

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОСОЗГИНАЛЬНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ТРАПЕЦІЄВИДНОГО ПЕРЕРІЗУ
ІЗ ЖОРСТКОЮ АРМАТУРОЮ**

**Семко О.В., д.т.н., проф., Воскобійник О.П., к.т.н., с.н.с.,
Пойда А.О., аспірант**

*Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, Україна*

Застосування сталезалізобетонних конструкцій в промисловому та цивільному будівництві в нашій країні, на сьогодні є найперспективнішим напрямком розвитку даної галузі. Основний шлях для розв'язання задач зниження матеріаломісткості, пошуку нових конструктивних форм, проектних рішень – це розробка ефективних конструкцій, вдосконалення та розвиток методів їх розрахунку. Рациональне поєднання бетону, сталевого прокату та арматури, разом із забезпеченням їх надійної сумісної роботи в сталезалізобетоні [2-4] дозволяє підвищити показники міцності та жорсткості конструкцій, зменшити розміри поперечного перерізу, використати сталевий прокат в якості незнімної опалубки при бетонуванні. Актуальність застосування таких конструкцій у цивільному та промисловому будівництві доведена численними розробками в цій галузі, включаючи дослідне проектування [3 - 4].

В практиці будівництва досить часто використовуються згинальні елементи, які працюють в умовах косоного згинання, тобто конструкції, в яких площина дії сили не співпадає з головними осями інерції. Виникнення косоного згину може бути зумовлено неточністю виготовлення й монтажу конструкцій, неоднорідністю фізико-механічних характеристик матеріалів, наявністю дефектів та пошкоджень, тощо [1]. Вплив цих факторів не завжди може бути врахований при проектуванні, тому переважна більшість згинальних елементів в реальних умовах в тій чи іншій мірі зазнає косоного згину.

На даний момент, внаслідок широкого використання в будівництві сталезалізобетонних каркасів, проектувальникам досить часто доводиться стикатися з проблемами, при розрахунку різного роду конструкцій, що працюють на складні види деформацій. Урахування особливостей дійсної роботи та напружено-деформованого стану при проектуванні сталезалізобетонних будівельних конструкцій є актуальною проблемою, що потребує вирішення.

Це можливо за наявності експериментальних даних, аналіз яких дозволить сформулювати основні критерії та передумови розрахунку комплексних сталезалізобетонних конструкцій (зокрема залізобетонних балок із жорстким армуванням), що працюють в умовах косоного згинання.

Для отримання даних щодо міцності та деформативності косозігнутих сталезалізобетонних елементів нами були проведені експериментальні дослідження лабораторних зразків залізобетонних балок із жорстким армуванням. У рамках експерименту досліджувався вплив кута нахилу силової площини (випробування проводилося при кутах 0° , 7° та 15°) на несучу здатність та напружено-деформований стан залізобетонних балок із жорстким армуванням, що працюють на косий згин. Загальна кількість експериментальних зразків-балок – 4. Усі зразки мають трапецієвидний переріз розміром 168x64x200 мм і довжину 2 м. Зразки складаються із жорсткої арматури (двотавра №12) та бетону, яким заповнюються порожнини та проводиться обетонування верхньої полицки сталевго двотавра. (рис.1)

Суть конструкції ригеля полягає у новому вигляді поперечного перерізу сталезалізобетонної балки зі збільшеною кількістю бетону в стиснутій та більш ефективному використанні жорсткої арматури в розтягнутій зоні. Бетоном заповнюються відкриті порожнини сталевго двотавра та проводиться додаткове обетонування верхньої полицки балки. Для забезпечення надійної сумісної роботи бетону та жорсткої арматури (включення в сумісну роботу бетону з існуючою сталевгою конструкцією) застосовуються спеціальні анкеруючі пристрої 3, 4 (рис. 1), які приварюються до верхнього та нижнього поясу, а також до верхньої частини сталевго двотавра. Таке конструктивне рішення дозволяє підвищити несучу здатність а також краще сприймати складні види деформацій порівняно з сумарною несучою здатністю сталевго проката та бетону за умови їх окремої роботи.

Після виготовлення опалубки і встановлення арматури, зразки заповнювалися бетоном запланованого класу за міцністю (рис. 2).

