

1. Чихладзе Э.Д., Арслаханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов на прочность при внецентренном сжатии и изгибе // Вопросы обеспечения экономичности и эксплуатационной надежности конструкций транспортных сооружений (межвузовский сборник научных трудов). – Вып. 21. – Харьков: ХИИТ, 1993. – С. 23–35. 2. Вахненко П.Ф., Клименко В.И., Торяник М.С. Исследования деформативности кососжимаемых железобетонных элементов прямоугольного сечения // Строительные конструкции. – 1997. – Вып. 130. – С. 90–96. 3. Вахненко П.Ф., Клименко В.И. Некоторые вопросы жесткости кососжимаемых железобетонных элементов // Строительные конструкции. – 1975. – Вып. 26. – С. 14–19. 4. Шагин А.Л. Об оценке работы бетона в условиях сложного напряженного состояния // Реализация региональной комплексной научно-технической целевой программы “Бетон” // Тез. докл. обл. конф. – Харьков, 1983. – С. 28–30. 5. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении // Бетон и железобетон. – 1985. – № 10. – С. 35–37. 6. Гайдук Е.Н. Напряженно-деформированное состояние и расчет несущей способности сталебетонных элементов, работающих на внецентренное сжатие и изгиб: Дис. канд. техн. наук: 05.23.01., кн № 011741от 28 мая 1996. – Харьков, 1996. – 134 с.

УДК 624.21.095.32

М.П. Коваль

Національний транспортний університет, м. Київ
кафедра опору матеріалів

ВИПРОБУВАННЯ ПЛИТИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ ІЗ ЗОВНІШНІМ АРМУВАННЯМ АВТОДОРОЖНЬОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОСТА

© Коваль М.П., 2010

Здійснено випробування монолітної залізобетонної плити проїзної частини автодорожнього моста із незнімною опалубкою з металевого профільованого настилу. Статичними випробуваннями плити завантаженим баластом автомобілем встановлено, що металевий профільований настил включився у сумісну роботу з бетоном і працює як зовнішня арматура. Прийнята конструкція плити проїзної частини моста має достатню міцність, жорсткість і тріщиностійкість для сприйняття нормованих тимчасових навантажень.

Ключові слова: плита проїзної частини, профільований настил, зовнішня арматура, міцність, жорсткість і тріщиностійкість

Testing of bridge deck slab with reinforcement by a profiled metal floor are considered. By static test of a deck slab it has been established, that profiled metal floor works as external armature. The accepted design of a plate possesses sufficient strength, rigidity and crack resistance for perception of temporary loads.

Keywords: deck slab, metal floor, external armature, strength, rigidity and crack resistance.

Постановка проблеми. До плити проїзної частини автодорожніх мостів останнім часом ставляться підвищені вимоги. Так, у нових нормах з проектування мостів [1] плиту дозволяється влаштовувати тільки із монолітного залізобетону, обмежується мінімальна товщина плити – 20 см. Це зумовлено підвищенням вимог до експлуатаційної надійності та довговічності транспортних споруд загалом, а плита проїзної частини є важливим елементом, який безпосередньо сприймає вплив тимчасового рухомого навантаження і зазнає агресивної дії води із розчиненими в ній хімічними сполуками.

Перехід до влаштування монолітної плити проїзної частини створив проблему використання опалубки під час будівництва мостів. Враховуючи складні умови влаштування прогонових будов – перекриття річок, діючих автодоріг чи залізниць та глибоких ущелин, опалубувальні роботи є досить затратними. Тому доцільно розглянути можливість використання для бетонування проїзної частини мостів незнімної опалубки зі сталевих профільованих листів, яка при експлуатації мостів слугуватиме зовнішнім армуванням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сталеві профнастили широко використовуються у промисловому та цивільному будівництві як незнімна опалубка при влаштуванні монолітних залізобетонних перекриттів [2, 3]. Виконано значні дослідження, теоретичні та експериментальні, щодо ефективного включення металевих профільованих настилів у сумісну роботу із бетоном плити.

Значно менше ніж у промисловому і цивільному будівництві, використовується поки що металевий профільований настил при влаштуванні залізобетонних плит прогонових будов у мостобудуванні. Так, в Росії освоєння таких конструкцій почали у 1997 році, коли був збудований шляхопровід на перетині Московської кільцевої автомобільної дороги з Волоколамським шосе. На цьому об'єкті при влаштуванні плити проїзної частини застосували металеву незнімну опалубку із оцинкованого трапецієподібного профілю російського виробництва. На наступному об'єкті, мості через р. Медведка, як незнімна опалубка використані гофровані оцинковані листи STEELCOMP фінського виробництва. Цей лист має профіль "ластів'ячий хвіст", що забезпечує його поліпшене зчеплення з бетоном плити при поздовжній деформації [4].

