

Експериментально-теоретичні дослідження впливу одночасної дії навантаження при підсиленні на міцність залізобетонних балок

Роман Хміль, Євген Царьов

Кафедра будівельних конструкцій та мостів, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, E-mail: roman_hl@ukr.net ; tsarioff@rambler.ru

ABSTRACT: *Strengthening of the reinforced concretes beams by arranging of holder under loading and without it is examined in the article. The results of experimental researches of the strength of the reinforced concretes beams are given.*

Key words – strengthening, reinforced concretes beams, loading.

I. Вступ

Експлуатація будівель та споруд, часто в несприятливих зовнішніх умовах, призводить до необхідності ремонту чи підсилення залізобетонних конструкцій. При цьому особливістю таких робіт є те, що підсилення необхідно виконувати при дії навантаження, принаймні від власної ваги [1]. Це впливає на повноту використання фізико-механічних характеристик елементів підсилення. Тому актуальним є дослідження ефективності включення в роботу елементів підсилення при дії навантаження.

Дослідженням ефективних методів підсилення залізобетонних конструкцій займалися багато вчених [2...5]. Це дозволило розробити конструктивні рішення підсилення залізобетонних конструкцій. Однак недостатньо висвітлені питання ефективності використання конструктивних елементів підсилення при їх влаштуванні під дією навантаження. Це вносить особливості і в процес розрахунку підсиленних конструкцій. Аналіз виконаних досліджень показує, що їх більшість стосується підсилення без врахування постійної дії навантаження на конструкції та викликаного ним початкового напружено-деформованого стану.

Метою даної роботи є дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних балок, підсиленних обоймою при наявності і відсутності одночасної дії навантаження та визначення ступеню впливу цієї дії на міцність підсилюваної конструкції.

II. Методика експериментальних досліджень.

Методика досліджень передбачала кілька етапів:

- Випробування звичайної невідсиленої балки до руйнування (марка БЗ-1,1)
- навантаження залізобетонної балки до рівня 0,6 від максимального (марка БПб-1.3-0.6);
- підсилення балок (без дії - марка БПб-1.2 та під дією навантаження - марка БПб-1.3-0.6) бетонною обоймою;
- руйнування підсиленних під навантаженням залізобетонних балок.

Усі балки були близнюками, робоча арматура $2\varnothing 12$ мм А400 та у стиснутій зоні конструктивне армування з $2\varnothing 5$ Вр-I. Поперечне армування $\varnothing 5$ Вр-I з кроком 75...150 мм. Звичайну балку випробували двома зосередженими силами, прикладеними по верхній грані в третинах прольоту для отримання максимального згинального моменту, що відповідає граничному стану (текучості арматури) балки M_u^{exp} .

Навантаження балок перед підсиленням проходило в два етапи. Спочатку навантаження доводилося до проектного рівня $0.6 M_u^{\text{exp}}$ ступенями $\Delta F = 0.05 \dots 0.1 F_{\text{max}}$ з витримкою після кожної ступені 15 хв. Це була короткотривала складова випробування балки. В процесі навантаження фіксували прогини, деформації бетону і арматури балок, а також вівся контроль за моментом утворення тріщин і їх розвитком. Навантаження створювалося за допомогою тягів, системи траверс і силової пружини. Значення зусилля контролювалося протарованими кільцевими динамометрами, які були опорами балок.

Після навантаження балок до проектного рівня почався етап підсилення бетонною обоймою. Проектна товщина обойми складала 2 см. Довжину ділянки з обоймою приймали за розрахунком. Оскільки дуже важливим є зчеплення старого бетону конструкції з новим бетоном обойми, було застосовано спеціальний з'єднувальний шар на мінеральній основі Cerinol ZH фірми Dietermann.

Далі на балки встановлювали в'язаний каркас з сталевого дроту $\varnothing 1,2$ мм (чотири поздовжні стержні та поперечні хомути з кроком 60 мм) та фіксували кріплення для мікроіндикаторів годинникового типу перед влаштуванням обойми (рис. 1).



Рис. 1. Підготовка балки перед її підсиленням

Далі наносили з'єднувальний шар і підсилювали переріз балок в опалубці бетоном з використанням суперпластифікатора (рис. 2).

