

УДК 624.012

О.І. Ляпенко, докт.техн. наук, доцент

**НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН І НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ
СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТИСК ПРИ НАЯВНОСТІ
СКЛЕЮВАННЯ**Національний авіаційний університет,
кафедра комп'ютерних технологій будівництва, MY-PARTNER@UKR.NET

Розглянуто вплив клейового з'єднання на напружено-деформований стан і несучу здатність елементів сталезалізобетонних конструкцій, що працюють на стиск.

Вступ

Нині широке застосування отримали сталезалізобетонні конструкції, які в своєму складі поєднують бетон, арматурні стрижні та сталеві прокатні профілі. Наряду з добрими техніко-економічними показниками, при будівництві цих конструкцій у багатьох випадках вдається повністю позбутися необхідності застосовувати опалубку і риштування, тому що в якості опалубки можна використовувати сталеві прокатні профілі й листи, а робоча арматура з прокатних профілів із успіхом виконує функції риштувань.

Але проблема з'єднання бетону і сталевого гладкого профілю гостро стоїть перед дослідниками. Тому і виникла необхідність цих досліджень.

Постановка проблеми

Необхідно вивчити конструкції ті, що є та запропонувати нові види залізобетонних конструкцій, які б не потребували взагалі використання спеціальної опалубки при їх виготовленні та будівництві а також зменшити технологічні витрати на з'єднання металу і бетону. Якраз цим вимогам і відповідають деякі типи сталезалізобетонних конструкцій, у яких профільна арматура може одночасно виконувати функції опалубки. Найвигідніше використовувати сталезалізобетон в елементах, що сприймають великі навантаження. Ефективними є сталезалізобетонні колони промислових та цивільних споруд, стиснені елементи великопролітних арок і ферм, опори й пролітні будови мостів, стійки в будівлях рамної конструкції, у житлових та громадських будівлях, в опорах ЛЕП, у радіотелевізійних щоглах тощо [1].

Аналіз досліджень і публікацій

Більше ста п'ятдесяти років минуло з того часу, як у будівництві розпочали використовувати залізобетон. Зробивши перші несміливі кроки, залізобетон усе впевненіше завойовував позиції, витісняючи та опереджаючи інші види несучих конструкцій. Слід зазначити, що поява залізо-бетону та його активне застосування збіглося в часі з бурхливим розвитком промисловості та будівництва. Залізобетон стали використовувати не лише в промисловому і цивільному будівництві, а й в інших галузях, наприклад, при зведенні таких складних споруд, як мости, висотні будівлі [1].

Широке розповсюдження залізобетону пояснюється його суттєвими загальнобудівельними перевагами. Про надійність залізо-бетону свідчить багаторічний досвід експлуатації несучих конструкцій.

Постановка завдання

Метою проведення експериментальних випробувань сталезалізобетонних елементів було дослідження:

- виключення застосування опалубки та риштування при його виготовленні та на будівництві;
- впливу наявності та виду клейового з'єднання бетонної та сталеві частин сталезалізобетонних елементів на їх несучу здатність та деформативність;
- сумісної роботи двох складових комплексних конструкцій при клейовому з'єднанні та без нього;
- розвитку тріщиноутворення в бетоні та пластичних властивостей сталеві частини;
- прогинів і деформацій на різних ступенях завантаження;

– характеру руйнування дослідних зразків при різних характерах завантаження.

Виклад основного матеріалу

При складанні програми експериментальних досліджень враховано, що несуча здатність сталезалізобетонних елементів залежить від геометричних розмірів (геометричних характеристик сталевих двотаврового елемента, пластин та бетонної частини), фізико-механічних властивостей матеріалів (сталі, бетону, акрилового клею) та способу забезпечення сумісної роботи складових частин комплексних конструкцій [2].

Для вивчення особливостей роботи сталезалізобетонних елементів з клейовим з'єднанням сталі та бетону на стиск було виготовлено першу групу зразків:

1) стійки двотаврового перерізу із заповненням бокових порожнин бетоном висотою 2 м із використанням клейового з'єднання;

2) бетонні призми висотою 0,63 м обрамлені сталевими листами із чотирьох сторін із використанням клейового з'єднання та без нього.

Програма експериментальних досліджень включає в себе вивчення зміни напружено-деформованого стану дослідних зразків при дії поздовжньої сили: стійки К1, К2, К3, К4.

