

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОГОНОВОГО АНКЕРУВАННЯ
БОЛТОВИМИ З'ЄДНАННЯМИ
СТАЛЕВОГО ПРОФІЛЬОВАНОГО НАСТИЛУ
У МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТАХ**

М.П.Коваль, с. н. с.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Вступ. Сталевий профільований настил (СПН) набув широкого застосування у промисловому та цивільному будівництві як незнімна опалубка та робоча арматура монолітних залізобетонних плит перекриттів [1, 2], що дозволяє відмовитись від використання інвентарної опалубки та підтримуючих конструкцій, знизити тривалість, працездатність та вартість будівельних робіт. Ці чинники є актуальними також і для транспортного будівництва – діючі норми [3] 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) пов'язане із низкою складнощів, уникнути яких дозволяє використання незнімної опалубки ППЧ. Прикладом теоретичної проробки цього питання є плитна прогонова будова автодорожнього моста оригінальної конструкції, розроблена в ХНАДУ [4]; в Україні збудовано три мости з незнімною опалубкою плити проїзної частини із СПН [5], які експлуатуються більше 8 років. Ведеться будівництво моста та шляхопроводу із плитами проїзної частини із СПН на автодорозі Київ-Харків (рис. 1).

Постановка задачі. Для застосування незнімної опалубки із СПН як робочої арматури монолітних залізобетонних плит необхідно забезпечити його спільну роботу з бетоном плити, що досягається за допомогою анкерування СПН – опорного (найчастіше за допомогою приварних анкерів типу Nelson [6], що приварюються крізь метал настилу до головних балок, на які встановлений СПН) та прогонового, оскільки для найбільш ефективної сумісної роботи зв'язок профільованого настилу з бетоном повинен бути забезпечений по всій довжині контакту. Найбільш поширеним способом прогонового анкерування є влаштування на поверхні СПН рифів чи виштамповок різної форми та

розміщення – круглих, прямокутних, зигзагоподібних, проте застосовуються і інші способи та засоби.



Рис. 1. Споруджувані міст (зліва) та шляхопровід (справа) із ППЧ зі СПН на автомобільній дорозі Київ-Харків

Мета роботи – розробити спосіб прогонового анкерування СПН у бетонні плити та експериментально дослідити його вплив на роботу монолітних залізобетонних плит, армованих сталевим профільованим настилом.

Опис розробленого способу, дослідних зразків та методики випробувань. Автором був запропонований спосіб прогонового анкерування СПН у монолітному бетоні, що полягає в наступному: у полицях настилу з певним кроком висвердлюються отвори, у які вставляються болти, діаметр яких дорівнює діаметру отворів. За допомогою нагвинчування на болти гайок, якими затискається метал настилу, болти надійно фіксуються на СПН, а вільні частини болтів після бетонування плити опиняються в тілі бетонного масиву, виконуючи роль стрижневих анкерів. Наукова новизна розробленого способу підтверджена отриманим патентом на корисну модель [7].

Для експериментального дослідження ефективності розробленого способу прогонового анкерування СПН були виготовлені дослідні зразки, що моделюють фрагменти натурних плит проїзної частини – серія ПНБ, що складалась із двох плит-близнюків (рис. 2). Незнімною опалубкою дослідних зразків був гладкий сталевий профільований настил Т57 компанії "Прушинські"; двоугофрові елементи настилу встановлювались кінцями на сталеві пластини $380 \times 100 \times 6$, до яких за допомогою напівавтоматичного дугоконтактного зварювання крізь метал настилу приварювали стержневі анкери "Nelson". Сталеві пластини моделювали верхні полиці головних балок прогонової будови та виконували роль опорних пластин під час випробувань.

Зразки (рис. 3, б) довжиною 1,5 м, висотою 0,2 м та шириною 0,5 м були виготовлені із важкого бетону заводського виготовлення, міцність якого по результатах випробувань контрольних зразків відповідає класу В50. В верхній зоні кожного зразка розташована в'язана арматурна сітка 4Ø12А500С-130/10Ø8А500С-150 1,47×0,46 м із захисним шаром 5 см, що моделює верхню робочу арматуру плити проїзної частини. Стержнева арматура у нижній зоні зразків відсутня, нижньою робочою арматурою плити служить СПН.

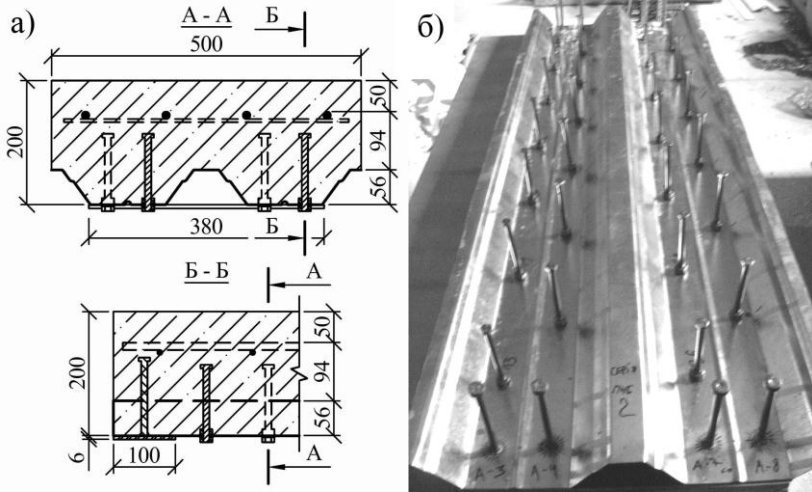


Рис. 2. Перерізи плити серії ПНБ (а); вид на елемент настилу Т57 із приварними опорними та болтовими прогоновими анкерами (б).

