

УДК 624.046+691.081

РОЗШИРЕННЯ І ПІДСИЛЕННЯ БЕЗДІАФРАГМОВИХ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ ЗІ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З БАГАТОРЯДКОВОЮ АРМАТУРОЮ ЗА ТП ВИП. 56Д

**В.С. Рачкевич, інженер, Івано-Франківський облавтодор, В.Г. Кваша, професор,
д.т.н., Л.В. Салійчук, ст. наук. співр., А.А. Тузяк, студентка,
Національний університет «Львівська Політехніка»**

Анотація. Описано конструктивні рішення, технічний стан і конструктивно-технологічні рішення реконструкції мостів із залізобетонними бездіафрагмовими прольотними будовами та результати їх випробувань до та після реконструкції.

Ключові слова: збірні залізобетонні бездіафрагмові прольотні будови, мостове полотно, замоноличений стик, розширення, підсилення, поперечні діафрагми, зміна статичної схеми.

УШИРЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ БЕЗДИАФРАГМЕННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ИЗ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С МНОГОРЯДНОЙ АРМАТУРОЙ ПО ТП ВИП. 56Д

**В.С. Рачкевич, инженер, Ивано-Франковский облавтодор, В.Г. Кваша, профессор,
д.т.н., Л.В. Салийчук, ст. науч. сотр., А.А. Тузяк, студентка,
Национальный университет «Львовская Политехника»**

Аннотация. Описаны конструктивные решения, техническое состояние и конструктивно-технологические решения реконструкции мостов с бездиафрагменными пролетными строениями, а также результаты их испытаний до и после реконструкции.

Ключевые слова: сборные железобетонные бездиафрагменные пролетные строения, мостовое полотно, замоноличенный стык, расширение, усиление, поперечные диафрагмы, изменение статической схемы.

EXPANSION AND STRENGTHENING OF NON-DIAPHRAGM SPAN STRUCTURES OF PRECAST REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH MULTILINE REINFORCEMENT ACCORDING TO THE STANDART DESIGN 56D

**V. Rachkevych, Engineer, Ivano-Frankivsk oblavtodor, V. Kvasha, Professor,
Doctor of Technical Science, L. Salyichuk researcher, A. Tuzyak, student,
National University «Lviv Polytechnic»**

Abstract. The design solutions, technical condition and design and technological decisions of reconstruction of bridges with non-diaphragm reinforced concrete spans and their tests results before and after the reconstruction are described.

Key words: prefabricated concrete non-diaphragm spans, monolithic joint, expansion, strengthening, transverse diaphragm, change of static scheme.

Вступ

Перший типовий проект розрізних бездіафрагмових плитно-ребристих прольотних бу-

дов малих і середніх прольотів (7,5; 10,0; 12,0; 15,0 м у світлі) з габаритами мостового полотна Г-7, Г-8, Г-9, Г-10,5 із тротуарами 1,0 і 1,5 м було розроблено ПІ «Союздорпро-

ект» в 1962 р. (вип. 56Д, доповнення 1962 р.) як спрощення і вдосконалення розробленого 1956 р. першого типового проекту збірних діафрагмових прольотних будов за ТП вип. 56 [1, 5, 8, 11]. Прольотні будови розраховані на нормовані тимчасові навантаження Н-30 і НК-80 за нормами проектування СН 200-62 (1962 р.).

Розробники проекту вважали, що саме відсутність діафрагм і є їх основною перевагою перед попередніми діафрагмовими [11], завдяки спрощенню технології виготовлення, монтажу й об'єднання балок поперек прольоту для сумісної роботи у складі прольотної будови. Це і зумовило їх успішне і багаторічне застосування в масовому мостобудівництві.

Аналіз публікацій

За тривалий період експлуатації внаслідок зміни норм проектування мостів, а відповідно, і експлуатаційних вимог, в переважній більшості вони перестали відповідати нормованим споживчим властивостям за пропускну здатністю і вантажопідйомністю, безпекою та комфортністю руху, а отже мають незадовільний експлуатаційний стан, що і стало спонукальною причиною проведення їх реконструкції з розширенням габариту, забезпеченням нормованої вантажопідйомності і довговічності за вимогами чинних норм проектування нових мостів, а також визначило мету даної роботи.

