

УДК 624.012:620.193

Д. Дубіжанський, З. Бліхарський¹, докт.техн.наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
¹Національний університет „Львівська політехніка”

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ОБОЙМОЮ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

Резюме. Наведено методіку експериментальних досліджень міцності та деформативності балок, підсилених залізобетонною обоймою, на дію короткочасного навантаження.

Ключові слова: методика експериментальних досліджень, реконструкція, підсилення балок, залізобетонна обойма.

D. Dubizhanskyu, Z. Blikhars'kyu

Experimental- theoretical researches of strength of reinforced concrete beams strengthened under load with reinforced concrete ring

The summary. This article deals with the methodology of experimental researches of strength and deformability of reinforced concrete beams strengthened under load with reinforced concrete ring.

Key words: methodology of experimental researches, reconstruction, reinforced concrete beams strengthened with reinforced concrete ring.

Вступ. Реконструкція будівель та споруд часто супроводжується необхідністю виконання підсилення залізобетонних балок. Використання методу підсилення балкових конструкцій, які знаходяться під навантаженням або після часткового їх розвантаження, на діючих підприємствах дозволяє виконати будівельно-монтажні роботи без зупинки виробництва. Це вносить особливості в процес розрахунку підсиленних конструкцій, а також прогнозування їх подальшої експлуатації.

Дослідженнями в напрямку підсилення залізобетонних конструкцій займалося багато вчених [1...5]. Аналіз виконаних досліджень показує, що їх більшість стосується підсилення без врахування дії навантаження на конструкції та викликаного ним початкового напружено-деформованого стану.

Мета і завдання дослідження. Розробити методіку випробовування залізобетонних балок, підсиленних під одночасною дією навантаження влаштуванням залізобетонної обойми.

Результати дослідження. Відповідно до розробленої програми дослідження заплановано випробувати 4 серії балок загальною кількістю 16 шт. Перша серія складається з двох зразків, які досліджуються на дію короткотривалого навантаження. Балки другої серії (2 зразки) випробовуються після підсилення залізобетонною обоймою армованою 2Ø8 А400С при дії навантаження 0.7 від руйнівного, третьої серії (8 зразків) підсилюються залізобетонною обоймою з 2Ø10 А400С при рівні навантаження 0.3, 0.5, 0.7, і 0.9 від руйнівного, і 4 зразки четвертої серії – з додатковим армуванням обойми 2Ø12 А400С при рівні навантаження 0.7 і 0.9 від руйнівного.

Експериментальні залізобетонні балки прийняті довжиною 2100 мм, шириною 100 мм і висотою 200 мм. Діаметр стрижневої поздовжньої робочої арматури балок класу А400С (ДСТУ 3760:2006) становив 14 мм, конструктивної у верхній зоні А400С (ДСТУ 3760:2006) – 8 мм і поперечної арматури класу А240С – 6 мм з кроком 50 мм.

Арматура з'єднувалась у просторовий каркас у заводських умовах контактним зварюванням. З обох боків балки до робочої арматури в середині прольоту було приварено по два металеві тримачі індикатора на відстані 200 мм.

Усі балки були виготовлені в заводських умовах з одного замісу бетону. Для виготовлення зразків був прийнятий такий склад бетону: Ц:П:Щ=1:1,16:2,5 при водоцементному відношенні В/Ц=0,375. Цемент марки М-400 Здолбунівського цементного заводу. Пісок – кварцовий Миколаївського кар'єру без домішок з модулем крупності $M_c=2,0$. Щебінь – гранітний Клесівського кар'єру нерудних копалин у Сарненському районі Рівненської області, фракції 5...10 мм – 66%, 10...20 мм – 34%). З метою визначення міцнісних характеристик матеріалів паралельно з балками було сформовано контрольні куби з ребрами 10 і 15 см та призми, а також було відібрано зразки арматури.

Перед дослідженням балок на короткотривалі навантаження було виконано випробування кубів і призм на пресі, а також арматури на розривній машині ГМС-50 з одночасним записом діаграми розтягу. На початку дослідження здійснювали випробування виготовлених балок І серії – Б-1.1 і Б-1.2 (табл. 1) на дію короткотривалого навантаження з метою визначення їх несучої здатності.

