

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СТАЛЕВОГО ПРОФІЛЬОВАНОГО НАСТИЛУ І ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ

У сучасній світовій практиці, поряд із традиційними залізобетонними перекриттями, широкого застосування набувають монолітні залізобетонні перекриття по сталевому профільованому настилу (СПН). Сталевий профільований лист на стадії монтажу відіграє роль незнімної опалубки, а після досягнення бетоном проектної міцності – зовнішнього армування.

Проведений аналіз показав, що міцність і деформації таких перекриттів залежать значною мірою від забезпечення сумісної роботи сталевих листів та залізобетонної плити [1–3, 5–10]. Склеювання складової бетону із профлістом може забезпечувати надійну сумісну роботу на початкових етапах навантаження, однак при навантаженнях, близьких до руйнування, відшарування СПН від бетонної плити неминуче. Включення СПН до складу плити забезпечують анкери різних конструкцій або замоноличення в бетоні частин самого профнастилу [3, 6]. Сумісну роботу плити та балки перекриття забезпечують анкерні упори, що приварюються через профнастил до балки перекриття перед бетонуванням [6].

Метою експериментальних досліджень було визначення:

- параметрів зчеплення сталевих профільованих листів із залізобетонною плитою;
- сумісної роботи у прогоні плити та її вплив на прогини та деформації зсуву СПН;
- особливостей розвитку тріщиноутворення у бетоні та деформацій сталевих листів;
- оцінки новітніх конструктивних рішень анкерування у прогоні плити;
- характеру руйнування дослідних зразків.



Є.Л. Шармаков

аспірант кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури

Як дослідні зразки були прийняті фрагменти однопрогонових залізобетонних плит розмірами 2000 810 мм по сталевому профільованому настилу Н75-750-0,7, із розміщеними широкими гофрами донизу.

Зразки були розділені на три серії (табл. 1). Перша серія (П-I) являла собою контрольні зразки, армовані лише сталевим профільованим настилом. Друга серія (П-II) відрізнялась від першої улаштуванням анкерних засобів у прогоні плити з кроком 200 мм. Третя серія (П-III) відрізнялась від другої анкерами іншої конструкції та кроком 300 мм. Анкери першого та другого типів наведено на рис. 1,а,б відповідно. Анкери кріпились до СПН за допомогою клейового та самонарізного з'єднання. Крок анкерування визначався згідно з попередньо проведеними дослідженнями та таким, що враховує перетинання конусів виривання бетону даними анкерами [2, 9].

У стиснутій зоні всіх плит розміщували конструктивні арматурні сітки з арматурної сталі Вр-1 діаметром 4 мм і розміром чарунки 100 100 мм. При виготовленні зразків усіх серій використовувався бетон класу В40. Для моделювання анкерних упорів у торцях усіх зразків встановлювали шпильки 16 мм у кожній гофрі.

Таблиця 1

Характеристики експериментальних зразків

Серія	Клас бетону	СПН	Кіль-ть зразків, шт	Анкерування у прогоні			Кінцеві анкери		Додаткове армування
				Кіль-ть, шт	Тип	Крок, мм	Кіль-ть, шт	Діаметр, мм	
П-I	В 40	Н75-750-0,7	3	–	–	–	8	16	С 4Вр1 100 750 1950 25 4Вр1 100 25
П-II			3	32	1	200	8	16	
П-III			3	24	2	300	8	16	

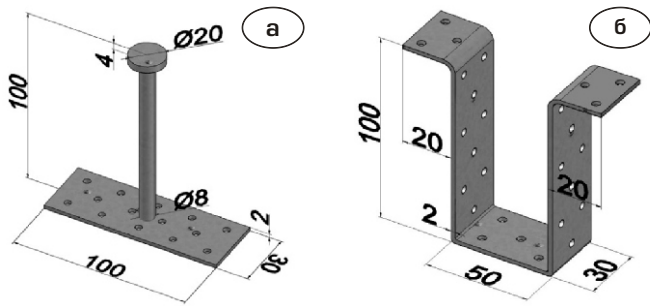


Рис. 1. Анкери першого (а) та другого (б) типу

Надалі зразки встановлювали у металевий стенд з отворами під шпильки, які фіксувалися за допомогою гайки із шайбою (рис. 2).

