

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21.095.32:621.882.64

М. П. КОВАЛЬ\*

\* Кафедра аеропортів, Національний транспортний університет, вул. Суворова 1, Київ, Україна, 01010, тел. +38 (050) 132 44 14, ел. пошта m\_koval@meta.ua

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ОПОРНОГО АНКЕРУВАННЯ БОЛТОВИМИ З'ЄДНАННЯМИ СТАЛЕВОГО ПРОФІЛЬОВАНОГО НАСТИЛУ У МОНОЛІТНИХ ПЛИТАХ

**Мета.** Встановлення можливості застосування болтових з'єднань для опорного анкерування сталевих профільованих настилу у монолітних залізобетонних плитах за допомогою стендових випробувань дослідних зразків при дії статичного навантаження. **Методика.** Для виконання поставленої мети були виготовлені дослідні зразки, що моделюють фрагменти плит проїзної частини мостів – монолітні плити, армовані сталевим профільованим настилем із болтовим опорним анкеруванням. Дослідні зразки були випробувані стендовим способом за схемою чистого згину при дії статичного навантаження. **Результати.** В ході стендових випробувань експериментально встановлена несуча здатність монолітних плит, армованих сталевим профільованим настилем із болтовим опорним анкеруванням, що є співставною з несучою здатністю монолітних плит з приварним опорним анкеруванням профільованого настилу. Зроблений висновок про безпосередній вплив профільованого настилу на живучість зразків внаслідок запобігання прогресуючому обваленню. **Наукова новизна.** В ході стендових випробувань дослідних зразків були отримані дані про їх несучу здатність, описаний характер тріщиноутворення, роботи та руйнування зразків при дії статичного навантаження. **Практична значимість.** Отримане експериментальне підтвердження можливості та перспективності застосування болтового анкерування профільованого настилу при його використанні у мостовому будівництві як незнімної опалубки та робочої арматури плит проїзної частини.

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

#### Вступ

Сталевий профільований настил (СПН) набув широкого застосування у промисловому та цивільному будівництві, як незнімна опалубка (НО) та робоча арматура (РА) монолітних залізобетонних перекриттів [3, 9, 11, 12, 13]. Таке застосування СПН дозволяє відмовитись від використання інвентарної опалубки та підтримуючих конструкцій (риштувань), підвищити темпи будівництва, знизити працёмісткість та вартість будівельних робіт. Ці чинники є актуальними для мостового будівництва – діючі норми [8] регламентують влаштування плити проїзної частини (ППЧ) мостів тільки монолітною; застосування для спорудження ППЧ знімної опалубки із підтримуючими конструкціями у ряді випадків (будівництво мостів над крупними водотоками, глибоким рельєфом, діючими автошляхами та залізницями, особливо електрифікованими) пов'язане із низкою складнощів,

уникнути яких дозволяє використання незнімної опалубки плити проїзної частини [16]. Прикладом теоретичної проробки цього питання є плитна прогонова будова автодорожнього моста оригінальної конструкції, розроблена в ХНАДУ [2]; в Україні збудовано ряд мостів з незнімною опалубкою плити проїзної частини із СПН [1].

#### Постановка проблеми та пошук вирішення

Для застосування СПН, як робочої арматури монолітних залізобетонних плит, необхідно забезпечити його спільну роботу з бетоном плити, що досягається за допомогою анкерування СПН. Необхідною умовою включення СПН в роботу плити, як робочої арматури, є наявність опорного анкерування профільованого настилу [5, 14], що найчастіше виконується за допомогою приварних анкерів типу Nelson [15], що приварюються крізь метал настилу до

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

головних балок, на які встановлений СПН. Ці стрижневі анкери (або гнучкі упори) із висадженими голівками приварюються напівавтоматичним дугоконтактним електрозварюванням за допомогою зварювального пістолета [4].

