

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ТА ФРАГМЕНТА ПЕРЕКРИТТЯ З АРМУВАННЯМ ТРУБАМИ

*У статті розглянуто новий вид сталезалізобетонної балки та фрагмент перекриття з армуванням трубами, а також методика проведення експерименту й результати експериментальних досліджень таких конструкцій.*

**Ключові слова:** сталезалізобетонні балки, експериментальні дослідження, напруження, деформації, несуча здатність.

*В статье рассматривается новый вид сталежелезобетонной балки и фрагмента перекрытия с армированием трубами, а также методика проведения эксперимента и результаты экспериментальных исследований таких конструкций.*

**Ключевые слова:** сталежелезобетонные балки, экспериментальные исследования, напряжения, деформации, несущая способность.

*In this article the new form of still and concrete composite beam and the fragment of floor slab with reinforcing pipes are considered. There are presented the experimental procedure and results of experimental researches of these construction.*

**Keywords:** composite steel and concret beams, experimental studies, stress, strain, carrying capacity.

**Постановка проблеми.** Одним із напрямів у розвитку несучих будівельних конструкцій є інтенсивний пошук таких сполучень бетону і сталі, в яких за умови їх спільної роботи вони сприймали б максимально діючі на них зусилля, були б зручними та економічно доцільними з погляду виготовлення й експлуатації. До таких конструкцій належить сталезалізобетон, який складається із прокатних сталевих профілів, стрижневої арматури та бетону.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багаторічними дослідженнями, проведеними вітчизняними та зарубіжними вченими, доведено, що сталезалізобетонні елементи раціонально застосовувати у вигляді згинальних конструкцій для перекриття великих прогонів у вигляді стійок, які сприймають значні стискаючі навантаження [1, 2, 4].

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Стрімкий розвиток сталезалізобетонних конструкцій вимагає пошуку нових конструктивних форм, що дали б змогу зменшити масу й одержати економію будівельних матеріалів, а також отримати приріст міцності та жорсткості [3, 6]. Такі конструкції мають суттєві переваги при проектуванні й будівництві різних будівель і споруд. Але до цього часу не розв'язана проблема їх проектування, яка полягає у визначенні кількості арматури, розмірів поперечного перерізу та способів армування. Значні труднощі при проектуванні таких конструкцій змушують використовувати наближені методи розрахунку, які спричиняють зайві витрати матеріалів. Для підвищення ефективності й більш широкого розповсюдження конструкцій з армуванням трубами необхідне розроблення теорії та методів їх розрахунку.

**Формулювання цілей статті.** Мета полягає у розробленні методики проведення експерименту й дослідженні роботи сталезалізобетонних балок та фрагмента перекриття з армуванням трубами.

**Виклад основного матеріалу.** Запропонована нова конструктивна форма – сталезалізобетонна балка з армуванням трубою (рис. 1), сутність якої полягає в конструктивному рішенні поперечного перерізу, що виконаний зі сталевих труб, котра сумісно працює з лінійною залізобетонною складовою конструкції.

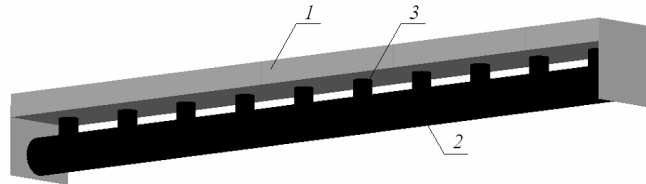


Рисунок 1 – Сталезалізобетонна балка з армуванням трубами

У якості досліджуваних зразків були виготовлені сталезалізобетонні балки з армуванням трубами (рис. 2), що складаються із залізобетонної лінійної конструкції 1 та зовнішньої сталевих труби 2, яка виконує роль жорсткої арматури. Для армування плити застосовується арматурна сітка 3. Труба з'єднується із залізобетонною плитою за допомогою арматурних анкерів 4 і сталевих трубок 5. На дану конструкцію був отриманий патент на корисну модель [7].

