

*М.П. Коваль, наук. співробітник
І.О. Кондрюкова, доцент
Національний транспортний університет, м. Київ*

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МОНОЛІТНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ЗІ СТАЛЕВИМ
ПРОФІЛЬОВАНИМ НАСТИЛОМ Н80А
ТА БОЛТОВИМИ ОПОРНИМИ АНКЕРАМИ
ПРИ ДІЇ СТАТИЧНОГО Й ВИСОКОРІВНЕВОГО
МАЛОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

Наведено результати випробувань монолітних залізобетонних плит зі сталевим профільованим настилом Н80А, що виконує роль незнімної опалубки та зовнішньої робочої арматури, при дії статичного навантаження та малоциклового навантаження високого рівня. Особливістю конструкції плит, зокрема, є застосування болтових опорних анкерів. Описано характер тріщиноутворення в тілі бетону зразків, здійснено аналіз роботи зразків при зазначених видах завантаження.

***Ключові слова:** зовнішнє армування, малоциклове навантаження, незнімна опалубка, плита проїзної частини моста, сталевий профільований настил, статичне навантаження.*

*М.П. Коваль, науч. сотрудник
И.А. Кондрюкова, доцент
Национальный транспортный университет, г. Киев*

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МОНОЛИТНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ СО СТАЛЬНЫМ
ПРОФИЛИРОВАННЫМ НАСТИЛОМ Н80А
И БОЛТОВЫМИ ОПОРНЫМИ АНКЕРАМИ
ПРИ ДЕЙСТВИИ СТАТИЧЕСКОЙ И ВЫСОКОУРОВНЕВОЙ
МАЛОЦИКЛОВОЙ НАГРУЗКИ**

Приведены результаты испытаний монолитных железобетонных плит со стальным профилированным настилом Н80А, который играет роль несъемной опалубки и внешнего рабочего армирования, при действии статической нагрузки и малоциклового нагружения высокого уровня. Особенностью конструкции плит, в частности, является применение болтовых опорных анкеров. Описан характер трещинообразования в теле бетона образцов, сделан анализ работы образцов при данных видах нагружения.

***Ключевые слова:** внешнее армирование, малоцикловая нагрузка, несъемная опалубка, плита проезжей части моста, стальной профилированный настил, статическая нагрузка.*

STUDY OF WORK OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLABS WITH CORRUGATED STEEL DECKING TYPE N80A AND BOLT ANCHORS UNDER STATIC AND HIGH-LEVEL LOW-CYCLE LOADS

The results of testing of monolithic reinforced concrete slabs with corrugated steel decking N80A, which plays the role of non-removable formwork and external reinforcement, under static and high-level low-cycle loads are shown. Design feature of slabs is the bolt anchors usage. The nature of cracking in the concrete slabs is described, analysis of work of samples during the loadings is made.

Keywords: bridge deck slab, corrugated steel decking, external reinforcement, low cycle loading, non-removable formwork, static loading.

Вступ. Сталевий профільований настил (СПН) набув широкого застосування у промисловому та цивільному будівництві як незнімна опалубка й робоча арматура монолітних залізобетонних перекриттів [1, 2]. Таке застосування СПН дозволяє відмовитися від використання інвентарної опалубки та підтримуючих конструкцій (риштувань), підвищити темпи будівництва, знизити працемісткість і вартість будівельних робіт. Ці чинники є актуальними для мостового будівництва – діючі норми [3] регламентують улаштування плити проїзної частини (ППЧ) мостів тільки монолітною; застосування для спорудження ППЧ знімної опалубки з підтримуючими конструкціями у ряді випадків (будівництво мостів над великими водотоками, глибоким рельєфом, діючими автошляхами та залізницями, особливо електрифікованими) пов'язане з низкою складнощів, уникнути яких дозволяє використання незнімної опалубки (НО) плити проїзної частини.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Обмежене застосування у мостовому будівництві металевих профільованих елементів як незнімної опалубки плити проїзної частини відоме з кінця XIX століття [4]. Такі технічні рішення зафіксовані в роботі [5], де описуються типові конструкції «сквозных металлических пролетных строений через горные водотоки в районе Карпат». Монолітна плита проїзної частини у мостах такої конструкції влаштована по сталевих профільних елементах, що у роботі [5] мають назву «прокатный профиль «Заре».