Експериментальні дослідження проводились на дію короточасних навантажень на спеціальній установці для випробування на косий згин в акредитованій Держстандартом України лабораторії випробувального центру Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Загальний вигляд дослідного зразка у випробувальній установці наведено на рис. 2. Навантаження на зразки прикладалось за схемою чистого згину, схема випробувань та розміщення вимірювальних приладів наведена на рис. 1. Результати випробування дослідних зразків наведені в табл. 1.

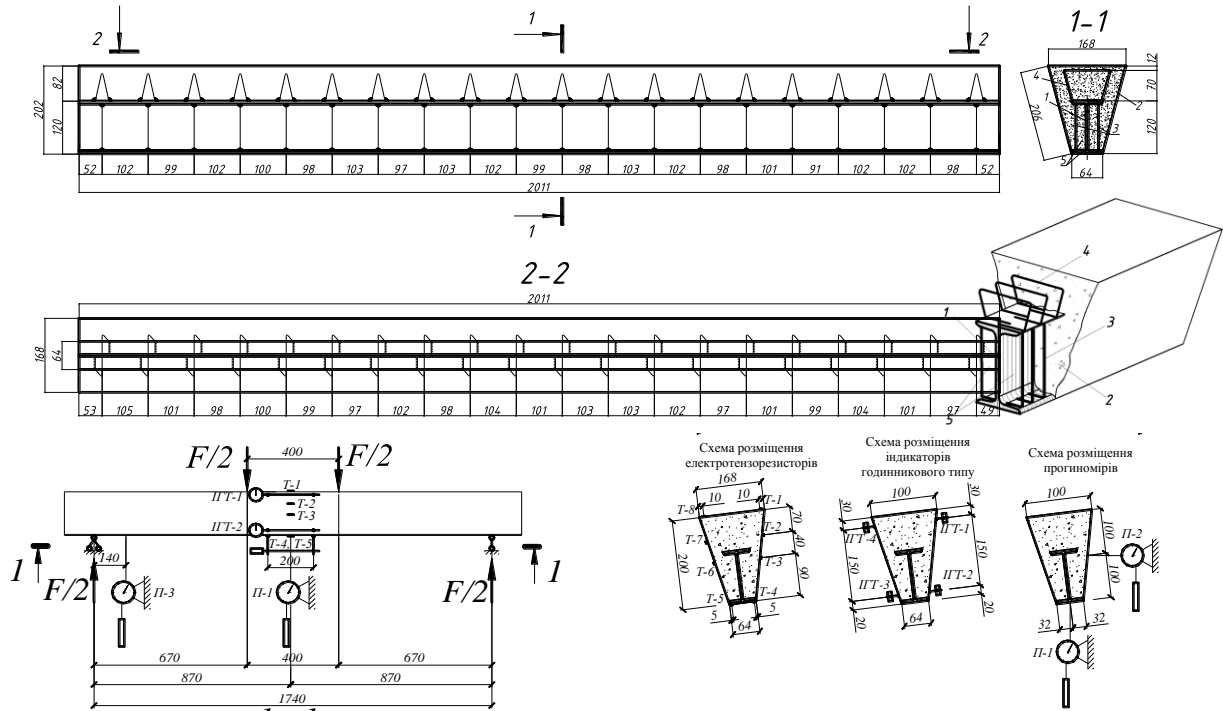


Рис. 1. Схема розміщення приладів та армування зразка БТ–, де:

1-жорстка арматура - двотавр №12; 2-бетон; 3-С- подібні сталеві анкери; 4- П- подібні сталеві анкери; 5- відкриті бокові порожнини двотавра, заповнені бетоном.



Рис. 2. Загальний вигляд установки для випробування та дослідні зразки після бетонування

Отже, кут нахилу площини дії моменту (0° , 7° та 15°) має вплив на їх несучу здатність (табл. 1.). Так, зразок БТ-3, що випробовувався при куті нахилу силової площини 0° , характеризується найбільшою несучою здатністю (майже на 20% більше ніж зразок БТ-4 і на 12% від зразків БТ-1 та БТ-2). При збільшенні кута нахилу площини дії зовнішнього моменту з 0° до 7° несуча здатність зразків зменшується на 10-12% (БТ-2 та БТ-1 відповідно). А при куті нахилу площини дії зовнішнього моменту 15° несуча здатність зразків зменшується майже на 20%. Цей факт пояснюється впливом косоного згинання.