Для зручності бетонування запропонованої балки може здійснюватися у перевернутому положенні на горизонтальній поверхні безпосередньо на будівельному майданчику після вкладання арматурної сітки з використанням нескладної опалубки. У цьому випадку значно спрощується процес виготовлення плити. Сталева труба з'єднується з бетоном до початку його твердіння. При затвердінні бетон міцно зчіплюється зі сталевими трубками, і під впливом зовнішніх зусиль обидві конструкції працюють сумісно.

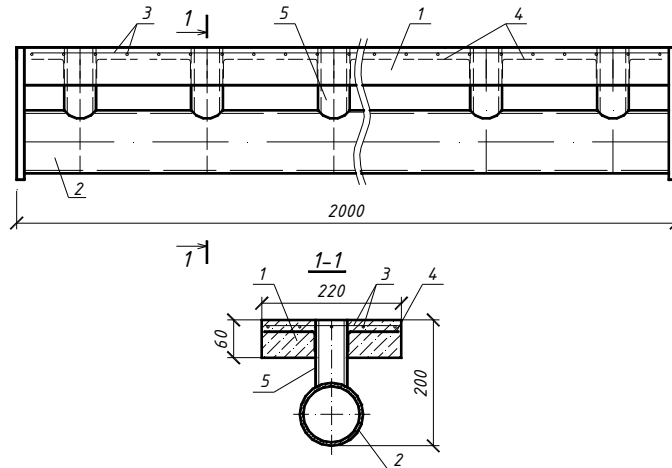


Рисунок 2 – Сталезалізобетонна балка з армуванням трубою

Використання такої схеми армування балок дає змогу зменшити масу або одержати економію матеріалів при однаковій несучій здатності порівняно із залізобетонними конструкціями, а також виключає необхідність багаторядного розміщення арматури по висоті перерізу, а це сприяє економному використанню арматури і значному спрощенню укладання й ущільнення бетону. За необхідності відкрита поверхня труби забезпечує легке підсилення сталезалізобетонних конструкцій, а також використання сталевих складових як закладних деталей та елементів опорних вузлів.

Особливістю роботи сталезалізобетонної балки з армуванням трубами є те, що завдяки сталевим трубкам труба працює сумісно із залізобетонною плитою. Таке поєднання сталі й бетону забезпечує сприятливі умови їх раціональної спільної роботи, при цьому досягається вигідне використання двох типів матеріалів: під впливом навантаження бетон сприймає стискаючі зусилля, а сталеві труби – переважно зусилля розтягу. На відміну від відомих залізобетонних балок, виготовлення запропонованої конструкції не потребує складної опалубки. Привабливою є можливість безпосередньо на будівельному майданчику формувати попередньо напружені конструкції з використанням трубобетонного елемента. Таке конструктивне рішення дозволяє сприймати значні згинальні моменти й ідеально працювати на поперечну силу. Як наслідок, усе це веде до збільшення несучої здатності згинального елемента, дає змогу ефективніше використовувати фізико-механічні властивості матеріалів та економити цемент і сталь.

При розробленні програми експериментальних досліджень було поставлено завдання визначити несучу здатність та особливості деформування й руйнування елементів з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалів і геометричних розмірів конструкцій при різних схемах прикладання навантаження. Схема досліджуваних зразків наведена на рис. 2.

Випробування зразків проводилося на дію короткочасного навантаження, яке прикладалося на балку ступенями, що дорівнювали 1/10 – 1/15 від розрахункового руйнівного з 5 – 10-хвилинною витримкою, впродовж якої знімалися відліки по тензорезисторах, фіксувалися показники прогиноміра.

У результаті вимірювання переміщень посередині прогону та виникнення мікротріщин у крайніх волокнах досліджуваних зразків, замірених за допомогою прогиноміра й електротензорезисторів, отримані графіки залежності деформацій від навантаження (рис. 3).

