УДК 624.01

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ПІДСИЛЕНИХ ЗОВНІШНЬОЮ АРМАТУРОЮ ЗГИНАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ УСИЛЕННЫХ ВНЕШНЕЙ АРМАТУРОЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

LOAD BEARING CAPACITY STRENGTHENING EXTERNAL REINFORCEMENT BENDING CONCRETE ELEMENTS

Чеканович М.Г., к.т.н, проф., **Романенко С.М., ст. викладач, аспірант**, **Андрієвська Я.П. аспірант** (Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон)

Чеканович М.Г., к.т.н, проф., **Романенко С.Н., ст. преподаватель, аспирант**, **Андриевская Я.П. аспирант** (Херсонский государственный аграрный университет, г. Херсон)

Chekanovich M.G., candidate of technical sciences, professor, **Romanenko S.M. post-graduate student**, **Andrievska Y.P. post-graduate student** (Kherson State Agricultural University, Kherson)

Приведені результати експериментального порівняння роботи під навантаженням згинаних залізобетонних елементів підсилених саморегульованою затяжкою із звичайною залізобетонною балкою.

Приведены результаты экспериментального сравнения работы под нагрузкой изгибаемых железобетонных элементов усиленных саморегулируемой затяжкой с обычной железобетонной балкой.

The results of experimental comparisons of the work by load bent reinforced elements, witch are strengthened by self-regulatory tendons, with the conventional reinforced beam.

Ключові слова:
затяжка, переріз, напруження, деформації, міцність.
затяжка, сечение, напряжение, деформации, прочность.
tendons, cross-section, stress, strain, strength.

Стан питання та задачі дослідження. Оскільки серед будівельних конструкцій, які використовуються при зведенні промислових та цивільних будівель і споруд, переважають залізобетонні конструкції, то актуальне

значення має їх ефективна робота і удосконалення підсилення таких конструкцій.

Внаслідок зміни навантажень або втрати несучої здатності будівельні конструкції потребують підсилення, яке забезпечить достатню роботоздатність в умовах нормальної експлуатації та надійність.

Відомим методом збільшення несучої здатності елементів на дію згинальних моментів є застосування горизонтальних, шпренгельних та комбінованих попередньо напружених затяжок, розташованих вдовж нижньої фібри згинаного елементу [1-4]. Зовнішню арматуру у вигляді горизонтальної затяжки застосовують в основному для сприйняття згинальних моментів та збільшення, відповідно, несучої здатності конструкції. При підсиленні шпренгельними і комбінованими затяжками, окрім вище наведених зусиль, на елемент діють додаткові розвантажуючі зусилля в місцях перегинів тяжів, які взаємодіють з балкою. Згинані елементи залізобетонних конструкцій із зовнішнім армуванням у вигляді затяжки перетворюються на позацентрово стиснуті, змінюючи одночасно свою початкову конструктивну схему. Науковою та конструкторсько-технологічною основою застосування таких напружених конструкцій у будівництві є дослідження вітчизняних та зарубіжних авторів: Г.І. Бердичівського, А.А. Гвоздєва, А.Б. Голишева, Ф. Леонгардта, Е.Г. Ратца, Е. Фрейсіне, В.В. Михайлова, Є.М. Бабіча, А.М. Бамбури, Н.М. Онуфрієва, Ф.Є. Клименко, В.Г. Кваші, Л.Н. Фомиці, О.Л. Шагіна, В.О. Воблих, М.Ю. Ізбаша, Є.О. Гриневича, І.Я. Лучковського, Richard W. Plavidal, Thomas Keller, Цзян Де, Ф.С. Замалієвим та ін. У роботах запропоновані і досліджені ефективні способи підсилення, попереднього напруження залізобетонних конструкцій. Проведений аналіз існуючих досліджень показує, що до ефективних методів підсилення конструкцій відноситься спосіб локального попереднього напруження [5,6], що дозволяє виконувати попереднє напруження в будівельних умовах як для збірних так і для монолітних залізобетонних згинаних елементів.

Після розгляду багатьох схем підсилення до їх недоліків можна віднести неможливість ефективного розвантаження стиснутої зони бетону балки, що суттєво впливає на загальну і несучу здатність.

Постановка мети і задач досліджень. Метою є визначення експериментальним шляхом параметрів міцності та напружено - деформованого стану залізобетонних балок, підсилених новою зовнішньою системою розтягнутих елементів.