За часів Радянського Союзу в рамках індустріалізації будівельного виробництва відбувся перехід до збірних та збірно-монолітних прогонових будов мостів. Плити проїзної частини у залізобетонних балкових мостах улаштовувалися за допомогою з'єднань верхніх полиць балок монолітним швом, у металевих балкових і фермових прогонових будовах застосовувалися збірні залізобетонні плити, що об'єднувалися тонким (до 5 см) монолітним шпонковим швом. Аналіз досвіду будівництва та експлуатації таких автодорожніх мостів засвідчив недосконалість типових збірних і збірно-монолітних конструкцій плит проїзної частини, спричинивши перехід до монолітних плит проїзної частини відносно великої (більше 20 см) товщини [6]. У зв'язку із цим, спираючись на описані вище переваги, почався розгляд можливості застосування СПН як НО ППЧ. Прикладом теоретичного опрацювання цього питання є плита прогонова будова автодорожнього моста оригінальної конструкції, розроблена в ХНАДУ [7]. СПН застосовувався як НО ППЧ при будівництві мостів у Російській

Федерації [8]; в Україні збудовано три мости з незнімною опалубкою плити проїзної частини із СПН [9].

СПН може також застосовуватися як зовнішня робоча арматура плити проїзної частини, але, зважаючи на режим роботи прогонових будов мостів, що піддаються динамічним впливам від рухомих транспортних засобів, слід вивчити роботу таких конструкцій при дії циклічних навантажень. Ще одним важливим аспектом є забезпечення сумісної роботи СПН із бетоном плити, що досягається, зокрема, за допомогою опорного анкерування СПН, без наявності якого включати СПН у спільну роботу з бетоном плити не рекомендується [10].

Робота монолітних залізобетонних плит зі сталевим профільованим настилом та різними способами анкерування СПН у бетоні при дії статичного навантаження вивчалася рядом дослідників [1, 2, 11–14]. Дослідження роботи таких конструкцій при дії циклічного навантаження не проводились. Найближчими до цього питання є дослідження сумісної роботи бетону та стрічкової арматури періодичного профілю при дії багаторазового повторного навантаження, які проводили автори [15].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Як показують дослідження [16], під час експлуатації мостів на їх прогонові будови діють малоциклові навантаження високого рівня, вплив яких необхідно враховувати при проектуванні цих конструкцій. Тому важливим аспектом проблеми є відсутність експериментальних досліджень роботи монолітних плит зі СПН при дії малоциклових навантажень і вплив на цю роботу різних засобів забезпечення сумісної роботи настилу та бетону плити.

При будівництві монолітних перекриттів з профнастилом для включення останнього в сумісну роботу з бетоном застосовують приварні анкери типу Nelson, які приварюються крізь метал настилу до металевих балок, на котрі встановлюється СПН. Аналогом цього способу опорного анкерування є застосування болтових з'єднань: болт із задалегідь нагвинченою гайкою із шайбою вставляється в отвір, висвердлений у нижній полиці настилу, вкручується в опорну поверхню (у різьбу, висвердлену в металевій балці чи в металевий дюбель, вставлений у глухий отвір у залізобетонній балці), після чого СПН притискається до опорної поверхні шайбою з вигвинченою гайкою. Цей спосіб опорного анкерування є більш універсальним, оскільки може бути застосованим при встановленні СПН як на металеві, так і на залізобетонні головні балки прогонової будови. Таким чином, другим аспектом проблеми є відсутність досліджень роботи плит із СПН та болтовими опорними анкерами при дії статичного та малоциклового навантаження.

Постановка завдання: провести експериментальні дослідження роботи монолітних залізобетонних плит зі сталевим профільованим настилом і болтовими опорними анкерами при дії статичного та малоциклового навантаження. Мета роботи – визначити ефективність використання болтових опорних анкерів у монолітних плитах зі СПН.