Варто відзначити, що в Україні практично відсутні дослідження і досвід використання металевих профнастилів як незнімної опалубки і зовнішнього армування для плит прогонових будов мостів. Враховуючи великий позитивний досвід використання металевого профнастилу у перекриттях прослових і цивільних споруд, а також на деяких транспортних спорудах в інших країнах, необхідно виконати дослідження таких конструкцій при будівництві мостів і в нашій державі.

Мета досліджень – визначення фактичних характеристик міцності, деформативності, тріщиностійкості і впливу на просторову роботу моста монолітної плити проїзної частини, армованої сталевим профільованим настилом.

Конструкція досліджуваного моста. Міст через струмок на автомобільній дорозі державного значення Н-13 Львів-Самбір-Ужгород, км 57+206, біля с. Луки Львівської області (рис. 1) збудувала у 2008 році філія Державного дорожнього науково-дослідного інституту ім. Шульгіна – Львівський регіональний науково-технічний центр (ЛРНТЦ) – згідно з проектом, розробленим філією. Головний інженер проекту – Я.А. Балабух (ЛРНТЦ).



Рис. 1. Загальний вигляд моста через струмок на а/д Н-13, км 57+206

Технічні параметри моста:

- довжина прогонів моста 16 м;
- габарит Г 11,5+2×0,75;
- статична схема – розрізна однопрогонова балкова;
- прогонова будова моста – залізобетонна попередньо напружена;
- поперечний переріз прогонової будови (рис. 2) складається із восьми двотаврових попередньо напружених залізобетонних балок ЗВет-90 висотою 900 мм, об'єднаних поверху залізобетонною плитою проїзної частини;
- берегові опори – пальові із високим ростверком.

При влаштуванні плити проїзної частини як незнімну опалубку та зовнішню арматуру плити використали сталевий профільований настил Т-50 компанії "Трушинські-Україна", що встановлювався між головними балками на конструктивні виступи верхньої зони (рис. 3). Зважаючи на відсутність в Україні досвіду та рекомендацій щодо зведення мостів із незнімною опалубкою плити проїзної частини із сталевого профнастилу, нижню робочу арматуру плити розмістили так, щоби дотриматись вимоги ДБН "Мости і труби" щодо товщини захисного шару бетону (20 мм).

