

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ ТА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НОВОЇ СТРУКТУРНО-ВАНТОВОЇ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Структурно-вантова сталезалізобетонна конструкція – новий вид просторової двопоясної системи. Її основне застосування – це покриття будівель і споруд різного призначення, зокрема ангарів аеропортів, машинних галерей, депо, споруд гірничої та металургійної промисловості, спортивних арен, стадіонів тощо [1–3].

Конструкції притаманні високі міцнісні характеристики і техніко-економічні показники завдяки ефективному поєднанню конструктивних елементів та будівельних матеріалів [4–7]. Також конструкція має простіші у виготовленні й улаштуванні вузли з'єднання ніж традиційні структурні конструкції та є менш деформативною ніж вантові [8, 9]. До того ж вона більш архітектурно виразніша, має низьку вагу і є ресурсоекономнішою у порівнянні з іншими видами конструкцій при аналогічних розмірах та несучій здатності [10].

Метою розроблення просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції було отримання нового конкурентоздатного на ринку будівельних конструкцій рішення для покриття будівель і споруд у вигляді різноманітних оболонок та інших просторових форм.

Для підтвердження ефективності розробленої структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції, дослідження її просторової роботи та напружено-деформованого стану, окрім теоретичного обґрунтування новизни та визначення техніко-економічних показників, необхідно провести її експериментальне випробування.



Л.І. Стороженко

професор кафедри конструкцій із металу, дерева і пластмас Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, д.т.н., професор



Г.М. Гасій

докторант кафедри конструкцій із металу, дерева і пластмас Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, к.т.н., доцент

Як дослідний зразок було виготовлено збірну структурно-вантову сталезалізобетонну конструкцію (рис. 1), яка складалася з просторових сталезалізобетонних модулів та гнучких елементів нижнього пояса.

Просторові сталезалізобетонні модулі мали розміри на плані 0,8×0,8 м та висоту 0,5 м. Залізобетонна плита такого модуля мала товщину 50 мм та виготовлялася з бетонної суміші на цементі марки М400 та армувалася сіткою.

Дослідна конструкція складалася за допомогою болтів (рис. 2).

Методика дослідження полягала у випробуванні експериментального повнорозмірного зразка просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції на дію експлуата-

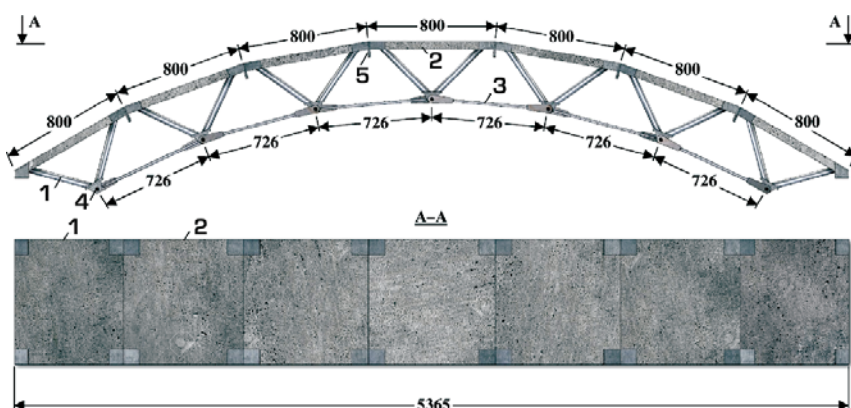


Рис. 1. Загальний вигляд експериментального зразка просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції:

1 – опорний просторовий сталезалізобетонний модуль; **2** – прогоновий просторовий сталезалізобетонний модуль; **3** – гнучкий стрижневий елемент нижнього пояса; **4** – болтове з'єднання в площині нижнього пояса; **5** – болтове з'єднання в площині верхнього пояса



Рис. 2. Складання дослідної конструкції

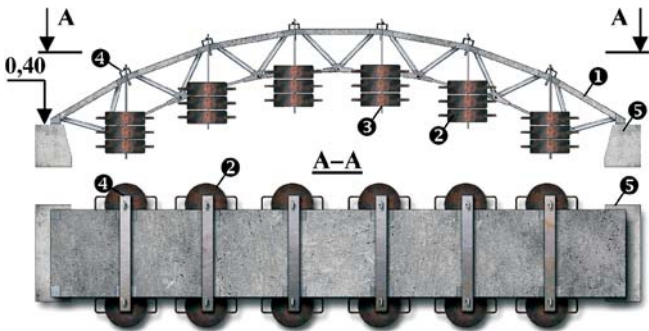


Рис. 3. Схема дослідження запроєктованої конструкції:
1 – просторовий сталезалізобетонний модуль; 2 – вантаж;
3 – штанга; 4 – траверса; 5 – опора