Табл.1. - Результати випробування дослідних зразків

Шифр зразка	Руйнуюче навантаження N, кН	Максимальний згинальний момент, кНм
1	2	3
БТ-1 (7°)	88	59,9
БТ-2 (7°)	90	61,2
БТ-3 (0°)	100	68
БТ-4 (15°)	80	54,4

При випробуванні дослідних зразків вимірювались прогини в двох площинах – вертикальні та горизонтальні. Як видно з рис. 3, всі дослідні зразки серії мали значні вертикальні переміщення від 18,3 мм – зразок БТ-1 до 23,8 мм – зразок БТ-3. Горизонтальні переміщення при цьому становили від 12,93 мм – зразок БТ-2 до 22,3 – зразок БТ-4. Зразок БТ-3 не зазнав горизонтальних переміщень, так як випробування його проводилися на плоский згин.

Також на всіх етапах завантаження дослідних зразків вимірювались відносні деформації, а за отриманими результатами побудовані графіки наведені на рис. 4

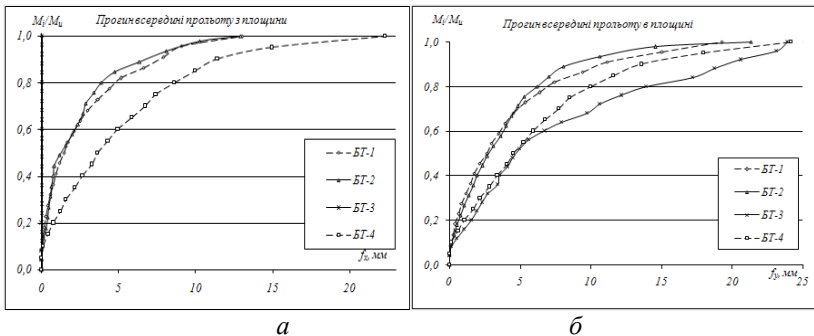


Рис. 3. Графіки залежності переміщень дослідних зразків від ступеня навантаження: а – прогин у горизонтальній площині; б – прогин у вертикальній площині

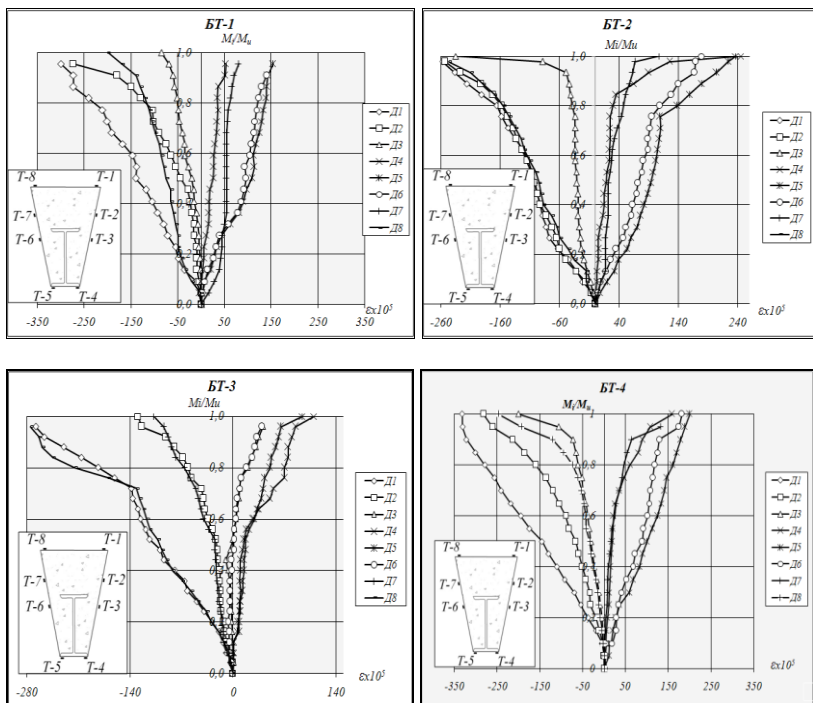


Рис. 4. Залежності зміни відносних деформацій дослідних зразків від ступеня завантаження

