

УДК 624.012.25

**ВПЛИВ КОМБІНОВАНОГО АРМУВАННЯ НА ПРОГИНИ
НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК**

**ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОГИБЫ
НЕРАЗРЕЗНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК**

**THE IMPACT OF COMBINED REINFORCEMENT ON BENDING OF
CONTINUOUS REINFORCED CONCRETE BEAMS**

Нінічук М. В., аспірант (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк).

Ниничук М. В., аспирант (Луцкий национальный технический университет, г. Луцк).

Ninichuk M., postgraduate student (Lutsk State Technical University, Lutsk).

Наведені результати експериментальних досліджень прогинів нерозрізних комбіновано-армованих залізобетонних балок з різним типом армування сталевими фібрами.

Представлены результаты экспериментальных исследований прогибов неразрезных комбинированно-армированных железобетонных балок с разным типом армирования стальными фибрами.

The experimental researches of bending of a continuous combined-reinforced concrete beams with different types of steel fiber reinforcement are shown here.

Ключові слова:

Балка, жорсткість, прогини.

Балка, жесткость, прогибы.

Beam, stiffness, bending.

Стан питання та задачі дослідження. Статично невизначені залізобетонні конструкції, зокрема нерозрізні, багатопролітні балки досить широко використовуються в сучасному будівництві. Зокрема в складі конструкцій перекриттів промислових та цивільних будівель, естакадах, мостових конструкціях. Вибір нерозрізних несучих елементів обумовлений особливостями їх роботи, технологією влаштування, що проявляється в найбільш раціональному використанні їх складових матеріалів, бетону та

арматури. При проектуванні та виготовленні залізобетонних конструкцій поширюється використання дисперсно-армованих матеріалів, зокрема сталеві фібробетону, а також поєднання їх з класичним армуванням, що можна пояснити прагненням суттєво підвищити міцність бетонних елементів на стиск, особливо розтяг, підвищити їх жорсткість та тріщиностійкість. Вплив дисперсного армування на внутрішній напружено-деформований стан, прогини, ширину розкриття тріщин в статично невизначених конструкціях є маловивченими, тому результати експериментальних досліджень, що розглядаються у статті, є актуальними на даний час.

З метою дослідження впливу комбінованого армування на напружено-деформований стан перерізів нерозрізних залізобетонних балок, зміну їх прогинів і ширини розкриття тріщин, було проведено випробування двох серій експериментальних зразків які являли собою двох прольотні залізобетонні балки довжиною 300 см з розмірами поперечного перерізу 10×16 см, з довжиною прольотів по 140 см (рис.1).

Склад цементно-піщаної матриці був прийнятий 1:2. Використовували портландцемент марки 500, та попередньо відмучений від глинистих, пилюватих і мулистих домішок пісок з модулем крупності 2,4. Одночасно з виготовленням балок бетонували куби розміром $15 \times 15 \times 15$ см та призми $15 \times 15 \times 60$ см, і $10 \times 10 \times 60$ см які використовувалися для визначення кубкової та призової міцності бетону та його деформаційних характеристик. Цементно-піщана матриця мала такі механічні характеристики: середня кубикова міцність $f_{cm,cube} = 33$ МПа; призмova міцність $f_{cm,prism} = 22,6$ МПа, міцність на розтяг $f_{ctk,0,05} = 0,5$ Мпа.

Основне армування виконувалось у вигляді двох плоских каркасів з робочою арматурою в прольотах і над опорою, яка підбиралась із врахуванням перерозподілу зусиль, $\varnothing 12$ А400С для балок першої серії (1Б-1..3) та $\varnothing 10$ А400С для балок другої серії (2Б-1..3) Поперечне армування виконувалось стержнями зі сталі $\varnothing 4$ ВР-I (рис.1).