Зразки стиснутих елементів – двоходові стійки (рис. 1) двотаврового перерізу із заповненими бетоном порожнинами та бетонні призми (рис. 2) висотою 630 мм обрамлені сталевими пластинами з чотирьох сторін по периметру. Перші утворені зварюванням двотавра №16 (1) із торцевими сталевими пластинами (2) розміром 160×82×4 мм, де порожнини заповнені бетонною сумішшю складу №1. В зразка К1 перед бетонуванням поверхня металеві частини, що контактує з бетоном, обмазується акриловим клеєм складу №2 із дотриманням технології влаштування клейового з'єднання. Другий вид зразків утворений зварюванням двох вертикальних опалубних листів (2) розміром 630×150×4 мм та двох горизонтальних опалубних листів (1) розміром 150×150×12 мм. Утворена форма заповнюється бетоном складу №1 в горизонтальному положенні. Відрізняються зразки один від одного наявністю клейового з'єднання, тобто зразок К4 не має клейового з'єднання, а в зразків К2, К3 дане з'єднання присутнє (К2 – склад №1, К3 – склад №2). Загальна кількість досліджуваних стиснутих елементів – 4.

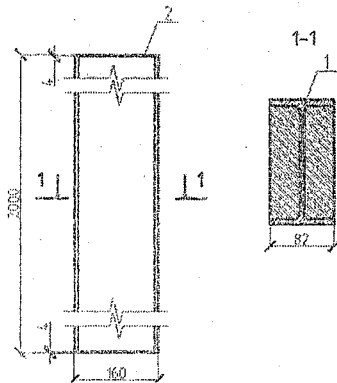


Рисунок 1 – Конструкція дослідних зразків стійок: 1 – двотавр №16; 2 – торцеві пластини

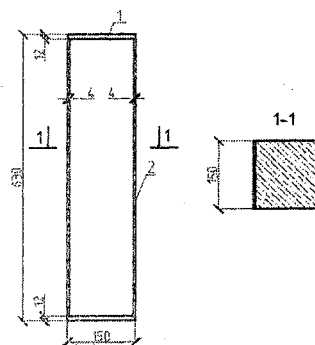


Рисунок 2 – Конструкція дослідних зразків призм: 1 – горизонтальний опалубний лист; 2 – вертикальний опалубний лист

В роботі пропонується замість складної системи анкерування та закладних деталей для забезпечення сумісної роботи сталі та бетону використовувати приклеювання свіжоукладеної бетонної суміші до сталевих листів шляхом попереднього нанесення на поверхню контакту акрилового клею [3].

В роботі пропонується замість складної системи анкерування та закладних деталей для забезпечення сумісної роботи сталі та бетону використовувати приклеювання свіжоукладеної бетонної суміші до сталевих листів шляхом попереднього нанесення на поверхню контакту акрилового клею [2].

Оскільки на сьогоднішній день стиснуті двотаврові конструкції з боковими порожнинами заповненими бетоном вивчені досить добре, то прийняте рішення дослідити їх лише з клейовим з'єднанням є цілком виправданим.

Зразки випробовувались при досягненні проектної міцності бетону у віці старше від 28 діб. Випробування стійок проводилось при завантаженні зосередженою силою без ексцентриситету. Розрахунковий проліт балок становив 1940 мм.

