DOI: https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2025-3

УДК 624.012.46:624.07:691.32:620.17

ТАБАРКЕВИЧ Н.В.
Завідувач лабораторії ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,
Здобувач ступеня PhD кафедри комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів Державного університету «Київський авіаційний інститут»
м. Київ, Україна
e-mail: tkach@ndibk.gov.ua
тел.: +38 (098) 072-26-93
ORCID: 0000-0002-5549-8147

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З АРМУВАННЯМ СТАЛЕВИМИ ЛИСТАМИ

АНОТАЦІЯ

У статті наведено результати експериментальних досліджень сталезалізобетонних балок з армуванням листовою арматурою. З метою прискорення нового будівництва та реконструкцій будівель, що є актуальним для сучасної ситуації в країні, запропоновано використання вже існуючого типового перерізу сталезалізобетонних балок з армуванням сталевими листами, однак цей переріз було розроблено для роботи під незначними навантаженнями з виключенням урахування динамічних впливів у будівлях.

Запропоноване сталезалізобетонне перекриття з прихованими балками передбачає модернізацію конструкції шляхом збільшення робочої площі арматури та зменшення робочого перерізу прихованої балки. Таке рішення спрямоване на підвищення несучої здатності конструкції, включно з урахуванням динамічних навантажень. Перевага такого перекриття полягає в тому, що його можна застосовувати для будівель різної конфігурації в плані, поліпшити вентиляцію та освітленість приміщень, за рахунок відсутності ребер, зменшити будівельний об'єм приміщень, що дає значну економію в опаленні, а також понизити загальну висоту будівлі.

Проведено експериментальні дослідження сталезалізобетонних балок з армуванням сталевими листами, які показали, що під дією навантаження відбувалося викривлення поздовжньої вісі елементу, що призводило до нерівномірного розподілу поздовжніх деформацій у листовому армуванні, внаслідок чого гофри утворювались з боку, протилежного до напрямку вигину. Ці результати доводять важливість питання стійкості в гнучких сталезалізобетонних конструкціях. На всіх етапах навантаження в конструкціях була забезпечена спільна робота залізобетонної складової зі сталевими листами, що свідчить про надійність використаних хомутів.

Запропоновані балки, маючи високу жорсткість, дозволяють покращити функціональні якості будівель і виступати як конкурентоздатні, в порівнянні з залізобетонними та сталевими конструкціями, при використанні їх в спорудженні промислових та цивільних будівель.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: сталезалізобетонні балки, армування листами, експериментальні дослідження, несуча здатність, деформації, руйнування.

EXPERIMENTAL STUDIES OF STEEL–REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH STEEL SHEET REINFORCEMENT

ABSTRACT

The article presents the results of experimental research on steel-reinforced concrete beams with sheet reinforcement. In order to accelerate the construction and reconstruction of buildings, which is relevant in the current situation in the country, the use of an already existing standard cross-section is proposed. However, this section was originally developed to withstand only light loads, excluding consideration of dynamic effects in buildings.

The proposed steel-reinforced concrete slab system with hidden beams involves modernizing the structure by increasing the effective area of reinforcement and reducing the effective cross-section of the hidden beam. This solution is aimed at enhancing the load-bearing capacity of the structure, including with respect to dynamic loads. One of the advantages of this type of slab is that it can be used for buildings with various floor plan configurations, improves ventilation and lighting in rooms due to the absence of ribs, reduces the construction volume of spaces (leading to significant savings in heating), and lowers the overall height of the building.

Experimental studies of steel-reinforced concrete beams reinforced with steel sheets showed that under loading, the longitudinal axis of the element experienced deflection, leading to an uneven distribution of longitudinal strains in the sheet reinforcement. As a result, corrugations formed on the side opposite to the direction of bending. These results highlight the importance of stability in flexible steel-reinforced concrete structures. At all stages of loading, the structure demonstrated effective cooperation between the reinforced concrete component and the steel sheets, which indicates the reliability of the applied stirrups.

The proposed beams, possessing high rigidity, improve the functional performance of buildings and can compete with reinforced concrete and steel structures when used in the construction of industrial and civil buildings.

KEYWORDS: steel-reinforced concrete beams, sheet reinforcement, experimental research, load-bearing capacity, deformation, failure.

ВСТУП

Для визначення несучої здатності сталезалізобетонних балок наведеного перерізу (рис. 1), а також їхньої міцності, тріщиностійкості, деформаційної здатності були проведені їх експериментальні випробування. Для визначення вищенаведених показників на сталезалізобетонну балку були встановлені електротензорезистори типу ПКБ 50- 303,9В однієї комплектності з попередньою вибірковою повіркою (рис. 2) та індикатори годинникового типу (рис. 3). Наклеювання електротензорезисторів на металеву поверхню виконувалось в стиснутій зоні максимального згинального моменту. Навантаження на сталезалізобетонну балку задавалось за допомогою встановлення домкратів на нижню поличку балки, імітуючи влаштування залізобетонних плит перекриття чи покриття (рис. 4).

МЕТА РОБОТИ

Мета експериментальних досліджень – визначення напружено-деформованого стану і міцності сталезалізобетонних балок з армуванням сталевими листами та визначення впливу зовнішнього сталевого армування на несучу здатність конструкції.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Виготовлення дослідних зразків.

Для отримання експериментальних результатів, які дають можливість судити про особливості роботи сталезалізобетонних балок з армуванням сталевими листами, запроєктовано дослідні зразки серій СБ-1, СБ-2 згідно з вимогами [1]. Зразки мають переріз з геометричними розмірами, що наведені на рис. 1.

Випробування дослідних зразків.