Даний спосіб опорного анкерування настилу є можливим лише у випадку установки СПН на металеві балки; у випадку зведення споруди (наприклад, моста) із залізобетонними головними балками застосувати його із зрозумілих причин є неможливим. Для мостового будівництва це суттєвий недолік, оскільки мости із залізобетонними головними балками (переважно малих та середніх прогонів) в Україні є переважаючими – 91,5 % від загальної кількості експлуатованих на магістральних та місцевих автомобільних дорогах [10]; ця цифра приблизно корелюється із об'єктами нового будівництва.

Ще одним недоліком застосування приварюваних анкерів є потреба в наявності специфічного електрозварювального обладнання та залучення до виконання робіт кваліфікованих виконавців – електрозварювальників. Застосування інших способів опорного анкерування профільованого настилу дозволило б уникнути цих недоліків та розширити сферу застосування профільованого настилу як НО та РА монолітних залізобетонних плит в цілому та ППЧ мостів зокрема. З цією метою було прийнято рішення дослідити можливість заміни приварних опорних анкерів болтовими.

Дане рішення стало еволюційним розвитком винаходів автора, що отримав патенти на дві корисні моделі по способу фіксації [6] та анкерування [7] СПН у монолітних плитах, влаштованих по залізобетонних балках. У обох випадках вирішувалась задача фіксації настилу, встановленого на залізобетонні балки, за допомогою болтів, що після загвинчування притискають СПН своїми голівками та шайбами до головної балки. Був запропонований спосіб опорного анкерування настилу за допомогою болтових з'єднань: болт із заздалегідь нагвинченою гайкою з шайбою вставляється у отвір, висвердлений в нижній полиці настилу, вкручується в опорну поверхню (у різьбу, висвердлену в металевій балці чи в металевий дюбель, вставлений у глухий отвір в залізобетонній балці), після чого СПН притискається до опорної поверхні шайбою з вигвинченою гайкою. Цей спосіб опорного анкерування є більш універсальним, оскільки може бути застосова-

ним при встановленні СПН як на металеві, так і на залізобетонні головні балки прогонової будови.

## Мета роботи

Зважаючи на відсутність досліджень роботи монолітних плит із болтовим опорним анкеруванням настилу, автором була визначена мета: експериментальним чином встановити ефективність опорного анкерування болтовими з'єднаннями сталевого профільованого настилу у монолітних залізобетонних плитах.

## Методика виконання досліджень

Для виконання поставлених задач у індивідуальній опалубці були виготовлені дослідні зразки-близнюки (рис. 1), що моделюють натурні плити проїзної частини; вони отримали назву «серія ПН».

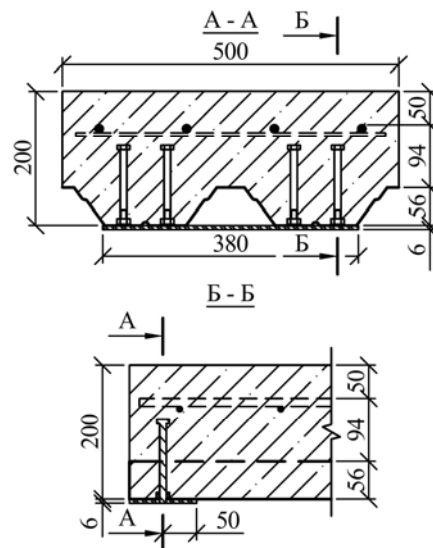


Рис. 1. Перерізи зразка серії ПН

Незмінною опалубкою та робочою арматурою дослідних зразків є гладкий сталевий профільований настил Т57 компанії «Прушинські»; двогрові елементи настилу встановлювались кінцями на сталеві пластини 380×100×6 мм, що імітували верхні полиці головних балок прогонової будови та виконували роль опорних пластин під час випробувань. У опорних зонах нижнього поясу настилу висвердлювались отвори Ø11 мм, в які вставлялись болти М10 із нагвинченими гайками з шайбами; болти загвинчувались у отвори з метричною різьбою, влаштовані в металевих пластинах. Профільований настил

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

притискався до опорних пластин через шайби за допомогою вигвинчених вниз до упору гайок.

