

УДК 624.21.004.69

І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник
Національний університет "Львівська політехніка", кафедра будівельного
виробництва
НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛЕВОЇ ШПРЕНГЕЛЬНОЇ СТАТИЧНО
НЕВИЗНАЧЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛЬОТОМ 18,0 М

Проведено експериментальні дослідження натурних статично невизначених комбінованих конструкцій. Використані результати експериментальних і теоретичних досліджень металевої комбінованої статично невизначеної конструкції дають можливість використовувати конструкції такого типу в якості несучих сталезалізобетонних елементів.

Ключові слова: натурні випробування, шпренгельна конструкція, мікроіндикатор, прогиномір.

Рис 8. Літ 11.

Проведены экспериментальные исследования натурных статически неопределимых комбинированных конструкций. Использованы результаты экспериментальных и теоретических исследований металлической комбинированной статически неопределимой конструкции позволяют использовать конструкции такого типа в качестве несущих сталезалезобетонных элементов.

Experimental researches of the statically indefinite combined constructions of models are conducted. Drawn on results of experimental and theoretical researches of the metallic combined statically indefinite construction enable to use the constructions of such type in quality the steel elements of the reinforced concretes .

Theoretical and experimental researches from the study of work of the steel constructions are conducted, and also further theoretical analysis of these researches, convincingly confirmed them most efficiency both on operating and after technics and economic indexes. Simultaneously with experimental and design works are conducted from development of theoretical grounds, as a result of that the new going was created near the calculation of the steel constructions and quality estimation of work of elements of constructions taking into account the different sort of physical and mechanical factors that in a certain measure influence on the redistribution of efforts.

Вступ

Аналіз роботи комбінованих металевих конструкцій ще на стадії їх проектування дає можливість досягнути шляхом оптимізаційних розрахунків значної економії в витратах матеріалів. Ефект зменшення витрат матеріалів стає більшим при поєднанні в сумісній роботі металевих комбінованих конструкцій і залізобетонної плити в умовах регулювання зусиль як статично невизначених багатопрольотних нерозрізних конструкцій. Питаннями регулювання зусиль таких конструкцій займалися [5, 7, 8], за кордоном дані проблеми висвітлені в [9-11]. З метою досягнення запропонований комплекс розрахунково-конструктивних і технологічних рішень, які дозволяють раціонально сформувати напружено деформований стан в перетинах сталезалізобетонних балок двотаврового перетину, з яких утворюється конструкція перекриття чи покриття [6]. На початковому етапі теоретичних розрахунків згідно розробленої методики, розглядаючи конструкцію комбінованої системи як стержневу структуру, порівняно легко враховувати довільні умови роботи просторової конструкції на будь-яке зовнішнє навантаження як при проектуванні, так і при розрахунку існуючих систем, ефективно використовуючи при цьому розроблені методи розрахунку стержневих систем в пружній стадії разом з методами розрахунку нелінійних пружних систем для сталі залізобетонних елементів.

Мета роботи

Дослідити комбіновані металеві конструкції з врахуванням особливості їх регулювання і роботи під навантаженням, пов'язані з прийнятим способом будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основна розрахункова схема об'єднаного перетину комбінованої сталезалізобетонної конструкції основана на гіпотезі плоских перетинів і пропорційності напружень і деформацій. Дану розрахункову схему приймають в усіх випадках, коли найбільші напруження в плиті не перевищують розрахункового опору бетону на стиск. Її використовують також для визначення деформацій об'єднаних конструкцій.

Існуючі методи не відображають реальну роботу цілої конструкції, не враховуючи при цьому взаємодію між елементами (шпренгельною частиною), які входять в склад просторової конструкції, внаслідок чого отримуємо результати з певним (до 12%) запасом міцності, відмінною кривою епюр згинальних моментів (особливо в середній частині балки жорсткості) і епюрою поздовжніх сил в елементах підвіски (значні недонапруження).

©І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник

Теоретичну розробку методики і алгоритму розрахунку регулювання напружено-деформованого стану комбінованих конструкцій проводили поетапно з метою вивчення впливу різноманітних факторів на напружено-деформований стан перерізів конструкцій, а саме:

- експериментальні металеві комбіновані конструкції;
- металеві комбіновані конструкції з різноманітною геометричною топологією;
- натурна експериментальна металева комбінована конструкція перекриття прольотом 18 м;
- натурна металева комбінована конструкція перекриття і покриття прольотом 10 м;
- натурна металева комбінована конструкція перекриття прольотом 12 м.