Додаткове, дисперсне армування дослідних зразків виконувалось сталевими фібрами, таким чином, щоб у зразках було різне заповнення фібрами об'єму балки, з однаковим відносним відсотком армування рівним $\mu = 1\%$. Так балки 1Б-1 та 2Б-1 армувалися фібрами по всьому своєму об'єму, 1Б-2 та 2Б-2 – в розтягнутих зонах, 1Б-3 та 2Б-3 – на висоту подвійного захисного шару бетону (рис.2). Використовувалися сталеві анкерні фібри, хвилястої форми, довжиною 50 мм і діаметром 1 мм. Кубикова міцність сталеві фібробетону була всього на 3% більша ніж цементно-піщаної матриці і становила $f_{cm,cube} = 34$ МПа, призмova міцність $f_{cm,prism} = 23,2$ МПа, міцність на розтяг $f_{ctk,0,05} = 1,7$ Мпа, що на 340% більше ніж міцність на розтяг цементно-піщаної матриці.

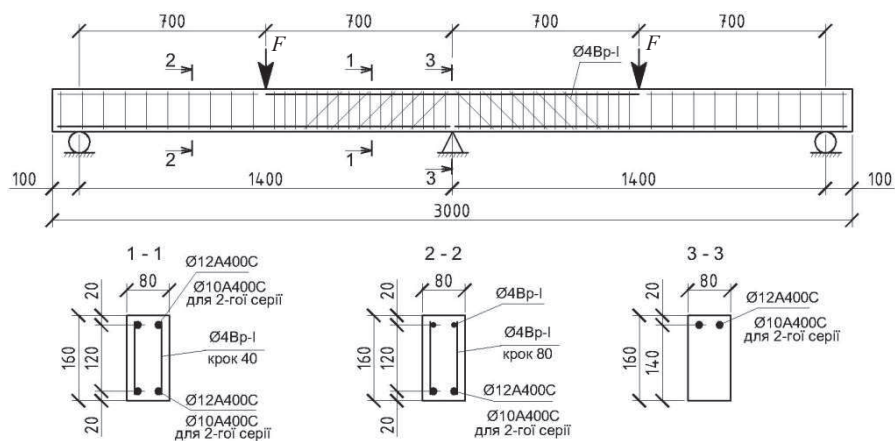


Рис.1. Конструктивна схема дослідних балок

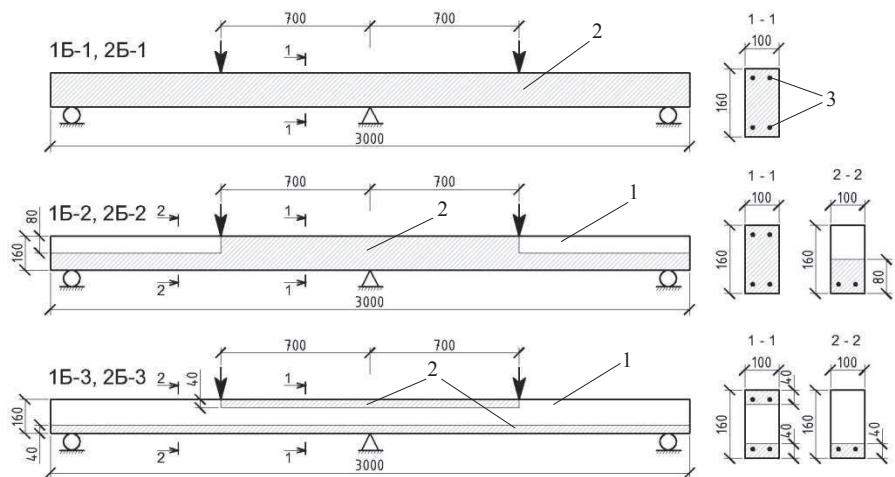


Рис.2. Розподіл фібр по об'єму в зразках
 1 – Цементно-піщана матриця, 2 – Зона додаткового армування фібрами,
 3– Основна арматура

Методика досліджень. Робота балок вивчалася в спеціальній силовій установці. Навантаження прикладалося за допомогою гідравлічного домкрата і металеві двотаврової балки-траверси, у вигляді двох однакових, симетрично розташованих відносно середньої опори на відстані 700 мм, зосереджених сил, що контролювалися динамометрами (рис. 3).