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є – розробка і експериментальна перевірка нових ефективних способів комплексного вирішення основних завдань реконструкції – розширення й одночасного підсилення бездіафрагмових прольотних будов за ТП вип. 56Д з використанням монолітної залізобетонної накладної плити з консолями, застосовуваної раніше для розширення прольотних будов інших типів [2, 3, 4, 8].

Нижче представлено конструктивно-технологічні рішення реконструкції бездіафрагмових прольотних будов за проектами, розробленими в ГНДЛ-88 НУ «Львівська політехніка», та результати їх порівняльних випробувань до та після реконструкції.

Конструктивні особливості, технічний стан та особливості просторової роботи бездіафрагмових прольотних будов за ТП вип. 56Д

Збірні бездіафрагмові прольотні будови мають ряд специфічних конструктивних особливостей, які визначають як їх технічний стан у процесі експлуатації, так і характер просторової роботи під тимчасовим навантаженням. В першу чергу до них слід віднести прийняту систему армування збірних залізобетонних балок поздовжньою напруженою стержневою арматурою (сталь 35 ГС класу А-III), розташованою в поперечному перерізі в декілька рядів без зазорів за висотою, аналогічно до армування діафрагмових балок за ТП вип. 56 [5,11]. Армування припорних ділянок – відігнутими стержнями і хомутами з арматури Ø8 мм класу А-I. Всю арматуру зібрано у зварні жорсткі арматурні каркаси.

Другою особливістю є поєднання функцій полиці таврових балок як їх стиснутої зони і плити мостового полотна, яка сприймає тимчасові навантаження і в цьому типі прольотних будов є єдиним конструктивним елементом, який розподіляє їх між балками, забезпечуючи просторову роботу прольотної будови. Тобто за статичною схемою поперек прольоту вона працює на згин як багатопрольотна нерозрізна плита на пружно осідаючих опорах, якими є ребра балок. Лише її працездатність гарантує нормальне функціонування прольотної будови та її проектну вантажопідйомність.

Особливістю цих прольотних будов є і те, що збірні балки поперек прольоту об'єднані між собою в межах товщини полиці (15 см) поздовжніми замоноличеними стиками шириною 36 см з петльовими арматурними випусками [6, 9]. Такий спосіб об'єднання не можна вважати оптимальним, оскільки стик розташований в середині кожного прольоту мостової плити в зоні максимальних згинальних моментів, які в одному і тому ж стику, залежно від навантаження лівої або правої частини поперечника прольотної будови, можуть бути як додатними, так і від'ємними. Тобто у стиках можуть виникати наскрізні тріщини, а при дії багаторазових навантажень замоноличені стики, в першу чергу між парами крайніх балок, працюють на витривалість у найневигодніших умовах двозначного циклу зміни зусиль.

Про можливість такого режиму роботи замоноличених стиків плити мостового полотна свідчать наведені нижче результати статичних випробувань бездіафрагмової прольотної будови моста через р. Кремно на км. 83+550 автодороги Київ–Ковель–Ягодин, яку випробували перед реконструкцією моста після видалення всіх елементів облаштування мостового полотна за мінімального постійного навантаження – лише від власної ваги балок. Схеми розташування випробувальних навантажень з однієї і двох колон навантажених самоскидів (тривісний МАЗ: тиск на задні осі по 12,0 тс, передню – 6 тс і чотиривісний КамАЗ: тиск на задні осі по 11,45 тс, на передні – по 8,55 тс) є зрозумілими з рис. 1. Епюри прогинів балок при всіх схемах навантаження мають явно виражений нелінійний характер, що свідчить про гнучкий поперечник прольотної будови і роботу мостової плити як гнучкої нерозрізної багатопрольотної плити на пружно осідаючих опорах, а зміна кривини епюр прогинів з додатної під

навантаженими балками на від'ємну у віддаленій від навантаженої частині перерізу є очевидним свідченням зміни знака згинальних моментів і роботи замоноличених стиків при двозначному циклі багаторазових навантажень (рис. 1) з відповідною зміною їх напружено-деформованого стану.

Практично всі бездіафрагмові прольотні будови, побудовані протягом 60–70-х рр. минулого сторіччя, не задовольняють вимогам чинних норм проектування нових мостів за пропускною здатністю та комфортністю руху через недостатній габарит їздового полотна і тротуарів. За цією ознакою їх відносять до морально застарілих, які при реконструкції першочергово потребують розширення габариту за нормативами перспективної категорії дороги. Значна кількість прольотних будов цього типу має недостатню вантажопідйомність на сприйняття нормованих чинними нормами навантажень А15 і НК-100 і потребує підсилення.