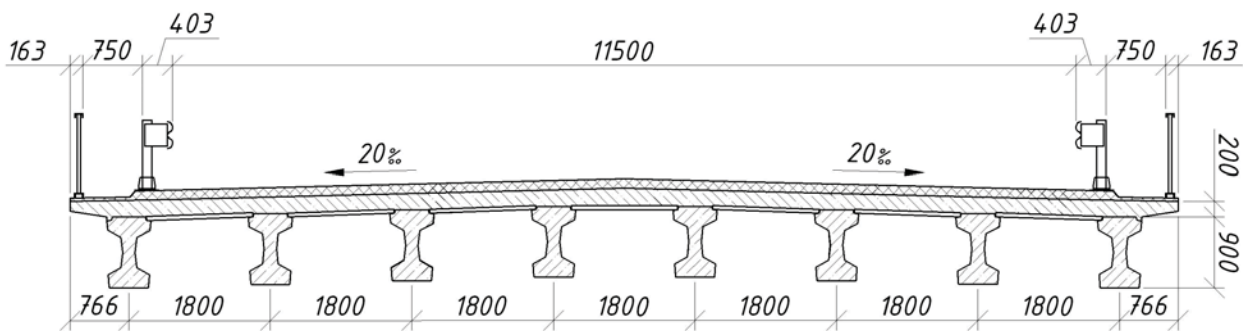


Рис. 2. Поперечний переріз прогонової будови

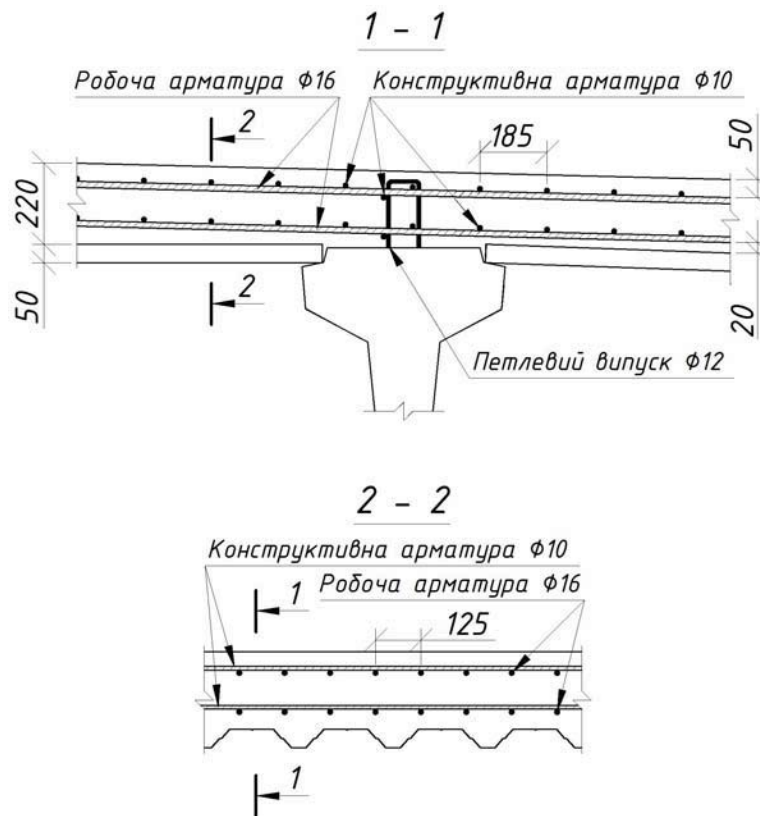


Рис. 3. Перерізи плити проїзної частини

Дослідження моста. Програма випробування моста передбачала виконання таких робіт:

- обстеження та візуальний огляд будівельних конструкцій моста;
- дослідження конструкцій моста неруйнівними методами;
- випробування моста статичним навантаженням;
- вимірювання напружень (відносних деформацій) у вибраних перерізах плити проїзної частини;
- заміри прогинів (деформацій) балок та плити проїзної частини;
- реєстрація сигналів акустичної емісії (АЕ) при статичних навантаженнях моста для оцінки тріщиностійкості

- обробка та аналіз отриманих результатів;
- складання висновків за результатами виконаної роботи.

Перед початком випробувань було здійснено візуальний огляд конструкцій моста (за необхідності – із застосуванням збільшувальної лупи та мікроскопа) та виконано дослідження матеріалів елементів неруйнівними методами.

У результаті огляду несучих конструкцій моста було встановлено таке:

- опори моста не мають дефектів бетону (тріщин, раковин, місць непробетонування, відходу бетонного облицювання відкосів від проектного положення, підмиву укріплення берегової лінії);
- в головних балках не зафіксовано зовнішніх дефектів (тріщин, раковин тощо);
- у сталевих профільованих листах не зафіксовано зовнішніх дефектів (тріщин, вигинів, вм'ятин, нальотів іржі, розходження листів у місцях стику).

Після вирізання секцій профнастилу у місцях кріплення приладів було визначено клас міцності бетону за допомогою склерометра Шмідта. Було встановлено, що бетон плити має середню міцність, що відповідає класу В30.