Основний матеріал і результати. Для виконання поставленого завдання було виготовлено серію чотирьох однотипних дослідних зразків під шифром ПНВ, що моделюють натурні плити проїзної частини; зразки ПНВ-1 та ПНВ-2 випробовувалися статичним, а ПНВ-3 та ПНВ-4 – малоцикловим навантаженням. Незнімною опалубкою й робочою арматурою дослідних зразків є сталевий профільований настил Н80А, на поверхні стінок і нижнього пояса якого наявні виштамповки, що підвищують несучу здатність перерізу за рахунок шпонкового об'єднання бетону та сталі настилу. В опорних зонах нижнього пояса настилу висвердлювались отвори $\varnothing 11$ мм, в які вставлялися болти М10 із нагвинченими гайками із шайбами; болти загвинчувались в отвори з метричною різьбою, влаштовані у металевих пластинах $270 \times 100 \times 6$ мм, що надалі виконували роль опорних. Профільований настил притискався до опорних

пластин через шайби за допомогою вигвинчених вниз до упору гайок (рис. 1). Зразки довжиною 1,5 м, висотою 0,2 м та шириною 0,34 м були виготовлені із важкого бетону заводського виготовлення, міцність якого за результатами випробувань контрольних зразків відповідає класу В50. У верхній зоні кожного зразка розташована в'язана арматурна сітка $4\text{Ø}12\text{A}500\text{C}-90+80+90/10\text{Ø}8\text{A}500\text{C}-150$ $1,47\times 0,3$ м із захисним шаром 5 см, що моделює верхню робочу арматуру плити проїзної частини. Стержнева арматура у нижній зоні зразків відсутня.

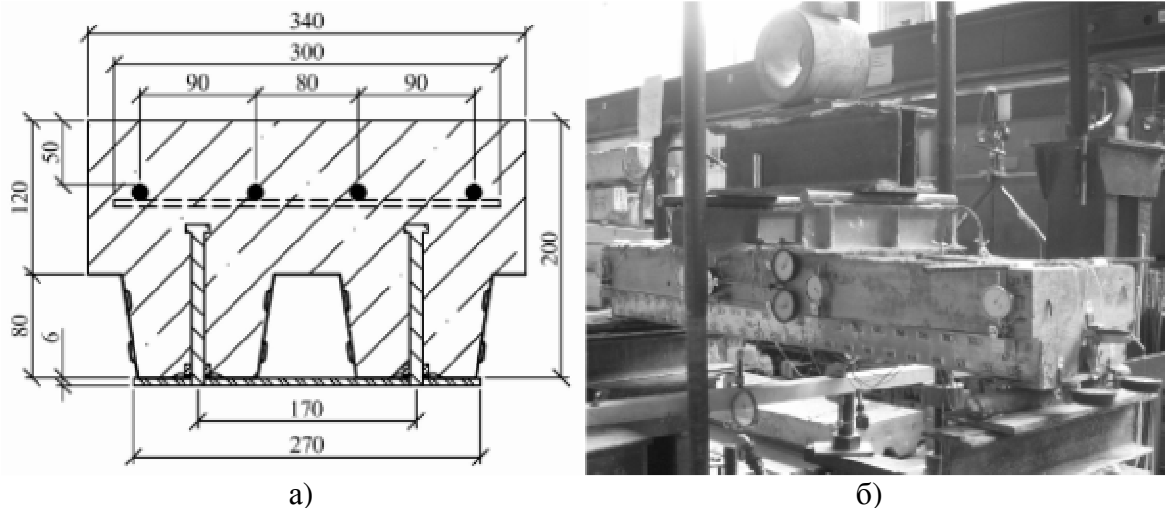


Рис. 1. Поперечний переріз дослідного зразка: в опорній зоні (а); загальний вигляд зразка ПНВ-1 у випробувальному стенді (б)

Випробування зразків серії ПНВ виконувалося стендовим способом за схемою чистого згину з робочим прогоном зразків 1,4 м (рис. 2). Навантаження зразків здійснювалося за допомогою гідравлічного домкрата; зусилля P , створюване ним, було взяте за основний параметр навантаженості зразків та контролювалося за допомогою манометра маслостанції й тарованого кільцевого динамометра в складі випробувального стенда. Зусилля від домкрата передавалося на зразки за допомогою системи траверс (відстань в осях передаточних траверс – 0,5 м). Для зручності була прийнята нумерація опор: Оп-А – шарнірно-рухома опора; Оп-Б – шарнірно-нерухома опора.

