

Л.І. Стороженко, д.т.н., проф.,
О.І. Лапенко, к.т.н., доц., О.Г. Горб, магістрант
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БАЛОК ДВОТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ З ВЕРХНІМИ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПОЛИЦЯМИ

У статті наведені відомості про експериментальні дослідження нового виду несучих згинних елементів – балок двотаврового перерізу з верхніми сталезалізобетонними полицями, що проводилися з метою встановлення дійсного характеру роботи і деформування конструкції.

Ключові слова: згинні елементи, зовнішнє листове армування, сталева опалубка, навантаження, несуча здатність, деформації, ефективність.

В статті приведены сведения об экспериментальных исследованиях нового вида несущих изгибаемых элементов – балок двотаврового сечения с верхними сталежелезобетонными полками, которые проводились с целью установления действительного характера работы и деформирования конструкции.

Ключевые слова: изгибаемые элементы, внешнее листовое армирование, стальная опалубка, нагрузка, несущая способность, деформации, эффективность.

The article deals with the experimental researches of the new type of bearing flexible elements, i. e. the double T beams with the upper composite belts, which conducted with the purpose of to set actual character of work and deformation of construction.

Keywords: bendings elements, external sheet reinforcing, steel planking, loading, bearing ability, deformations, efficiency.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день розвиток будівельної промисловості повинен підтримуватись створенням нових конструктивних елементів, що дозволяли б зменшити вартість, знизити витрати матеріалів та трудомісткість виготовлення несучих конструкцій у цілому. Повністю задовольнити ці умови можуть композитні конструкції із зовнішнім листовим армуванням, в яких раціонально використовуються сталь та бетон, що знаходиться лише у стиснутій зоні. Такими конструктивними елементами є раніше недосліджені балки двотаврового перерізу з верхніми сталезалізобетонними полицями. Тому виникає необхідність в їх експериментальних дослідженнях і теоретичному вивченні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Дослідженням сталезалізобетонних конструкцій у різні роки займалися такі вчені, як Р.В. Воронков [1], Ф.Є. Клименко [2], Л.І. Стороженко [3, 4], О.В. Семко [4, 5, 6] та інші. Проведені ними дослідження й отримані наукові знання в цій галузі після їх узагальнення та аналізу дають творчий поштовх для вдосконалення існуючих

і розроблення нових конструктивних вирішень несучих конструкцій із використанням сталезалізобетонних елементів. У своїх роботах вони поставили та частково розв'язали завдання усунення недоліків сталевих і залізобетонних конструкцій та домоглися, щоб у сталезалізобетонних конструкціях бетон працював на стиск, а сталь – на розтяг, що довів подальший досвід проектування даних конструктивних елементів.

Не розв'язаною раніше частиною проблеми є раціоналізація раніше запропонованих конструкцій із метою зменшення матеріальних і трудових витрат на стадіях виготовлення, монтажу та експлуатації; одержання ефективніших і більш економічних конструктивних вирішень згинальних сталезалізобетонних елементів, які б об'єднали ряд переваг та мінімізували негативні властивості сталевих і бетонних конструкцій.

Метою проведення експериментальних випробувань було дослідження:

- несучої здатності згинальних двотаврових елементів із верхнім сталезалізобетонним поясом;
- сумісної роботи двох складових комплексної балки;
- розвитку тріщиноутворення в бетоні верхньої полички та пластичних властивостей сталевих тавра;
- прогинів і деформацій на різних ступенях завантаження;
- характеру руйнування дослідних зразків при різних схемах завантаження.

Виклад основного матеріалу. Для отримання експериментальних результатів, які дадуть можливість достатньою мірою судити про особливості роботи згинальних двотаврових елементів зі сталезалізобетонним верхнім поясом, були запроектовані такі зразки:

1) згинальні двотаврові елементи із сталезалізобетонним верхнім поясом прогоном 2 м із використанням різних бетонних сумішей за класом міцності (B20; B30; B40);

2) стандартні бетонні призми 150x150x600 мм і кубики 150x150x150 мм для визначення характеристик міцності й деформативності бетону;

3) стандартні сталеві смужки 20x300 мм, вирізані зі сталевих листів, для визначення фізико-механічних властивостей сталі.

