

УДК 624.015.5

Л.І. Стороженко, д.т.н., професор

В.В. Муравльов, к.т.н.

Ф.С. Школяр, магістр

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ВИНЕСЕНИМ АРМУВАННЯМ

У процесі досліджень створено нові види залізобетонних елементів з винесеним армуванням, розроблено методiku проведення експерименту, отримано експериментальні дані щодо несучої здатності, деформацій і характеру руйнування досліджуваних зразків.

Ключові слова: залізобетон, балка, винесене армування, експериментальне дослідження.

Вступ. Розвиток будівельних конструкцій характеризується пошуком нових видів сполучень сталі й бетону для їх раціональної спільної роботи. Це дуже перспективний напрям, який забезпечує економію матеріалів, енерго- і працезатрат. Цим вимогам відповідають комплексні залізобетонні конструкції з винесеним армуванням, до складу яких входять прокатні профілі, стрижнева арматура та бетон.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. На основі аналізу останніх новацій та патентно-кон'юнктурних досліджень [1] стало відомо, що залізобетонні конструкції з винесеним армуванням отримали широке розповсюдження в усьому світі [2-4]. Уже доведено, що їх раціонально використовувати для перекриття великих прольотів (плити, балки, ригелі, ферми і т.д.), як стійки, що сприймають великі навантаження (колони промислових та цивільних будівель, стійки різного призначення, опори ЛЕП і т.д.), в інженерних спорудах. Поперечні перерізи таких конструкцій можуть бути найрізноманітнішими.

Виділення не розв'язаних частин загальної проблеми. Проаналізований обсяг інформаційних джерел не дав позитивного результату в пошуку статей або наукових праць щодо аналізу експериментальних досліджень запропонованих авторами перерізів залізобетонних балок з винесеним армуванням. Також неповною мірою висвітлені питання характеру руйнування та впливу зовнішніх факторів на роботу конструкцій, це ставить під питання ефективність розроблення й упровадження їх у виробництво.

Постановка завдання. Завдання полягає в розробленні методики проведення експерименту, отриманні необхідних експериментальних даних по несучій здатності, деформаціях і характеру руйнування досліджуваних зразків, конструкції яких наведено в роботі [5], отриманні чіткої картини розвитку деформацій як у перерізі, так і в зоні дії поперечного зусилля та згинального моменту, засвідченні експериментально того, що такі конструкції надійні в роботі й експлуатації та можуть знайти застосування в промисловому й цивільному будівництві.

Основний матеріал і результати дослідження. Зразки випробовувалися при досягненні проектної міцності бетону, але не раніше ніж через 28 діб після пропарювання. Перед випробуванням металеві поверхні зразків очищалися від напливів бетону і покривалися лаком за 2 рази. Випробування проводилося на пресі Амслера потужністю 60 т з ручним приводом. При експериментальних дослідженнях балки вимірювалися деформації зовнішньої поверхні металевих складових і бетону в найбільш напружених волокнах перерізу. Деформації металевих складових вимірювалися за допомогою

електротензорезисторів типу 2ПКБ 20 – 200 В, зовнішньої поверхні бетону - за допомогою електротензорезисторів типу 2ПКБ 50 – 325 В. Відліки за тензорезисторами знімалися за допомогою приладу «АИД-4».

Індикатори годинникового типу, що розміщувалися в найбільш напружених волокнах перерізу, мали точність 0,01 мм. Прогини зразків вимірювалися за допомогою прогиноміра типу ПАО-6. Схема розміщення вимірювальних приладів для дослідження нормального перерізу (рис. 1, 2).

У зоні досліджуваних нормальних перерізів на поверхню металеві складові та залізобетонної полиці наклеювалися тензорезистори з базою 20 та 50 мм відповідно. При наклеюванні тензорезисторів, призначених для вимірювання статичних деформацій, після очищення дрібним наждачним папером поверхні зразка, покривалися клеєм БФ-2, а також нижня сторона тензорезистора і конденсаторного паперу. Через 2 – 3 хв. накладався тензорезистор на нанесений шар клею згідно розмітці і через прокладку із целюлозної плівки ГОСТ 7730-74 товщиною 0,02 мм пригладжувався пальцем і прокачувався резиновим валиком.