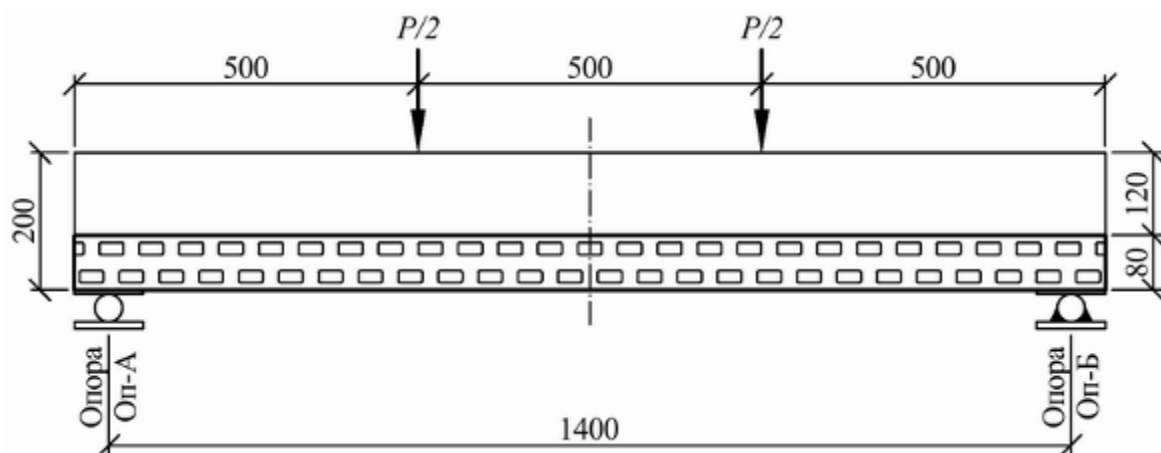


Рис. 2. Схема завантаження дослідних зразків

Аналітично визначена згідно з роботою [17] несуча здатність дослідних зразків, виготовлених із бетону класу В50, за згинальним моментом становить 10,66 кНм. Згідно з прийнятою статичною схемою випробувань це відповідає 47,38 кН, створюваних гідравлічним домкратом. Слід зазначити, що ці розрахунки здійснені для конструкції із приварними, а не болтовими опорними анкерами, тому таке значення несучої здатності є лише орієнтовним.

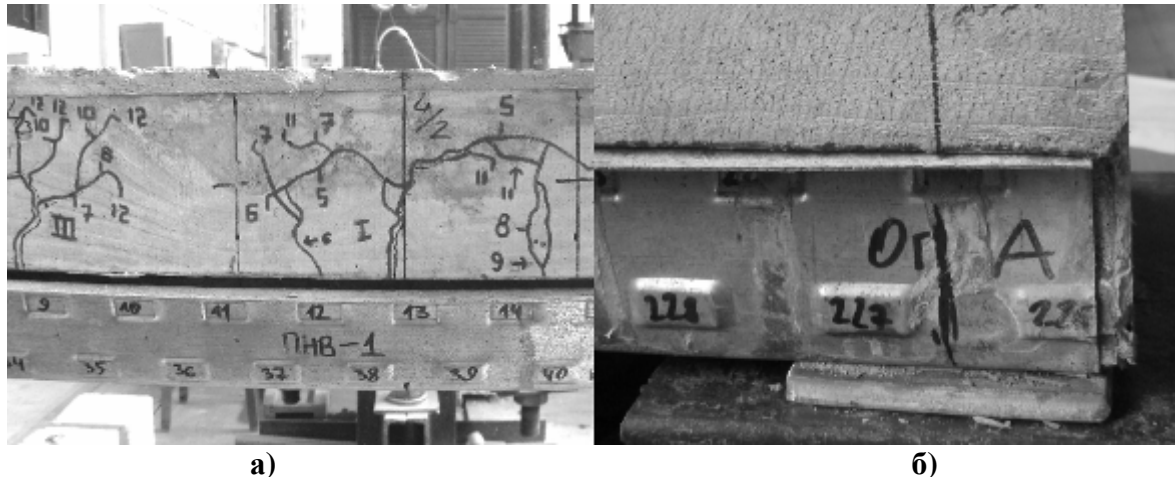


Рис. 3. Тріщиноутворення на стороні А-Б зразка ПНВ-1 (а); відшарування та проковзування настилу відносно бетону в опорній зоні (б)