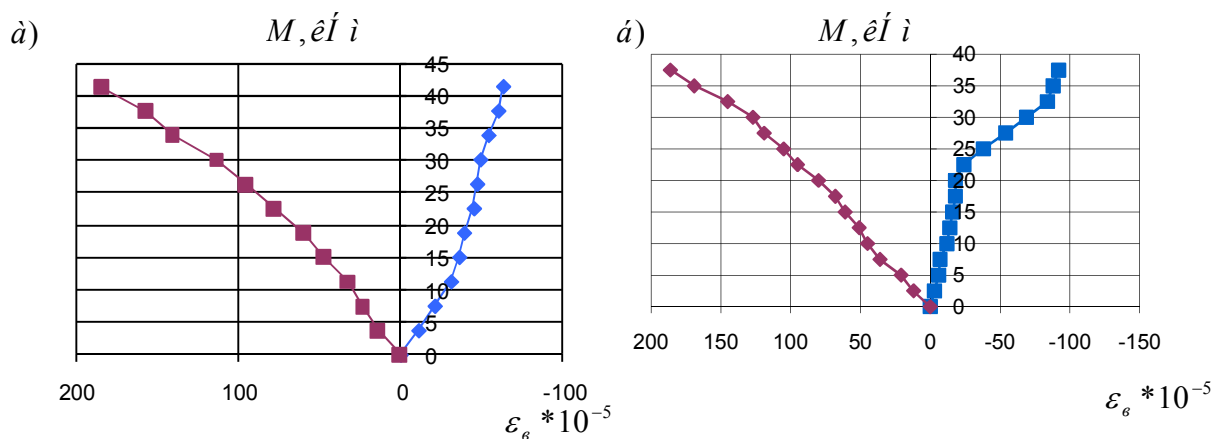


Рисунок 3 – Залежність поздовжніх деформацій від величини згинального моменту в крайніх волокнах досліджуваних зразків: а) Б-1, б) Б-2

При дослідженні зразка на дію згинального моменту (зразок Б-1) зона чистого згину становила 500 мм, а при випробуванні на дію поперечної сили (зразок Б-2) відстань між зусиллями складала 1000 мм. На зразках посередині прогону розмішувалися вимірювальні прилади – тензорезистори, наклеєні на трубі та поличці, й прогиномір для визначення прогинів. Отримані графіки залежності деформацій від навантаження наведені на рис. 3.

Із наведених графіків видно, що на початкових стадіях навантаження виникають переважно пружні деформації. На наступних рівнях навантаження, котрі відповідають деформаціям, при яких спостерігається текучість та відбувається утворення тріщин на бетонній полиці, вичерпується несуча здатність зразка.

При деформації балки Б-1 відбувалася пружна робота арматури і бетону до досягнення 75% навантажень від руйнівного. Після цього спостерігалися значні тріщини в бетонній полиці, за рахунок чого відбувалось повне руйнування бетонної полиці посередині. Прогин досягнув 1,4 см (рис. 4), після чого балка втратила свою несучу здатність.

При випробовуванні балки Б-2 не спостерігалось утворення характерних похилих тріщин у приопорній зоні. Прогин балок сягнув близько 1,2 см.

Із проведених досліджень можна зробити висновок, що сталезалізобетонні елементи з армуванням трубами руйнувалися не крихко, а пластично, що характерно для сталезалізобетонних конструкцій, тому за несучу здатність приймалося зусилля, котре відповідало максимальному навантаженню, яке здатне витримувати зразок. Так, несуча здатність балки Б-1 становить  $M=42$  кНм, а для балки Б-2  $M=37$  кНм.