Прогонове анкерування зразків серії ПНБ було забезпечене тим, що в широких полицях СПН у шаховому порядку з кроком по осі 200 мм висвердлювались отвори Ø11 мм, у який вставлялись болти М10 та фіксувались зверху і знизу полиці настилу за допомогою нагвинчених гайок з шайбами.

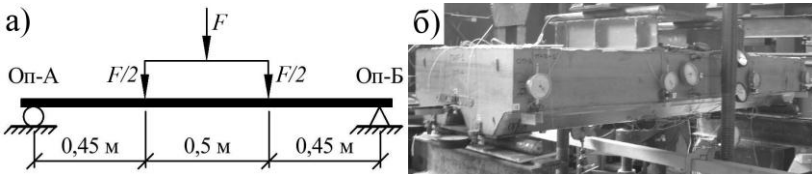


Рис. 3. Статична схема випробувань зразків (а) та зразок ПНБ-1 у випробувальному стенді (б)

Випробування зразків проводилось стендовим способом за схемою чистого згину з робочим прогоном зразків 1,4 м (рис. 3, а). 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.

Випробування дослідних зразків. Для дослідження ефективності болтового прогонового анкерування настилу поряд з зразками серії ПНБ випробовувалась серія зразків ПНГ [8] – конструктивно тотожна, вона відрізнялась лише відсутністю прогонового анкерування. Аналітично визначена несна здатність дослідних зразків серії ПНГ по згинальному моменту становила 9,92 кНм, що згідно з прийнятою статичною схемою випробувань це відповідає $F = 44,09$ кН, створюваних гідравлічним домкратом, що узгоджується з експериментальними даними: усереднене експериментально визначене зусилля втрати несної здатності для зразків серії ПНГ становило 47,5 кН. Повне руйнування зразків цієї серії відбулось при досягненні рівня навантаження 135 кН для ПНГ-1 та 125 кН для ПНГ-2.

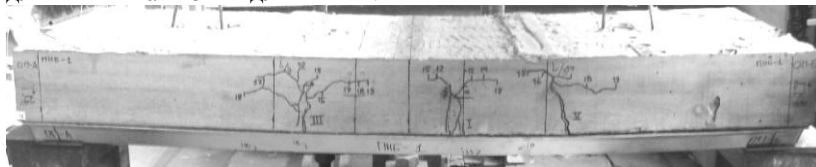


Рис. 4. Вид на сторону А-Б випробуваної плити ПНБ-1

Зразки серії ПНБ випробовувались поступово збільшуваним статичним навантаженням із кроком +20 кН для ПНБ-1 та +10 кН для ПНБ-2 з часовою витримкою 5-7 хвилин на кожному кроці. Під час перших привантажень плит 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 плити. По досягненню рівня навантаження 60 кН для обох зразків відбулась втрата несної здатності – в зоні дії максимального згинального моменту поблизу середини прогону кожного зразка розкривалась вертикальна тріщина, що досягала рівня розташування верхньої арматурної сітки. Це супроводжувалось відшаруванням СПН від бетону плити та різким зростанням прогинів та

зменшенням показів кільцевого динамометра та манометра масло-станції через падіння тиску в маслоконтурі. Усі вертикальні тріщини, що утворювались у досліджуваних зразках, зупинялись в розвитку після доходження до рівня залягання верхньої арматурної сітки, та розходилися радіально в сторони; зі збільшенням навантаження на зразки радіальні тріщини продовжували розповсюджуватись горизонтально, при цьому розкривались додаткові вертикальні тріщини (рис. 4).

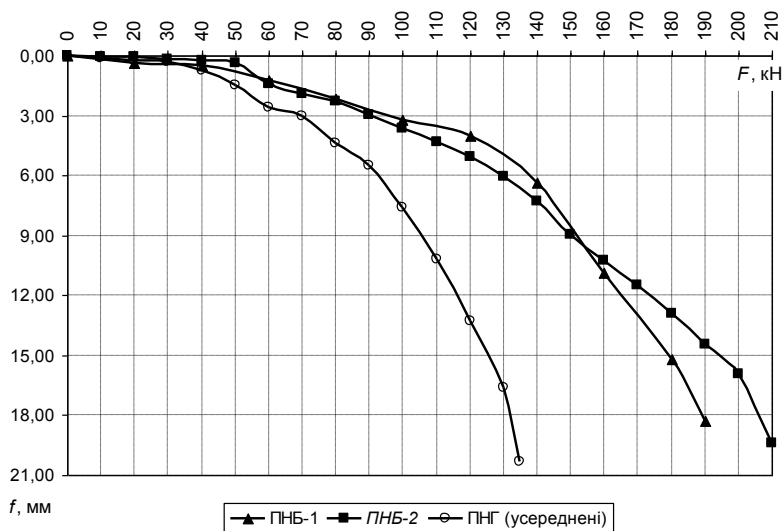


Рис. 5. Прогини зразків ПНБ-1 та ПНБ-2 у порівнянні з усередненими прогинами зразків серії ПНГ