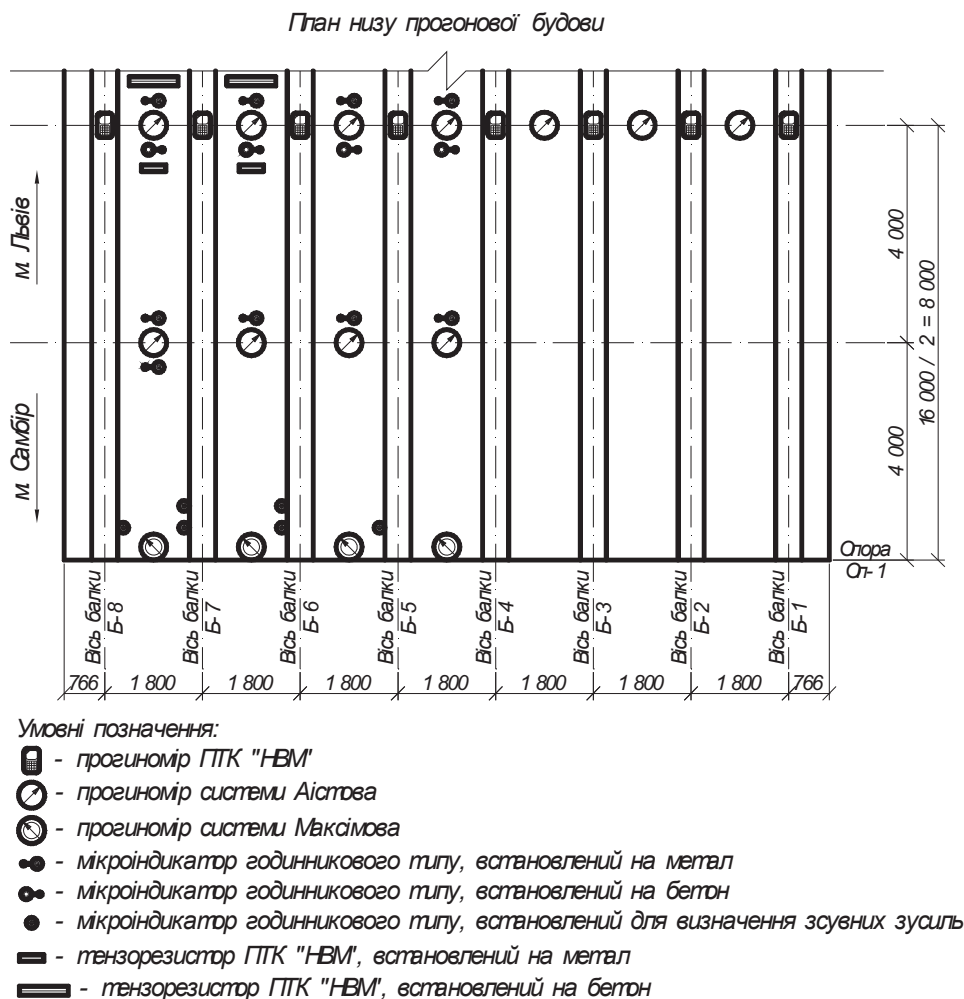


Рис. 4. Схема розташування вимірювальних приладів

Для виконання необхідних замірів були використані такі прилади та обладнання (рис. 4):

- тензорезистори ПТК "НВМ" для вимірювання напружень у бетоні (2 шт.) та металі (2 шт.);
- прогиноміри ПТК "НВМ" (8 шт.);
- прогиноміри системи Аістова ПАО-6 (11 шт.);
- прогиноміри системи Максимова (4 шт.);
- мікроіндикатори годинникового типу (19 шт.);
- давачі реєстрації сигналів АЕ на базі ПТК "АкЕм".

Посередині прогону були розміщені прогиноміри ПТК "НВМ" (на головних балках) та 7 прогиномірів системи Аістова (у прогонах плити між головними балками). У прогоні плити Б7-Б8 та на балці Б7 були встановлені давачі реєстрації сигналів АЕ. У прогонах плити Б6-Б7 та Б7-Б8 були розміщені тензорезистори ПТК "НВМ". У прогонах плити Б4-Б5, Б5-Б6, Б6-Б7 та Б7-Б8 було встановлено мікроіндикатори годинникового типу на метал профнастилу та на бетон плити (рис. 5).