Таблиця 1. Характеристики дослідних зразків балок

Шифр балок	Переріз балок $b \times h, \text{ м} \times 10^{-3}$	Арматура				Бетон	
		Площа перерізу $\text{мм}^2 \times 10^{-4} (\varnothing \text{ мм})$	Межа текучості $\sigma_y, \text{ МПа}$	Межа міцності $\sigma_u, \text{ МПа}$	Модуль пружності $E_s \times 10^5, \text{ МПа}$	Призмova міцність $f_{ck, \text{ prism}}, \text{ МПа}$	Модуль деформації $E_{cm} \times 10^4, \text{ МПа}$
Б-1.1	99x200	3,08	590	710	2,06	25,9	3,0
Б-1.2	100x200	2Ø14 A400C					

Завантаження балок відбувалося двома зосередженими силами, прикладеними по верхній грані в третилах прольоту ступенями $\Delta F = 0,05 \dots 0,1 F_{\text{max}}$ з витримкою після кожного ступеня 15 хв. У процесі навантаження фіксували прогини, деформації бетону і арматури балок, а також проводили контроль за моментом утворення тріщин і їх розвитком. Прогини балок вимірювали за допомогою чотирьох індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Два з них встановлені на опорах, на верхній грані балки. Два інших індикатори підводили до нижньої грані посередині балки. Індикатори кріпили на штативах, що зберігали свою незмінність у процесі деформування балки. Деформації бетону та арматури замірювали за допомогою мікроіндикаторів годинникового типу зі шкалою 0,001 мм. Вони фіксувалися на спеціальних тримачах, які, в свою чергу, були закріплені до поверхні бетону або арматурних стержнів. Тріщиноутворення і розвиток тріщин контролювали візуально за допомогою оптичного мікроскопа МПБ-2М. Прикладання зосереджених сил відбувалося за допомогою гідравлічного домкрата потужністю 50т через розподільну траверсу. Значення зусилля контролювали зразковим манометром, протарованим разом з насосною станцією і домкратом, а також двома кільцевими динамометрами, розташованими на опорах балок. При цьому один динамометр був рухомою опорою, а другий – нерухомою. Балки випробували до руйнування. Загальний вигляд підготовленого до випробування зразка І серії зображено на рис. 1.

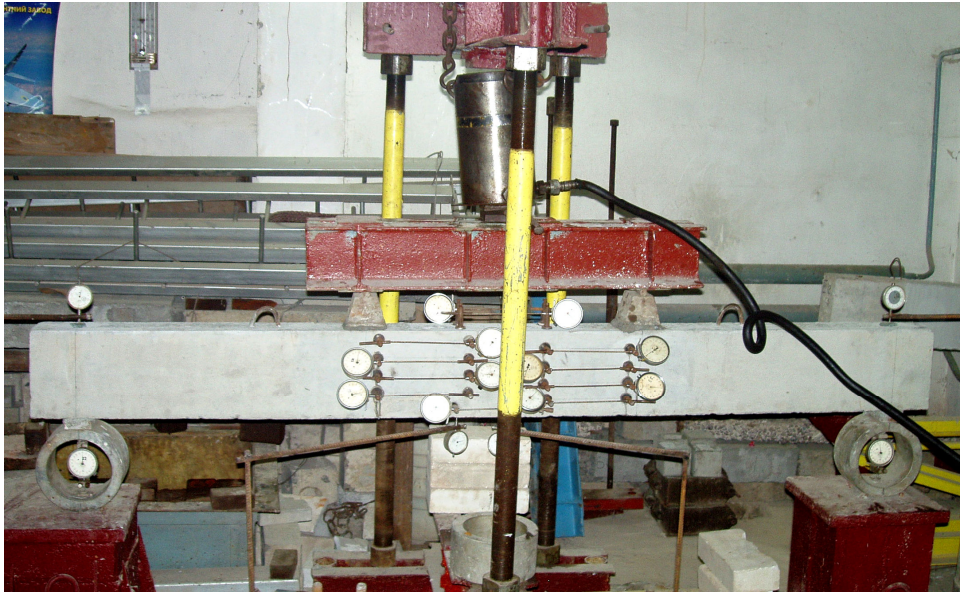


Рисунок 1. Загальний вигляд підготовленого до випробовування зразка

Експериментальні дослідження балок II-IVсерії, підсилених залізобетонною обоймою, проводилося в три етапи.

На першому етапі дослідження проводили завантаження балок до певного встановленого рівня ($0.3 M_u^{exp}$, $0.5 M_u^{exp}$, $0.7 M_u^{exp}$, $0.9 M_u^{exp}$) за вищенаведеною методикою.

Після досягнення проектного рівня навантаження їх підсилювали залізобетонною обоймою – другий етап. Проектна товщина обойми складала 2 см з боку верхньої грані та боків і 5 см на нижній грані балки. Довжина обойми складала 160 см. Для забезпечення кращого зчеплення шарів бетону на поверхні балок було виконано відкриті виїмки за допомогою електродрилі. Арматурний каркас кріпився в нижній частині обойми за допомогою сталевого дроту. Для контролю напружень до робочої арматури каркасу обойми всередині прольоту було приварено по два металеві тримачі індикатора на відстані 200 мм. Для вимірювання деформацій шарів бетону основного перерізу балки до його поверхні приклеювалися металеві тримачі індикаторів з кроком 20 мм по висоті і з базою в 200 мм. Бетонування відбувалось при діючому навантаженні встановленого рівня. Готова до бетонування балка зображена на рис. 2.