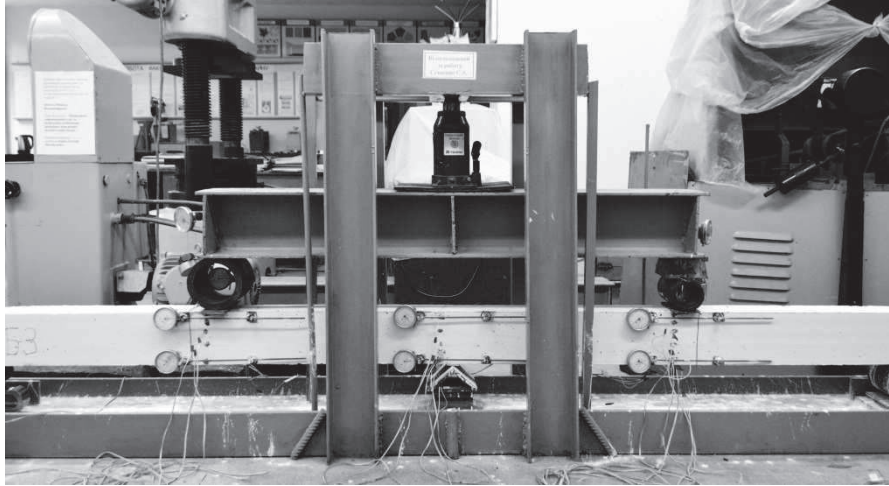


Рис.3. Загальний вигляд випробувань балок

Деформації бетону досліджувались за допомогою індикаторів годинникового типу МІГ -1 на базі 200 мм з ціною поділки 0,001 мм, а також за допомогою тензорезисторів на базі 50 мм, наклеєних ланцюжками через 20 мм. Прогини фіксувалися прогиномірами 6ПАО з ціною поділки 0,01 мм, які розміщувалися під точками прикладання зосереджених сил. Деформації арматури над опорою і в середині прольотів вимірювали наклеєними на неї тензорезисторами на базі 20 мм. У ролі крайньої опори виступав кільцевий динамометр, за допомогою якого фіксувалися значення опорної реакції. Також, за допомогою мікроскопа, відслідковувалась поява і ширина розкриття тріщин.

Балки навантажувалися ступенями, які приблизно становили 7 % від руйнівного навантаження. На кожному ступені навантаження втримувалось 5...7 хв., на протязі яких знімали покази динамометра, прогиномірів, індикаторів і тензорезисторів, а також робили візуальний огляд балки, фіксували характер утворення й розвиток тріщин.

Результати експериментальних досліджень. Всі балки випробовувались одноразовим монотонним навантаженням до руйнування. Балки 1Б-1, 1Б-2 та 1Б-3 зруйнувались по похилих перерізах (між точкою прикладання зовнішньої сили та середньою опорою) при навантаженні $F_u = 80$ кН, $F_u = 78$ кН та $F_u = 68$ кН відповідно. Так як для армування балок другої серії використовувалась арматура меншого діаметру, руйнівне навантаження було меншим в середньому на 31% ніж у балок першої серії і становило: для балки 2Б-1 $F_u = 56$ кН, для балки 2Б-2 $F_u = 54$ кН та для 2Б-3 $F_u = 46$ кН. Всі балки другої серії зруйнувались по нормальних перерізах внаслідок досягнення граничних деформацій арматури в прольотах і над опорою , а

також граничних деформацій бетону в стиснутих зонах, окрім балки 2Б-3, в якій чітко вираженого руйнування бетону стиснутої зони не спостерігалось.

В балках 1Б-1, 1Б-2 та 1Б-3 прогини розвивались практично пропорційно зовнішньому навантаженню до рівня $F = 60$ кН, що становило 75% від руйнівного, і складала $f = 2,49$ мм для 1Б-1 та $f = 2,78$ мм для 1Б-2. На цьому етапі, характерною була поява нових тріщин з кожним рівнем навантаження, без суттєвого розвитку по висоті старих. При подальшому навантаженні, розвиток прогинів відбувався значно інтенсивніше і супроводжувався збільшення ширини розкриття існуючих тріщин. Значення його становили перед руйнуванням $f = 5,15$ мм для 1Б-1 та $f = 5,52$ мм для 1Б-2. Прогини балки 1Б-3 були більшими на всіх етапах навантаження і становили перед руйнуванням $f = 5,03$ мм при $F_u = 68$ кН. Прогини балок 1Б-1 та 1Б-2 при цьому рівні навантаження становили $f = 3,07$ мм та $f = 3,71$ мм відповідно, що на 38,9% та на 26,3% менше від 1Б-3 (рис. 4), що свідчить про значний вплив дисперсного армування по всьому об'єму на жорсткість залізобетонних елементів.