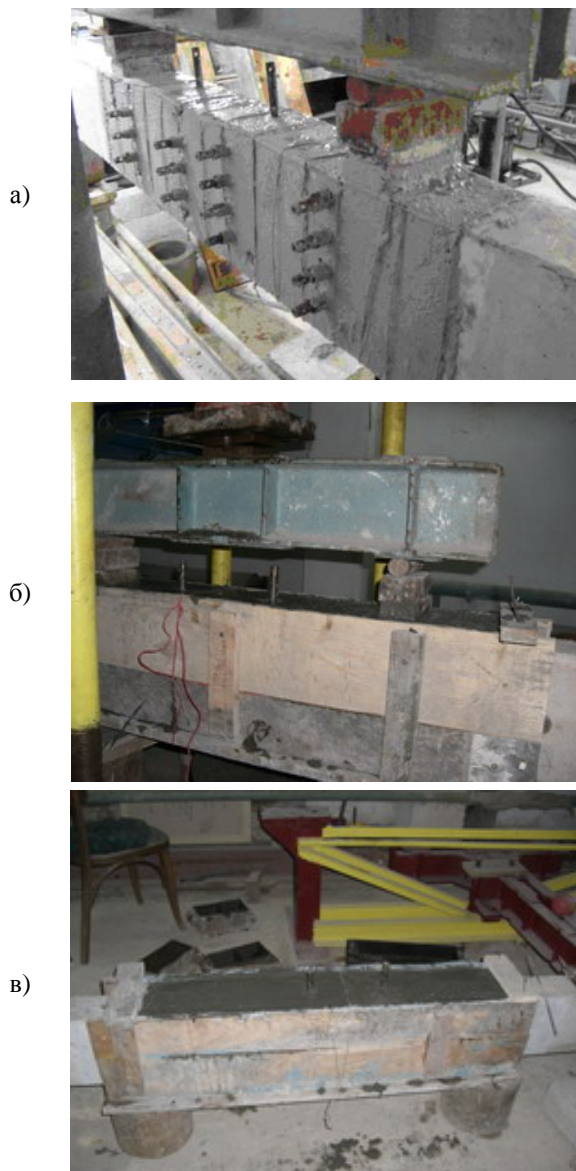


Рис. 2. Підсилення балки бетонною обоймою: а) нанесення з'єднувального шару; б) влаштування бетонної обойми під навантаженням ; в) влаштування бетонної обойми без одночасної дії навантаження.

Для влаштування бетонної обойми прийнятий бетон зі співвідношенням складників Ц:П:Щ=1:1,26:2,42 при водоцементному відношенні В/Ц=0,38. Цемент марки М-400 Миколаївського цементного заводу. Пісок використано кварцевий Славутського кар'єру Хмельницької області без домішок з модулем крупності $M_c=2,04$, щебінь гранітний Селищанського кар'єру Рівненської області фракції 5...10 мм. Кількість суперпластифікатора (осадка конуса бетону 15 см), складала 1,5% від маси цементу. Кубикова міцність бетону підсилення складала 47,4 МПа.

Не раніше, ніж через 28 днів після влаштування обійми підсиленні балки випробовували прикладанням короткочасного навантаження до руйнування.

Навантаження балок відбувалося аналогічно як і до підсилення бетонною обіймою. Прогини балок замірювалися за допомогою чотирьох індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Деформації бетону замірювали за допомогою 14-ти мікроіндикаторів годинникового типу зі шкалою 0,001 мм: 4 – з них розміщували на бетоні обійми з базою замірів 200 мм. Індикатори кріпили до кріплень, що були приклеєні до поверхні бетону обійми ("нового" бетону) епоксидним клеєм. Кріплення, що були приклеєні до існуючого ("старого") бетону, не обетонували бетоном, оскільки до підсилення їх огортали гумовими «шайбами», які після підсилення легко видаляли. Це дало можливість також встановлювати величини деформацій по висоті перерізу "нового" та "старого" бетонів балки.

Розміщення вимірювальних приладів на експериментальних балках-зразках і схема прикладання навантаження в процесі випробувань подані на рис.3. Стенд для випробувань балок на згин короткотривалим навантаженням представлений на рис.4.