Задачі дослідження:

- провести експериментальні дослідження міцності та деформативності звичайних непідсилених залізобетонних балок та балок, підсилених поздовжньо-поперечною зовнішньою системою;

- проаналізувати результати, отримані після експериментальних досліджень звичайних непідсилених залізобетонних балок та балок, підсилених поздовжньо-поперечною зовнішньою системою;
- порівняти результати експериментальних досліджень;
- визначити ефективність підсилення залізобетонних балок поздовжньо-поперечною зовнішньою системою арматурних стрижнів.

Методика досліджень. Для експериментальних досліджень було виготовлено серію зразків залізобетонних балок. Залізобетонні балки виконані з бетону кл. С45/55 і армовані каркаси, виготовлені з арматури номінальним діаметром Ø 6 А240С.

Було виготовлено три серії балок: БО-І, БПП-ІІ, БПС-ІІ. Кожна серія включала дві «балки-близнюки». Балки були виготовлені прямокутного перерізу 200х100 мм довжиною 2100 мм.

Серія І – БО-І виготовлена без підсилення як еталонна для порівняння.

Серії балок БПС і БПП були підсилені згідно патента [7]. Зовнішня система представлена двома варіантами підсилення балок БПП-ІІ та БПС-ІІ, які представлені на рис.1 і рис.2.

Запропоноване конструктивне рішення регульовано-напруженої балки, яка містить залізобетонне тіло і затяжку, закріплену по кінцях на балці, взаємодіючу посередині з натяжним елементом, що обпирається на нижню грань балки, і поперечну зовнішню арматуру, взаємодіючу у приопорних зонах балки з верхньою і нижньою її гранями, а в середній частині взаємодіючу з затяжкою. Поперечна арматура розтягнута, гнучка і розташована дзеркально симетрично в приопорних зонах балки з нахилом поздовжньої осі балки. Поперечна арматура балки, закріплена одним кінцем на верхній грані балки ближче до її середини з обмеженням зміщення до середини, а іншим кінцем на нижній грані балки ближче до її опор з обмеженням зміщення до опор і з можливістю поздовжнього розтягу верхньої грані балки і обтиску нижньої її грані та поперечного стиску приопорних зон. В середній частині поперечна арматура взаємодіє з затяжкою.

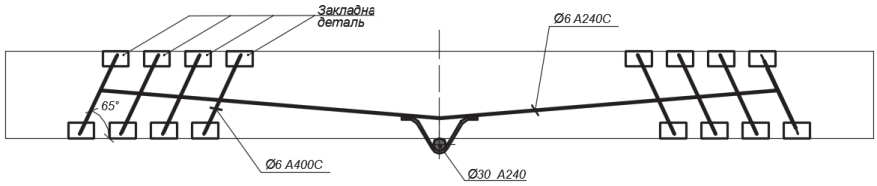

Рис. 1. Схема підсилення балки БПП-ІІ-1 поздовжньою і поперечною паралельно розташованою зовнішньою арматурою

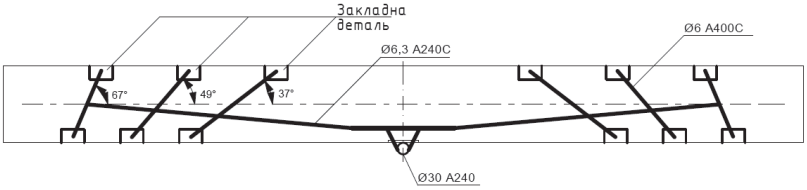

Рис. 2. Схема підсилення балки БПС-II-1 поздовжньою і поперечною похило розташованою зовнішньою арматурою

Програмою досліджень передбачаємо проведення випробування звичайної та підсилених балок, як вільно обпертих по кінцях (рис 3,4 і 5). Навантаження конструкції балок здійснювалася гвинтовим домкратом. Зовнішнє навантаження розподіляється сталевою траверсою на дві зосереджені сили, які прикладені в середній частині довжини прольоту.

Для визначення міцності і деформативності залізобетонних балок були проведені випробування. Схеми випробування дослідних зразків балок наведені на рис. 3,4,5.