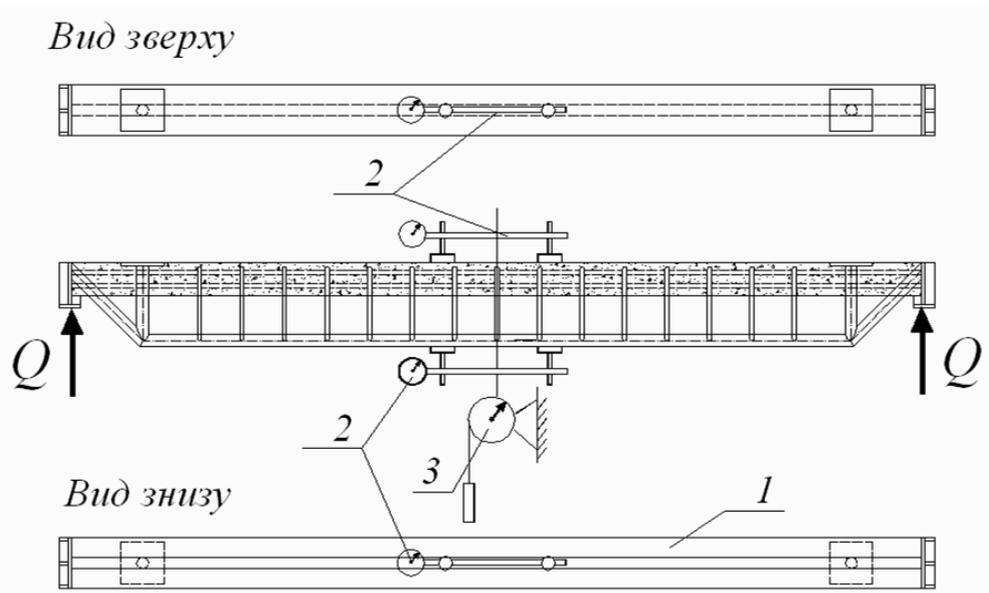


Рисунок 1 – Схема розміщення вимірювальних приладів зразка серії Б-1 для дослідження нормального перерізу; 1– досліджуваний зразок; 2– індикатор годинникового типу (ИЧ 10); 3– прогиномір (ПАО-6);

Аналіз експериментальних даних. Згідно з прийнятою методикою проведення експериментальних досліджень несучої здатності й деформативності сталезалізобетонних балок з винесеним армуванням з метою виключення впливу зусиль зрізу, вимірювання деформацій проводились у зоні чистого згину, яка складала 80 см, та на дію зосередженої сили посередині прольоту (рис. 3).

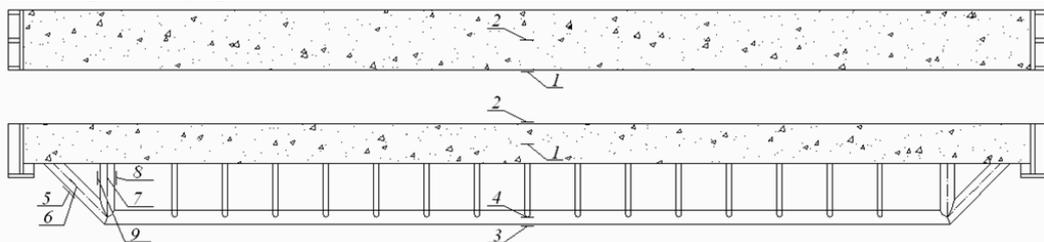


Рисунок 2 – Схема розміщення тензорезисторів при випробуванні зразка серії Б-1 на дію згинального моменту

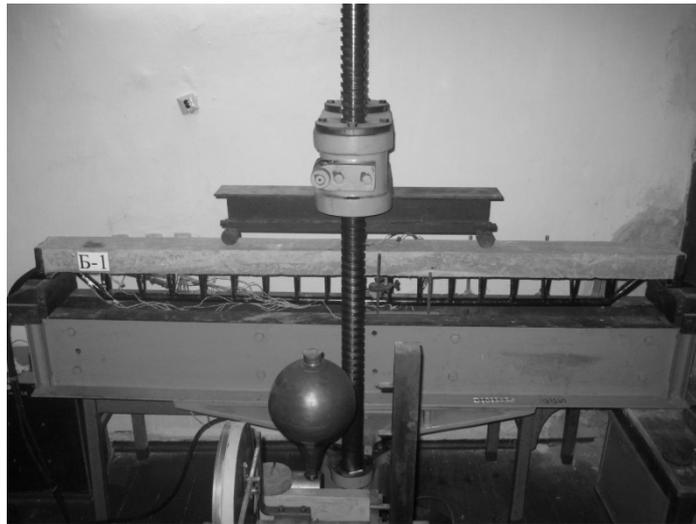


Рисунок 3 – Випробування зразка серії Б-1 на дію згинального моменту

У процесі досліджень нормальних перерізів експериментальних зразків під дією навантаження відмічався розвиток нормальних тріщин бетону, при збільшенні навантаження до критичного відбувалися руйнування бетонної полиці та спостерігалася текучість сталеві складові. Відмічалася також інтенсивність збільшення росту прогину при початку роботи балки в пластичній стадії.