Зразки довжиною 1,5 м, висотою 0,2 м та шириною 0,5 м були виготовлені із важкого бетону лабораторного виготовлення, що готувався окремими замісами у вертикальному примусовому бетонозмішувачі з верхнім розташуванням моторедуктора та після укладки в опалубку ущільнювався за допомогою глибокого вібратора; кубикова міцність бетону за результатами випробувань контрольних зразків (кубів) відповідає класу В50. В верхній зоні кожного зразка розташована в'язана арматурна сітка 4Ø12A500C–130/10Ø8A500C–150 1,47×0,46 м із захисним шаром 5 см, що моделює верхню робочу арматуру плити проїзної частини. Стрижнева арматура у нижній зоні зразків відсутня – роль робочої арматури зразків виконував профільований настил.

Випробування зразків проводилось стендовим способом за схемою чистого згину з робочим прогоном зразків 1,4 м (рис. 2).

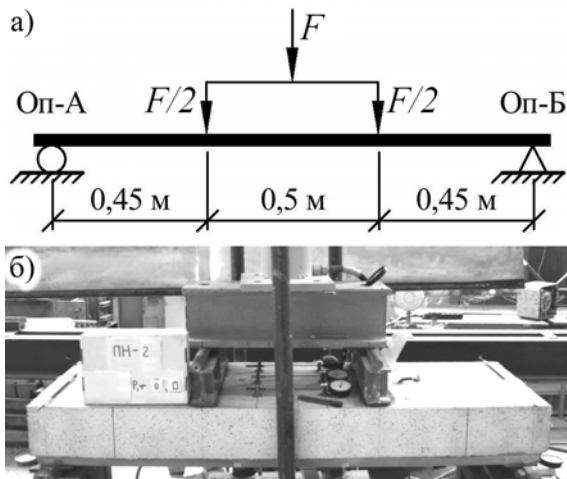


Рис. 2. Випробування дослідних зразків:  
а – статична схема випробування; б – загальний вигляд зразка ПН-2 у випробувальному стенді

Покрокове навантаження зразків здійснювалось за допомогою гідравлічного домкрата; зусилля  $F$ , створюване ним, було взяте за основний параметр навантаженості зразків, і контролювалось за допомогою манометра маслостанції та тарованого кільцевого динамометра в складі випробувального стенду. Зусилля від домкрата передавалось 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.

Орієнтовна несуча здатність зразків серії ПН (при допущенні, що замість болтових опорних анкерів застосовувались приварні) була визначена згідно з [5]: по згинальному моменту вона становить 9,92 кНм. Згідно з прийнятою статичною схемою випробувань це відповідає 44,09 кН, створюваних гідравлічним домкратом. Фактичну несучу здатність зразків серії ПН та, відповідно, ефективність застосованого болтового анкерування СПН слід було встановити експериментально.

## Результати проведених досліджень

Зразки випробовувались поступово збільшуваним статичним навантаженням із кроком +5 кН для ПН-1 та +10 кН для ПН-2 з часовою витримкою 5-7 хвилин на кожному кроці. Під час перших привантажень зразків спостерігалось незначне рівномірне зростання прогинів (за допомогою прогиномірів ПАО-6 визначались прогини верхньої грані зразків), що свідчило про включення СПН в сумісну роботу з бетоном зразків.

По досягненню рівня навантаження 65 кН для ПН-1 та 70 кН для ПН-2 відбулась втрата несучої здатності зразків – посередині прогону розкрились перші вертикальні тріщини, що досягли по висоті рівня розташування верхніх арматурних сіток. Перша тріщина у зразку ПН-1 (рис. 3) розкрилась зі зміщенням на 7...10 см відносно середини прогону в сторону опори А; у зразку ПН-2 (рис. 4) перша тріщина розкрилась зі зміщенням на 3...5 см відносно середини прогону в сторону опори Б.