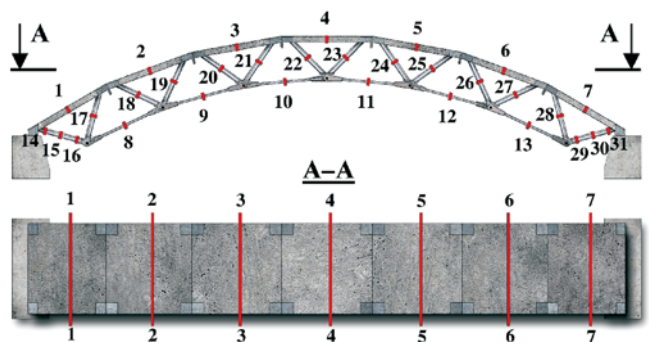


Рис. 4. Схема розміщення перерізів, в яких замірювалися деформації



Рис. 5. Загальний вигляд розміщення обладнання для вимірювання переміщень

ційного навантаження (рис. 3) та проведенні комплексного й всебічного аналізу напружено-деформованого стану конструкції.

Для замірювання деформацій було застосовано тензOMETричний метод (рис. 4), а для вимірювання переміщень та прогинів конструкції – механічні прогиноміри. Деформації сталевих елементів замірювались за допомогою тензорезисторів із базою 20 мм, залізобетонних – 50 мм.

Прогиноміри розміщували у всіх вузлах нижнього пояса та в опорних вузлах конструкції (рис. 5).

Додатково для замірювання деформацій опорної ділянки конструкції було застосовано метод фотограмметрії (рис. 6).

Таке поєднання методів дозволило отримати необхідні дані та виконати ґрунтовний аналіз напружено-деформованого стану конструкції.

Випробування дослідної конструкції здійснювалося ступінчасто у декілька стадій. На початковій стадії завантаження складало суму власної ваги конструкції та ваги траверс, які були навішені на верхній пояс (рис. 7). На кожній наступній стадії випробування через систему тра-



Рис. 6. Загальний вигляд розміщення обладнання для вимірювання переміщень методом фотограмметрії



Рис. 7. Загальний вигляд конструкції на початковій стадії випробування

верс на дослідну конструкцію прикладалася вага у 1,65 кН. Така вага досягалася шляхом навішування на траверси металевих вантажів. Завантаження виконували у десять стадій, при цьому загальна вага складала 20,5 кН.

Дані, отримані в результаті аналізу виконаного експерименту, дозволили встановити особливості роботи конструкції під навантаженням. Одночасно зі зняттям показів із вимірювального обладнання здійснювався візуальний огляд дослідної конструкції з метою виявлення тріщин, деформацій, руйнування вузлових з'єднань або елементів конструкції тощо. Слід зазначити, що згідно з розробленою методикою дослідження конструкція випробувалася на дію експлуатаційного навантаження, яке становило 70 % від руйнуючого, тобто зразок не руйнувався.

У результаті оброблення експериментальних даних були отримані залежності розвитку деформацій від рівня завантаження (рис. 8, 9).

Із аналізу наведених графіків очевидним є те, що конструкція працювала як єдина система, а розроблені вузли з'єднання забезпечили надійну і сумісну роботу її складових елементів.