Випробування зразків статичним навантаженням. Зразки ПНВ-1 та ПНВ-2 випробовувалися поступово збільшуваним статичним навантаженням із кроком +10 кН із часовою витримкою 5 – 7 хвилин на кожному кроці. Під час перших привантажень плит спостерігалось незначне рівномірне зростання прогинів (за допомогою прогиномірів ПАО-6 визначалися прогини верхньої грані зразків), що свідчило про включення СПН у сумісну роботу з бетоном плити. Після досягнення рівня навантаження 50 кН для ПНВ-1 та 40 кН для ПНВ-2 відбулося руйнування бетонних перерізів – посередині прогону розкривалися вертикальні тріщини, що після досягнення зони між серединою висоти полиці зразка та рівнем розташування верхньої арматурної сітки розходилися радіально в сторони; це супроводжувалося відшаруванням СПН від бетону плити. Подальше привантаження зразків призводило до різкого збільшення прогинів, розкриття нових тріщин у третинах довжини плит (рис. 4, а), відходу зовнішніх стінок СПН від бетону плити та проковзування настилу відносно бетону в опорних зонах.

Після розкриття перших тріщин почалися процеси проковзування СПН відносно бетону плити; за допомогою індикаторів годинникового типу вимірювалась Δ – величина проковзування верхнього пояса СПН між гофрами відносно торцевих граней зразків на опорах Оп-А та Оп-Б. Отримані величини проковзування СПН у зразках ПНВ-1 і ПНВ-2 наведені в таблиці 1.

Втрата несучої здатності наступила при досягненні рівня навантаження 125 кН для ПНВ-1 та 115 кН для ПНВ-2 і супроводжувалася різким наростанням прогинів, падінням показів манометра маслостанції та кільцевого динамометра, появою тріщин на верхніх гранях зразків та незначним випучуванням верхніх полиць СПН у зоні розкриття центральних тріщин. Довести зразки до повного руйнування (наприклад, до розриву сталі настилу в опорній зоні) виявилось неможливим через високу деформативність зразків, що перевищувала максимально можливий виліт поршня гідравлічного домкрата.

Таблиця 1. Величина проковзування СПН відносно граней зразків ПНВ-1 та ПНВ-2 в опорних зонах

P, кН		0÷30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Δ, мм	Оп-А	0	0	0,55	1,24	1,70	2,34	2,99	3,63	4,44	5,38
ПНВ-1	Оп-Б	0	0	0,14	0,30	0,47	0,69	1,16	1,40	1,69	2,08
Δ, мм	Оп-А	0	0,22	0,53	0,78	1,42	1,77	2,49	3,28	4,31	
ПНВ-2	Оп-Б	0	0	0,41	0,57	0,81	1,57	1,99	2,44	3,24	