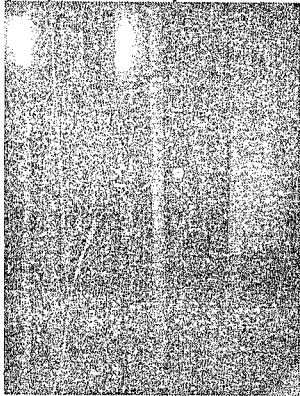


Рисунок 3 – Випробування
сталезалізобетонної стійки висотою
2 м

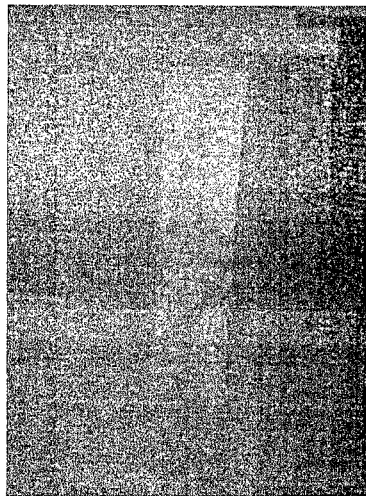


Рисунок 4 – Випробування
сталезалізобетонної призми

Під час проведення експериментальних досліджень напружено-деформованого стану зразків на дію поздовжньої сили відміча-лись характерні особливості розподілення деформацій по висоті перерізу, а також інтенсивність зростання прогинів та характер руйнування. Відносні поздовжні деформації по висоті й ширині елементів із метою виключення зусиль зсуву вимірювалися за допомогою електротензорезисторів типу 2ПКБ 20-200в однієї комплектності з вибірковою перевіркою на придатність за ГОСТ 21615-76. Відліки по електро-тензорезисторах знімались за допомогою приладу "АИД-4" та "ВНП-8". Також для контролю деформацій у найбільш стиснутих і розтягнутих волокнах зразка встановлю-валися індикатори годинникового типу ИЧ 10 із ціною поділки 0,01 мм; база становила 200 мм. Вертикальні переміщення стиснутих елементів у процесі навантаження фіксува-лись за допомогою прогиноміра "Аистова" типу ПАО-6, який установлювався по сере-дині прольоту. Схема навантаження для випробування на дію поздовжньої сили з розміщенням індикаторів годинникового типу та прогиноміра зображена на рис. 5.

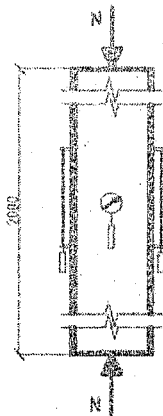


Рисунок 5 – Схема завантаження та
розміщенням індикаторів годинникового
типу, прогиноміра для стійки висотою 2 м

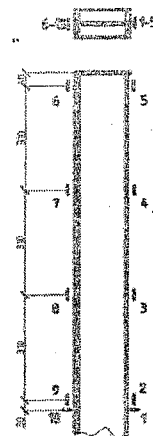


Рисунок 6 – Схема розміщення
електротензорезисторів для стійки висотою
2 м

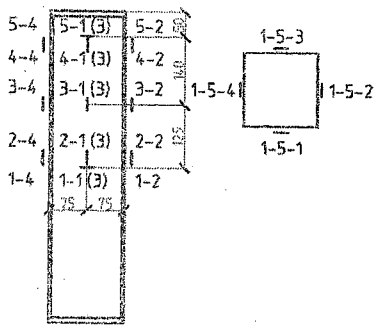


Рисунок 7 – Схема розміщення електротензорезисторів для коротких стійок

Для визначення фізико-механічних характеристик міцності і деформативності листо-вої сталі були відібрані листові смуги, що відрізані від залишків листів даної партії.

Фізико-механічні характеристики бетону визначались шляхом випробування контрольних кубиків 100x100x100 мм і призм 100x100x400 мм. Середні характеристики міцності бетону приводяться в табл. 1.

Залежність $\sigma_b - \epsilon_b$ для використаного бетону складу №1 не прямо пропорційна навантаженню. По отриманим поздовжнім і поперечним деформаціям при навантаженні 30% від руйнуючого визначався початковий модуль пружності E_d і коефіцієнт поперечних деформацій ν_p .

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики бетонних зразків

Склад бето-ну	Куби-кова міцність R_m , МПа	Середня приз-мова міцність R_{bm} , МПа	Початковий модуль пружності $E_d \cdot 10^{-3}$, МПа	Коефіцієнт Пуассона, ν_p
№ 1	27,1	15,2	18,4	0,21

Під час проведення експериментальних досліджень стиснутих елементів на дію центрального стиску згідно прийнятої методики відмічались характерні особливості напружено-деформованого стану зразків та розподілу деформацій по висоті елементів [3].

В результаті вимірювання деформацій сталезалізобетонних стійок двотаврового перерізу з боковими порожнинами заповненими бетоном, замірених за допомогою індикаторів годинникового типу та електро-тензорезисторів розташованих відповідно до схеми наведеної вище, отримано графіки залежності відносних деформацій від навантаження (рис. 8). Отримані від'ємні значення говорять про те, що, як і було заплановано, стійка працювала на центральний стиск. Характер розподілу відносних деформацій по довжині зразка збігається з формою втрати стійкості (по синусоїді), оскільки жоден з кінців елемента не мав жорсткого зацмлення.

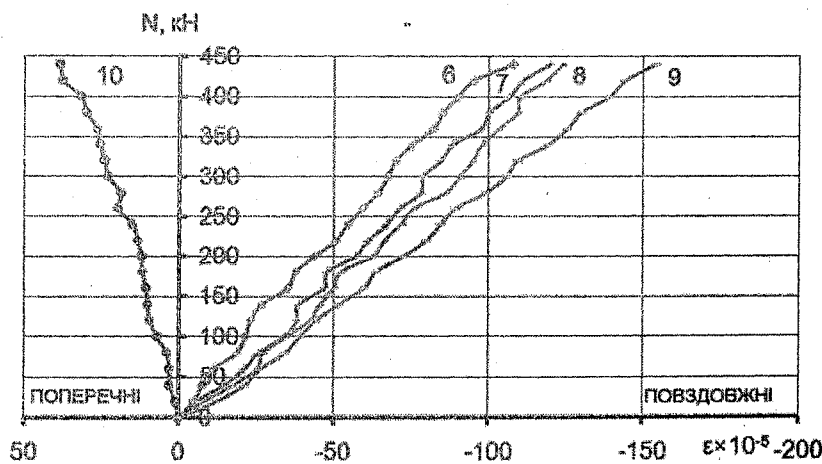


Рисунок 8 Залежність відносних деформацій від навантаження в зразка К1 замірени електротензорезисторами, розташованими по висоті і грані