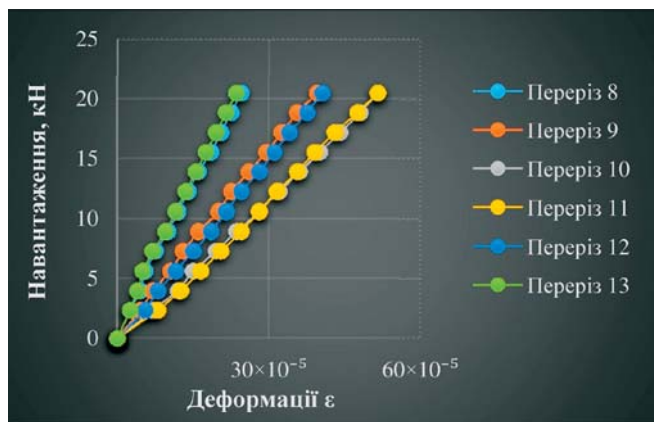


Рис. 8. Залежність $F - \epsilon$ для нижнього пояса

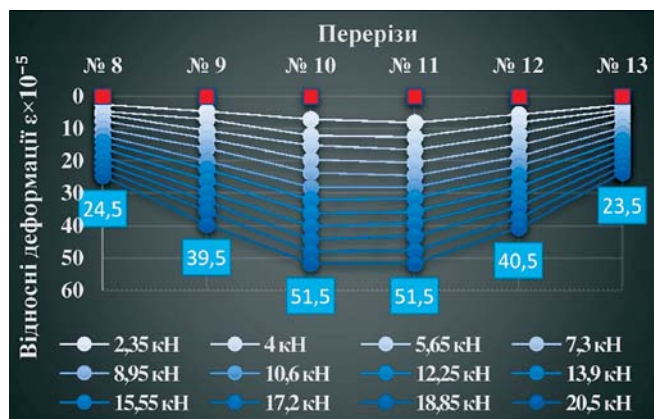


Рис. 9. Деформації нижнього пояса

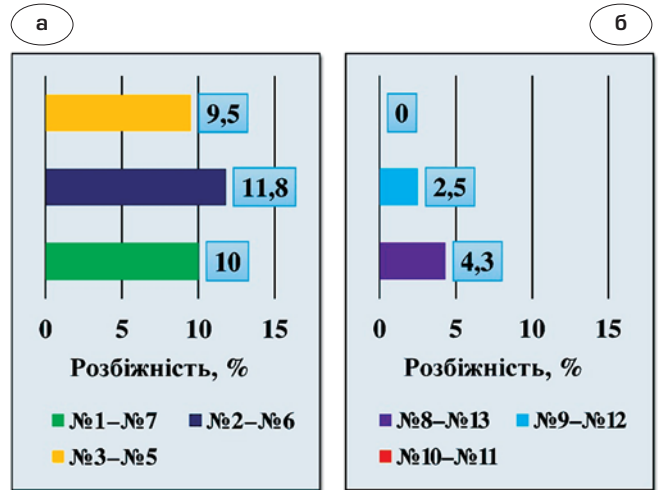


Рис. 10. Розбіжність деформацій в дзеркально розміщених перерізах: а – верхній пояс; б – нижній пояс

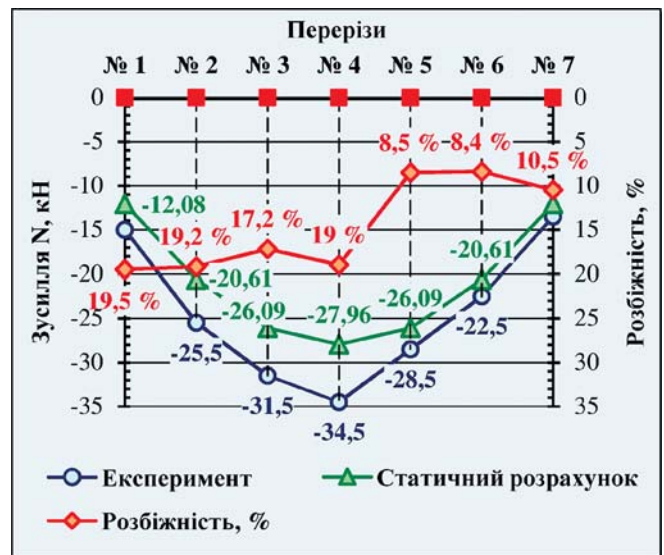


Рис. 11. Поздовжні зусилля в елементах верхнього пояса

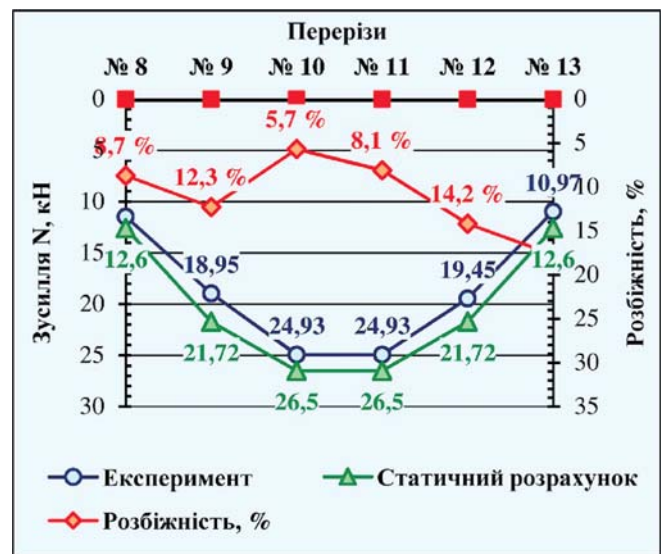


Рис. 12. Поздовжні зусилля в елементах нижнього пояса

Деформації вздовж верхнього та нижнього поясів зростали плавно від крайніх точок до середини. Як і очікувалося, максимальні деформації виникли в центральній частині конструкції. У дзеркально розміщених перерізах деформації у поздовжньому напрямку мали приблизно однакові значення. Максимальна розбіжність між усередненими деформаціями в дзеркально розташованих перерізах становила 11,8 % та 4,3 %, а середні значення – 10,4 % та 2,3 % для верхнього та нижнього поясів відповідно (рис. 10).