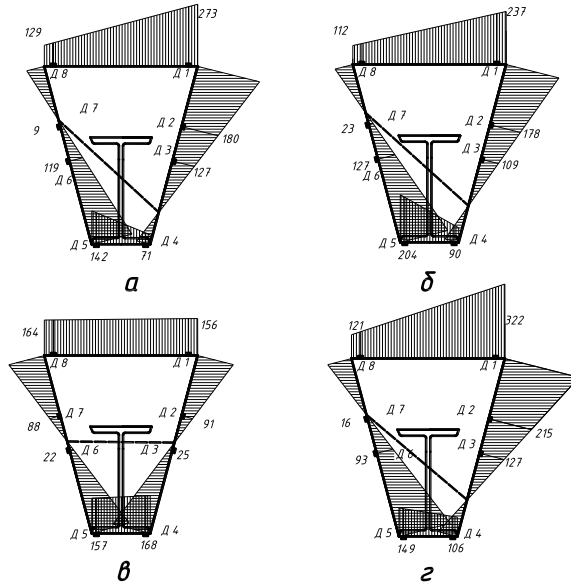


Рис. 5. Епюри деформацій дослідних зразків в перерізі посередині прольоту балки при рівні навантаження $0,9 M_u$: а – зразок БТ-1; б – зразок БТ-2; в – зразок БТ-3; г – зразок БТ-4

За результатами проведених при випробуванні вимірювань були побудовані епюри відносних деформацій рис. 5, що дозволило при різних ступенях завантаження визначити кут нахилу нейтральної лінії та форму стиснутої зони. Кут нахилу нейтральної лінії перерізу дослідних зразків змінювався в процесі завантаження: для зразка БТ-1 в межах $38 - 43^\circ$, для зразка БТ-2 в межах $39 - 43^\circ$, для зразка БТ-4 в межах $41 - 48^\circ$. Це пояснюється розвитком пластичних деформацій в сталі та бетоні, а також порушенням їх сумісної роботи при значних рівнях навантаження.

При випробуванні зразків було відмічено, що на початкових стадіях завантаження ($M < 0,5 M_u$) спостерігався пружний характер роботи балки, про що свідчить лінійна залежність між прогинами та деформаціями й величиною згинального моменту. При підвищенні рівня навантаження до $0,5 \dots 0,6 M_u$ спостерігався розвиток пластичних деформацій в бетоні розтягнутої зони, що підтверджується появою тріщин у найбільш розтягнутих волокнах бетону. При подальшому збільшенні навантаження до $0,7 \dots 0,8 M_u$ спостерігалось збільшення ширини розкриття тріщин до $0,2$ мм у бетоні розтягнутої та поява тріщин та місцевих

виколовань у бетоні стиснутої зони. Слід відмітити, що загалом всі дослідні зразки мали значні деформації та переміщення, а руйнування відбувалося за рахунок значних деформацій та виколовань у бетоні стиснутої зони.



Рис. 6. Характер руйнування дослідних зразків

Висновок. В результаті проведення експериментальних досліджень можна зробити висновок, що характерною особливістю роботи наведених балок при косому згині є їх здатність працювати пластично, сприймаючи значні навантаження в позаграничному стані. Цей ефект можливо використати при розрахунках на особливі (аварійні, сейсмічні, тощо) навантаження.

Summary

The results and methods of experimental researches of the steel-concrete composite beams with rigid reinforcement in oblique bending are considered in this article. The peculiar of behavior and character and properties of destruction of a researched beam are experimentally studied. Criteria for achieving the ultimate state of this type of bending elements in oblique load application are been founded.

1. Павліков, А. М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану косозавантажених залізобетонних елементів у закритичній стадії [Текст] / А. М. Павліков. – Полтава, 2007. – 258 с.
2. Семко О. В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / А. В. Семко. – К. : Сталь, 2004. – 320 с.
3. Семко О.В. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О.В. Семко, О.П. Воскобійник. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – 514 с.
4. Eurocode 4. Common Unified Rules for Composite Steel and Concrete Structures European Committee for Standardization (CEN) ENV. 1994 – 1-1: 1992.
5. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой. – М.: Стройиздат, 1978. – 55 с.