

УДК 624.012

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАТКОВОГО АРМУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ОБОЙМОЮ ЗА ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ

З. Я. Бліхарський, Р. Є. Хміль, Д. І. Дубіжанський

Наведені результати досліджень згинальних залізобетонних елементів, підсилені залізобетонною обоймою при дії навантаження з різним додатковим армуванням. На підставі отриманих результатів проведено порівняння експериментальних та теоретичних величин міцності балок.

Проведены экспериментальные исследования железобетонных балок, усиленных железобетонной обоймой под нагрузкой при различном дополнительном армировании элемента усиления. Описана работа балок, усиленных железобетонной обоймой под нагрузкой. На основании полученных результатов проведено сравнение экспериментальных и теоретических величин прочности балок.

Investigations of reinforced concrete beams, strengthened by reinforced concrete shackle under load with various additional reinforcing elements were conducted. Functioning of the girders, strengthened with reinforced concrete shackle under load was described. Based on these results, comparison of experimental and theoretical values of the strength of beams was conducted.

Вступ

Сучасна практика проектування і будівництва будівель тісно пов'язана з реконструкцією, модернізацією або ремонтом існуючого житлового та виробничого фонду. У ряді випадків при цьому потрібно підвищення або відновлення несучої здатності конструкцій шляхом їх підсилення. Підсилення будівельної конструкції дозволяє усунути дефекти і забезпечити сприйняття збільшеного навантаження при реконструкції будівель і споруд. Ці роботи часто пов'язані з необхідністю відновлення та підсилення несучих конструкцій при наявності певного залишкового навантаження конструкцій. На сьогодні проблема ефективного виконання підсилення конструкцій, що перебувають під дією навантаженням, недостатньо вивчена і тому є актуальною і потребує дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Роботу підсилення залізобетонних конструкцій вивчали в своїх роботах А. Я. Барашиков, З. Я. Бліхарський, С. В. Бондаренко, Б. А. Боярчук, О. Б. Голишев, А. І. Мальганов, Т. А. Мухамедієв, С. І. Меркулов та ін. [1, 2, 3]. Це дало змогу розробити ефективні конструктивні рішення підсилення залізобетонних конструкцій і методи їх розрахунку. Проте аналіз виконаних досліджень показує, що їх більшість стосується підсилення без врахування дії навантаження та викликаного ним початкового напружено-деформованого стану. Також недостатньо досліджено ефективність роботи додаткового армування при підсиленні згинаних конструкцій, що перебувають під дією навантаження, більшого від 65 % їх несучої здатності. Величини коефіцієнтів умов роботи додаткових елементів підсилення, що наведені у діючих нормативних документах [4], не повною мірою відповідають результатам, що отримані експериментальним шляхом [5].

Мета та задачі дослідження

Мета роботи – дослідити міцність нормальних перерізів залізобетонних балок, підсилені залізобетонною обоймою при дії навантаження в 70 % від величини несучої здатності за нормальним перерізом не підсилені балок M_{u0}^{exp} . Залізобетонну обойму виконували з різним армуванням (2Ø8 А400С, 2Ø10 А400С, 2Ø12 А400С) з метою порівняння експериментальних величин міцності з теоретичними величинами, обчисленими за чинними нормами ДБН В.3.1-1-2002 [4] з використанням інженерної методики СНиП [6]. За результатами досліджень планується встановити ефективність даного способу підсилення балок в залежності від величини додаткового армування обойми підсилення. Отримані експериментальні результати будуть основою для розроблення чи вдосконалення існуючих методик розрахунку несучої здатності залізобетонних балок підсилені за дії навантаження.

Результати дослідження

Згідно з програмою та розробленою методикою дослідження [7], виготовили та випробували чотири серії експериментальних балок. Характеристики підсиленних зразків експериментальних балок подані в таблиці 1. Випробування дослідних балок виконували прикладанням двох зосереджених сил у третиinah прогону балок. Балки I серії були випробувані за методикою [7] короточасним навантаженням до руйнування без влаштування елементів підсилення з метою визначення їх несучої здатності. Дослідження балок II – IV серій, підсиленних залізобетонною обоймою з різним додатковим армуванням, проводили в три етапи. На першому етапі проводили завантаження балок до встановленого рівня $0,7 M_{u0}^{exp}$. При досягненні проектного рівня навантаження фіксували і на другому етапі проводили підсилення балок під навантаженням шляхом влаштування залізобетонної обойми. Після цього через 28 діб приступали до третього етапу – підсилені балки-зразки випробували короточасним навантаженням до руйнування.