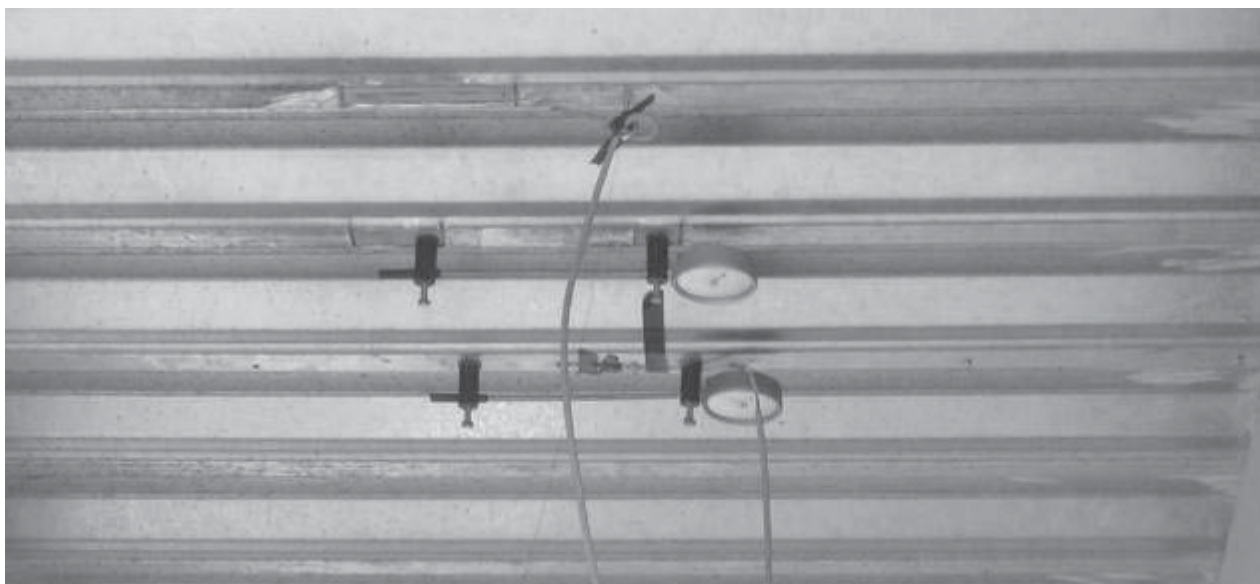


Рис. 5. Мікроіндикатори годинникового типу та тензорезистори ПТК "НВМ", встановлені на плиту проїзної частини посередині прогону

У четвертині прогону між балками Б4-Б5, Б5-Б6, Б6-Б7 та Б7-Б8 на плиту були встановлені прогиноміри системи Аістова та мікроіндикатори годинникового типу.

На опорному перерізі в прогонах плити між балками Б4-Б5, Б5-Б6, Б6-Б7 та Б7-Б8 були встановлені прогиноміри системи Максимова та мікроіндикатори годинникового типу для вимірювання зсувних зусиль у плиті (рис. 6).



Рис. 6. Мікроіндикатори годинникового типу, встановлені для визначення зсувних зусиль у плиті

Прилади для вимірювання зусиль у металі кріпили до профнастилу, для закріплення приладів до бетону із нижніх граней профнастилу механічним способом вирізали секції настилу.

Випробувальним навантаженням при статичних випробуваннях плити проїзної частини моста був чотиривісний автомобіль КамАЗ-65201 (рис. 7) із ґрунтовим баластом в кузові (маса автомобіля 40 тонн).



Рис. 7. Автомобіль КамАЗ-65201 під час випробувань

При випробуванні плити проїзної частини моста були використані такі схеми завантаження (рис. 8) (для випробування різних ділянок плити):