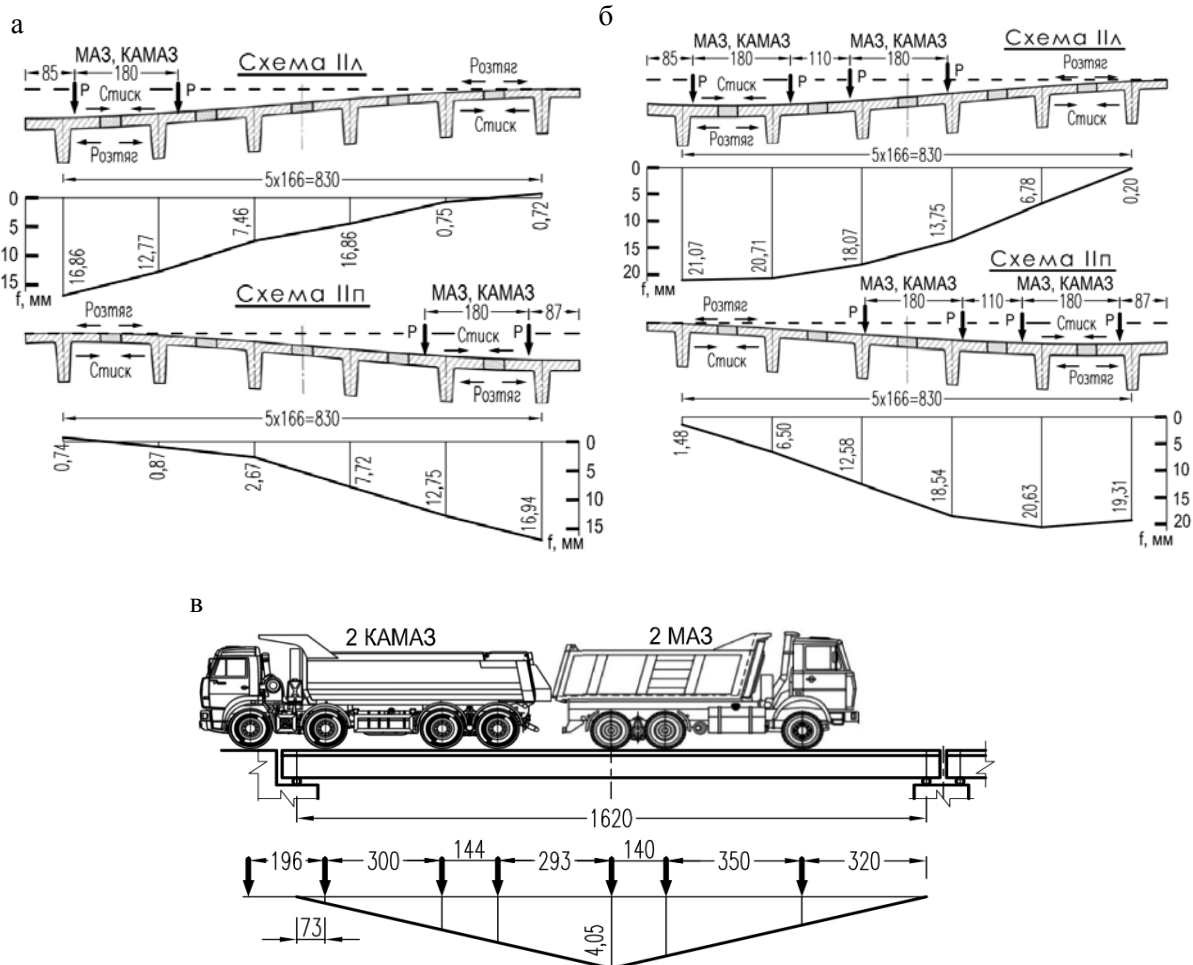


Рис. 1. Результати випробувань прольотної будови моста через р. Кремно на км. 83+550 автодороги Київ–Ковель–Ягодин: а, б – ліві і праві схеми навантаження однією і двома колонами автомобілів; в – розташування колон автомобілів уздовж прольоту

Результати обстеження великої кількості мостів з бездіафрагмовими прольотними будовами показали, що їх основним дефектом є край незадовільний стан поздовжніх замоноличених стиків, які внаслідок неякісного бетонування, знакозміної дії зусиль і утворення наскрізних тріщин через незадовільний стан гідроізоляції протікають, що призводить до корозії бетону і часткового або навіть повного руйнування стиків [6]. В результаті порушується цілісність плити мостового полотна, надійне об'єднання балок поперек прольоту, тобто не забезпечується просторовий розподіл зусиль між балками. Тому при реконструкції у більшості випадків потрібне часткове або повне відновлення стиків.