У результаті вимірювання переміщень посередині прольоту та виникнення мікротріщин у крайніх волокнах досліджуваних зразків за допомогою індикаторів годинникового типу, прогиноміра й електротензорезисторів, отримано графіки залежності деформацій від навантаження. При дослідженні на дію згинального моменту зона чистого згину становила 800 мм, у ній же посередині прольоту розміщувалися вимірювальні прилади – тензорезистори, наклеєні на арматурі та полиці, індикатори годинникового типу, які дублювали замір деформацій у найбільш стиснутих і розтягнутих волокнах, і прогиномір для визначення прогинів. Отримано графіки залежності деформацій від навантаження (рис. 4 – 11).

Із наведених графіків видно, що на початковій стадії навантаження виникають переважно пружні деформації. На наступних рівнях навантаження, котрі відповідають деформаціям, при яких спостерігається текучість та відбувається утворення тріщин на бетонній полиці, різко знижується несуча здатність зразка.

У цілому, балка на всіх ступенях завантаження працювала як єдина монолітна конструкція. На рис. 11 зображено епюру розподілу деформацій по висоті нормального перерізу зразків.

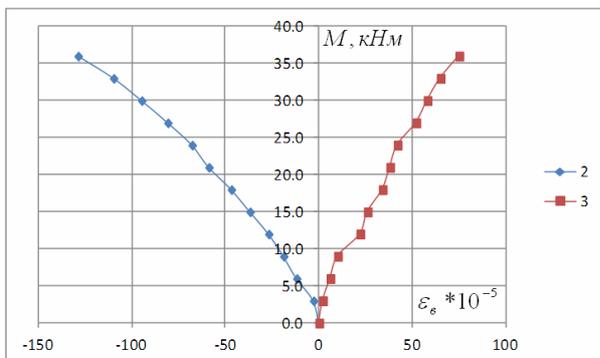


Рисунок 4 – Залежність поздовжніх деформацій від величини згинального моменту в крайніх волокнах досліджуваних зразків серії Б-1

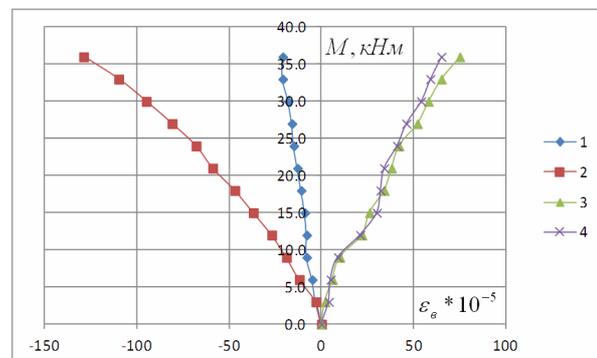


Рисунок 5 – Деформації в нормальному перерізі зразків серії Б-1 заміряні електротензорезисторами, розташованими по висоті перерізу

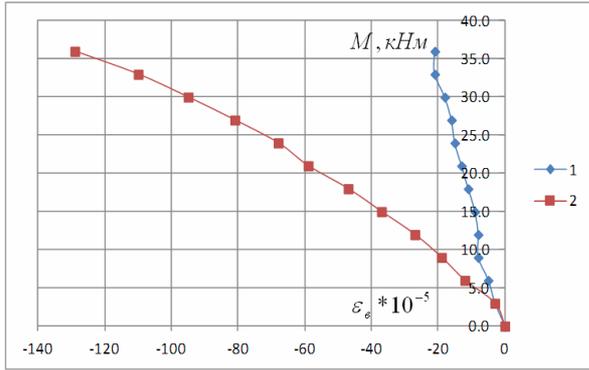


Рисунок 6 – Деформації балки заміряні електротензорезисторами (1,2–№ тензорезисторів)