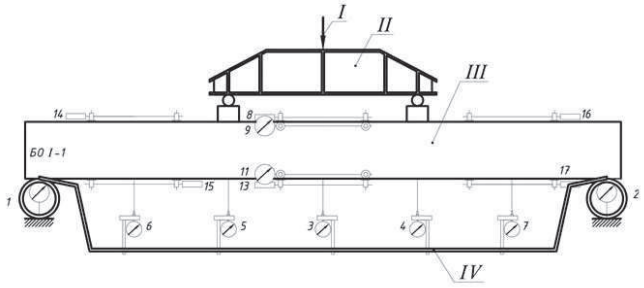

Рис. 3. Схема випробування звичайної балки серії БО-І: І – напрямок дії гвинтового домкрату; ІІ – розподільча траверса; ІІІ – експериментальна балка; IV – рамка для кріплення прогиномірів; 1, 2 – динамометри; 3-7 – прогиноміри з ціною поділки 0,01 мм для вимірювання прогинів балки; 8-17 – індикатори з ціною поділки 0,001 мм для вимірювання деформацій бетону

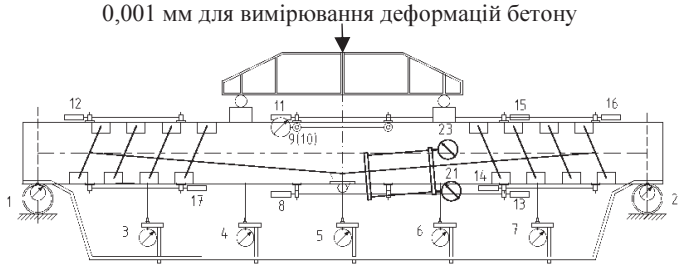

Рис. 4. Схема випробування підсиленої балки серії БПП-II: 1, 2 – динамометри; 3-7 – прогиноміри з ціною поділки 0,01 мм для вимірювання прогинів балки; 8-17 – індикатори з ціною поділки 0,001 мм для вимірювання деформацій бетону

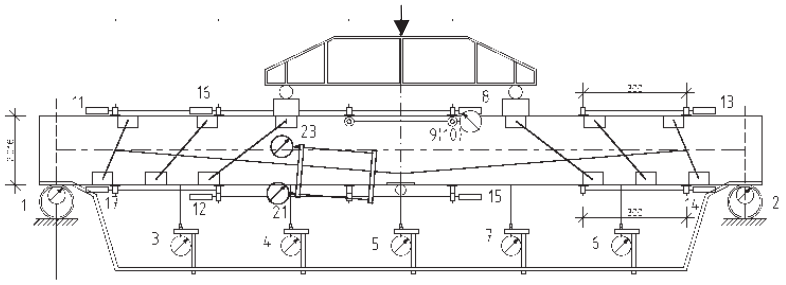

Рис. 5. Схема випробування підсиленої балки серії БПС-II: 1, 2 – динамометри;
3-7 – індикатори з ціною поділки 0,01 мм для вимірювання прогинів балки;
8-17 – індикатори з ціною поділки 0,001 мм для вимірювання деформацій бетону

Величину зовнішнього навантаження визначали за допомогою двох тарованих кільцевих динамометрів, розташованих на опорах балки.

Прогини балок фіксували за допомогою прогиномірів, прикріплених на спеціальну металеву рамку, з ціною поділки 0,01 мм. Деформації бетону вимірювали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм. Індикатори були розташовані на верхній та нижній гранях балки та на бічній поверхні на відстані 15 мм та 185 мм від верхньої грані балки.

Деформації арматури визначали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм і 0,02 мм.

Протягом проведення експерименту спостерігали за тріщиноутворенням. Утворення тріщин виявляли за допомогою тензорезисторів і візуально, а ширину розкриття вимірювали за допомогою мікроскопа МПБ-3. При цьому встановили момент тріщиноутворення.

Під зовнішнім навантаженням балка деформується і натяжний елемент відхиляє затяжку донизу на величину максимального прогину. Суттєво зростає зусилля розтягу в затяжці, яка стягує до середини зовнішню поперечну арматуру підсилення, закріплену на верхній і нижній фібрах балки в її приопорних зонах. Поперечна арматура розтягується. Взаємозв'язок поздовжньої арматури - затяжки і поперечної арматури забезпечує саморегулювання напружень, а застосування натяжного елемента сприяє більш чутливому реагуванню системи підсилення на зміну зовнішнього навантаження.