Проведені спеціалістами НДЛ-19 експериментальні дослідження по вивченню роботи комбінованих металевих конструкцій, а також подальший теоретичний аналіз цих досліджень переконливо підтвердили їх найбільшу ефективність як за експлуатаційними, так і за техніко-економічними показниками. Одночасно з експериментально-конструкторськими роботами одночасно проводяться роботи з розробки теоретичних обґрунтувань, в результаті яких було створено новий підхід до розрахунку комбінованих металевих конструкцій і якісної оцінки роботи елементів конструкцій з врахуванням різного роду фізичних і механічних факторів, які в певній мірі впливають на перерозподіл зусиль. Випробування і теоретичні розрахунки металевих однопролітних конструкцій виконані з метою визначення їх напружено-деформованого стану балок, оцінки впливу геометричної топології і навантажень на величину напружено-деформованого стану в перерізах конструкції в цілому і оцінки несучої здатності конструкцій. Для комбінованих систем проводились розрахунки по встановленню реальних діаграм «згинальний момент - прогин», «поздовжня сила - прогин» в залежності від величини і місця прикладання зовнішнього навантаження з метою подальшого використання отриманих діаграм для розрахунків, їх якісної і кількісної оцінки на кінцевий результат розрахунку.

Експериментальні дослідження

Співробітниками НДЛ-19 кафедри будівельного виробництва інституту будівництва та інженерії доквілля Національного університету «Львівська політехніка» запропонована при розробці робочого проекту реконструкції басейну санаторію «Женева» в м. Трускавці конструкція сталезалізобетонного перекриття будівлі. В конструктивно-технологічному проектуванні металевих СНКК приймали участь спеціалісти НДЛ-19 Національного університету «Львівська політехніка» сумісно з співробітниками ТзОВ «КНП» і ТзОВ «Спецпроектбуд». Науковцями «Львівської політехніки» проведені розрахунки і розроблені робочі креслення СНКК з використанням розроблених в НДЛ-19 методики і програмних комплексів.

СНКК розрахована в складі ригеля середнього прольоту трьохпрольотної рами за схемою 6+18+6 м. Висота рами 4.5 м (рис.1).

Конструктивно СНКК являє собою жорстку нерозрізну прокатну металеву балку (двотавр № 45 за ГОСТ 8239-89) по верхньому поясу, зтяжку і шпренгельну решітку з двох спарених рівно полицьових кутників (125x125x10 за ГОСТ 8509-86) в межах прольоту. Об'єднувалися елементи фасонками товщиною 10 мм. Враховуючи значну загальну довжину конструкції (22 м), запроєктовано два рівномісні стикові з'єднання прокатної балки. Загальна висота конструкції складає 1500 мм.