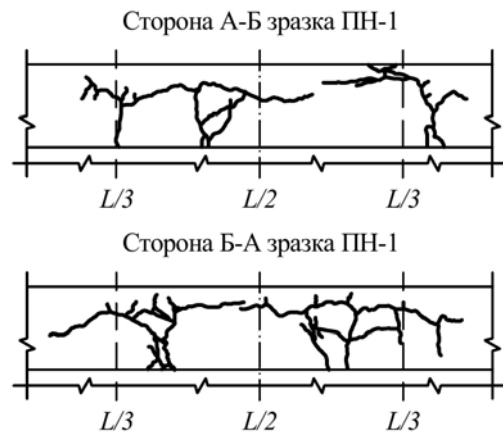


Рис. 3. Характер тріщиноутворення у зразку ПН-1

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Розкриття тріщин супроводжувалось тріском бетону, відшаровуванням настилу від бетону зразка та просковзуванням його відносно торців зразків, різким зростанням прогинів та зменшенням показів кільцевого динамометра та манометра маслостанції через падіння тиску в маслоконтурі.

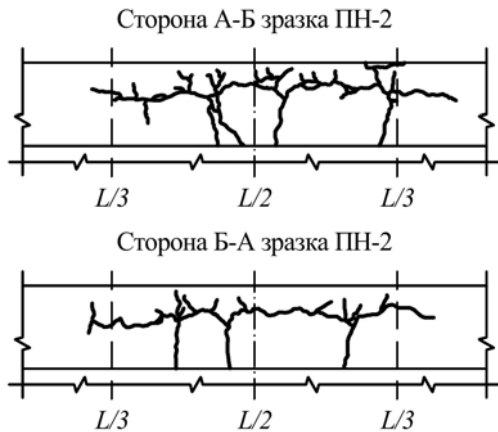


Рис. 4. Характер тріщиноутворення у зразку ПН-2

Усі вертикальні тріщини, що утворювались у досліджуваних зразках в подальшому, зупинялись в розвитку після доходження до рівня залягання верхньої арматурної сітки, та зі збільшенням навантаження на зразки розходилися радіально в сторони. У зразку ПН-1 друга вер-

тикальна тріщина розкрилась при досягненні рівня навантаження 120 кН; при подальшому збільшенні навантаження обидві тріщини розходились радіально, при цьому перед руйнуванням зразка ліва радіальна гілка зразка ПН-1 пішла вниз, утворивши вертикальну тріщину в третині прогону з боку опори А.

У зразку ПН-2 друга вертикальна тріщина розкрилась зі зміщенням на 10-15 см відносно центру прогону в сторону опори А при досягненні рівня навантаження 110 кН, сполучившись із радіальними гілками першої тріщини. При досягненні рівня навантаження 140 кН поблизу третини прогону з боку опори А розкрилась третя вертикальна тріщина.

Аналіз отриманих від прогиномірів даних показав, що з початку випробувань досліджуваних зразків та до втрати несучої здатності зростання прогинів відбувалось лінійно, що вказує на хорошу спільну роботу бетону плити та сталевого профільованого настилу; лінійність зростання прогинів спостерігалась навіть після втрати несучої здатності; при цьому розкриття нових тріщин (як першої, внаслідок чого відбувалась втрата несучої здатності, так і наступних) пропорційно збільшувало амплітуду наростання прогинів (рис. 5).

