках, підсилених сталеві фібробетоном спостерігалось практично одночасне руйнування розтягнутої та стиснутої зон. Підсилюючий шар зруйнувався внаслідок висмикування фібр. Цей спосіб руйнування відбувається при помірному зчепленні бетону з гладенькими фібрами, отриманих з відпрацьованих канатів [1].

Руйнівне розтягуюче напруження у підсилюючому шарі сталеві фібробетону можна отримати, прирівнюючи його до міцності зчеплення фібр з бетоном [1] за формулою

$$R_{fbt} \approx \tau_c = K_\tau \Delta L_c \quad (1)$$

де K_τ , МПа/мм, - коефіцієнт зсуву; ΔL_c , мм, - видовження та зсув фібр відносно бетонної матриці.

За показаннями приладів (індикаторів і компоратора) [2] в описуваних дослідах середнє видовження та зсув фібр відносно бетонної матриці складало $\Delta L_c = 4,5$ мм.

Величину коефіцієнта K_τ досліджували у роботі [1]. Статистична обробка даних експериментів з 95% забезпечуваністю показала, що для вирівняної (гладенької) фібри Ø1,2 мм і при бетоні матриці класу В20 середнє значення цього коефіцієнту становить $K_\tau = 0,8$ МПа / мм. Ці умови практично збігаються з умовами наших дослідів, тому руйнівне розтягуюче зусилля можна визначити так:

$$R_{fbt} \approx \tau_c = 0,8 \times 4,5 = 3,6 \text{ МПа,}$$

що практично не відрізняється від міцнісних властивостей використаних основних бетонів та бетонів підсилення для експериментальних зразків.

З точки зору підвищення міцності підсилюваного згинального балочного елемента ефективнішим є випадок, коли більшість фібр

розриваються, а решта – висмикуються. Але з точки зору найповнішого використання підсилюючого шару вигідніше мати тільки висмикування фібр, тому що у такому разі деформативність сталевібробетону збільшується [1, 3, 4, 5].

Таким чином, у балках, підсилених шаром сталевібробетону, була повністю вичерпана несуча здатність як за нормальними, так і за похилими перерізами.

Решта зразків підсилених балок (марок БП, БПН, БТ, БТН), як вже було згадано вище, зруйнувалися за похилими перерізами, внаслідок розриву поперечних стержнів. У цьому випадку у зонах спільної дії згинальних моментів і поперечних сил із збільшенням навантаження після 0,7...0,8 від руйнівного і розвитку похилих тріщин балки розділилися на частини, з'єднані стиснутою зоною і поперечною арматурою, яку перетинають тріщини. Руйнування характеризується різким розкриттям однієї з похилих тріщин, так званої критичної, та наступним фізичним руйнуванням бетону над цією тріщиною з одночасним розривом поперечних стержнів. Це явище відповідає численним дослідженням [6, 7], які відзначають, що при прольотах зрізу $a/h_o = 2...3$ і наявності поперечної арматури відбувається перехід від руйнування за нормальними перерізами до руйнування за похилими перерізами.

У нашому випадку для зазначених марок експериментальних балок фактичний відносний проліт зрізу становив $a/h_o = 600/207 = 2,9$.

Такій формі руйнування сприяла втрата контакту між основною балкою та шаром підсилення на опорі. Після розшарування і відокремлення підсилюючого шару полімербетону (балки БП і БПН) або важкого бетону (балки БТ і БТН) на опорі підсилена балка виявилася такої ж висоти, що і до підсилення. Отже, шар підсилення, з точки зору поперечної сили виключився з роботи. При цьому, чим більшими були зусилля зчеплення, тим більша поперечна сила була необхідна для руйнування елемента. Так, балки, підсилені шаром полімербетону, зруйнувалися при більших зусиллях, ніж ті, що були підсилені важким бетоном.

У табл. 1 наведені результати експериментальних досліджень несучої здатності непідсилених і підсилених різними способами зразків залізобетонних балок. У зв'язку з тим, що балки зруйнувалися різними способами, у цій таблиці паралельно показані руйнуючі поперечні сили та згинальні моменти.

Таблиця. 1

Середні експериментальні значення міцностей дослідних зразків балок.

№ п/п	Марка балки	Шифр способу підсилення	Руйнівне зусилля (поперечна сила), P_u , кН	Коеф.іці -енти варіації, %	Відносне значення міцності P_{ui} / P_o	Згиналь -ний момент при руйнуванні, M , кНм
1	Б	0	27,0	5,1	1,0	16,2
2	БС	1-1	35,0	3,2	1,296	21,0
3	БСН	1-2	37,5	3,2	1,389	22,5
4	БП	2-1	35,75	4,1	1,361	22,05
5	БПН	2-2	42,25	2,8	1,565	21,45
6	БТ	3-1	34,0	6,5	1,259	20,4
7	БТН	3-2	33,25	15	1,250	19,95

Умовні позначення: Б - балки без підсилення; БС – балки підсиленні сталевібробетоном; БП – балки підсиленні полімер бетоном; БТ – балки підсиленні стержньовою арматурою і важким бетоном; БСН - балки підсиленні сталевібробетоном з попереднім навантаженням; БПН - балки підсиленні полімербетоном з попереднім навантаженням; БТН - балки підсиленні стержньовою арматурою і важким бетоном з попереднім навантаженням.

Як видно з табл. 1, найбільший приріст несучої здатності виявився у балках, підсиленних армованим шаром полімербетону. Але у цьому випадку, як і при підсиленні армованим шаром важкого бетону, поздовжня арматура не досягла межі текучості, тобто не була використана повністю.

Таким чином, найбільш ефективним способом підсилення можна вважати підсилення шаром сталевібробетону, оскільки у цьому разі міцнісні властивості шару підсилення використано повністю.

1. Ашимов Б.А., Хайдуков Г.К. Исследования расчетных параметров фибры из стальных отработанных канатов // Пространственные конструкции зданий и сооружений: М. - Белгород: Изд. Бел ГТСАМ, 1996. - С. 101-111.

2. ДСТУ БВ.2.6-7-95. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості. - К.: Украхбудінформ, 1997. - 30 с.

3. Боярчук Б.А. Характер тріщиноутворення і розкриття тріщин в експериментальних залізобетонних балках, підсилених різними способами // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій. Зб. Наукових праць. Вип. 5. - Львів: Каменяр, 2002. - С. 219 - 223.

4. Кричевский С.А. Прочность, деформативность и трещиностойкость торкретсталефибробетонных покрытий железобетонных балок: Дис...канд. техн. наук. - Киев, 1996. - 152 с.

5. Кричевский А.П. Новые технологии, материалы и конструкции на основе сталефибробетона // Новые строительные технологии, материалы и конструкции на основе сталефибробетона. Материалы семинара. – Донецк -Харцизск, 2002. - 50 с.

6. Лозовский Д.А. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. - Новополоцк: Изд-во Полоцкого гос. ун-та. 1998. - 240 с.

7. Проектирование усиления несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений // А.Б. Голышев, И.Н. Ткаченко.- К.: Логос, 2001. - 172 с.

8. Боярчук Б.А. Міцність, тріщиностійкість та деформації залізобетонних конструкцій при різних способах підсилення розтягнутої зони: Дис. канд. техн. наук. Луцьк 2003. - 159 с.

9. Підвищення надійності підсилених залізобетонних конструкцій будівель та споруд. Звіт про виконання науково-дослідної роботи №39дб (заключний). Луцьк, 2000, - 103.