Таблиця 1

Характеристики підсиленних експериментальних балок

Серія	Шифр балок	Переріз балок $b \times h$ мм	Переріз підсиленних балок $b_{ad} \times h_{ad}$ мм	Додаткове армування			Бетон обойми	
				Площа перерізу $m^2 \times 10^{-4}$ (\varnothing мм)	Границя текучості σ_y , МПа	Модуль пружності $E_s^{ad} \times 10^{-5}$ МПа	Призмova міцність f_{cd} МПа	Модуль деформацій $E_s^{ad} \times 10^{-4}$, МПа
II	Бп-2.1-0,7	98×198	142×274	1,01 (2Ø8)	441	2,1	28,3	27,2
	Бп-2.2-0,7	99×200	142×278					
III	Бп-3.5-0,7	99×200	150×278	1,57 (2Ø10)	483	2,1	28,3	27,2
	Бп-3.6-0,7	101×201	142×273					
IV	Бп-4.1-0,7	99×200	142×275	2,26 (2Ø12)	483	2,1	32,9	29,5
	Бп-4.2-0,7	98×200	148×275					

На кожному етапі випробування до і після влаштування елементів підсилення фіксували прогини, деформації бетону і арматури балок основного і додаткового перерізів, а також проводили контроль за моментом утворення тріщин і їх розвитком.

При аналізі роботи балок, підсиленних залізобетонною обоймою під навантаженням, умовно можна виділити три стадії.

На першій стадії після влаштування залізобетонної обойми підсилення було помітно зменшення інтенсивності приросту деформації при однаковому прирості величини діючого моменту, що пояснюється збільшенням жорсткості перерізу. Причому, чим більшим був переріз додаткового армування, тим довше продовжувалась ця стадія. При цьому приріст деформацій арматури обойми на кожному етапі випробування був більший ніж в основній арматурі балки. Це пояснюється різною робочою висотою арматури в перерізі.

Друга стадія починається з досягненням напружень в робочій арматурі основного або додаткового перерізу межі текучості. Оскільки балка підсилена залізобетонною обоймою має два ряди армування (основне та в обоймі), тому текучість настає в них не одночасно, а при різній величині згинального моменту. Це пояснюється як різною робочою висотою арматури в перерізі, так і наявністю залишкових напружень в основному армуванні в момент виконання підсилення. На цій стадії роботи підсиленої балки характерне збільшення приросту деформацій робочої арматури і прогинів, і під час дослідження це було помітно за різницею показів приладів на суміжних етапах. При цьому кут нахилу графіка деформацій робочої арматури і прогинів на початку цієї стадії зменшується. Треба відмітити, що коли один з шарів арматури (основного або додаткового перерізу) першим досяг напружень межі текучості, стержні іншого шару арматури при цьому не давали деформаціям швидко збільшуватись. Ця стадія триває до досягнення в обох стержнях межі текучості.

Третя стадія – стадія руйнування, коли всі стержні арматури основного і додаткового перерізів досягають межі текучості. При цьому спостерігався стрімкий приріст деформацій і прогинів балки. Кут нахилу графіків деформацій і прогинів до горизонтальної осі на цій стадії різко зменшується. Фізичне руйнування підсиленних балок проходило при досягненні напруження в арматурі основного і додаткового перерізу границі текучості з подальшим роздробленням бетону стиснутої зони.

Ефекти підсилення η_u і $\eta_{u,ad}$ дослідних балок визначали через відношення відповідної величини згинального моменту, що відповідає текучості арматури (основної M_u^{exp} і додаткової $M_{u,ad}^{exp}$) до величини граничного згинального моменту по текучості арматури непідсиленних балок І серії.

Експериментальні та теоретичні величини згинальних моментів підсиленних балок, а також їх порівняння наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати дослідження міцності експериментальних балок

Серія	Шифр балки	Переріз підсиленних балок $B \times H$, мм	Площа перерізу арматури об'ємом $m^2 \times 10^{-4}$ (\varnothing мм)	Величина згин. моментів, кНм			Ефект підсилення		$\frac{M_u^{norm}}{M_u^{exp}}$
				Експериментальні		Розрах.	η_u	$\eta_{u,ad}$	
				текучість основної арматури M_u^{exp}	текучість додаткової арматури $M_{u,ad}^{exp}$	За ДБН В.3.1-1-2002 M_u^{norm}			
I	Б 1,1	99×200	–	23,6	–	–	–	–	–
	Б 1,2	100×200		24,0	–	–	–	–	–
II	Бп 2,1-0,7	142×274	1,01 (2 \varnothing 8)	30,81	37,78	32,63	1,29	1,58	1,059
	Бп 2,2-0,7	142×278		30,23	37,66	33,15	1,27	1,58	1,097
III	Бп 3,5-0,7	150×278	1,57 (2 \varnothing 10)	36,37	45,85	37,78	1,53	1,93	1,039
	Бп 3,6-0,7	142×273		35,62	44,26	37,74	1,50	1,86	1,060
IV	Бп 4,1-0,7	142×275	2,26 (2 \varnothing 12)	40,32	49,53	42,99	1,69	2,08	1,066
	Бп 4,2-0,7	148×275		40,40	49,01	42,67	1,70	2,06	1,056

