

П. І. Вегера, Р. Є. Хміль, З. З. Бліхарський,
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОХИЛИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК

© Вегера П. І., Хміль Р. Є., Бліхарський З. З., 2015

Розроблення та вдосконалення методик дослідження залізобетонних балок є актуальним для багатьох дослідників. Розглядаючи випробування залізобетонних балок на поперечну силу, зауважимо, що проводять одне випробування для дослідження двох похилих перерізів у балці. Зазвичай відбувається неодноразове фізичне руйнування обох перерізів. Тобто несучу здатність залізобетонної балки на зріз ми отримаємо в момент вичерпання міцності лише одного похилого перерізу. Такий підхід до дослідження є економічно необґрунтованим. Пропонується досліджувати похилі перерізи кожного окремо. Для цього один з перерізів підсилюють металевою обоймою з попередньо напруженою арматурою. Навантаження прикладають на обидва перерізи через розподільчу траверсу. Напружено деформований стан балки не змінюється, що забезпечить одержання достовірних результатів. Навантаження сприйматиме металева обойма, яка забезпечить перебування похилого перерізу в пружній стадії. Провівши випробування, обойму переставляють, за потреби зменшуючи проліт, для проведення дослідження іншого похилого перерізу. Методика апробована на трьох зразках з різним відносним прольотом зрізу. Проведені дослідження показали задовільну збіжність результатів (на рівні 3–6%), що дає змогу говорити про доцільність практичного застосування цієї методики. За такого типу дослідження отримуємо економію в трудоемкості та витраті часу на дослідження, а також дає змогу зменшити кількість дослідних зразків, що є актуальним в сучасних умовах.

Ключові слова: залізобетонна балка, похилі перерізи, методика.

Development and improving for the research methods of reinforced concrete beams are actually one for more researchers. Considering the test of reinforced concrete beams on the shear should be noted that one test is carried out to study the two inclined cross sections of the beam. Usually there destruction of both cross section of the beam appears not simultaneously. We get shear strength only by strength of one inclined cross section. This approach to the researching is economically unreasonable. It is proposed to conduct research inclined cross sections individually. For this purpose one of the cross section is reinforced with prestressed metal jacket. The load is applied to both cross-sections through the distribution metal beam. Stress strain state of the beam does not change which ensure production of reliable results. So tensions perceived by metal jacket which will provide from failure of another inclined cross section and it was in elastic stage. Beams test is carried in the traditional method. After testing, jacket is moved to another inclined cross section. If necessary, we reduce the span of the beam. Methods verify by three experimental samples with different relational span cut relational. Studies have shown high reproducibility (at 3–6%), which suggests the feasibility of practical application techniques. In this type of research we obtain savings in terms of research and costs of labor, it reduces the number of samples, that are important in the modern conditions.

Key words: reinforced concrete beam, inclined cross sections, methodology.

Постановка проблеми

Дослідження несучої здатності залізобетонних балок на поперечну силу відбувається за тим самим принципом, що й на згинальний момент – вся балка завантажується відповідним

навантаженням, аж до руйнування [4–6]. Проте досліджуючи похилі перерізи залізобетонних балок, слід зауважити, що фізичне руйнування зазвичай відбувається по одному з них, а інший знаходиться в передруйнівному стані, проте ще не зруйнувався. Отримані графіки деформацій та значення несучої здатності отримують за значеннями, зафіксованими в зруйнованому похилому перерізі. Такий спосіб дослідження залізобетонних елементів є неефективним.

Мета та завдання дослідження

Вдосконалити методику дослідження залізобетонних балок на поперечну силу та апробувати її під час визначення несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балок.

Теоретичні обґрунтування

Ця робота виконана з дотриманням вказівок чинних норм для проектування залізобетонних конструкцій [1, 2] та вказівок для дослідження залізобетонних конструкцій та елементів [3].

Матеріали і конструкція дослідних зразків

Для реалізації мети досліджень запроєктовано три зразки залізобетонних балок довжиною 2100 мм, шириною 100 мм та висотою 200 мм. Для армування балок прийнято робочу арматуру $\varnothing 18$ мм класу А400С ДСТУ3760:2006, арматуру в стиснутій зоні бетону $\varnothing 10$ мм класу А400С ДСТУ3760:2006, конструктивна $\varnothing 8$ мм А240С ДСТУ3760:2006 розміщена в зоні, де відсутня поперечна сила (рис. 1, 2). Армування поперечною арматурою відсутнє. Бетон балки прийнятий класу С25/30. Залізобетонна балка проєктована з розрахунку забезпечення несучої здатності лише нормальних перерізів згідно з чинними нормами [1, 2].