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

Руйнування плит ПНБ-1 та ПНБ-2 наступило при досягненні рівня навантаження 195 кН для ПНБ-1 та 210 кН для ПНБ-2. Це супроводжувалось руйнуванням стиснутої зони бетону плит: тріщини в полицях плит (рис. 6) перевищили рівень розташування верхніх арматурних каркасів, на поверхні горизонтальних граней плит з'явилися силові

тріщини; спостерігалось різке наростання прогинів, спершу неможливість перевищити вказані рівні навантаження, а далі – повільне падіння показів манометра маслостанції та кільцевого динамометра. Також було зафіксоване незначне випучування верхніх полиць СПН в зоні розкриття центральних тріщин.

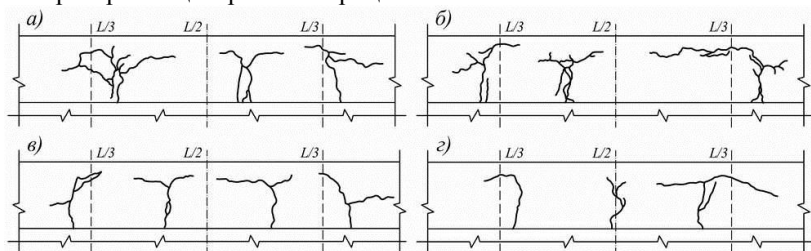


Рис. 6. Характер тріщиноутворення на стороні А-Б (а) та Б-А (б) зразка ПНБ-1 і на стороні А-Б (в) та Б-А (г) зразка ПНБ-2

Висновки. За результатами випробувань досліджуваних зразків було зроблені такі висновки:

1. Розроблений автором спосіб прогонового анкерування сталевго профільованого настилу у монолітних залізобетонних плитах є ефективним.

2. Експериментально підтверджено, що наявність болтового прогонового анкерування СПН підвищує несну здатність залізобетонних плит зі сталевим профільованим настилом – несна здатність зразків серії ПНБ на 26% перевищує несну здатність аналогічних плит без прогонового анкерування. Крім того, руйнівне зусилля для зразків серії ПНБ виявилось на 56% більшим, ніж для зразків серії ПНГ.

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

4. Застосування болтового прогонового анкерування суттєво зменшило деформативність сталезалізобетонних плит, що стало особливо помітно після втрати плитами несної здатності: усереднена різниця навантаження, створюваного домкратом, при досягненні однакових значень прогинів складала від 10 кН (після втрати несної здатності) до 65 кН (перед руйнуванням зразків).

5. Випробування засвідчили значну "живучість" зразків – міцності анкерування сталевго профільованого настилу виявилось достатньо, щоби запобігти прогресуючому обваленню зразків після втрати несної здатності та при руйнуванні; крім того, руйнівне зусилля виявилось більш ніж втричі вищим за зусилля втрати несної здатності.

6. Для досконалішого вивчення роботи сталезалізобетонних плит із болтовим прогоновим анкеруванням сталевого профільованого настилу необхідно експериментально дослідити роботу таких плит при наявності стрижневої арматури у розтягнутій зоні (в гофрах настилу та нижній зоні плити).

Summary

The results of testing of monolithic reinforced concrete slabs with corrugated steel decking T57, which plays the role of non-removable formwork and external reinforcement with new span anchoring type, under static loads are shown. Conclusion about the efficiency of the proposed span anchoring type is made.

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 / Олександр Іванович 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 господарства, 2006. – 359 с. – (Державні будівельні норми України).

4. Кожушко В. П. Применение профнастила при реконструкции и ремонте малых мостов / В. П. Кожушко, С. Н. Краснов, Е. С. Краснова // Вісн. Д. нац. ун-ту залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 39 – с. 83 – 86.

5. 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.

6. Nelson. Standardkatalog Bolzenschweißen. – Gevelsberg, Nelson Bolzenschweiß-Technik GmbH & Co. KG. – 2001. – 35 s.

7. Пат. 81365 Україна, МПК (2013.01) E04C 2/00, E01D 19/00. Спосіб анкерування сталевого профільованого настилу у монолітних залізобетонних плитах / Коваль М. П. (Україна, НТУ) – №u201300889; Заявлено 25.01.2013; Опубл. 25.06.2013, Бюл. №12. – 3 с.

8. Коваль М. П. Випробування монолітних плит, армованих сталевим профільованим настилом без прогонового анкерування та із прогоновим анкеруванням базальтопластиковими стрижнями / Коваль М. П. // Бетон и железобетон в Украине. – 2015. – №2(84). – с. 19 – 25.