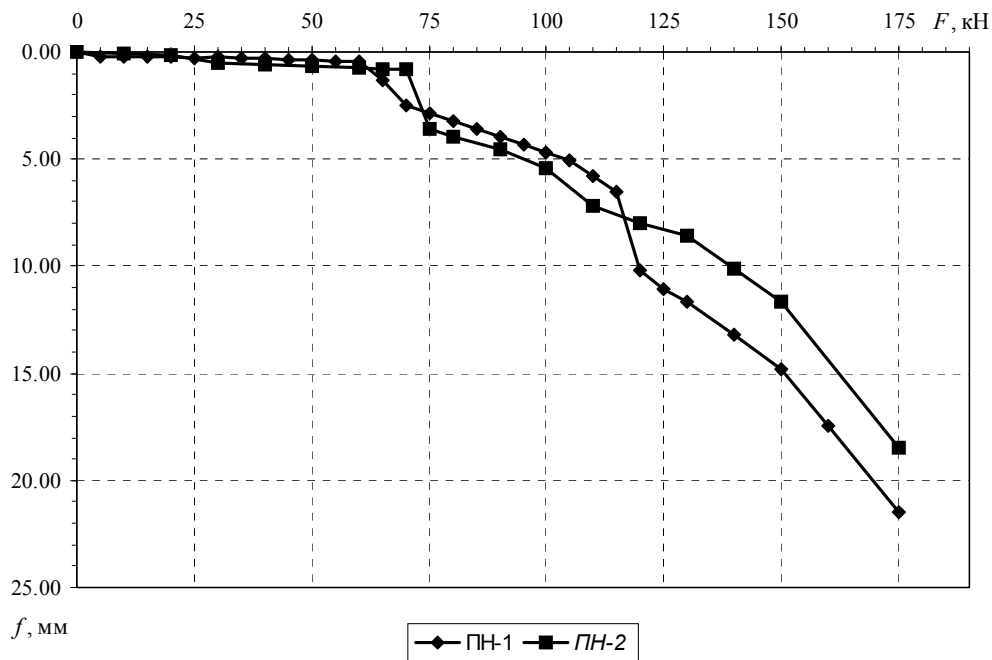


Рис. 5. Прогини зразків ПН-1 та ПН-2

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Після розкриття перших вертикальних тріщин відбулось відшарування СПН від бетону плити, що було помітно візуально. Подальше привантаження зразків супроводжувалось просковзуванням настилу відносно бетону зразків, що свідчить про поступову втрату міцності опорного анкерування – розрив сталевого профільованого настилу у зоні анкерування.

Руйнування зразків ПН-1 та ПН-2 наступило при досягненні рівня навантаження 175 кН. Це супроводжувалось різким наростанням прогинів, спершу неможливістю перевищити вказані рівні навантаження, а далі – повільним падінням показів манометра маслостанції та кільцевого динамометра, появою тріщин на верхніх гранях зразків та незначним випучуванням верхніх полиць СПН в зоні розкриття центральних тріщин, руйнуванням стиснутої зони бетону плит: тріщини в полицях зразків перевищили рівень розташування верхніх арматурних каркасів, на поверхні горизонтальних граней плит з'явилась сітка силових тріщин.

**Наукова новизна та практична значимість**

В ході стендових випробувань дослідних зразків, що моделюють фрагменти монолітної плити проїзної частини моста, армованої сталевим профільованим настилом із опорним анкеруванням болтовими з'єднаннями, були отримані дані про високу несучу здатність таких зразків. Фактично це свідчить про те, що несуча здатність монолітних залізобетонних плит із болтовим опорним анкеруванням СПН при дії статичного навантаження є співставною із плитами з приварним опорним анкеруванням. Описаний характер тріщиноутворення, роботи та руйнування зразків при дії статичного навантаження. Практична значимість отриманих результатів полягає в експериментальному підтвердженні можливості та перспективності застосування болтового анкерування профільованого настилу при використанні СПН у мостовому будівництві як незнімної опалубки та робочої арматури плит проїзної частини.

**Висновки**

За результатами випробувань досліджуваних зразків було зроблені такі висновки:

1. Фактична несуча здатність зразків серії ПН дещо перевищує визначену аналітично несучу здатність зразків (при допущенні, що за-

мість болтових опорних анкерів застосовувались приварні). Можна припустити, що несуча здатність монолітних залізобетонних плит із болтовим опорним анкеруванням СПН при дії статичного навантаження є співставною із плитами з приварним опорним анкеруванням; перевищення фактичної несучої здатності над аналітичною може бути зумовлена належною якістю виготовлення зразків, досягнутою в лабораторних умовах, та високими фізико-механічними властивостями бетону лабораторного виготовлення.

2. Застосування болтового опорного анкерування профільованого настилу у бетоні плити є ефективним, оскільки забезпечило належну несучу здатність досліджуваних зразків.

3. У всіх зразках сталевий профільований настил був включений у спільну роботу з бетоном плит до втрати несучої здатності.