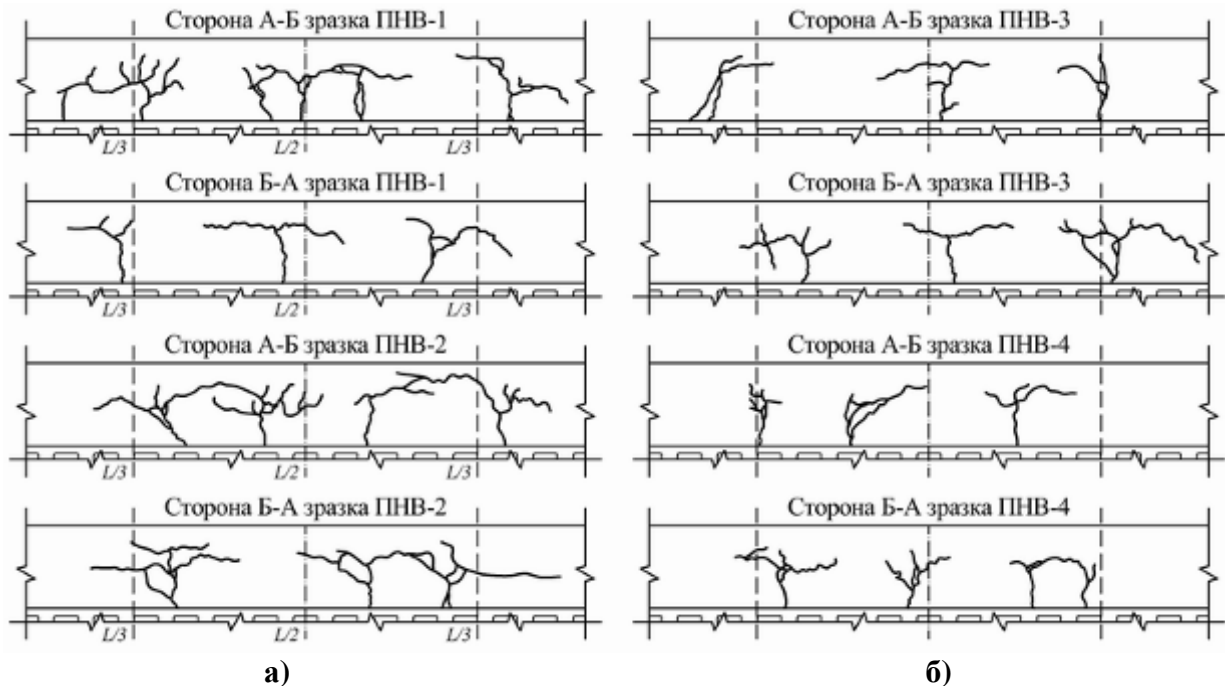


Рис. 4. Загальний вигляд тріщин у полицях зразків: випробуваних статичним (а) та малоцикловим (б) навантаженнями

Випробування зразків малоцикловим навантаженням. Базовим значенням малоциклового навантаження є значення $[P]$ – експериментально визначене руйнівне зусилля для зразків, створюване гідравлічним домкратом. Було вирішено провести випробування з малоцикловим навантаженням високого рівня, за значення $[P]$ було взяте усереднене значення навантаження, при створенні домкратом якого відбулася втрата несучої здатності зразків ПНВ-1 та ПНВ-2 (120 кН).

Базову кількість циклів для випробувань було прийнято $N = 10$. Кожний з десяти циклів завантаження досліджуваних зразків характеризується такими максимальними значеннями зусиль, створюваними гідравлічним домкратом і переданими на досліджувані зразки: при перших шести циклах максимальне навантаження на зразок становить $0,6[P] \approx 70$ кН; при сьомому та восьмому циклах $0,75[P] = 90$ кН; при дев'ятому циклі – $0,6[P] \approx 70$ кН; при десятому циклі – $0,75[P] = 90$ кН. Значення та послідовність рівнів навантаження по циклах визначена експериментально у роботі [16] на основі спостережень за рухом великовагових навантажень по автодорожніх мостах. Під час кожного циклу завантаження відбувалося ступінчато, з кроком $0,2P_u$, де P_u – значення максимального навантаження у циклі. При досягненні кожного нового ступеня навантаження у циклі ($0,2P_u, 0,4P_u, 0,6P_u, 0,8P_u, P_u$) відбувалась часова витримка протягом 10 хвилин. Після досягнення максимального значення навантаження P_u у кожному циклі зразки повністю розвантажувались. Після десятого циклу завантаження зразок розвантажувався та доводився до втрати несучої здатності одноразовим прикладанням навантаження з постійною швидкістю зростання його значення.

Під час перших привантажень першого циклу спостерігалось незначне рівномірне зростання прогинів, що свідчило про включення СПН у сумісну роботу з бетоном плити. Після досягнення рівня навантаження 40 кН для обох зразків відбулося руйнування бетонних перерізів: в обох зразках розкрилися тріщини посередині прогону, а в зразку ПНВ-4 додатково розкрилися тріщини в третинах довжини зразка. При $P = 42$ кН ці тріщини досягали зони між серединою висоти полиці зразка та рівнем розташування верхньої арматурної сітки; після збільшення рівня навантаження вони розходилися радіально в сторони, це супроводжувалося відшаровуванням СПН від бетону плити. Тріщини в третинах довжини зразка ПНВ-3 розкрилися при $P = 56$ кН в першому циклі та $P = 70$ кН у другому циклі. Упродовж усіх десяти циклів динаміка розвитку тріщин (рис. 4, б) була слабшою порівняно з тріщиноутворенням у зразках, випробуваних статичним навантаженням. Упродовж циклів 2 – 6 відбувалося поступове збільшення величини максимального та залишкового прогинів, при цьому радіальні тріщини майже не розвивались у довжину. Досягнення рівня P_u сьомого циклу супроводжувалося різким збільшенням величини максимального й залишкового прогину, зростанням довжини старих та розвитком нових радіальних тріщин.