Зразки поділялись на серії, призначення яких відповідає вимогам для окремого вивчення різних факторів, від котрих може залежати ступінь впливу згинального моменту й поперечної сили на міцність і деформативність досліджуваних конструкцій. Фактором, що вивчався, є клас бетону за міцністю. Усі зразки – двометрові таврові балки (рис. 1) висотою 200 мм. Вони утворені зварюванням сталезалізобетонної полички із поперечним розміром 160x70 мм, яка складається із двох вертикальних (поз. 3) (1976x66x4 мм) та горизонтального (поз. 4) (1976x160x4 мм) опалубних листів і заповнена бетонною сумішшю відповідного класу, та сталевих таврових елементів – зварного профілю (стінка (поз. 1) – 1976x130x4 мм, нижній пояс (поз. 2) – 1976x130x12 мм). У тілі сталезалізобетонної полички міститься арматура (поз. 6), приварена до

вертикальних опалубочних листів із кроком 100 мм, що забезпечує сумісну роботу сталеві незнімної опалубки та бетону. Товщина захисного шару становить 5 – 7 мм. По краях кожної балки до стінки, нижнього поясу, горизонтального та вертикального опалубних листів за допомогою зварювання кріпляться опорні ребра 4 розмірами 220x160x12 мм, які сприймають зсуваючі зусилля. Позиції 1, 3, 5 виготовлені з фасонного листа товщиною 4 мм, позиції 2 та 4 – із фасонного листа товщиною 12 мм, позиція 6 – з арматури А-І Ø6 мм.

При складанні елементів конструкцій витримувалась така технологія:

- нарізалися сталеві листи на стрічки та арматурні стрижні необхідної величини;
- розмічувались сталеві стрічки перед зварюванням;
- з'єднувались стрічки за допомогою ручного електродугового зварювання;
- наносилися проектні розміри для розміщення стрижневої арматури на вертикальних опалубних листах із внутрішньої сторони;
- приєднувались арматурні стрижні до листової сталі ручним електродуговим зварюванням, починаючи із середини стрічки;
- проводилось бетонування сталезалізобетонної полиці.

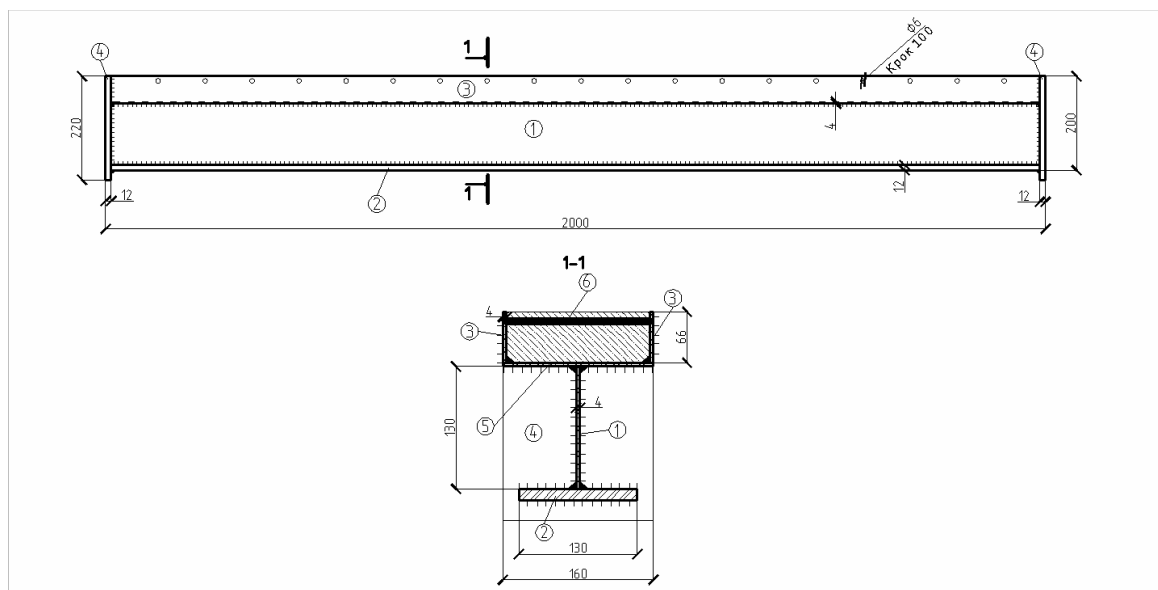


Рис. 1 – Конструкція експериментальних зразків:

- 1 – стінка, 2 – нижній пояс, 3 – вертикальні опалубні листи, 4 – опорне ребро, 5 – горизонтальний опалубний лист, 6 – арматура

При підготовці програми експериментальних досліджень передбачалося експериментально дослідити несучу здатність зігнутих елементів із двома видами завантаження: на дію згинального моменту – зона чистого згину при завантаженні двома зосередженими силами (F_1) складає 500 мм; на дію поперечної сили зона чистого згину змінювалася шляхом збільшення відстані між шарнірами, на які спирається проміжна траверса і через які передається навантаження (F_2), до 1000 мм, при цьому плече різку становило 500 мм (рис. 2).

Зразки випробовувались при досягненні проектної міцності бетону у віці старше від 28 діб. Випробування проводилися за схемою однопрогінної вільно обпертої балки, навантаженої двома силами. Розрахунковий прогін балок становив 2000 мм. Перед випробуванням металеві поверхні зразків очищалися від бруду і покривалися лаком за 2 рази. Випробування здійснювалися на дію короточасних навантажень у лабораторії опору матеріалів кафедри ЗБ і КК та ОМ Полтавського національного технічного університету імені Ю. Кондратюка на ПММ-500.

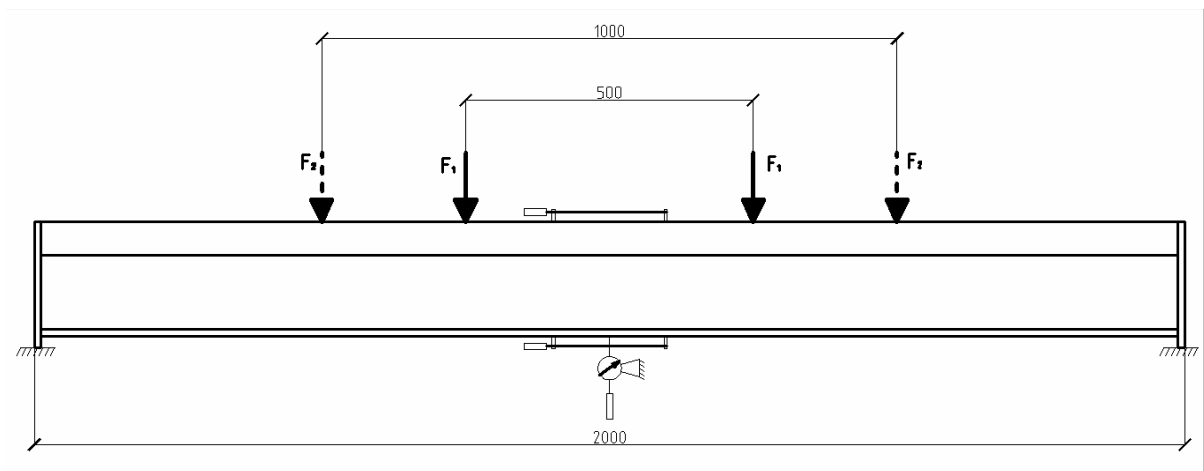


Рис. 2 – Схема завантаження дослідних зразків та розміщення індикаторів годинникового типу і прогиноміра:
 варіант А – розташування зосереджених сил (F_1) на відстані 500 мм;
 варіант Б – розташування зосереджених сил (F_2) на відстані 1000 мм

Відносні поздовжні деформації по висоті й ширині елементів із метою виключення зусиль зсуву вимірювалися в зоні чистого згину за допомогою електротензорезисторів типу 2ПКБ 20-200в однієї комплектності з вибірковою перевіркою на придатність за ГОСТ 21615-76. До вимірювальних приладів додавалися розетки з тензорезисторів, що наклеювалися на стінку балки у приопорній зоні. Розетки необхідні були для визначення напружено-деформованого стану сталеві стінки, зокрема для визначення напрямку головних напружень. Тензорезистори, що утворювали прямокутні розетки, наклеювалися під кутами 0, 45 і 90° до напрямку осі балки. Відліки по електротензорезисторах знімалися за допомогою приладу АИД-4. Також для контролю деформацій у найбільш стиснутих і розтягнутих волокнах зразка встановлювалися індикатори годинникового типу ИЧ-10 із ціною поділки 0,01 мм; база становила 200 мм. Вертикальні переміщення зразків у процесі навантаження фіксувалися за допомогою прогиноміра Аістова типу ПАО-6, який встановлювався посередині прогону.