Розміри плит, схема навантаження та характеристики вихідних матеріалів обирались з умови раніше проведених досліджень для подальшого порівняння та оцінки конструктивних рішень [1, 2, 5, 7, 8].



Рис. 2. Експериментальна установка для випробування плит

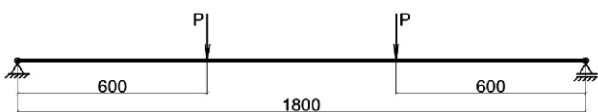


Рис. 3. Схема навантаження дослідних зразків

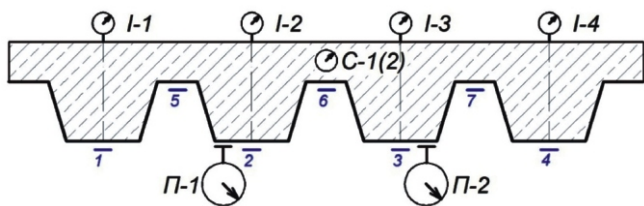


Рис. 4. Схема розміщення вимірювальних приладів:

I-1...I-4 – індикатори годинникового типу (0,001);
1...7 – тензодатчики; С-1...С-2 – прилади для вимірювання зсуву СПН; П-1...П-2 – прогиномири

Зразки випробовували при досягненні проектної міцності бетону у віці більше 28 діб, плити – при короточасному статичному навантаженні у випробувальному центрі будівельних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури.

У процесі навантаження з кроком 2 кН та витримування протягом 5 хв у середині прогону плит визначали прогини індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм, деформації бетону стиснутої зони – індикаторами годинникового типу з точністю 0,001 мм, поздовжні деформації профільованого настилу вимірювали тензодатчиками на паперовій основі з базою 20 мм та зсув профлиста відносно бетону на торцях плити – індикаторами з точністю 0,01 мм. Схема прикладення навантаження та розміщення вимірювальних приладів наведені на рис. 3 та 4 відповідно.

Під час випробування експериментальні зразки плит були доведені до руйнування, їх несучу здатність визначали міцністю нормальних перерізів у середині прогону. За руйнуче навантаження приймали таке, при якому деформації крайніх розтягнутої (нижньої полиці СПН) і стиснутої бетонної граней досягали максимальних значень, а прогини зразків починали зростати і практично не стабілізувалися при витримуванні навантаження.

Руйнування всіх плит відбувається внаслідок відшарування СПН від бетонної плити і має раптовий характер, прогини починають швидко зростати на однакових ступенях навантаження (рис. 5). На початкових етапах прогини розвиваються пропорційно навантаженню. Перші деформації зсуву СПН відносно бетонної плити зафіксовані одночасно із відшаруванням профлиста. Руйнування зразків супроводжувалось характерним потріскуванням протягом усього навантаження.

При відшаруванні сталевго листа зразків серії П-I зафіксована поява перших тріщин на боковій полиці СПН та перші деформації крайніх гофр під зосередженими силами (рис. 6).

Відшарування СПН у плитах серій П-II та П-III відбувається на 3–4 стадії, про що свідчать гучні потріскування по всій площі контакту сталевго листа із бетоном. На перших стадіях відшарування були зафіксовані деформації самонарізних кріплень, при яких отвори крайніх рядів у СПН набувають овальної форми. При подальшому навантаженні деформація кріплень розвивається від торців плити до зосереджених сил.