До розповсюджених дефектів відносять також низьку якість і недовговічність деформаційних швів закритого типу, які в більшості є розгерметизованими, забитими сміттям і брудом. Тому вода замочує торці і припорні ділянки балок, бетон яких інтенсивно кородує, відшаровується захисний шар і кородує арматура, що зменшує довговічність і несучу здатність балок. При реконструкції часто є потреба у відновленні припорних ділянок балок.

Самі збірні балки заводського виготовлення істотних дефектів, які б впливали на їх несучу здатність, не мають і можуть бути використані для подальшої експлуатації та при реконструкції.

В цілому аналіз технічного стану обстежених мостів з бездіафрагмовими прольотними будовами підтверджує можливість і доцільність їх реконструкції з розширенням мостового полотна й одночасним підсиленням балок.

Конструктивні рішення та приклади реконструкції бездіафрагмових прольотних будов

За розробленими в ГНДЛ-88 проектами реконструйовано декілька мостів з бездіафрагмовими прольотними будовами за ТП вип. 56Д, поперечні перерізи яких після реконструкції показано на рис. 2. Серед них – міст на км. 51+005 автодороги Татарів–Кам'янець-Подільський (рис. 2, а); міст через р. Кремно на км. 83+550 автодороги Київ–Ковель–Ягодин (рис. 2, б) і два однакові мости на км. 49+0,42 і км. 51+345 автодороги

Львів–Краківець (рис. 2, в). Основовими завданнями реконструкції були:

- розширення габариту прольотних будов за вимогами чинних норм проектування мостів;
- підсилення елементів прольотних будов для забезпечення нормованої вантажопідйомності;
- ліквідування наявних дефектів і захист конструкцій реконструйованого моста для недопущення повторного виникнення дефектів та забезпечення їх нормованої довговічності і надійності в експлуатації за мінімальних експлуатаційних затрат.

Згідно з прийнятою концепцією для всіх чотирьох мостів прийнято принципово однакові основні рішення реконструкції з максимальним використанням несучих конструкцій і повною заміною комплексу облаштування мостового полотна.

Розширення прольотних будов виконане розробленою в ГНДЛ-88 монолітною залізобетонною накладною плитою, реалізованою на багатьох реконструйованих мостах з іншими типами прольотних будов [2, 3, 4, 8]. Спільну роботу накладної плити з існуючими балками забезпечували об'єднанням їх спеціальними клеєстержневими анкерами згідно з рекомендаціями [10].

Одночасно із влаштуванням накладної плити відновлювали поздовжні замоноличені стики між балками. Для цього видаляли слабкий і прокородований бетон і повторно їх бетонували з улаштуванням нижнього шпонкового потовщення з додатковим його армуванням (рис. 2, в; 3, а).

Таким чином загальна товщина стику збільшується в декілька разів, а відповідно, зростає міцність і, що найбільш важливо, жорсткість, забезпечуючи надійну сумісну роботу балок поперек прольоту.

Якщо була потреба у додатковому збільшенні поперечної жорсткості, у прольотах влаштовували вмоноличені поперечні діафрагми, закріплені до ребер балок вклеєними стержневими анкерами [10] (рис. 2, 3, б). Разом підсилені поздовжні стики і вмоноличені діафрагми суттєво збільшують жорсткість поперечника прольотної будови, що дозволяє розвантажити крайні балки за рахунок перерозподілу частини тимчасового навантаження на середні.