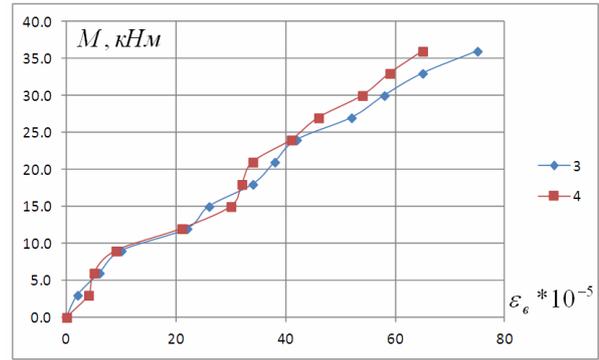


Рисунок 7 – Деформації балки заміряні електротензорезисторами (3,4–№ тензорезисторів)

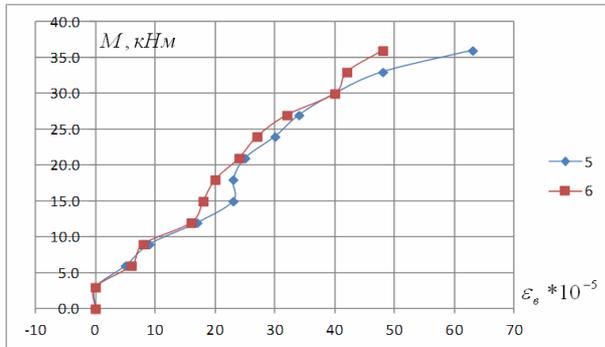


Рисунок 8 – Деформації балки заміряні електротензорезисторами (5,6–№ тензорезисторів)

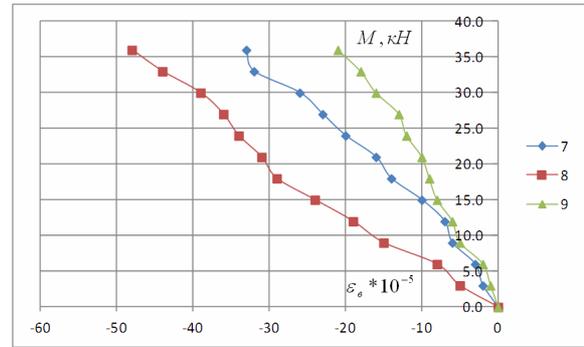


Рисунок 9 – Деформації балки заміряні електротензорезисторами (7,8,9–№ тензорезисторів)

При деформації балки Б-1 (рис. 4 – 11) спостерігалася пружна робота арматури і бетону до досягнення 75% навантажень від руйнівного. При досягненні навантажень більше 75% від руйнівного, почалися значні тріщини в бетонній полиці (рис. 12), за рахунок чого відбувалося повне руйнування бетонної полиці посередині зразків, при навантаженнях, що відповідали руйнівним $M \leq M_u$, почали спостерігатись значні деформації балки, прогин досягнув 9,55 мм (рис. 10), після чого балка втратила свою несучу здатність.