Після розкриття перших тріщин у зразках почалися процеси проковзування СПН відносно бетону плити; за допомогою індикаторів годинникового типу вимірювалась Δ – величина проковзування верхнього пояса СПН між гофрами відносно торцевих граней зразків на опорах Оп-А та Оп-Б. Отримані величини проковзування СПН наведені в таблиці 2. Аналіз цих величин показує, що в ході циклічних навантажень відбувається накопичення деформацій проковзування; це вказує на поступове руйнування сталі профільованого настилу в зоні анкерування.

Таблиця 2. Усереднені величини проковзування СПН відносно граней зразків ПНВ-3 та ПНВ-4 в опорних зонах

P	Проковзування настилу відносно бетону плити, мм									
	Цикл 1		Цикл 2		Цикл 3		Цикл 4		Цикл 5	
	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б
0	0,00	0,00	0,73	0,72	0,83	0,69	1,16	0,75	1,18	0,77
0,2P _ц	0,00	0,00	0,76	0,77	0,86	0,76	1,21	0,82	1,21	0,84
0,4P _ц	0,00	0,00	0,94	0,92	1,06	0,92	1,40	1,05	1,43	1,07
0,6P _ц	0,64	0,28	1,17	1,12	1,31	1,14	1,70	1,29	1,74	1,32
0,8P _ц	1,05	0,88	1,35	1,29	1,49	1,31	1,94	1,46	1,98	1,51
P _ц	1,54	1,22	1,59	1,45	2,14	1,48	2,12	1,63	2,15	1,66
0	0,75	0,71	0,87	0,70	1,18	0,71	1,20	0,78	1,21	0,77
P	Цикл 6		Цикл 7		Цикл 8		Цикл 9		Цикл 10	
	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б	Оп-А	Оп-Б
	0	1,20	0,79	1,22	1,01	2,04	0,93	2,22	0,91	2,20
0,2P _ц	1,24	0,87	1,28	1,13	2,07	1,07	2,23	1,00	2,24	1,07
0,4P _ц	1,45	1,11	1,68	1,49	2,41	1,59	2,37	1,37	2,56	1,62
0,6P _ц	1,76	1,36	1,98	1,74	2,85	1,94	2,72	1,74	3,01	1,96
0,8P _ц	2,00	1,53	2,20	1,95	3,17	2,15	3,04	2,01	3,34	2,21
P _ц	2,16	1,69	3,37	2,39	3,57	2,44	3,32	2,19	3,67	2,46
0	1,24	1,02	2,07	0,95	2,24	0,93	2,72	0,91	2,36	0,91

Втрата несучої здатності наступила при досягненні рівня навантаження 115 кН для ПНВ-3 та 105 кН для ПНВ-4 і супроводжувалася різким наростанням прогинів, падінням показів манометра маслостанції та кільцевого динамометра, поодиноким появою тріщин на верхніх гранях зразків і незначним випучуванням верхніх полиць СПН у зоні розкриття центральних тріщин. Довести зразки до повного руйнування (наприклад, до розриву сталі настилу в опорній зоні) виявилось неможливим через високу деформативність зразків, що перевищувала максимально можливий виліт поршня гідравлічного домкрата.

Висновки:

1. Експериментально доведена ефективність застосування болтових опорних анкерів у монолітних плитах зі сталевим профільованим настилем. Установлено, що несуча здатність зразків із болтовими опорними анкерами є близькою до визначеної аналітично несучої здатності зразків із приварними анкерами. Зроблено висновок про можливість застосування такого рішення для конструкцій, що працюють під дією статичного навантаження.

2. За результатами статичних і малоциклових випробувань установлено, що головними чинниками, які визначають міцність та несучу здатність плит зі СПН, є фізико-механічні характеристики бетону й міцність опорного анкерування. При зростаючих статичних навантаженнях відбувається активне руйнування розтягнутого бетону плити; при дії малоциклових навантажень воно значно менше, натомість відбувається поступове руйнування сталі настилу в опорних зонах зразків.