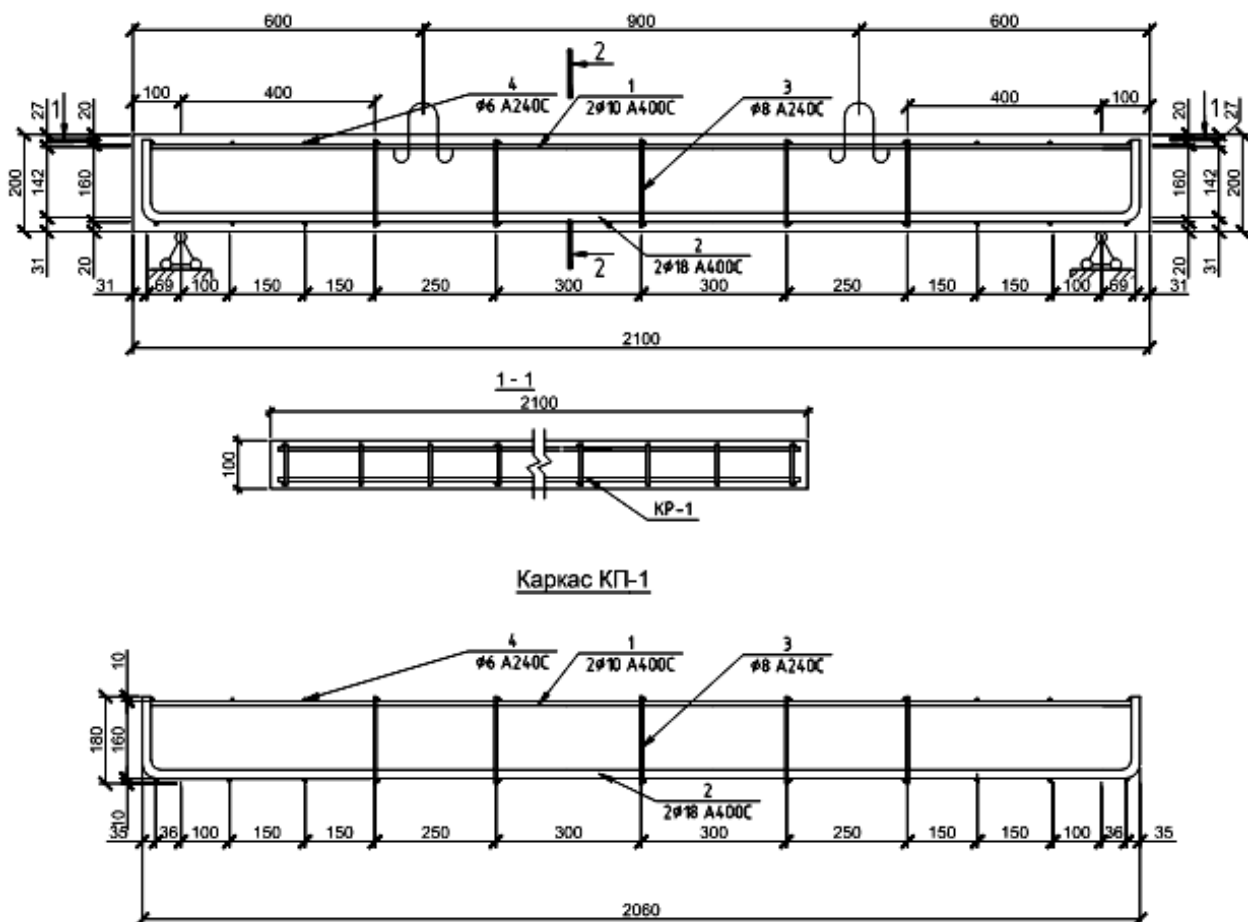


Рис. 1. Армування та розміри проєктованої балки

2 - 2

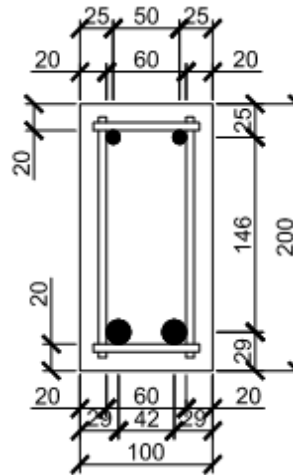


Рис. 2. Поперечний розріз дослідного зразка

Загальноприйнята методика випробовування залізобетонних балок на поперечну силу. Зразки випробовують, прикладаючи дві сили, в $1/3...1/6$ прольоту симетрично відносно центра балки [4, 5, 6]. Навантаження прикладається через розподільчу траверсу та пару опор (рухому та нерухому відповідно) (див. рис. 3). У такий спосіб отримують випадок “чистого” згину – поперечна сила по довжині балки відсутня. Навантаження прикладають величиною $1/10$ від очікуваного