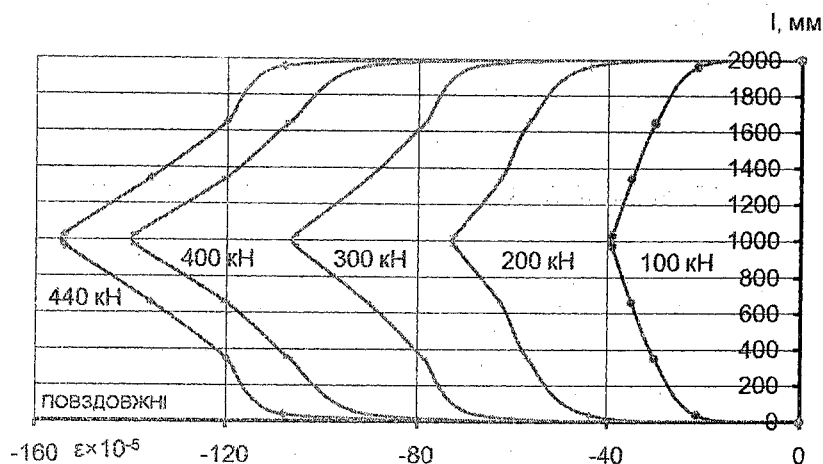


Рисунок 9- Розподіл відносних деформацій по висоті зразка КІ вздовж І грані

Із наведених вище графіків виділяється традиційна закономірність відношення повздовжніх і поперечних деформацій, а саме повздовжні в 2-3 рази більші за поперечні.

Оскільки метою дослідження було вивчення роботи матеріалів у пружній стадії роботи, то використана методика вимірювань відносних деформацій за допомогою електротензорезисторів цілком задовольнила пред'явлені вимоги і дала можливість вимірів в діапазоні від -200×10^{-5} до 200×10^{-5} одиниць.

Висновки

1. Використання клеїв різних складів, дозволяють вивчити їх вплив на несучу здатність і деформативність досліджуваних елементів.
2. Прийнята методика випробувань та використані вимірювальні прилади дозволяють отримати необхідні експериментальні дані і детальні характеристики для визначення несучої здатності та деформацій із заданою точністю і характеру руйнування на будь-якій стадії завантаження дослідних зразків.
3. Використані схеми розміщення приладів на бічних поверхнях досліджуваних зразків дозволяють отримати чітку картину розвитку деформацій як в перерізах, так і по довжині елементів.
4. На всіх етапах завантаження в конструкціях із клейовими з'єднаннями сталі та бетону за допомогою акрилового клею з наповнювачем забезпечується їх сумісна робота. Ці обставини дозволяють вважати, що дані конструкції надійні в роботі та експлуатації. Текучість металевих елементів конструкцій в найбільш напружених волокнах перерізу відмічена при навантаженнях 85-90% від руйнуючих, що говорить про високу надійність таких конструкцій.
5. При використанні клейових з'єднань у композитних балках їх деформативність зменшується на 25% у порівнянні зі звичайними; несуча здатність сталезалі-зобетонних стійок з клейовими з'єднаннями акриловими клеями різного складу підвищується на 35%.

Список літературних джерел

1. Лапенко О.І. Залізобетонні конструкції з робочим армуванням незнімною опалубкою / О.І.Лапенко. – Полтава: АСМІ, 2009. – 363 с.
2. Стороженко Л.І. Забезпечення сумісної роботи бетону й сталі за допомогою склеювання – перспективний напрям розвитку сталезалізобетонних конструкцій / Л.І.Стороженко, О.І.Лапенко, О.Г.Горб // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – Вып.50. – С. 532-538.
3. Лапенко О.І. Стиснуті елементи зі сталевих двотаврів із боковими порожнинами, заповненими приклевним до сталі бетоном / О.І.Лапенко // Коммунальное хозяйство городов. – К.: «Техніка» 2009. – Вып. 90. – С.262-267.