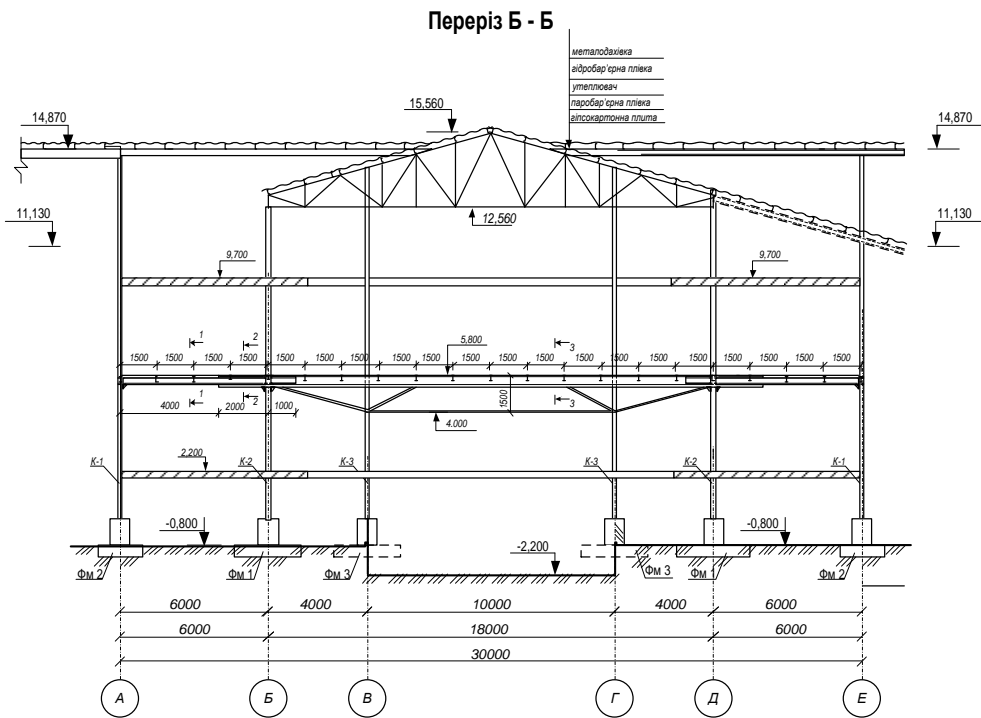


Рис. 1. Статично невизначена комбінована конструкція (СНКК) перекриття

Експериментальна конструкція

Для визначення напружено - деформованого стану, розподілу зусиль між елементами, жорсткості і перевірки попередньо проведених теоретичних розрахунків конструкції в цілому було проведено натурні випробування двох СНКК, виготовлених безпосередньо на будівельному майданчику спеціалістами ПП «БРІВМА-буд» і ТзОВ «КНП» під авторським наглядом науковців НДЛ-19. Випробування СНКК прольотом 18 м проводились за однопрольотною розрахунковою схемою (рис. 2).

Натурні випробування і дослідження СНКК проводилися в межах будівельного майданчику (рис. 3 і 4).

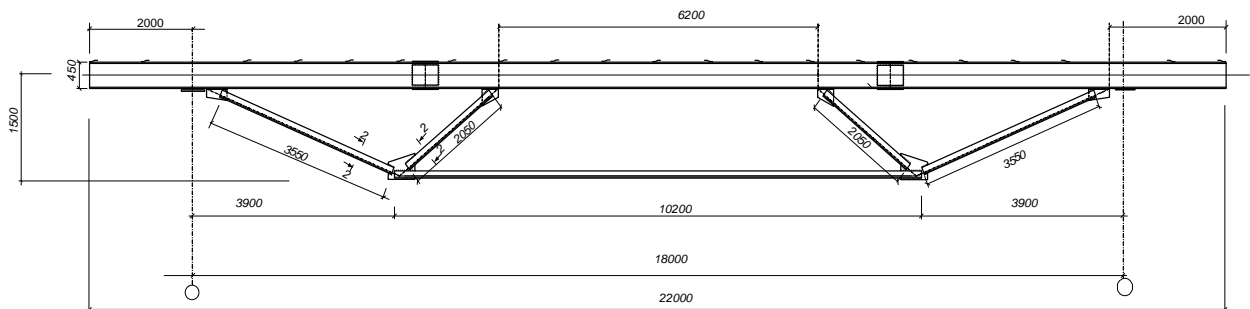


Рис. 2. Металева СНКК прольотом 18 м.

Для цього в прольоті 18 м було виставлено опори з фундаментних блоків. На металеві опорні столики поверх блоків встановлювалися дві СНКК на відстані 130 см одна від одної. Для забезпечення загальної стійкості конструкцій несучі елементи фіксувалися на опорах і розкріплювалися між собою по довжині металевими зв'язками.



Рис. 3. Експериментальна натурна металева СНКК.



Рис. 4. Завантаження СНКК.

Завантаження СНКК здійснювалося фундаментними блоками ФБС 24-6 вагою 2 т (рис. 4), які встановлювали на верхній жорсткий пояс обох СНКК. Для забезпечення рівномірних навантажень на кожному етапі випуски блоків за межі СНКК ретельно контролювались. В одній точці одночасно встановлювалося по 2 блоки. Наступні два блоки етапу встановлювались в точці, розташованій симетрично відносно поперечної осі конструкції. Таким чином обидві СНКК на кожному етапі завантажувалися однаковим навантаженням, яке відповідало розрахунковому рівномірно розподіленому.