руйнівного значення. На кожному етапі надається витримка навантаження 10 хв. для забезпечення розподілу зусиль по перерізу балки та знімаються покази. Кожний з похилих перерізів завантажується рівномірно та отримуються дані, котрі повинні бути відповідні один до одного. Проте зазвичай руйнування відбувається лише одного перерізу, а інший отримує деформації на 10–15 % менші від граничних. Отже, отримуємо значну похибку під час опрацювання результатів вимірювань. Також необхідно випробовувати ще один зразок балки для підтвердження отриманих даних.

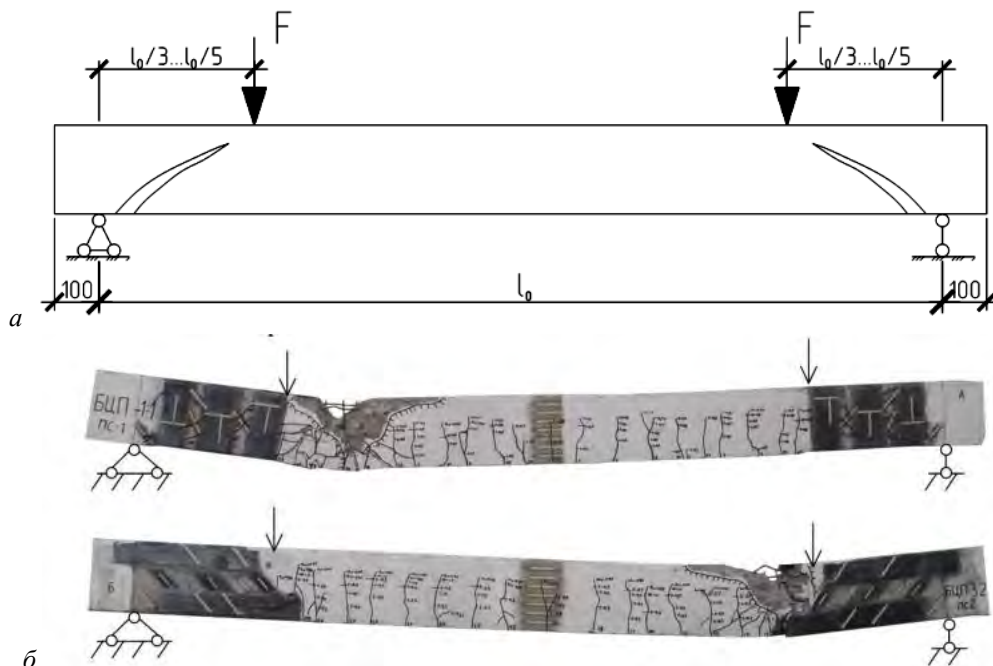
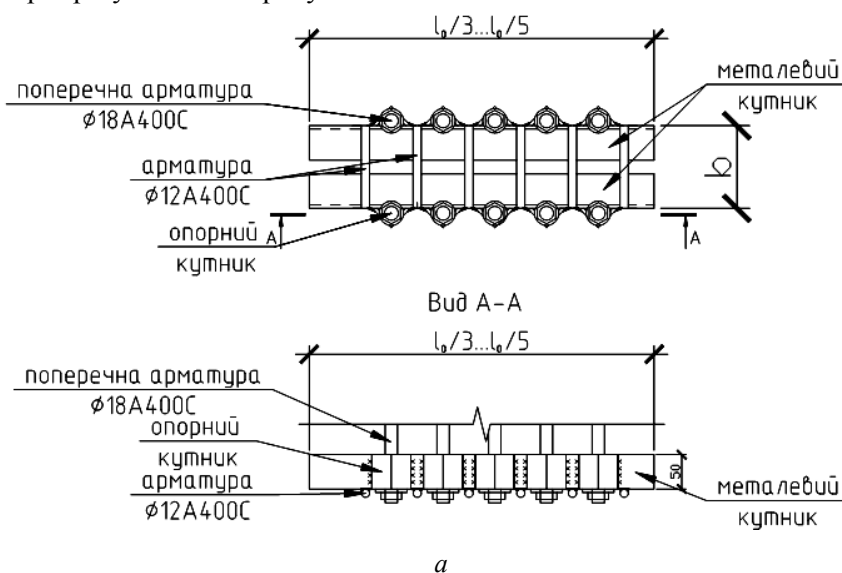