Незначна розбіжність деформацій у досліджуваних поперечних перерізах свідчить про те, що розподіл внутрішніх зусиль був рівномірним по всій конструкції. Такий розвиток деформацій вказує на те, що верхній та нижній пояси працювали на осьові зусилля, а саме верхній пояс працював на стискання, а нижній – на розтягнення.

На підставі експериментальних даних також було визначено внутрішнє зусилля в елементах конструкції. На графіках (рис. 11, 12) продемонстровано порівняння експериментально визначеної величини внутрішнього поздовжнього зусилля в елементах верхнього та нижнього поясів із результатом теоретичного розрахунку.

Експериментально визначений характер розподілу внутрішніх зусиль цілком відповідає теоретичному. Порівняння експериментально визначеного поздовжнього зусилля з результа-

том теоретичного розрахунку показало добру збіжність отриманих даних. Максимальна розбіжність між теоретичними та експериментальними даними 19,5 % та 17,7 %, а середня – 14,6 % та 11 % для верхнього та нижнього поясів відповідно.

Загалом дослідна конструкція працювала в пружній стадії, про що свідчить характер розвитку деформації. Експериментально встановлена схема деформування конструкції була очікуваною і відповідає теоретично визначеній.

Прогини в досліджуваних вузлах мали лінійну залежність протягом усього експерименту, що є звичайним при роботі конструкції у пружній стадії. Прогини вздовж конструкції зростали плавно від його крайніх до центральних вузлів. Як і очікувалося, максимальні вертикальні переміщення виникли посередині конструкції у вузлі 4. Вертикальні переміщення дзеркально розміщених вузлів були приблизно однакові. Максимальна розбіжність складала 3,1 %, а середня – 2,3 %.

Висновки.

На підставі отриманих експериментальних даних і раніше проведених теоретичних досліджень можна стверджувати, що запропонована конструкція є ефективною та має високі техніко-економічні показники завдяки чому з успіхом може застосовуватися в різних галузях будівництва при зведенні покриття будівель і споруд.

- [1] *Gasii G. M.* Types of steel and concrete composite cable space frames / G.M. Gasii // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2016. – № 6 (66). – P. 158–165. doi: 10.15802/stp2016/90514.
- [2] *Gasii G.M.* Technological and design features of flat-rod elements with usage of composite reinforced concrete / G.M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №4. – P. 23–25.
- [3] *Storozhenko L.I.* Experimental research of strain-stress state of ferrocement slabs of composite reinforced concrete structure elements/L.I. Storozhenko, G.M. Gasii//Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – № 6. – P. 40–42.
- [4] *Стороженко Л.И.* Особенности конструкции и технологии монтажа новых пространственных сталежелезобетонных структурно-вантовых покрытий / Л.И. Стороженко, Г.М. Гасий, С.А. Гапченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 1 (70). – Т. 4. – С. 67–72. doi: 10.15587/1729-4061.2014.26041.
- [5] *Гасий Г.М.* К выбору формы пространственных сталежелезобетонных структурно-вантовых конструкций / Г.М. Гасий//Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – Алматы: НИА РК, 2017. – № 2 (64). – С. 152–156.
- [6] *Гасий Г.М.* Эффективные конструктивные решения для пространственных сталежелезобетонных несущих элементов / Г.М. Гасий, О.С. Заболотский // КазБСКА ХАБАРШЫСЫ. – Алматы: КазБСКА, 2016. – № 3 (61). – С. 94–103.
- [7] *Стороженко Л.И.* Особливості будови та базові положення щодо проектування й виробництва просторової структурно-вантової сталеалізобетонної конструкції // Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2017. – № 2. – С. 29–33.
- [8] *Gasii G.* Estimate of technical and economic benefits of a new space composite structure / G. Gasii, O. Hasii, O. Zabolotskiyi // MATEC Web of Conferences. – 2017. – № 116. doi: 10.1051/mateconf/201711602014.
- [9] *Gasii G.* Experimental investigation of displacement of the support nodes of the steel and concrete composite cable space frames / Grygorii Gasii // Proceedings XVII International scientific conference VSU'2017, Sofia, Bulgaria, 8-9 June, 2017. – Sofia: VSU, 2017. – Vol. 1. – P. 197–201.
- [10] *Gasii G.M.* Comparative characteristics of the spatial grid-cable steel-concrete composite slab / G.M. Gasii // Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва. – 2016. – № 844. – С. 260–265.

Надійшла 31.08.2017 р.