На даний час експериментальні дослідження завершені, здійснюється обробка експериментальних даних.

При проведенні експериментальних досліджень встановлено, що несуча здатність балок двотаврового перерізу з верхніми сталезалізобетонними полицями втрачається не крихко, що можливо у залізобетонних елементах із

традиційним армуванням, а зразки здатні витримувати зростаюче навантаження при значних деформаціях. Ураховуючи це, в якості несучої здатності в процесі проведення експериментів над згинальними елементами були зафіксовані такі навантаження:

1. Момент, при якому виникають напруження текучості сталі (M_y).
2. Максимальний момент, котрий може витримати елемент (M_u).

Результати наведені в таблиці 1.

Порівнюючи результати досліджень, можна зробити висновок, що при використанні бетону з більш високим класом за міцністю, В30 замість В20 та В40 замість В30 відповідно, спостерігається збільшення несучої здатності елемента приблизно на 7% у кожному випадку.

На даний час існують різні методи оцінювання ефективності згинальних елементів із зовнішнім армуванням. Пропонується оцінювати ефективність згинальних елементів із зовнішнім армуванням за формулою

$$m = \frac{M_b}{M_{ст}}, \quad (1)$$

де M_b – згинальний момент, що витримує забетонований елемент; $M_{ст}$ – згинальний момент, який витримує сталеві опалубка.

Коефіцієнт ефективності m свідчить про ступінь підвищення несучої здатності порожньої сталеві конструкції при заповненні її бетоном. Із таблиці 1 випливає, що несуча здатність елементів, заповнених бетоном, у 2,35 – 2,71 разу вища, ніж сталеві опалубки. Це пояснюється тим, що бетон, який знаходиться в сталевій оболонці, не дозволяє розвиватися пластичним деформаціям сталевих стінок. Відбувається більш рівномірний розподіл зусиль на зовнішній арматурі. У той же час згинальні елементи без наявності бетону руйнувались від втрати місцевої стійкості бокових стінок у стиснутій зоні.

Таблиця 1 – Несуча здатність згинальних елементів по нормальному перерізу

Шифр зразка	Момент, кНм		$n = \frac{M_u}{M_y}$	Прогин f_{\max} , см	$m = \frac{M_b}{M_{ct}}$
	M_y	M_u			
БСЗБ-20.1	65,1	73,1	1,12	2,42	2,35
БСЗБ-20.3	65,7	77,25	1,18	2,44	2,48
БСЗБ-30.1	69,6	79,13	1,14	2,45	2,54
БСЗБ-40.1	72,7	85,5	1,18	2,66	2,75
БСЗБ-40.3	71,5	82,13	1,15	2,58	2,64
БС-1	–	31,13	–	1,25	–

Висновки. Балки двотаврового перерізу з верхніми сталезалізобетонними полицями поєднують у собі переваги і деякою мірою компенсують недоліки залізобетонних та металевих конструкцій. Проте конструкції мають і низку недоліків: більш низька вогнестійкість порівняно із залізобетонними конструкціями та необхідність захисту від корозії поверхні зовнішнього армування. Але, безперечно, використання саме таких конструкцій може дати позитивний техніко-економічний ефект.

Література

1. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовой арматурой/ Р.В. Воронков. – Л.: Стройиздат, 1975. – 145 с.
2. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием/ Ф.Е. Клименко. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с.
3. Сталезалізобетон: збірник наукових праць/ за ред. д.т.н., проф.
4. Л.І. Стороженка. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 386 с.
5. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції: навчальний посібник/ Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава, 2005. – 181 с.
6. Семко О.В. Надійність сталезалізобетонних конструкцій: автореф. на здобуття наук. ступеня ... д-ра техн. наук/ О.В. Семко. – Полтава, 2006. – 35 с.
7. Семко О.В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій: монографія/ О.В. Семко. – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – 320 с.

Надійшла до редакції 27.05.2009

© Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко, О.Г. Горб