Рисунок 2. Загальний вигляд зразка перед влаштуванням обойми



Рисунок 3. Влаштування залізобетонної обойми

Через 28 діб після влаштування обойми приступали до третього етапу – підсилення балки випробовували короткочасним навантаженням до руйнування. При цьому аналогічно замірювали прогини і деформації бетону й арматури для основного та додаткового перерізів.

Загальний вигляд станда для випробувань підсилених балок на згин короткотривалим навантаженням та розміщення вимірювальних приладів на експериментальних балках-зразках зображено на рис. 4, 5.



Рисунок 4. Загальний вигляд станда для випробування залізобетонних балок, підсилених залізобетонною обоймою

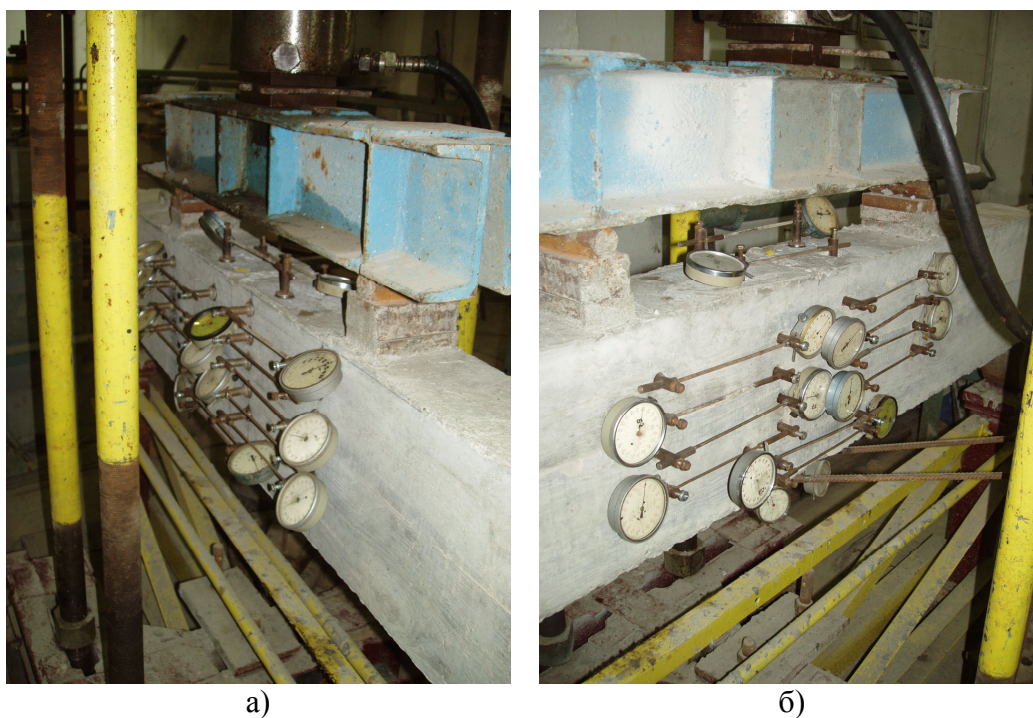


Рисунок 5. Розміщення приладів при випробуванні підсилених балок: а) сторона 1 (прилади на додатковому перерізі – обоймі); б) сторона 2 (прилади на балці основного перерізу)

Висновки. Запропоновано та апробовано методику для випробовування на згин залізобетонних балок, підсилених залізобетонною обоймою при одночасній дії навантаження. Розроблена методика експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених під навантаженням, дозволить отримати дані про дійсний напружено-деформований стан елементів підсилених конструкцій.

Література

1. Расчет и технические решения усиленных железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований [Текст] / А.Б. Гольшев, П.И.Кривошеев, П.М. Козелецкий и др.; под ред. А.Б. Гольшева. – К.: Логос, 2008 – 304 с.
2. Реконструкция зданий и сооружений [Текст] / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров; под ред. А.Л. Шагина. – М.: Высшая школа, 1991. – 352 с.
3. Барашиков, А.Я. Оценка технического состояния конструкций зданий и сооружений [Текст] / А.Я. Барашиков, А.Н. Малышев. – К.: Віпол, 1998. – 232 с.
4. Бондаренко, С.В. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий [Текст] / С.В. Бондаренко. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.
5. Горохов, Е.В. Реконструкция промышленных зданий и сооружений [Текст] / Е.В. Горохов. – М.: Стройиздат, 1998. – 132 с.
6. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий [Текст]. – М.: Стройиздат, 1992. – С. 192.