Результати досліджень. Згідно прийнятої методики проведення експериментальних досліджень несучої здатності і деформативність звичайних еталонних залізобетонних балок та підсилених балок досліджувався напружено-деформований стан нормальних перерізів під дією навантаження, визначалася несуча здатність та деформативність експериментальних зразків. Крім цього, відмічались характерні особливості розподілу деформацій по висоті перерізу і довжині елементів, а також інтенсивність росту прогинів. Після обробки результатів випробувань

досліджень балок були побудовані діаграми залежності деформацій від згинального моменту. На рис 6,8 представлені експериментальні залежності фіброві деформацій верхньої і нижньої граней балок по середині прольотів від величини зовнішнього моменту. Залежність величини прогинів балок в результаті дії на них зовнішнього навантаження показана на рис. 7 і 9.

Для порівняння на кожному рисунку показана діаграма побудована для звичайної балки і підсиленої.

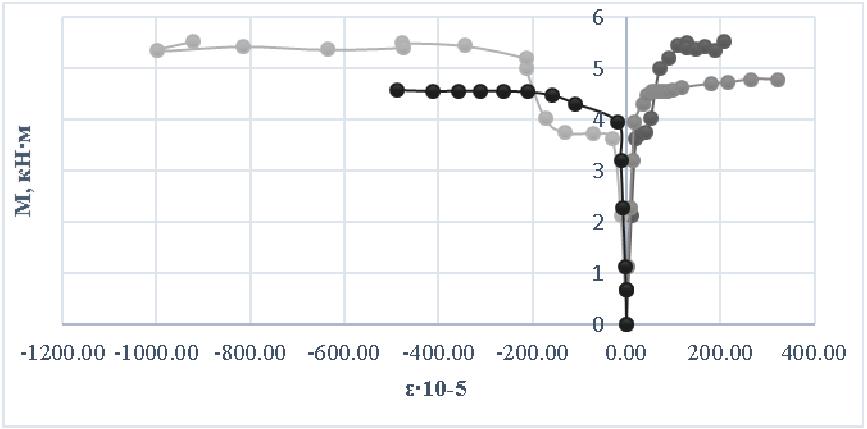

Рис. 6. Діаграми фіброві деформацій підсилених балок серії БПП-II і звичайної балки серії БО-I

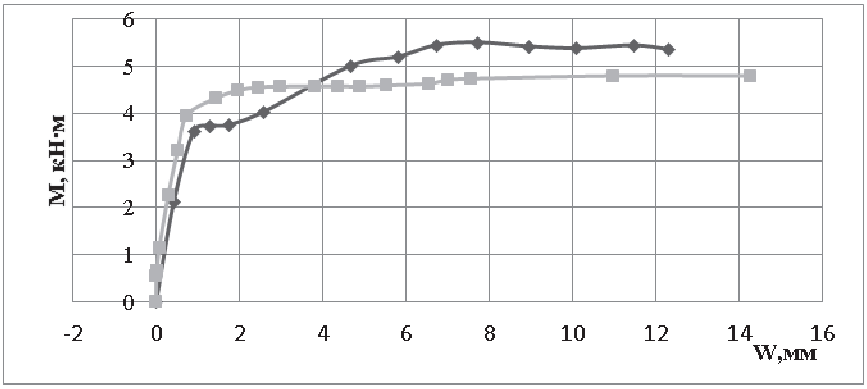

Рис. 7. Діаграми залежності прогинів від згинального моменту для балок серії БПС-II і БО-I

Основні результати випробування звичайних БО-І та підсилених балок БПС-ІІ представлені у вигляді графіків залежності деформацій бетону та зовнішньої арматури від згинального моменту.

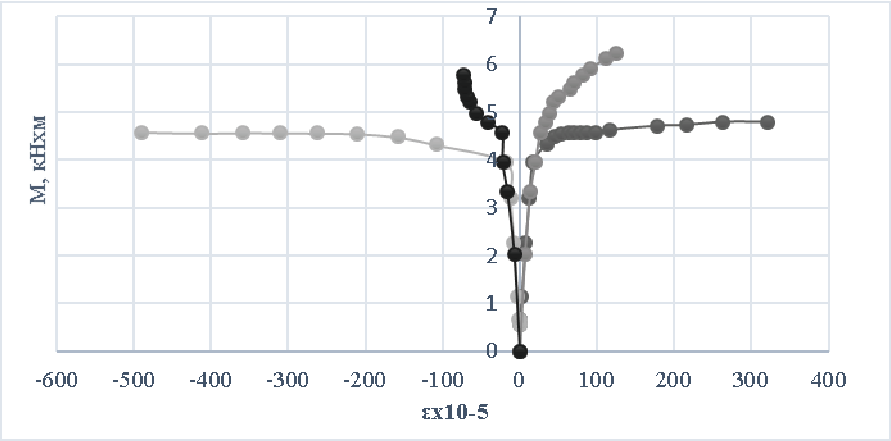

Рис. 8. Діаграми фібрових деформацій підсилених балок серії БПС-ІІ і звичайної балки серії БО-І