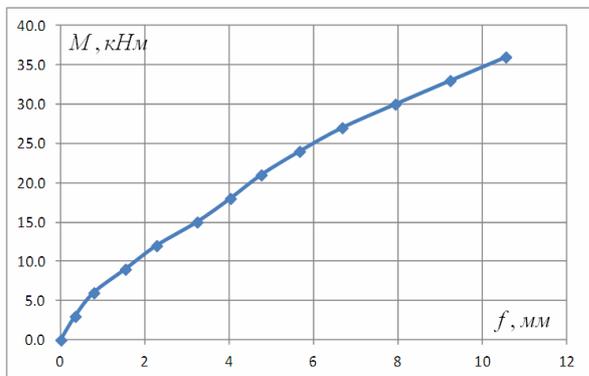


Рисунок 10 – Залежність прогину від навантаження по прогиноміру

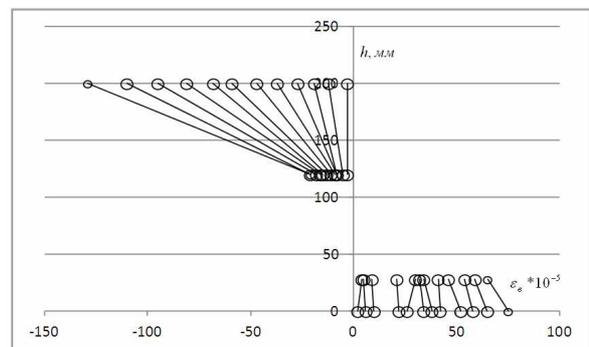


Рисунок 11 – Епюри розподілу деформацій по висоті нормального перерізу зразків

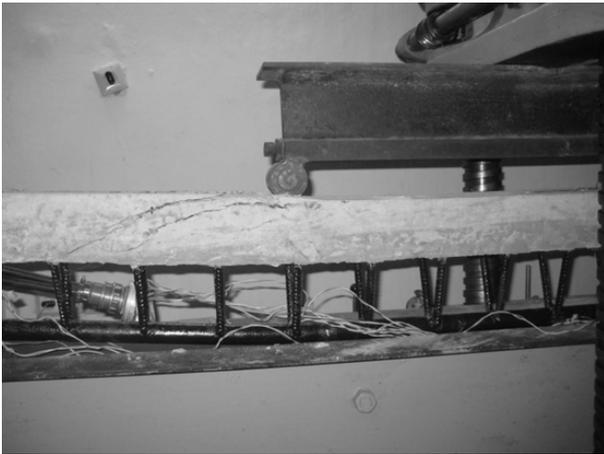


Рисунок 12 – Зразок серії Б–1 після випробовування на дію згинального моменту

Крихке руйнування зразків не відмічалось, а навпаки, проходило пластично, що характерно для сталевих конструкцій. На момент руйнування залізобетонної стиснутої полицки деформації крайніх розтягнутих волокон становили $\epsilon=129 \times 10^{-5}$, крайніх стиснутих – $\epsilon=75 \times 10^{-5}$ відносних одиниць. У цілому, досліджувана балка на всіх ступенях завантаження працювала як єдина монолітна конструкція.

Висновки з дослідження. Сталезалізобетонні балки з винесеним армуванням на всіх ступенях і за різних умов завантаження працюють як єдина монолітна конструкція. Використана методика та прийняті вимірювальні прилади дозволяють отримати необхідні експериментальні дані по несучій здатності, деформаціях і характеру руйнування досліджуваних зразків. Використання різних схем у цих зразках дозволяють вивчити їх вплив на несучу здатність і деформативність досліджуваних елементів. Прийняті для проведення експерименту вимірювальні прилади: електротензорезистори, індикатори годинникового типу, прогиноміри - дозволяють отримати детальну інформацію про деформування досліджуваних зразків у будь-який момент навантаження та отримати чітку картину розвитку деформацій як у перерізі, так і в зоні дії поперечного зусилля і згинального моменту. Характер розподілу поздовжніх деформацій по висоті поперечного перерізу майже на всіх стадіях напружено-деформованого стану близький до лінійного, що дає можливість використання при розрахунках гіпотези плоских перерізів. Результати експерименту свідчать про те, що ці конструкції надійні в роботі й експлуатації і можуть знайти застосування в промисловому та цивільному будівництві.

Література

- 1. Стороженко Л.І. Перспективи розвитку конструкцій із залізобетону / Стороженко Л.І., Муравльов В.В., Школяр С.П., Школяр Ф.С. // Сталезалізобетонні конструкції: Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація / Збірник наукових статей Вип. 9. – Кривий Ріг, 2011. – С. 185–189.*
- 2. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонные конструкции / Л.І. Стороженко, А.В. Семко, В.И. Ефименко. – К.: Четверта хвиля, 1997. – 158 с.*

3. Johnson R.P. *Composite structures of steel and concrete* / Johnson R.P. // *University of Warwick, 1994. – 188 p.*
4. Стороженко Л.І. *Сталезалізобетонні конструкції: навчальний посібник* / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц . – Полтава, 2005. – 181 с.
5. Стороженко Л.І. *Розробка нових залізобетонних елементів з винесеним армуванням* / Стороженко Л.І., Муравльов В.В., Школяр Ф.С. // *Бетон и железобетон в Украине. – 2012. – № 3. – С. 5 – 6.*

*Л.І. Стороженко, д.т.н., проф., В.В. Муравльов, к.т.н., .С. Школяр, магістр
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ВЫНЕСЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

В процессе исследований созданы новые виды железобетонных элементов с вынесенным армированием, разработана методика проведения эксперимента, получены экспериментальные данные о несущей способности, деформациях и характере разрушения исследуемых образцов.

Ключевые слова: *железобетон, балка, вынесенное армирования, экспериментальное исследование.*

*L.I .Storozhenko, Dr. Tech. Sc., Prof., V.V. Muravlov, Ph.D.,. S. Shkolyar, MA
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk*

EXPERIMENTAL STUDIES CONCRETE ELEMENTS WITH REMOTE REINFORCEMENT

In the research process created new types of concrete elements with an external reinforcement, developed the methods of the experiment, the experimental data on the bearing capacity, deformation and destruction of the nature of the samples.

Key words: *concrete, beam, rendered reinforcement, experimental study.*

Надійшла до редакції 01.01. 2012

© Л.І. Стороженко, В.В. Муравльов, Ф.С. Школяр