Рис. 3. Схема дослідження похилих перерізів залізобетонних балок: а – схема завантаження дослідного зразка; б – випробувані зразки [5]

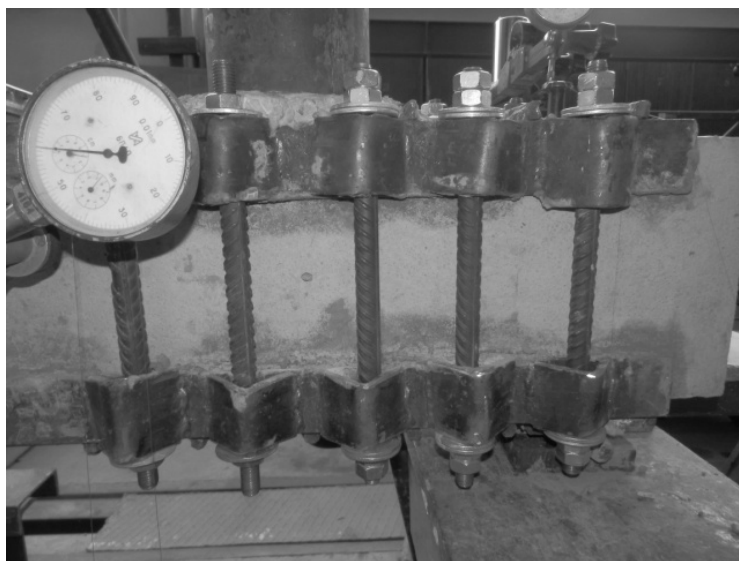
Для проведення одного експерименту необхідно використати два зразки (випробувати чотири похилих перерізи), що в сучасних умовах є економічно непрактично. Тому необхідно проводити вдосконалення та оптимізацію дослідження залізобетонних балок на поперечну силу.

Вдосконалена методика випробовування залізобетонних балок на поперечну силу. Як викладено вище в кожній балці наявні два похилих перерізи, тому пропонується випробовувати кожний похилий переріз окремо. Щоб отримати високу достовірність та відповідність результатів, необхідно забезпечити випробування одного перерізу в притаманному напружено-деформованому стані для чистого згину, а роботу іншого – в пружній стадії. На один з похилих перерізів встановлюємо додаткове армування у вигляді металевої попередньо напруженої обойми (див. рис. 4). Додаткове армування сприйме зусилля, що виникають у перерізі, а поперечна арматура, механічно напружена, дасть змогу запобігти розвитку деформацій у перерізі балки. Для точного контролю навантаження динамометр встановлюємо в перерізі, що досліджується.

Усі інші параметри навантаження дослідного зразка залишаються незмінними. Металева обойма матиме вплив на кривизну вигнутої осі балки, оскільки зміниться жорсткість однієї частини зразка. Проте впливу на несучу здатність досліджуваного похилого перерізу не буде, що дозволить отримати достовірні результати випробувань.