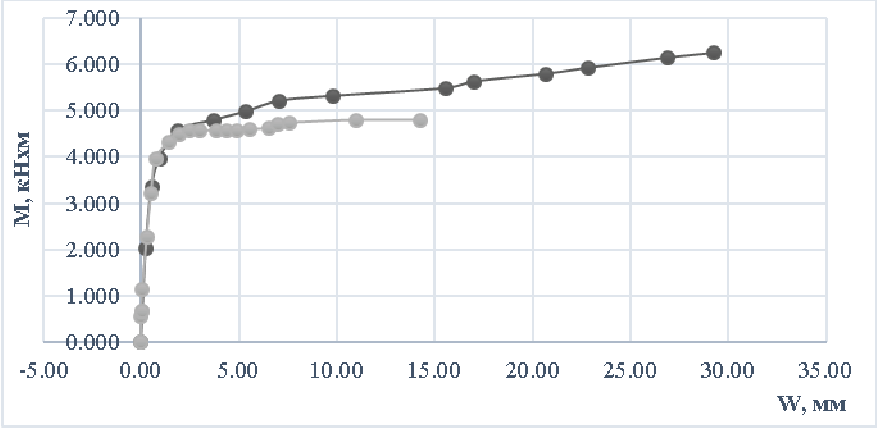

Рис. 9. Діаграми залежності прогинів від згинального моменту для балок серії БПС-ІІ і БО-І

Аналіз результатів експериментальних даних досліджень двох варіантів системи регульваного підсилення залізобетонних балок свідчить, що дія затяжки викликає деформації похило розташованої зовнішньої арматури, що створює розвантажуючі зусилля в верхній зоні балки і стискуючі зусилля в нижній її зоні. В результаті зростає несуча здатність підсилених балок. Таке

збільшення несучої здатності склало до 24% порівняно зі звичайною балкою.

Висновки У роботі розглянута нова саморегульована, проста і надійна конструкція балок, що ефективно підсилюються при дії на неї зовнішнього навантаження, шляхом раціонального перерозподілу напружень між стисненою та розтягнутою зонами. Елементи системи підсилення легкі та гнучкі, так як працюють на розтяг. Після проведених випробувань було встановлено, що підсилені балки серії БПС-II витримали навантаження в 1,24 рази більше, а балки серії БПП-II витримали навантаження в 1,15 рази більше ніж звичайна балка.

1. Голышев А.Б., Ткаченко И.Н. Проектирование усилений несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений.-К.:Логос, 2001.- 172с. **2.** Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий / Е.А. Рабинович, Ю.Д. Кузнецов, Н.П. Рунцо (и др.) //. – Москва: Стройиздат, 1992. – 265 с. **3.** Онуфриев Н.М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. – Ленинград, 1965. - 342 с. **4.** Чеканович М.Г. Дослідження роботи конструкції підсилення залізобетонних балок виконаної у вигляді взаємопов'язаних затяжки та розтяжки/ М.Г. Чеканович, О.М. Чеканович// Ресурсоекономні матеріали, конструкції та споруди: зб. наук. праць, вип. 20-Рівне,2010. **5.** Шагин, А.Л. Локальное предварительное напряжение железобетонных и сталежелезобетонных конструкций / А.Л. Шагин // Юбилейные научные чтения по проблемам теории железобетона. Наука, технологии, производство: сб.тр. – М.: МИКХиС,2009. – С. 107 – 116. **6.** Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: навчальний посібник/ Є.В. Клименко. - К.: Центр навчальної літератури, 2004. - С. 171 **7.** Патент № 87047 Україна, МПК Е04С3/00. Регульованообтиснена залізобетонна балка/ Чеканович М.Г.; заявник і патентовласник: Чеканович М.Г - №а 200710856; заявл. 01.10.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 11. **8.** Патент № 109762 Україна, МПК Е04С3/00. Нерозрізна балка / Чеканович М.Г.; заявник і патентовласник: Чеканович М.Г - №а 201413920; заявл. 25.12.2014; опубл. 25.09.2015, Бюл. № 18.