Експериментальні зразки випробувались при досягненні проєктної міцності бетону, але не раніше, ніж через 28 діб після бетонування. До початку випробувань металеві поверхні зразків очищались від напливів бетону та бруду. Випробування виконувалось за схемою однопрогонової вільно обпертої балки, що завантажена двома силами з одного боку на нижній полці. Навантаження на балку прикладали таким чином, щоб площина прикладення навантаження збігалася з центром ваги

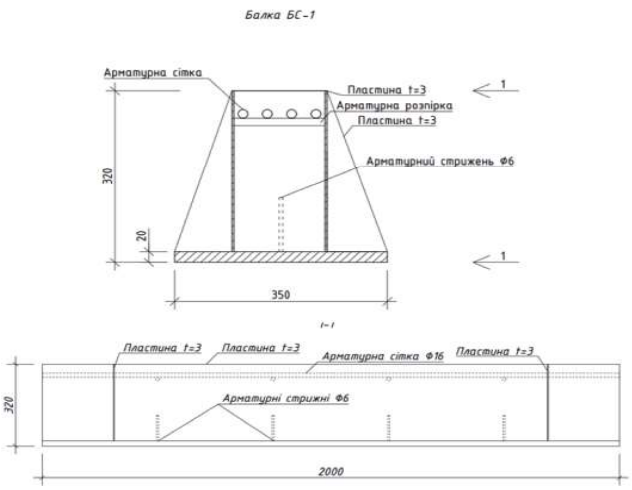

Рисунок 1 – Геометричні характеристики поперечних перерізів виготовлених зразків

Рисунок 2 – Сталезалізобетонна балка зі встановленими електротензорезисторами

перерізу балки. Розрахунковий прогін балок складав 2000 мм. Експериментальні дослідження проводились на дію тривалих та короткочасних навантажень в лабораторії Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК). Балку випробували статичним навантаженням. Прогини при різному навантаженні контролювали за допомогою індикаторів годинникового типу, встановлених на нижніх та верхніх поверхнях сталезалізобетонної балки, ціна поділки яких становить 0,001 мм, а рівень прикладеного навантаження – за допомогою манометра, який встановлено на насосній станції, з ціною поділки 2 кН (точність 1 %). Показники електротензорезисторів визначалися за допомогою автоматичного індукційного динамометру АІД 2.

Загальний вигляд дослідного зразка сталезалізобетонної балки з вимірювальними приладами на стаціонарному стенді наведено на рис. 5.

Під час випробувань навантаженням на дослідні зразки прикладалося поступово по 10 тонн з 5 ÷ 10 хвилинною витримкою. Протягом кожної витримки знімались показники з тензорезисторів та індикаторів годинникового типу, проводився візуальний огляд зразків з фіксуванням деформацій та відшарування листової сталі від бетону в бокових зонах перерізу сталезалізобетоних балок.

Для дослідження дії згинального моменту зразки випробувались у два етапи.

На першому етапі зразки завантажувались до появи пластичних деформацій в найбільш напружених волокнах сталевої арматури. Максимальне навантаження, яке витримали балки без суттєвих пошкоджень, становило 50 тонн. Під цим навантаженням зразки додатково витримувалися близько 30 хвилин.

Рисунок 3 – Сталезалізобетонна балка зі встановленими індикаторами годинникового типу

Рисунок 4 – Сталезалізобетонна балка зі встановленими домкратами

Рисунок 5 – Загальний вигляд дослідного зразка сталезалізобетонної балки

На другому етапі, після завершення витримки, зразки повністю розвантажувались і фіксувався залишковий прогин. Надалі знову, в такій же послідовності, зразки завантажувалися до руйнівного навантаження. Максимальне навантаження, яке витримали обидві дослідні балки до руйнування, становило 55 тонн. На всіх ступенях завантаження були взяті до уваги особливості характеру руйнування та розвитку тріщин в

складових сталезалізобетонної балки, а також інтенсивність зростання прогинів в дослідних зразках.

Аналіз отриманих результатів

Виходячи із результатів експериментальних досліджень можна сказати наступне:

- прогин сталезалізобетонних балок з листовим армуванням при різних навантаженнях складав 1 ÷ 5 см, що не перевищує нормативних вимог [2];
- при досягненні навантажень понад 85 % від руйнуючого, проявлялись пластичні деформації листової сталі та пружно-пластичні деформації бетону, внаслідок чого спостерігалось відшарування листової сталі в зонах максимального згинального моменту;
- залишковий прогин балки після розвантаження становив близько 7 мм, що пояснюється перерозподілом внутрішніх зварних напружень та деформацій, пластичними властивостями бетону та листової сталі стінок і розтягнутої полиці балки.

ВИСНОВКИ

Результати випробувань свідчать про наявність залишкових деформацій сталезалізобетонної балки з листовим армуванням (до 20%). Технологія виготовлення зразків балок передбачала окреме зварювання бічних листів, їх вирівнювання, контроль зварних швів з подальшим приварюванням до листа днища та великих діафрагм. При спробах попередньо приварити окремі частини бічних листів до днища, щоб потім зварити їх між собою, у стикових зварних швах стінок утворювались тріщини безпосередньо після зварювання внаслідок значних залишкових зварних напружень.

Загалом можна зробити висновок, що сталезалізобетонні балки із зовнішнім листовим армуванням при дії поперечної сили функціонують як єдина монолітна конструкція.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.6-160:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 55 с.
2. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини та переміщення. Вимоги проектування. Київ: Мінбуд України, 2006. 40 с.

REFERENCES

1. DBN V.2.6-160:2010. (2011). Building structures. Steel-reinforced concrete structures. Basic provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
2. DSTU B V.1.2-3:2006. (2006). Deflections and displacements. Design requirements. Kyiv: Ministry of Construction of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 02.01.2025
Перевірено 14.01.2025
Прийнято 02.02.2025