а



б

Рис. 4. Конструкція металевої обойми: а – конструкція опорної частини обойми з попередньо напруженою поперечною арматурою; б –металева обойма, встановлена на балку



Рис. 5. Схема випробування похилих перерізів залізобетонних балок за вдосконаленою методикою

Провівши випробування похилого перерізу, перевстановлюємо на нього металеву обойму та випробуємо інший похилий переріз за тією ж методикою. За необхідності, коли похилий переріз повністю вичерпав свою несучу здатність, обойму встановлюємо на мінімально пошкодженій або мало пошкодженій ділянці балки, у такий спосіб зменшується проліт балки (див. рис. 5). Проте на напружено-деформований стан похилого перерізу це не впливає.



Рис. 6. Схема завантаження другого похилого перерізу балки

Для того, щоб провести два досліді, за запропонованою методикою, достатньо використати лише один зразок та виконати елемент підсилення (металеву обойму). Витрати зменшуються на 35–40 %, а трудоемкість на 30–35 %, оскільки необхідно заміряти лише один переріз. Проводячи серію дослідів, це значно зменшує витрати на дослідження поперечних перерізів залізобетонних балок.

Апробація вдосконаленої методики дослідження залізобетонних балок на поперечну силу. Дослідження проводили для залізобетонних балок без поперечної арматури. Балки маркують так: БЗ – балка звичайна, перша цифра – номер серії, друга цифра – номер дослідного зразка, третя цифра – номер перерізу. Для прикладу БЗ 1.2-2 означає, що випробувано першої серії другу балку другий переріз. Змінним параметром був відносний проліт зрізу $a/d=1; 1,5; 2,0$. Навантаження прикладались ступенями по 10 кН. Кожний з похилих перерізів випробували окремо згідно з запропонованою методикою. Результати випробувань наведені в табл. 1.

Результати дослідження несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балок

Тип балок	Поперечний переріз bхh мм.	Розрахунковий проліт балки, l ₀ мм	Відносний проліт зрізу, a/d	Руйнівне значення, кН
БЗ 1.1-1	201х106	1900	2	162
БЗ 1.1-2		1550	2	165
БЗ 1.2-1	199х98	1900	1	192
БЗ 1.2-2		1750	1	204
БЗ 1.3-1	202х98	1900	1,5	180
БЗ 1.3-2		1650	1,5	186

Аналізуючи несучу здатність під час випробування балок з однаковим відносним прольотом зрізу, можемо визначити, що розрахунковий проліт балки не впливає на несучу здатність похилого перерізу, а значення несучої здатності показують незначну розбіжність (див. табл. 2).

Таблиця 2

Визначення розбіжності між несучою здатністю окремо випробуваних похилих перерізів

Тип балок	Несуча здатність першого перерізу, кН	Несуча здатність другого перерізу, кН	Розбіжність, %
БЗ 1.1	165	172	4,1
БЗ 1.2	192	204	5,9
БЗ 1.3	180	186	3,2

Порівнюючи значення несучої здатності похилих перерізів, обчислених за різними методиками, можемо констатувати, що отримані результати практично ідентичні. Різниця між результатами коливається в межах 6 %. У такий спосіб ми отримуємо задовільну точність результатів, економлячи матеріали для дослідних зразків.

Висновки

1. Використання вдосконаленої методики дослідження похилих перерізів залізобетонних балок дає можливість знизити витрати, час і трудомісткість для проведення дослідів.

2. Задовільна збіжність розробленої методики дослідження поперечних перерізів залізобетонних балок 3–6 % дає змогу застосовувати для вивчення роботи залізобетонних балок на поперечну силу, зокрема для підсиленних балок.

1. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 72 с. 2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. 2010. 3. Лучко Й. Й., Коваль П. М. Основи досліджень та випробувань будівельних матеріалів і конструкцій : нав. Посібник // За ред. д. т. н., проф. Й. Й. Лучка; Львівський національний аграрний університет; Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури. – 2011. – 230 с. 4. Кваша В. Г. Розрахунок міцності похилих перерізів залізобетонних балок, підсиленних наклеєними матеріалами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне, 2011. – Вип. 22. – С. 801–807. 5. Мельник С. В. Розрахунок міцності похилих перерізів залізобетонних балок, підсиленних вуглепластиковими матеріалами при однократному навантаженні // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне, 2012. – Вип. 23. – С. 494–501. 6. Мурин А. Я. Міцність, жорсткість і тріщиностійкість залізобетонних балок, підсиленних зовнішньою композитною арматурою: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Львів, 2011. – 163 с.