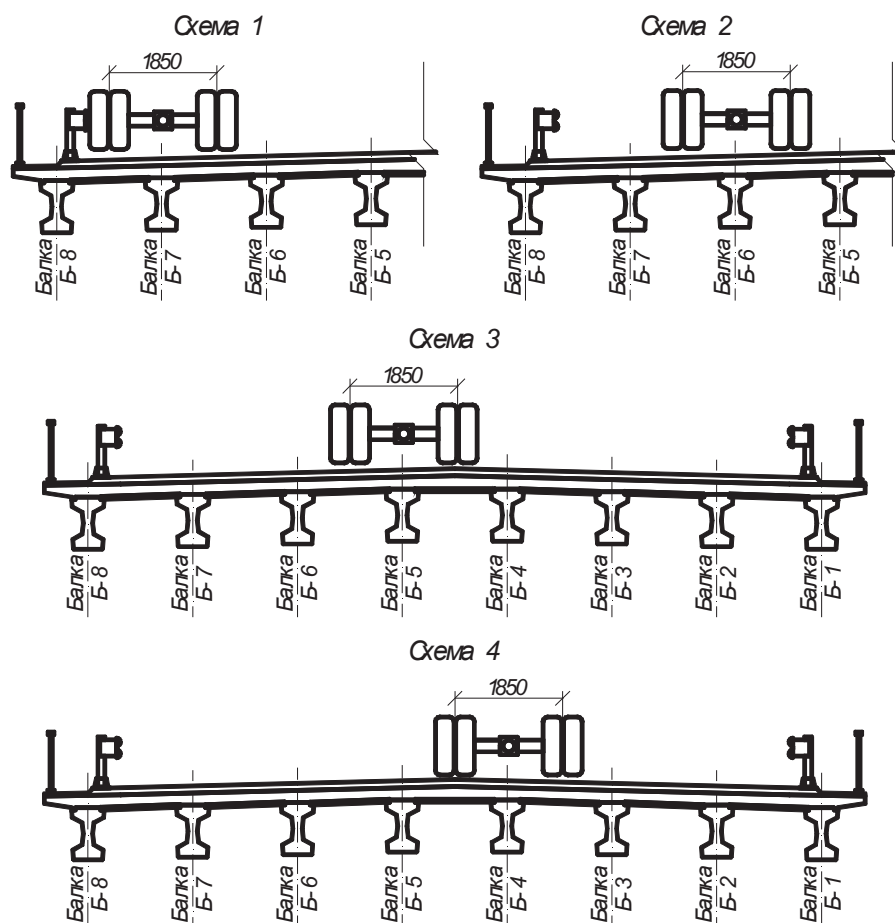


Рис. 8. Схеми завантаження у поперечному перерізі

- Схема 1. Вісь лівого заднього колеса посередині прогону плити між балками Б7-Б8.
 - Схема 2. Вісь лівого заднього колеса посередині прогону плити між балками Б6-Б7.
 - Схема 3. Вісь лівого заднього колеса посередині прогону плити між балками Б5-Б6.
 - Схема 4. Вісь лівого заднього колеса посередині прогону плити між балками Б4-Б5.
- Кожна схема поділялась на п'ять підсхем (для ступінчатого завантаження плити) (рис. 9).