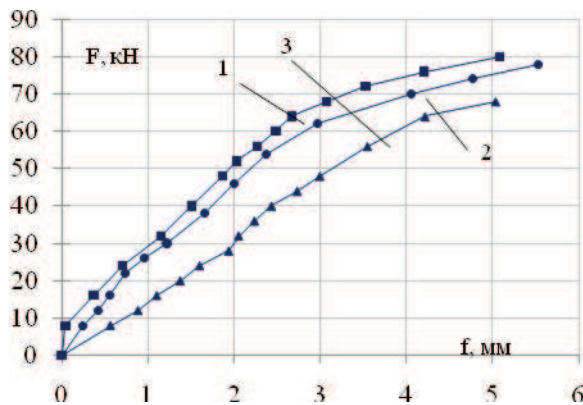


Рис.4. Зміна прогинів при навантаженні балок першої серії:
1 - Балка 1Б-1;
2 - Балка 1Б-2;
3 - Балка 1Б-3;

При випробування балок другої серії спостерігалась аналогічна ситуація. Внаслідок слабшого армування і відповідно меншої несучої здатності, пропорційний розвиток прогинів спостерігався до рівня $F = 40$ кН, при якому, значення їх складала $f = 2,89$ мм для 2Б-1, $f = 2,75$ мм для 2Б-2 та $f = 3,18$ мм для 2Б-3. Прогини в балці 2Б-3 були значно більшими і становили перед руйнуванням $f = 5,08$ мм при $F_u = 46$ кН. Прогини балок 2Б-1 та 2Б-2 при цьому рівні навантаження становили $f = 3,75$ мм і $f = 3,8$ мм відповідно, що на 26,2% та 25,2% менше від 2Б-3. Максимальний прогин становив 6,41 мм при $F_u = 56$ кН для балки 2Б-1, та 6,4 мм при $F_u = 54$ кН для балки 2Б-2 (рис. 5)

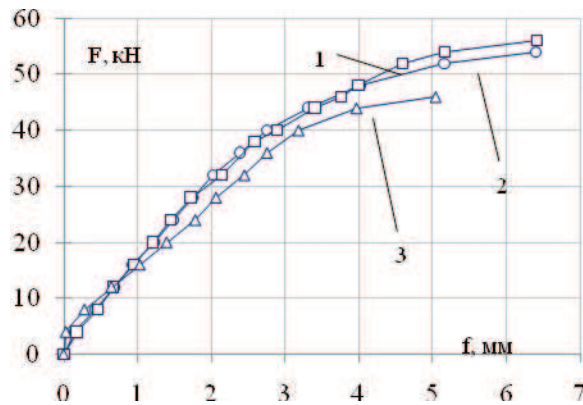


Рис. 5. Зміна прогинів при навантаженні балок другої серії:
 1 - Балка 2Б-1;
 2 - Балка 2Б-2;
 3 - Балка 2Б-3;

Висновки. Для нерозрізних залізобетонних балок, додаткове дисперсне армування сталевими фібрами всієї розтягнутої зони бетону, дозволяє збільшити жорсткість балки та зменшити прогини в середньому на 25% в порівнянні із армуванням тільки зони подвійного захисного шару бетону. Водночас, наявність фібр у стиснутих зонах несуттєво впливає на прогини балок.

1. Бабич В.Є., Напружено деформований стан і міцність нерозрізних залізобетонних балок при одноразових та повторних навантаженнях/ Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Рівне: НУВГП, 2004. – 210 с. 2. Бабич В.Є. Дослідження напружено-деформованого стану нормальних перерізів нерозрізних залізобетонних балок / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. - Рівне: Видавництво Рівненського державного технічного університету, 2000. - Випуск 5. - С. 121 – 127. 3. Дробошинець С.Я., Вплив повторних малоциклових навантажень на механічні характеристики сталевібробетону та роботу згинальних елементів на його основі/ Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Луцьк ЛНТУ, 2006. – 191 с.