Рис. 5. Відшарування профільованого настилу



Рис. 6. Деформація крайньої гофри СПН

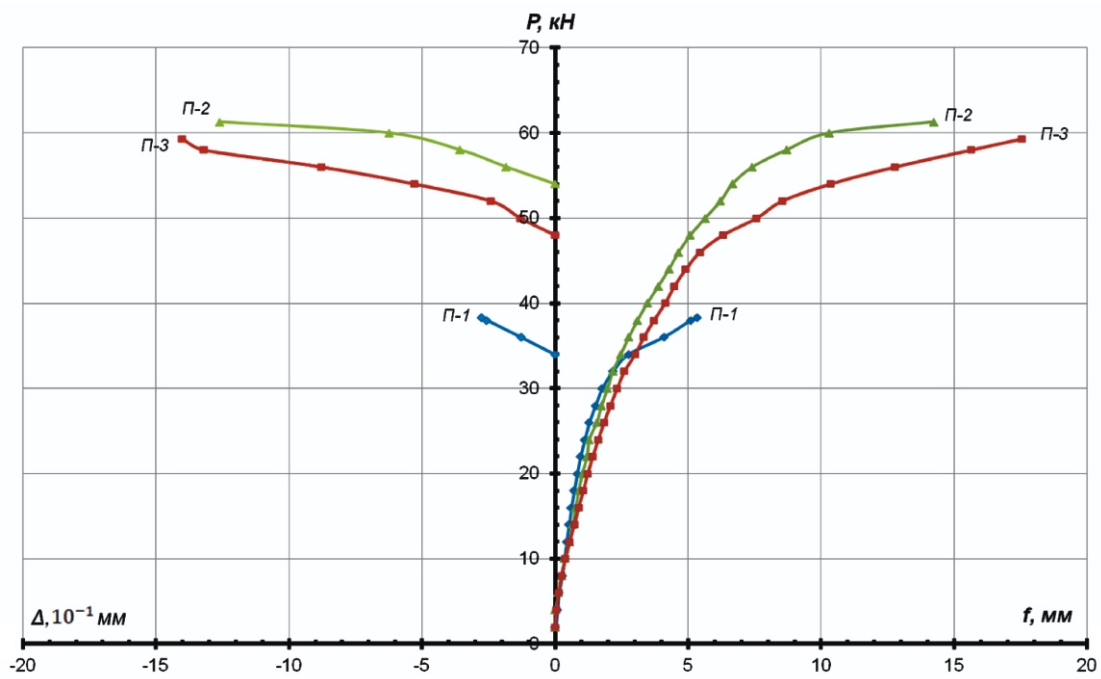


Рис. 7. Графік залежності « $P-f$ », « $P-$ » до відшарування СПН



Рис. 8. Деформація верхньої полиці СПН плит серії П-I

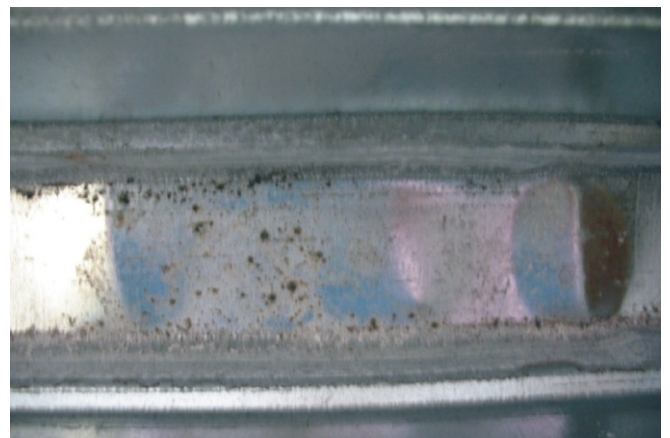


Рис. 9. Деформація верхньої полиці СПН плит серії П-II та П-III

Під час випробувань встановлені зусилля домкрата, за яких відбувається відшарування сталевго листа та відповідні прогини із деформаціями зсуву СПН (табл. 2).

Таблиця 2

Несуча здатність та деформативність плит по сталевому профільованому настилу

Серія	Зусилля відшарування СПН P , кН	Прогин f , мм	Зсув СПН відносно бетону, мм
П-I	38,3	5,35	0,28
П-II	61,3	14,25	1,26
П-III	59,3	17,54	1,40

У результаті вимірювання прогинів у сталезалізобетонних зразках отриманий графік залежності прогину та зсуву СПН від навантаження, яке спричинило відшарування (рис. 7).