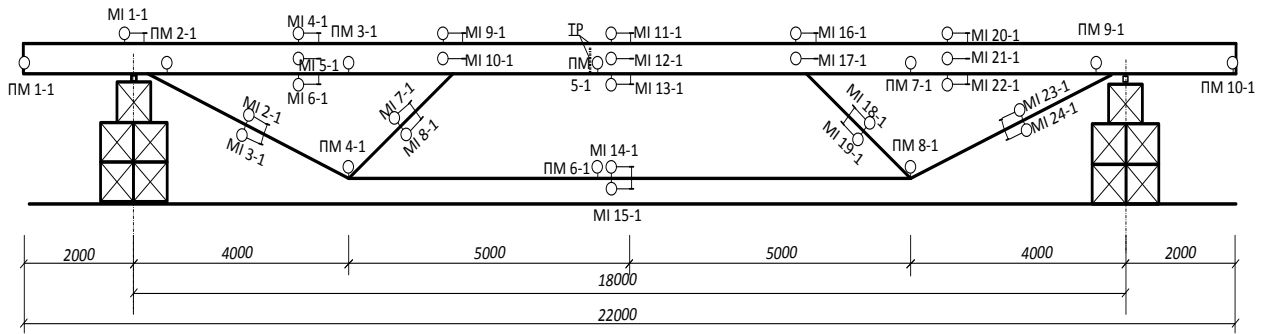


Рис.5. Схема розташування експериментальних приладів.

Поздовжні деформації елементів СНКК вимірювалися за допомогою тензорезисторів на базі 20 мм, які обслуговувалися автоматичним вимірювачем деформацій АВД-4М, і мікроіндикаторами на базі 200 мм. Прогини конструкції визначалися прогиномірами 6ПАО (рис.2, рис.5).

Для визначення поздовжніх деформацій в затяжках і розкосах решітки СНКК і виключення впливу деформації осі елементів, тензодатчики і опори мікроіндикаторів встановлювалися у верхній і нижній частині елемента в одному перетині на початку, по середині і в кінці стержня. На верхній прокатній балці для уточнення напружено - деформованого стану елемента тензодатчики встановлювали по всій висоті стінки балки у перетині, на нижній і верхній її полиці. Механічні індикатори розташовувалися на нижній, верхній полицях і посередині стінки балки (рис.5, 6).

Прогини конструкції контролювалися по середині прольоту і у вузлах СНКК. Також відслідковувалися просадки опор. Для контролю сумісності роботи конструкції прогини визначалися у вузлах решітки СНКК і у відповідних точках жорсткої балки над ними.

Порівняння теоретичних значень вертикальних переміщень вузлів балки жорсткості, розрахованих за розробленою методикою, з експериментальними по довжині прольоту балки жорсткості (відповідно криві 1, 2, 3 і 1', 2', 3' на рис.8) показали достатньо близьку їхню схожимість. Різниця теоретичних і експериментальних результатів в залежності від величини зовнішнього навантаження становила 7 - 10%. Теоретичні розрахунки були проведені згідно українських [1, 2] та європейських нормативних документів [3, 4]

Використані результати експериментальних і теоретичних досліджень металеві комбінованої статично невизначеної конструкції дали можливість в подальшому використати конструкції такого типу в якості несучих елементів сталезалізобетонних перекриттів будівлі басейну (рис. 7).



Рис. 6. Монтаж дослідного обладнання на СНКК спеціалістами НДЛ-19.



Рис. 7. Використання комбінованих металевих статично невизначених конструкцій як несучих елементів сталезалізобетонного перекриття будівлі басейну.