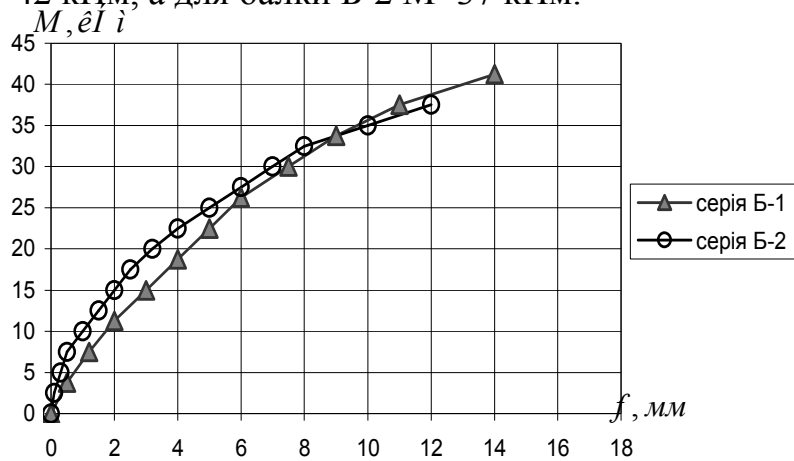


Рисунок 4 – Залежність прогину від навантаження по прогиноміру для балок серій Б-1 та Б-2

Для вивчення напружено-деформованого стану досліджуваних конструкцій були побудовані епюри розподілу деформацій по висоті нормального перерізу (рис. 5), з яких видно, що всі балки на початкових стадіях працюють пружно, нейтральна лінія не змінює свого положення, на цих стадіях справджується гіпотеза плоских перерізів, оскільки деформації розподіляються за лінійним законом.

У цілому, балки на всіх ступенях завантаження працювали як єдині монолітні конструкції. Також слід зазначити, що повного відшарування бетону від сталевих складових конструкцій не відбулося, зразки зберегли свою цілісність, що свідчить про сумісну роботу бетону та сталі.

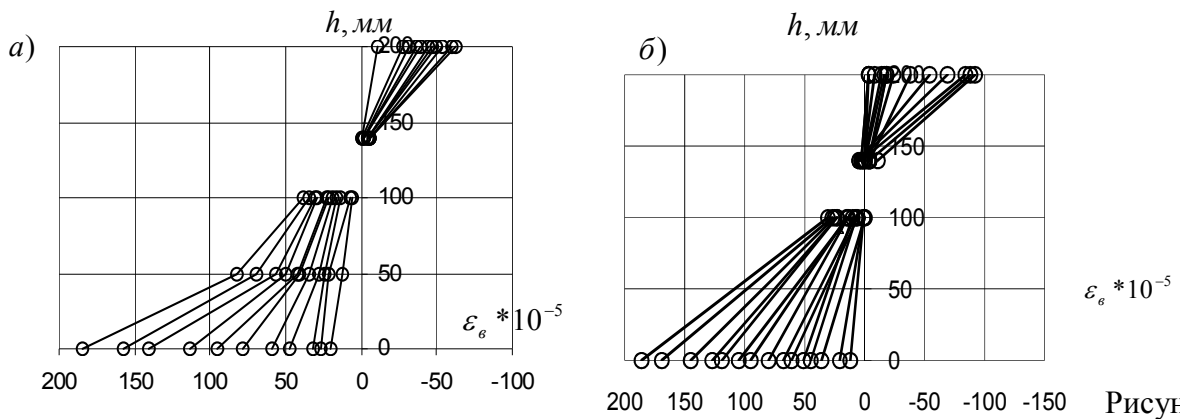


Рисунок 5

– Епюри розподілу деформацій по висоті нормального перерізу зразків для балки: а) серії Б-1, б) серії Б-2

Запропонована нова конструктивна форма – сталезалізобетонна часторебриста плита (рис. 6), сутність якої полягає в конструктивному рішенні поперечного перерізу. Вона виконана зі сталевих труб, що сумісно працюють із лінійною залізобетонною складовою конструкції.