3. За результатами натурних випробувань зроблено висновок про значну «живучість» монолітних залізобетонних плит зі сталевим профільованим настилем – крім високої деформативності та відсутності повного руйнування конструктивних елементів, несуча здатність зразків після дії десяти циклів високорівневого навантаження знизилась незначно.

Література

1. Стороженко Л.І. *Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: монографія* / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2008. – 312 с.
2. Лапенко О.І. *Залізобетонні конструкції з робочим армуванням незнімною опалубкою: монографія* / О.І. Лапенко. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2009. – 328 с.
3. *Споруди транспорту. Мости і труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006.* – [чинний від 6 травня 2006 р.] – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального госп-ва, 2006. – 359 с. – (Державні будівельні норми України)
4. Melan J. *Der Brückenbau. Eiserne Brücken II Teil* / J. Melan // Leipzig und Wien: Franz Deuticke, 1917. – 756 s.
5. *Альбом существующих конструкций мостов и путепроводов на автомобильных дорогах общего пользования УССР.* – Киев, 1978.
6. Фаль А.Є. *Напряжки покращення експлуатаційних якостей залізобетонних плит проїзної частини автодорожніх мостів* / А. Є. Фаль, М. П. Коваль // *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: науково-технічний збірник.* – К.: 2006. – Випуск 73. – С. 325 – 331.
7. Кожушко В.П. *Применение профнастила при реконструкции и ремонте малых мостов* / В.П. Кожушко, С.Н. Краснов, Е.С. Краснова // *Вісн. Донецького нац. ун-ту залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна.* – 2011. – Вип. 39 – С. 83 – 86.
8. *Применение несъемной металлической опалубки «Steelcomp» при сооружении сталежелезобетонного пролетного строения моста через р. Медведку* / В.Н. Коротин, Е.Н. Бирюков, С.Г. Вейцман, А.И. Дмитриев, Н.В. Смирнов // *Вестник мостостроения.* – 2000. – № 1 – 2. – С. 45 – 49.

9. Коваль М.П. Перспективи застосування сталевих профільованих настилів для влаштування плит проїзної частини автодорожніх мостів / Коваль М.П. // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – Вип. 3 (33). – С. 100 – 106.
10. Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. Расчет и проектирование: СТО 0047-2005 – М., 2005. – 65 с. – (Стандарт организации).
11. Козарь В.І. Монолітні залізобетонні плити по сталевому профільованому настилу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / В.І. Козарь. – Полтава, 1999. – 19 с.
12. Беляєва С.Ю. Міцність і деформативність залізобетонних плит, армованих сталевим профільованим настилом і поперечними анкерами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / С.Ю. Беляєва. – Київ, 2006. – 20 с.
13. Боярский А.В. Эффективный профилированный настил для армирования композитных плит / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М., 2007. – Вып. 6 (101) – С. 28 – 30.
14. Шевчук С.Г. Несуча здатність та деформативність сталебетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування із хвилястих настилів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / С.Г. Шевчук. – Львів, 2010. – 21 с.
15. Клименко Ф.Е. Зчеплення зовнішньої полосової арматури з бетоном сталебетонних балок при циклічних навантаженнях / Ф.Е. Клименко, Р.І. Кінаш // Резерви прогресу в архітектурі та будівництві: вісник Державного університету «Львівська політехніка». – Львів: Дільниця оперативного друку ДУЛП, 1993. – № 271. – С. 55 – 59.
16. Тріциностійкість залізобетонних балкових конструкцій автодорожніх мостів в умовах малоциклових навантажень: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01 / Р.І. Полюга ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Л., 2006. – 18 с.
17. Коваль М.П. Принципи розрахунку залізобетонної плити проїзної частини автодорожніх мостів із незнімною опалубкою зі сталевого профільованого настилу / М.П. Коваль, І.О. Кондрюкова // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: збірник наукових праць. – Львів: Каменяр, 2014. – Випуск 9. – С. 433 – 448.

Надійшла до редакції 9.12.2014
© М.П. Коваль, І.О. Кондрюкова