Зміна прогину від навантаження на етапах, близьких до відшарування, свідчить про різке підвищення деформативності [4]. Одночасно зі зростанням прогинів відбувається деформація верхніх полиць СПН, яка має локальний характер (рис. 8 та 9). Подальший розвиток деформацій призводить до зминання бокових стінок гофри.

Наведені анкерні засоби здатні забезпечити надійну сумісну роботу сталевго та залізобетонної частини протягом усього процесу навантаження аж до руйнування конструкції.

Додаткову трудомісткість виготовлення та улаштування анкерних засобів виправдовують достатньо високі показники напружено-деформованого стану конструкцій порівняно із плитами, армованими лише сталевим профільованим настилом.

- [1] Айрумян Э.Л., Боярский А.В. Исследование монолитной железобетонной плиты по профилированному стальному настилу при поперечном изгибе // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 10. – С. 30–31.
- [2] Беляева С.Ю. Прочность и деформативность железобетонных плит, армированных стальным профилированным настилом и поперечными анкерами: Дис... канд. техн. наук: ДГТУ. – Алчевск, 2006. – 165 с.
- [3] ДБН В.2.6-160:2010. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 55 с.
- [4] ДСТУ Б.В.2.6-7-95 Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості // Вид-во – ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ – К.: 1997.
- [5] Присяжнюк М.В. Исследования напряженно-деформированного состояния многопустотных железобетонных плит, армированных стальным профилированным настилом // Дороги і мости: Зб. наук. праць. – К., 2007. – Вип. 7, Т. 1. – С. 133–136.
- [6] Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом / НИИЖБ Госстроя СССР. – М., 1987. – 37 с.
- [7] Санников И.В. Исследование монолитных железобетонных плит с листовой гофрированной арматурой: Дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – К., 1982. – 153 с.
- [8] Стороженко Л.І., Лапенко О.І., Горб О.Г. Конструкції залізобетонних перекриттів по профільованому настилу із забезпеченням сумісної роботи бетону і сталі за допомогою склеювання. // Теорія і практика будівництва: Вісник Національного Університету «Львівська політехніка». – 2010. – № 662. – С. 360–365.
- [9] Mario Fontana, Roland Bärtschi New Types of Shear Connectors with Powder-Actuated Fasteners. IBK Bericht, 2002, № 278, 88.
- [10] R.P. Johnson Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, slabs, columns, and frames for buildings. Vol.1, Blackwell Scientific Publications, UK, 1994.

Надійшла 29.10.2013 р.

ОФІЦІЙНА ІНФОРМАЦІЯ

В УКРАИНСКОМ ЦЕНТРЕ СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

14 мая 2014 года в помещении информационного агентства «УНИАН» состоялась пресс-конференция с участием представителей Украинского Центра Стального Строительства.

Участники конференции ознакомили строительную общественность Украины с результатами исследований и публикаций по сравнительному анализу различных конструктивных схем каркасов современных офисных зданий класса «А» с применением конструкций из стали и железобетона.

Результаты проведенных исследований показали, что стальные конструкции являются наиболее эффективным материалом для инвесторов, стремящихся достичь максимальной отдачи инвестиций. Стальные конструкции в качестве конструктивной схемы позволяют осуществлять более быстрый ввод в эксплуатацию зданий и характеризуются высокой эффективностью планировок при длиннопролетных схемах, исключая внутренние колонны. Согласно расчетам независимых консультантов здание со стальным каркасом вводится в эксплуатацию на 20 недель раньше. Это позволяет сгенерировать дополнительный денежный поток в размере 4,6 млн долл. США, что эквивалентно 9,3 % стоимости всего здания.

При этом стоимость квадратного метра здания из стального каркаса при короткопролетной схеме (сетка колонн 7,5 7,5 м) такая же, как и зданий из бетона. При длиннопролетной схеме 15 7,5 м без внутренних колонн на этаже здания со стальным каркасом дешевле бетонных на 5,6 %.

Публикация была подготовлена совместно Украинским Центром Стального Строительства, Институтом Стального Строительства Великобритании (The Steel Construction Institute, U.K), Киевским национальным университетом строительства и архитектуры и другими ведущими проектными и консалтинговыми компаниями, работающими на рынке Украины.