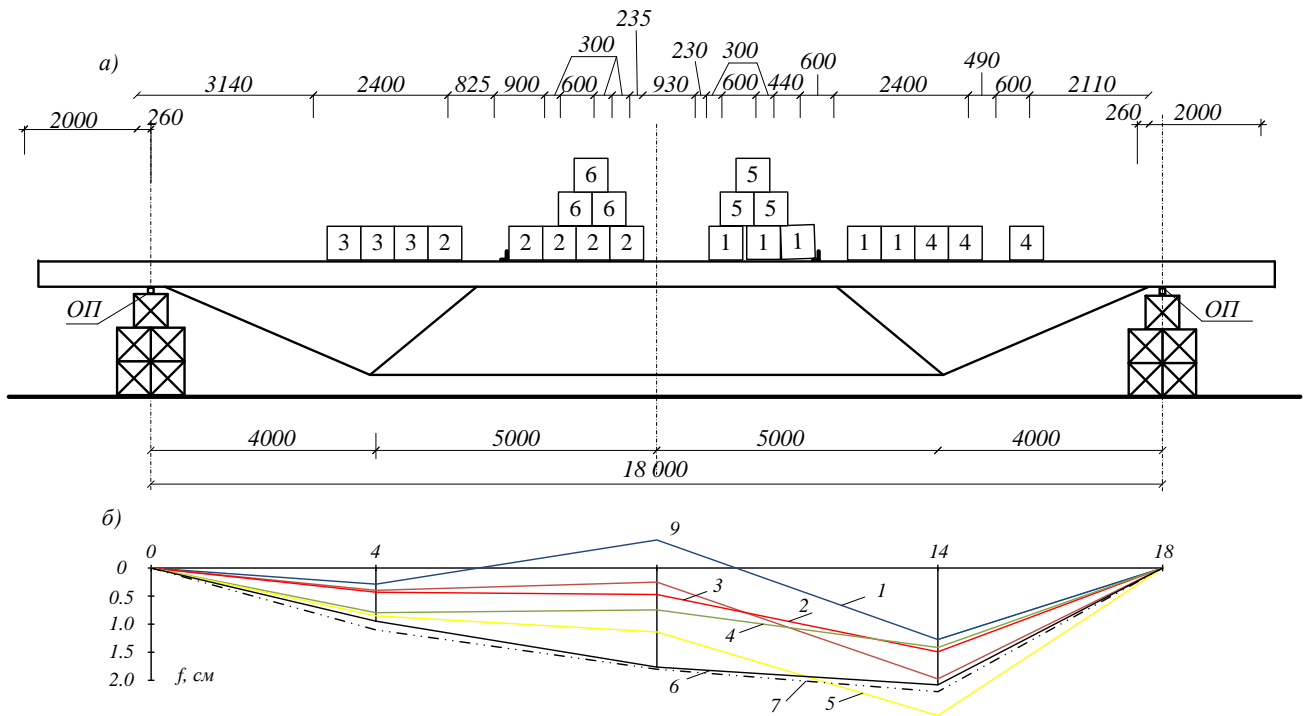


Рис.8. Випробування комбінованої статично невизначеної конструкції:
а) - схема завантаження конструкції; б) – епюри прогинів балки жорсткості: 1...6 –
прогини балки жорсткості експериментальні при стадіях навантаження 1...6, 7 – прогини
балки жорсткості теоретичні з розрахунку навантаження при стадії 6.

Висновок

За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що теоретичні значення вертикальних переміщень вузлів балки жорсткості з експериментальними по довжині прольоту балки жорсткості показали достатньо близьку їхню збіжність. Різниця теоретичних і експериментальних результатів в залежності від величини зовнішнього навантаження становила 7-10%.

1. ДБН В. 2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» - Київ : Мінбуд України.,2011.
2. ДБН В. 2.6-163:2010 «Сталеві конструкції» - Київ : Мінбуд України.,2010.
3. EN1993-1- Eurocode 3: Design steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Пер. с англійського.
4. EN 1993-1-11:2007 Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-11: Design of structures with tension components.
5. Беленя Е.И. Современное состояние и перспективы развития предварительно напряженных стальных конструкций /Е.И. Беленя// Известия вузов. Строительство и архитектура, 1960. – №6. – с. 15-19
6. Іваник І.Г, Віхоть С.І. Розрахунок комбінованих конструкцій з використанням методу введення уявних шарнірів. Теорія і практика будівництва (Вісник НУ "Львівська політехніка" №545).-Львів, 2005.- с.74-78.
7. Забродин М.П. Экспериментальное исследование шпренгельных конструкций с перфорированной балкой жесткости и комбинированным предварительным напряжением /М.П.Забродин, В.В.Егоров// Металлические конструкции и испытания сооружений: межвуз. темат. сб. тр. ЛИСИ. – Л.: 1984, с. 147-154.
8. Лашенко М.Н. Регулирование напряжений в металлических конструкциях /М.Н.Лашенко// – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1966. – 192 с.
9. Kim T. Experimental evaluation of plate-reinforced steel moment-resisting connections/ T. Kim, A.S. Whittaker, V.V. Bertero // Journal of structural engineering. -2002. -Vol. 128, No. 4. - p. 483-491.
10. Maier G. Mathematical Programming Methods in Structural Analysis / G.Maier // In. Proc. Intern. Symp. on Variational Methods in Engng. Southampton, Univ. Press, 1973.-p. 8/1-8/32.
11. Sakano M. Reinforcement of a steel beam using a heated high-strength steel plate / M. Sakano, H. Namiki, N. Horikawa, S. Yamamoto, H. Tadano, Y. Osakada, K. Okabe // Technol Rep Kansai Univ., 2002.-No 44.-p.113-117.

Стаття надійшла до редакції 08.05.2014

©І.Г.Іваник, Ю.Ю.Вибранець, Ю.І.Іваник