4. Випробування засвідчили значну «живучість» зразків – міцності болтового опорного анкерування сталевого профільованого настилу виявилось достатньо, щоби запобігти прогресуючому обваленню зразків після втрати несучої здатності та руйнування зразків.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Коваль, М. П. Перспективи застосування сталевих профільованих настилів для влаштування плит проїзної частини автодорожніх мостів [Текст] / М. П. Коваль // Збірник наукових праць (галузевого машинобудування, будівництва) ПолтНТУ. – Полтава, 2012. – Вип. 3 (33). – С. 100-106.
2. Кожушко, В. П. Применение профнастила при реконструкции и ремонте малых мостов [Текст] / В. П. Кожушко, С. Н. Краснов, Е. С. Краснова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 39. – С. 83-86.
3. Лапенко, О. І. Залізобетонні конструкції з робочим армуванням незнімною опалубкою [Текст] : монографія / О. І. Лапенко. – Полтава : ТОВ «АСМІ», 2009. – 328 с.
4. Марочка, В. В. Використання гнучких анкерів з висадженою головкою при виробництві закладних виробів [Текст] / В. В. Марочка, П. О. Бадюл // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2013. – Вип. 4. – С. 37-41.
5. Методичні рекомендації з розрахунку плит проїзної частини мостів із сталевим профільованим настилом : МР В.2.2-02070915-831:2013. – Київ, 2013. – 95 с.
6. Пат. 81364 Україна, МПК (2013.01) E04C 2/00, E01D 19/00. Спосіб фіксації незнімної опалубки

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- зі сталевго профільованого настилу для монолітної залізобетонної плити, влаштованої по залізобетонних балках, за допомогою розпірних з'єднань [Текст] / Коваль М. П. (Україна); заявник та патентовласник Національний транспортний університет. – № у 201300888; заявл. 25.01.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. – 8 с.
7. Пат. 85139 Україна, МПК (2013.01) E04C 2/00, E01D 19/00. Спосіб анкерування сталевго профільованого настилу у монолітних залізобетонних плитах, влаштованих по залізобетонних балках, за допомогою розпірних та зварних з'єднань [Текст] / Коваль М. П. (Україна); заявник та патентовласник Національний транспортний університет. – № у 201306234; заявл. 20.05.2013; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21. – 7 с.
  8. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – Надано чинності 2007-02-01. – Київ: Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.
  9. Стороженко, Л. І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: монографія [Текст] / Л. І. Стороженко, О. І. Лапенко. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2008. – 312 с.
  10. Експлуатація і реконструкція мостів: підручник [Текст] / Н. Є. Страхова, В. О. Голубев, П. М. Ковальов, В. В. Тодіріка. – Київ: Вид-во Нац. транспорт. ун-ту, 2002. – 403 с.
  11. Biegus A. Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych według eurokodu / Antoni Biegus // – Wrocław: Politechnika Wroclawska, wydział budownictwa lądowego i wodnego, 2012 – 66 s.
  12. Budescu M. Theoretical and Experimental Studies of a Class of Steel Roof Profiles / M. Budescu, I. Ciongradi, O. Rogca // Computational civil engineering – 2004 / ed.: Fideliu Phulei-Crhiniceanu, Constantin Ionescu, Horia Barbat. – Iagi: Editura Societhii Academice Matei-Teiu Botez, 2005. – pp. 155 – 165.
  13. Eurocode 4. Common Unified Rules for Composite Steel and concrete Structures. – European Committee for Standardisation. (CEN) ENV. 1994 – I-1:1992. – 180 p.
  14. Lawson R.M. Design of Composite Slabs and Beams with Steel Decking / R. M. Lawson // – SCI, Ascot, Berkshire, 1989. – 124 p.
  15. Nelson. Standardkatalog Bolzenschweißen. – Gevelsberg, Nelson Bolzenschweiß-Nechnik GmbH & Co. KG. – 2001. – 35 s.
  16. United States Pat. 6578343, Int. C1.7 E04C 2/32; E04B 5/04; E04B 5/00; E04F 13/04; E01D 19/12. Reinforced concrete deck structure for bridges and method of making same / Fred Dumler, Richard L. Lawrence (United States, Pipe Service, Inc).