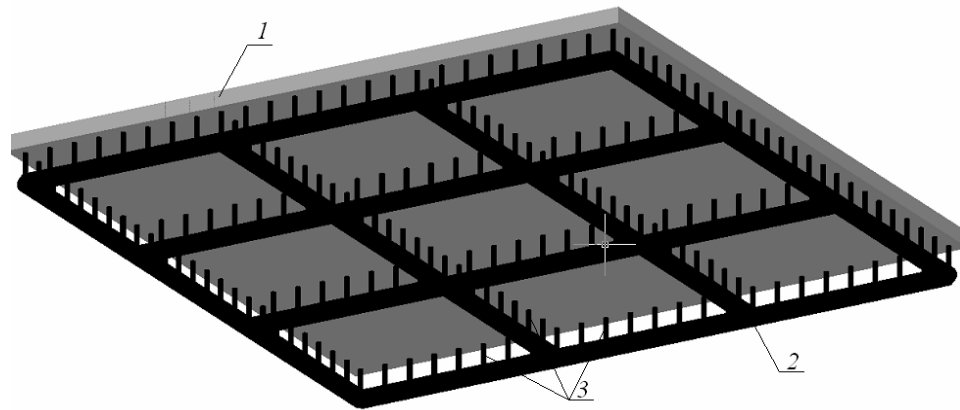


Рисунок 6 – Сталезалізобетонна часторебриста плита

Сталезалізобетонна часторебриста плита складається із залізобетонної складової – плити 1 та поперечних і поздовжніх балок у вигляді сталевих труб 2. Їх сумісна робота забезпечується завдяки анкерним засобам (сталевим трубкам) 3.

Сутність сталезалізобетонної часторебристої плити полягає у тому, що бетонна складова працює сумісно з металевою, а метал у свою чергу порівняно рівномірно розподіляється по поверхні перекриття. Таке поєднання сталі та бетону забезпечує сприятливі умови їх раціональної спільної роботи в комплексному сполученні, при якому досягається вигідне використання двох типів матеріалів: під впливом навантаження бетон сприймає стискаючі зусилля, а сталева труба – переважно зусилля розтягу. Спостерігається підвищення жорсткості системи як у площині перекриття, так і в поперечному напрямку.

В основу запроєктованої сталезалізобетонної часторебристої плити покладено перехресне з'єднання поперечних та поздовжніх балок з армуванням трубами через 0,4 м у кожному напрямку.

Виготовлення запропонованої конструкції може здійснюватися у перевернутому положенні на горизонтальній поверхні безпосередньо на будівельному майданчику з використанням нескладної опалубки. У цьому випадку значно спрощується процес бетонування плити. Сталева труба з анкерними засобами з'єднуються з бетоном до початку його твердіння. При

затвердінні бетон міцно зчіплюється з анкерами труби, і під впливом зовнішніх зусиль обидві конструкції працюють сумісно.

**Висновок.** Проведені експериментальні дослідження довели, що запропоновані конструкції балки і плити здатні сприймати значні навантаження та мають суттєві переваги як із точки зору роботи, так і за техніко-економічними показниками.

#### *Література*

1. Клименко Ф.Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф.Е. Клименко. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с.
2. Залізобетонні конструкції / [П.Ф. Вахненко, А.М. Павліков, О.В. Горик та ін.]. – К.: Вища шк., 1999. – 508 с.
3. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції: навч. посіб. / Л.І. Стороженко, О.В. Семко. – Полтава, 2001. – 55 с.
4. Стороженко Л.І. Сталезалізобетон: збірник наукових праць / Л.І. Стороженко. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 366 с.
5. Стороженко Л.І. Сталежелезобетонные конструкции / Л.І. Стороженко, А.В. Семко, В.И. Єфименко. – К.: Четверта хвиля, 1997. – 158 с.
6. Сколибод О.В. Сталезалізобетонні балки із зовнішнім листовим армуванням: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / О.В. Сколибод. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 193 с.
7. Патент на кор. модель 32750 Україна, МПК (2006) E04B 1/00. Сталезалізобетонна балка з армуванням трубами / Стороженко Л.І., Нижник О.В., Куч Т.П.; власник – ПолтНТУ. – № и 2008 01084; заявл. 29.01.2008; опубл. 26.05.2008, Бюл. №10.

Надійшла до редакції 30.04. 2010

© Т.П. Куч