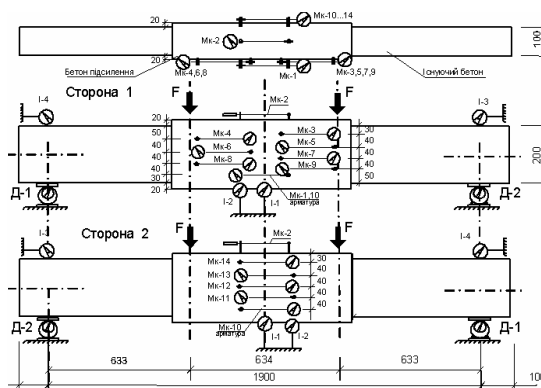


Рис. 3. Схема розташування приладів при випробуванні підсиленої балки



Рис. 4. Загальний вид підсиленої балки при випробуванні

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ БЕТОННОЮ ОБОЙМОЮ

Шифр балок	Геометричні розміри перерізу, b×h, мм		Величина згинальних моментів, кН·см				$\frac{M_u^{exp}}{M_{u1}^{norm}}$	Ефект підсилення, %
			Експеримент		Розрахунок			
	Звичайна	Підсилена	при посиленні M _{exp}	граничний Mu _{exp}	Згідно СНиП 2.03.01-84*	По ДБН В.3.1-1-2002		
					звичайна Mu _{norm}	посилена Mu1 _{norm}		
БЗ 1.1	99×202	-	-	1980	1715	-	1.155	-
БПб-1.2	98×202	145.3×246.3	-	2216	1715	1979	1.120	11.9
БПб-1.3-0.6	101×201	146.2×249.1	1140	2130	1690	1978	1.077	7.6

III. Результати експериментальних досліджень.

Експериментальні і розрахункові величини згинальних моментів, які відповідають граничному стану і руйнуванню, а також їх порівняння наведені в табл. 1.

Згідно рекомендацій [7] визначали несучу здатність для елементів з комбінованим бетонним перерізом (старий та новий бетон підсилених балок). При визначенні розрахункової несучої здатності в формули підставляли дійсні величини підсиленого перерізу балки, арматури, призмову міцність бетону R_b , і в якості розрахункового опору арматури фактичне значення σ_u границі текучості арматури.

При визначенні граничного моменту текучості арматури використовували графіки деформацій по арматурі та прогинів балок.

Руйнування балок, підсилених бетонною обоймою пройшло при досягненні напружень в арматурі границі текучості з подальшим роздробленням бетону стиснутої зони. При руйнуванні не було помічено відшарування старого бетону та бетону підсилення. Типовий характер руйнування підсилених балок показано на рис. 5.

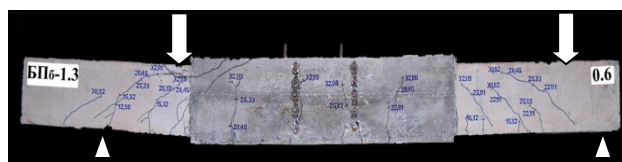


Рис. 5. Характер руйнування експериментальних балок

Як видно з результатів експериментальних випробувань внаслідок підсилення бетонною обоймою несуча здатність нормальних перерізів експериментальних зразків збільшилась на 7.6...11.9%. Для балки підсиленої під навантаження 0,6 M_{uexp} розбіжність експериментально отриманої міцності і розрахункової згідно ДБН складає 7.7% на відміну від 12% для балки підсиленої без одночасної дії навантаження. Отже більш невигідним є дослідження балок посиленних при дії навантаження.

Результати, які отримали після визначення теоретичних величин міцності нормальних перерізів за методикою ДБН В.3.1-1-2002 дозволили

встановити, що дана методика дозволяє визначити міцність підсилених балок з задовільною збіжністю. Для балок підсилених під навантаження ця збіжність є з меншим запасом 7.7% в порівнянні з 12.0% для звичайної балки.

Висновки

1. Дослідження напружено-деформованого стану підсилених залізобетонних конструкцій, яке виконується при дії навантаження є більш невигідним поєднанням ніж випробування конструкцій підсилених без врахування одночасної дії навантаження.

2. Методика ДБН В.3.1-1-2002 дозволяє визначити міцність підсилених балок з задовільною збіжністю, проте для балок підсилених під навантаження ця збіжність є з меншим запасом.

Список використаних джерел

- [1] Бліхарський З.Я. Напружено-деформований стан залізобетонних конструкцій в агресивному середовищі при дії навантаження. Дис. док. техн. наук, Київ, 2005. - 348с
- [2] Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд. – Львів; НУ «Львівська політехніка», 2008. – 108с.
- [3] Аль Сухайджи Салех Али Кайд Прочность и деформативность усиленных железобетонных элементов. Дис. канд. техн. наук, Київ, 1994. - 142с
- [4] Барашков А.Я., Подольский Д.М., Сирота М.Д. Надежность восстанавливаемых и усиливаемых зданий и сооружений. - Черкасы, 1993. - 44с.
- [5] Гольшев А.Б., Кривошеев П.И., Козелецкий П.М. и др.; под. Ред. Гольшева А.Б. Расчет и технические решения усиленных железобетонных конструкций производственных зданий и просядочных оснований. - К; ЛОГОС, 2008. – 304 с.
- [6] СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР -М.:ЦИТД 1989.-80С.
- [7] ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. - К.: Держбуд України, 2003. - 82с.