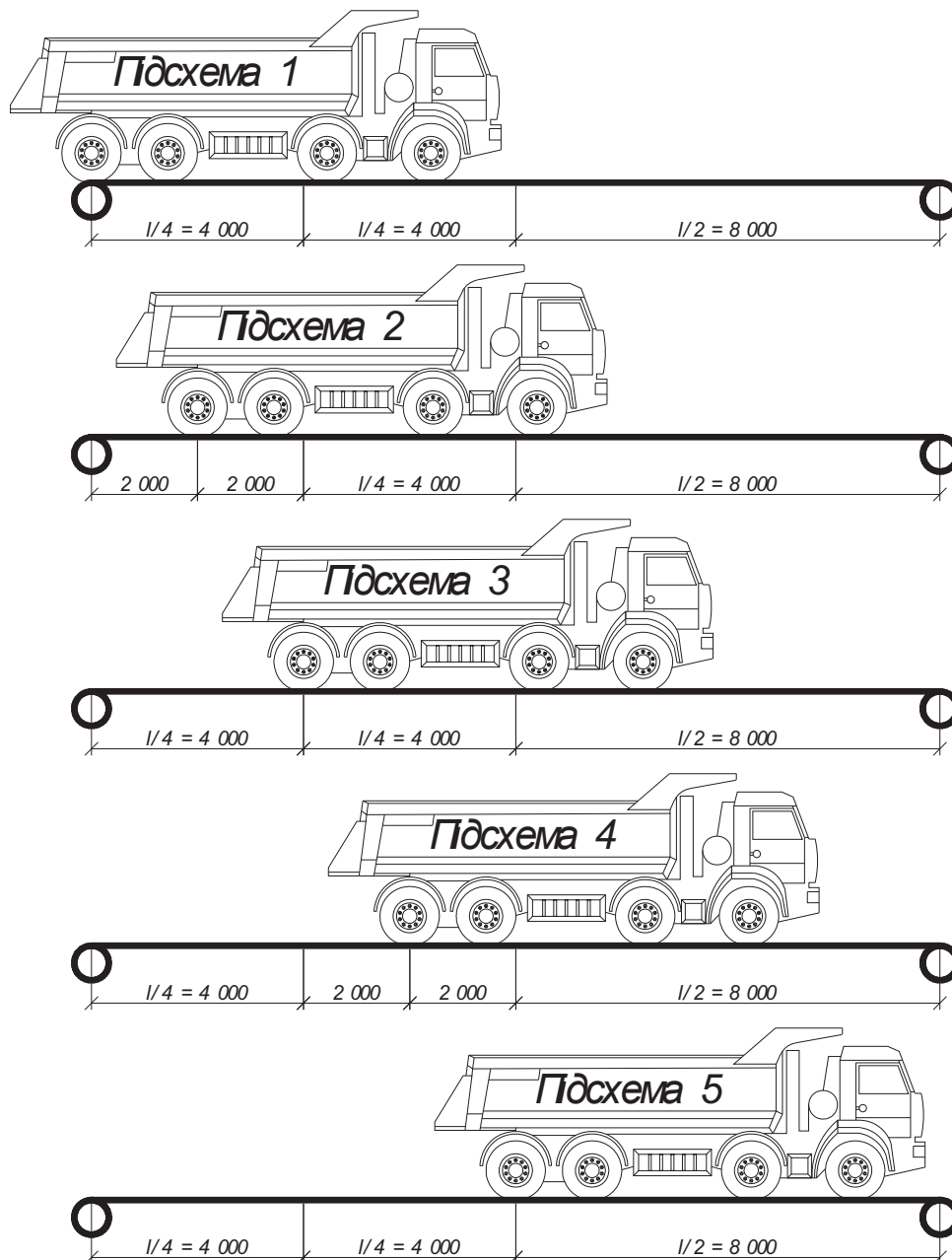


Рис. 9. Підсхеми завантаження у поздовжньому перерізі

- Підсхема 1. Вісь задньої пари коліс збігається із опорним перерізом.
- Підсхема 2. Вісь задньої пари коліс у прогоні на відстані 2 м від опорного перерізу.
- Підсхема 3. Вісь задньої пари коліс у прогоні на відстані 4 м від опорного перерізу (у чвертині прогону).
- Підсхема 4. Вісь задньої пари коліс у прогоні на відстані 6 м від опорного перерізу.
- Підсхема 5. Вісь задньої пари коліс у прогоні на відстані 8 м від опорного перерізу (посередині прогону).

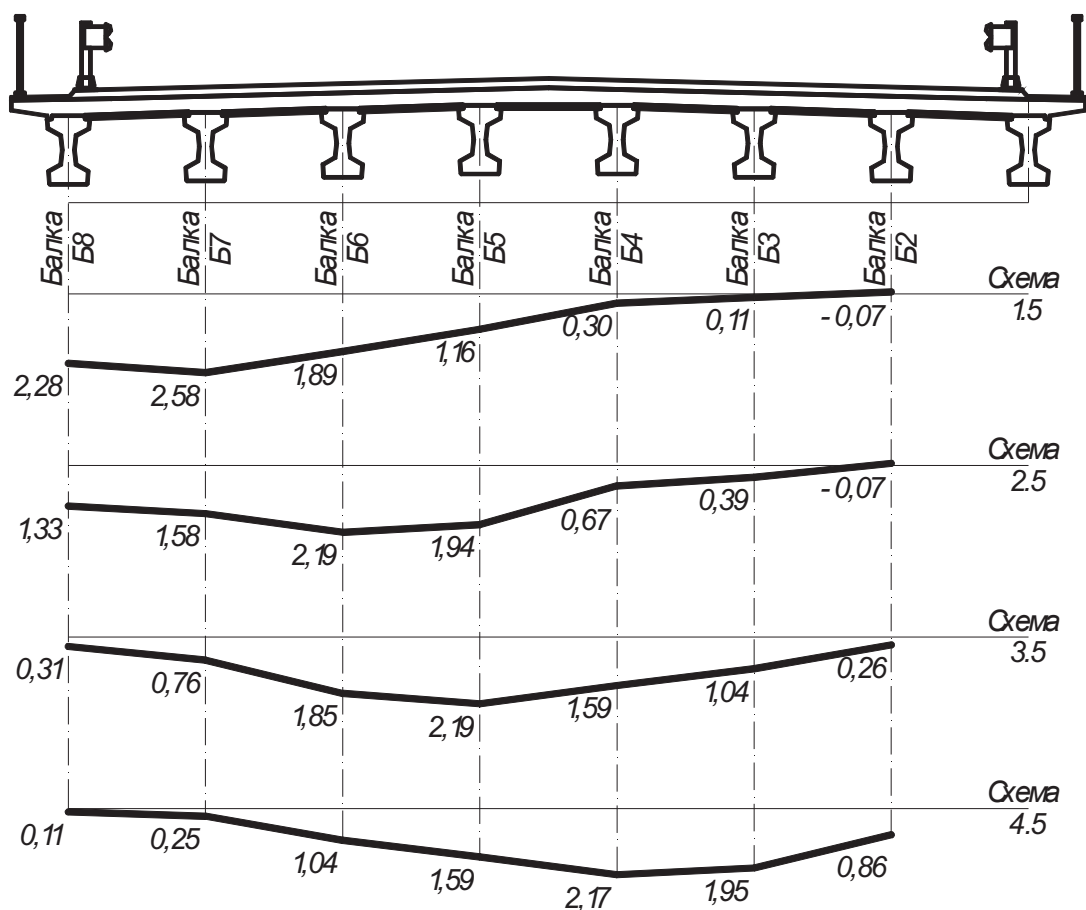


Рис. 10. Епюри прогинів головних балок посередині прогону (значення в мм)

Аналіз результатів обстеження та випробування моста. У результаті обстеження та випробування конструкцій моста було встановлено таке:

- міцність бетону плити проїзної частини відповідає проектній;
- сталевий профільований настил встановлено якісно, не виявлено дефектів монтажу та експлуатації;
- при статичних випробуваннях моста характер епюр прогинів свідчить, що плита прогонової будови забезпечує поперечну жорсткість прогонової будови (рис. 10). Максимальний прогин головних балок посередині прогону 2,58 мм зафіксовано у балці Б7 при схемі 1.5. Це становить 1/6202 прогону, що в 15,5 раза менше від нормованої величини – 1/400 прогону. Максимальний абсолютний прогин плити проїзної частини, що становив 1,2 мм, зафіксований у прогоні плити Б6-Б7 при схемі 2.5, і становить 1/1033 розрахункового прогону плити (1240 мм). Результати статичних випробувань свідчать про достатність вертикальної жорсткості прогонової будови;
- максимальні напруження розтягу у сталевому профнастилі отримані посередині прогону між балками Б5-Б6 при схемі 2.5 і становлять 19,57 МПа; максимальні напруження в бетоні плити одержані між балками Б4-Б5 при схемі 3.5 і становлять 6,49 МПа;
- дослідження моста методом акустичної емісії показало, що при статичних випробуваннях моста не фіксуються сигнали акустичної емісії. Це свідчить про відсутність у плиті проїзної частини тріщин, які розвиваються.

Висновки. Випробування моста показало, що сталевий профільований настил, який було використано як незнімну опалубку при влаштуванні монолітної залізобетонної плити проїзної частини, включився у сумісну роботу з бетоном плити як зовнішня робоча арматура. Конструкція плити проїзної частини моста із зовнішнім армуванням профільованим настилем забезпечила

необхідну міцність, деформативність, тріщиностійкість цього елемента споруди та сумісну просторову роботу балок прогонової будови.

1. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006 – [чинний від 2007-02-01]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 259 с. – (Державні будівельні норми України). 2. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф.Е. Клименко. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с. 3. Монолитные перекрытия зданий и сооружений / [Санников И.В., Величко А.В., Сломонов С.В., Бимбад Г.Е., Томильцев М.Г.] – К.: Будівельник, 1991. – 152 с. 4. Коротин В.Н. 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.

УДК 624.078.3

П.М. Коваль, Р.І. Полюга, А.Є. Фаль

Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна, м. Київ

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ В УКРАЇНІ

© Коваль П.М., Полюга Р.І., Фаль А.Є., 2010

Відзначено незадовільний стан деформаційних швів транспортних споруд в Україні, відсутність нормативного забезпечення в цій галузі. Розглянуто перший український нормативний документ – “Рекомендації з проектування деформаційних швів у конструкціях мостів”. Наведено основні положення рекомендацій, вимоги до деформаційних швів, їхні характеристики, сучасна класифікація.

Ключові слова: деформаційний шов, рекомендації з проектування, водонепроникна конструкція шва.

The poor functional properties of expansion joints on bridges in Ukraine and absence of technological normative documents are described in the paper. The first ukrainian normative document “Design guidelines for expansion joints of bridges” is introduced. The fundamentals, main requirements for expansion joints, their characteristics, modern classification are brought.

Keywords: expansion joint, guidelines for design, watertight joints.

Постановка проблеми. Численні обстеження мостів показують, що більшість конструкцій деформаційних швів, що застосовувались в останні 10–30 років в Україні, не відповідають вимогам сучасних умов експлуатації. Порушення роботи швів призводить до істотних експлуатаційних витрат на їх ремонт, антикорозійний захист й очищення прогонових будов, опор, ригелів, опорних частин, отже, всіх основних елементів. Окрім цього, від стану деформаційних швів безпосередньо залежить безпека руху на мості як транспорту, так і пішоходів А з розвитком мостобудування та збільшенням інтенсивності і ваги транспортних засобів вимоги до деформаційних швів зростали, їх конструкції вдосконалювались, і на сучасному етапі розвитку вони стали одними із найвідповідальніших елементів моста, від надійної роботи яких залежить роботоздатність та довговічність всієї споруди.

Недоліки конструкцій деформаційних швів пояснюються низкою причин: недостатнім рівнем вивчення роботи конструкцій швів у прогонових будовах, відсутністю методів розрахунку їх конструкцій та обґрунтованих критеріїв призначення допустимих переміщень, відсутністю чітких даних про характер взаємодії автомобіля з конструкціями шва і зусиль, що передаються на них. Як наслідок, в Україні були відсутні будь-які нормативні документи, що зумовлюють проектування, виготовлення, експлуатацію деформаційних швів.