М. П. КОВАЛЬ\*

\* Кафедра аеропортів, Національний транспортний університет, ул. Суворова, 1, Київ, Україна, 01010, тел.: +38 (050) 132 44 14, ел. почта m\_koval@meta.ua

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПОРНОЙ АНКЕРОВКИ БОЛТОВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ СТАЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА В МОНОЛИТНЫХ ПЛИТАХ

**Цель.** Определение возможности применения болтовых соединений для опорной анкеровки стального профилированного настила в монолитных железобетонных плитах с помощью стендовых испытаний опытных образцов при действии статической нагрузки. **Методика.** Для достижения поставленной цели были изготовлены опытные образцы, моделирующие фрагменты плит проезжей части мостов – монолитные плиты, армированные стальным профилированным настилом с болтовой опорной анкеровкой. Опытные образцы были испытаны стендовым способом по схеме чистого изгиба при действии статической нагрузки. **Результаты.** В ходе стендовых испытаний экспериментально установлена несущая способность монолитных плит, армированных стальным профилированным настилом с болтовой опорной анкеровкой, которая сравнима с несущей способностью монолитных плит с приварной опорной анкеровкой профилированного настила. Сделан вывод о непосредственном влиянии профилированного настила на живучесть образцов в следствии предотвращения прогрессирующего обваливания. **Научная новизна.** В ходе стендовых испытаний опытных образцов были получены данные об их несущей способности, описан характер трещинообразования, работы и разрушения образцов при действии статической нагрузки. **Практическая значимость.** Получено экспериментальное подтверждение возможности и перспективности применения болтовой анкеровки профилированного настила при его использовании в мостовом строительстве как несъемной опалубки и рабочей арматуры плит проезжей части.

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

M. P. KOVAL\*

\* Department of Airports, National Transport University, 1 Suvorova st., Kyiv, Ukraine, 01010, tel. +38 (050) 132 44 14, e-mail m\_koval@meta.ua

## EFFICIENCY OF CORRUGATED STEEL DECKING BEARING ANCHORING BY BOLTED CONNECTIONS IN MONOLITHIC CONCRETE SLABS

**Purpose.** Exploring by monolithic concrete slabs tests under static load of the possibility of corrugated steel decking bearing anchoring by bolted connections. **Methodology.** Test specimens were manufactured: fragment models of monolithic concrete bridge deck slabs with external reinforcement by corrugated steel decking with bearing anchoring by bolted connections. Specimens were tested under pure bending scheme by static load. **Findings.** During the tests carrying capacity of monolithic concrete slabs, reinforced by corrugated steel decking with bolted bearing anchoring, was determined; determined carrying capacity is comparable with such capacity of slabs with welded bearing anchoring. After the tests was made a conclusion that corrugated steel decking affects on the survivability of samples by preventing the progressive collapse of specimens. **Originality.** During the laboratory tests data of carrying capacity of specimens was received, nature of crack formation, features of work and destruction of specimens were described. **Practical value.** The experimental confirmation the possibilities and perceptivity of steel decking's bearing bolted anchoring appliance in bridge building were obtained.