Необхідно зауважити, що у таблиці наведені величини згинальних моментів одержані за розрахунком за інженерною методикою СНиП 2.03.03-84* з врахуванням згідно з вимогами [4] коефіцієнтів умов роботи елементів підсилення, що виконується під навантаженням вищим $0,65M_{u0}^{exp}$, а саме на бетон $\gamma_{br} = 0,8$ і на арматуру $\gamma_{sr} = 0,8$. Під час визначення теоретичної міцності нормального перерізу у розрахункові формули підставляли дійсні величини призмової міцності бетону основного f_{cd} і додаткового f_{cd}^{ad} перерізів, та фактичні величини границі текучості арматури f_y і f_y^{ad} .

При аналізі експериментальних досліджень помічено, що із збільшенням кількості додаткового армування згинальний момент, при якому напруження в арматурі основного перерізу досягали межі текучості, збільшувався. За моментом текучості арматури основного перерізу ефект підсилення складав $\eta_u = 1,27...1,7$ рази. Необхідно зауважити, що у всіх описаних експериментальних зразках текучість в арматурі додаткового перерізу наступала вже після досягнення арматурою основного перерізу напруження границі текучості. Ефект підсилення $\eta_{u,ad}$ при цьому збільшувався від 1,58 до 2,08 рази відповідно.

Визначення несучої здатності нормальних перерізів балок, підсиленних залізобетонною об'ємом під навантаженням, за інженерною методикою СНиП [6], з врахуванням величин коефіцієнтів умов роботи γ_{br} та γ_{sr} згідно з нормами [4] не дозволяє з необхідною точністю визначити їх несучу здатність. Розходження між величинами згинальних моментів складало

+3,9...9,7 % (табл. 2) в сторону завищення теоретичних величин над експериментальними, що недопустимо. Це можна пояснити тим, що в нормах [4, 6] критерієм визначення несучої здатності підсилених конструкцій при усіх рівнях навантаження, більших за 65 %, є досягнення текучості арматурою основного перерізу з певним недовикористанням арматури та бетону елемента підсилення, що враховується коефіцієнтами умов роботи, а саме: для бетону $\gamma_{br} = 0,8$ і для арматури $\gamma_{sr} = 0,8$. Звідси можна припустити, що зазначені коефіцієнти не є універсальними, та потребують додаткового ранжування.

Висновки

Проведено експериментальні дослідження залізобетонних балок, підсилених залізобетонною обоймою за дії навантаження при різному додатковому армуванні елемента підсилення. Описано роботу балок, підсилених залізобетонною обоймою під навантаженням. Розраховано ефекти підсилення за моментом текучості арматури основного η_u і додаткового $\eta_{u,ad}$ перерізів. Визначено, що розрахунок несучої здатності балок, підсилених залізобетонною обоймою під навантаженням, за інженерною методикою [4], з врахуванням вимог [6] дає результати, завищені над експериментальними на +3,9...9,7 % та потребує подальшого уточнення. Подальші дослідження можливі як в напрямку корекції величин коефіцієнтів умов роботи γ_{br} та γ_{sr} , так і в напрямку уточнення критерію вичерпання несучої здатності конструкції підсиленої під дією навантаження.

Використана література

1. Бліхарський З. Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд. [Текст] / Бліхарський З. Я. – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2008. – 108 с.
2. Гольшев А. Б. Расчет и технические решения усиленных железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований. [Текст] / Гольшев А. Б. и др. : под ред. А. Б. Гольшева. – К. : Логос, 2008. – 304 с.
3. Мальганов А. И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: атлас схем и чертежей. [Текст] / Мальганов А. И., Плевков В. С., Полищук А. И. – Томск : Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. – 316 с.
4. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. [Текст] – К. : Держбуд України, 2003. – 82 с.
5. Римар Я. В. Міцність та деформативність залізобетонних балок, підсилених під навантаженням нарощуванням арматури [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Римар Ярослав Васильович. – Львів, 2009. – 135 с.
6. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст] / Госстрой СССР. – М. : ЦИТД 1989. – 80 с.
7. Дубіжанський Д. І. Методика експериментальних досліджень міцності і деформативності залізобетонних балок підсилених залізобетонною обоймою під навантаженням [Текст] / Д. І. Дубіжанський, З. Я. Бліхарський, Р. Є. Хміль // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди Зб. наук. праць. – Рівне, 2011. – Вип. 22. – С. 795-801.

Бліхарський Зіновій Ярославович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних конструкцій та мостів Національного університету «Львівська політехніка».

Хміль Роман Євгенович – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій та мостів Національного університету «Львівська політехніка».

Дубіжанський Дмитро Ігорович – асистент кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.