**Keywords:** bridge deck slab; corrugated steel decking; external reinforcement; non-removable formwork; static load

### REFERENCES

1. Koval M. P. Perspektyvy zastosuvannya stalevykh profilovanykh nastyliv dlia vlashtuvannia plyt proiznoi chastyny avtodorozhnykh mostiv [Perspectives of usage of corrugated steel decking in roadway bridge deck slabs building]. *Zbirnyk naukovykh prats (galuzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)* [Collection of scientific papers (sectoral mechanical engineering, building)], 2012, issue 3 (33), pp. 100-106.
2. Kozhushko V. P., Krasnov S. N., Krasnova E. S. Primenenie profnastila pri rekonstrukcii i remonte malykh mostov [Usage of corrugated steel decking in reconstruction and repair of small bridges]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 39, pp. 83-86.
3. Lapenko O. I. Zalizobetonni konstrukcii z robochym armuvanniam neznimnoiu opalubkoiu [Reinforced concrete structures with non-removable formwork reinforcement]. *Poltava, ASMI Publ.*, 2009. 328 p.
4. Marochka V. V. Vykorystannia hnuchkykh ankeriv z vysadzhenoiu holovkoiu pry vyrobnytstvi zakladnykh vyrobiv [The use of concrete anchors in the production of anchor plates]. *Mosty ta tuneli: teorija, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2013, issue 4, pp. 37-41.
5. MR V.2.2-02070915-831:2013. Metodychni rekomendacii z rozrakhunku plyt proiznoi chastyny mostiv iz stalevym profilovanykh nastylom [Guidelines V.2.2-02070915-831:2013. Guidelines for calculation of bridge deck slabs with corrugated steel decking]. Kyiv, 2013. 95 p.
6. Koval M. P. *Sposib fiksatsii neznimnoi opalubky zi stalevogo profilovanogo nastylu dlia monolitnoi zalizobetonnoi plyty, vlashtovanoi po zalizobetonnykh balkakh, za dopomogoiu rozpirnykh ziednan* [Method of fixation of corrugated steel decking, which acts as non-removable formwork in monolithic concrete slab placed on concrete beams, by expansion connections.] Patent UA, no 201300888, 2013.
7. Koval M. P. *Sposib ankeruvannia stalevogo profilovanogo nastylu u monolitnykh zalizobetonnykh plytakh, vlashtovanykh po zalizobetonnykh balkakh, za dopomogoiu rozpirnykh ta zvarnykh ziednan* [Method of corrugated steel decking anchoring in monolithic concrete slabs, placed on concrete beams, by expansion and welded connections] Patent UA, no u 201306234, 2013.
8. *DBN V.2.3-14-2006. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia* [State Standard V.2.3-14-2006. Transport constructions. Bridges and pipes. Design rule]. Kyiv, Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury i zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Publ., 2006. 359 p.
9. Storozhenko L. *Zalizobetonni konstrukcii v neznimniy opalubtsi* [Reinforced concrete constructions in non-removable formwork]. Poltava, ASMI Publ., 2008. 312 p.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

---

10. Strakhova N., Golubev V., Kovalov P., Todirika V. *Ekspluatacia i rekonstrukcia mostiv* [Exploitation and reconstruction of bridges]. Kyiv, National Transport University Publ., 2002. 403 p.
11. Biegus A. *Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych wedlug eurokodu*. Wrocław: Politechnika Wroclawska, wydział budownictwa lądowego i wodnego, 2012. 66 s.
12. Budescu M., Ciongradi I, Rogca O. *Theoretical and Experimental Studies of a Class of Steel Roof Profiles*. Computational civil engineering, 2004. Iagi: Editura Societhii Academice Matei-Teiu Botez, 2005, p. 155 – 165.
13. Eurocode 4. *Common Unified Rules for Composite Steel and concrete Structures*. European Committee for Standartisation. (CEN) ENV. 1994, I-1:1992. 180 p.
14. Lawson R.M. *Design of Composite Slabs and Beams with Steel Decking*. SCI, Ascot, Berkshire, 1989. 124 p.
15. Nelson. *Standardkatalog Bolzenschweißen*. Gevelsberg, Nelson Bolzenschweiß-Nechnik GmbH & Co. KG, 2001. 35 s.
16. United States Pat. 6578343, Int. C1.7 E04C 2/32; E04B 5/04; E04B 5/00; E04F 13/04; E01D 19/12. *Reinforced concrete deck structure for bridges and method of making same* / Fred Dumler, Richard L. Lawrence (United States, Pipe Service, Inc).

*Стаття рекомендована до публікації д. т. н., проф. С. В. Прохоренком (Україна), д.т.н., проф. М. І. Нетесою (Україна).*

Надійшла до редколегії 08.09.2016.

Прийнята до друку 26.12.2016.