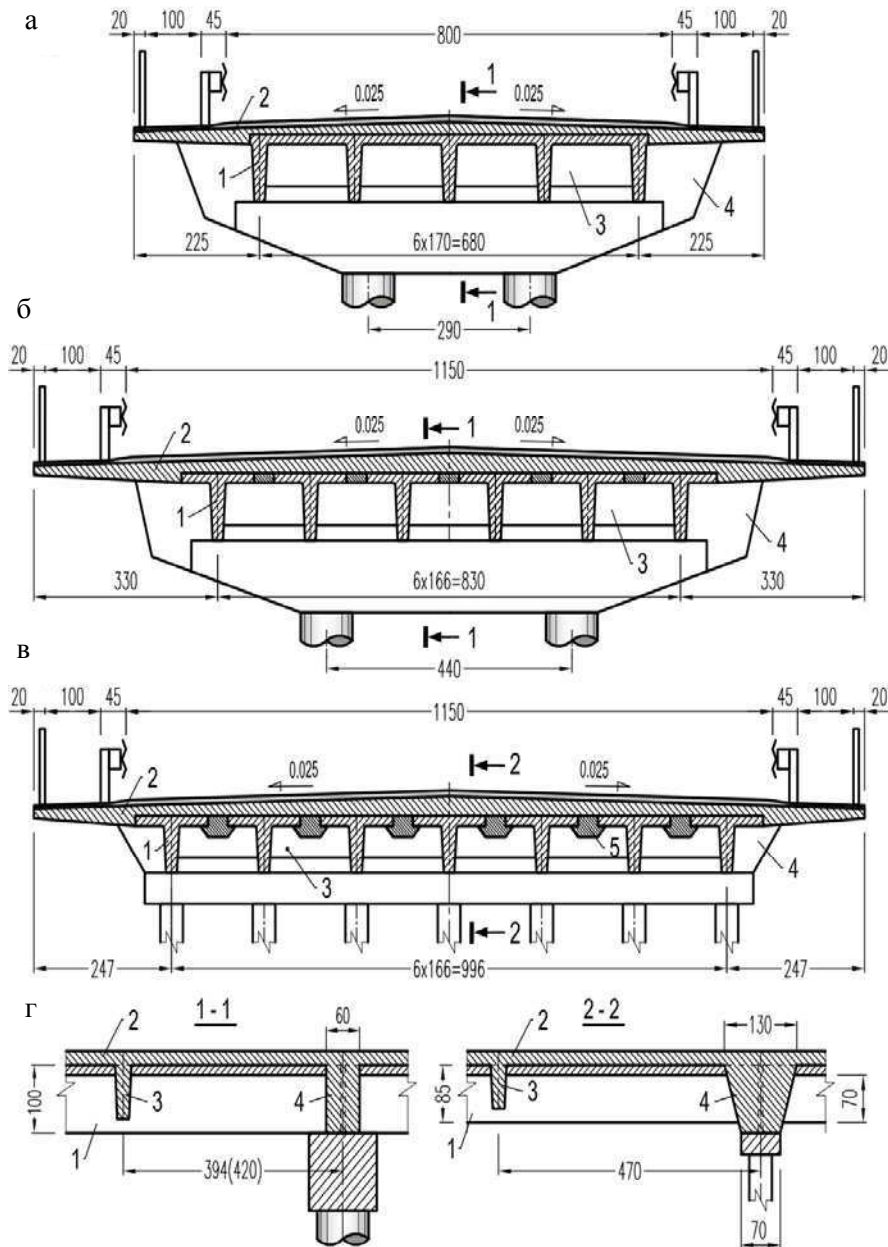


Рис. 2. Поперечні перерізи прольотних будов, розширені монолітною накладною плитою: а – на км. 56+005 автодороги Татарів–Кам’янець–Подільський; б – на км. 83+550 автодороги Київ–Ковель–Ягодин; в – на км. 49+02 і км. 51+345 автодороги Львів–Краковець; г – та в монолічені поперечні діафрагми і надпорні ребра; 1 – існуючі балки; 2 – накладна плита розширення прольотних будов; 3 – вмонолічена поперечна діафрагма; 4 – надпорне ребро; 5 – підсилений замонолічений поздовжній стик

Одним з нових конструктивних рішень реконструкції бездіафрагмових прольотних будов була зміна їх статичної схеми з балкової розрізної на балково- або рамно-нерозрізну шляхом бетонування над проміжними і береговими опорами потужних залізобетонних поперечних ребер (рис. 2, г), в яких замонолічені приопорні ділянки балок суміжних прольотів. Цей конструктивний прийом дає можливість зменшити згинальні моменти у

прольотах балок за рахунок виникнення опорних, тобто суттєво їх підсилити без застосування додаткових підсилюючих елементів. Істотною перевагою реконструйованої нерозрізної системи є ліквідація деформаційних швів над проміжними і береговими опорами, а також ліквідація корозійних пошкоджень торців балок, вмонолічених у поперечні надпорні ребра.

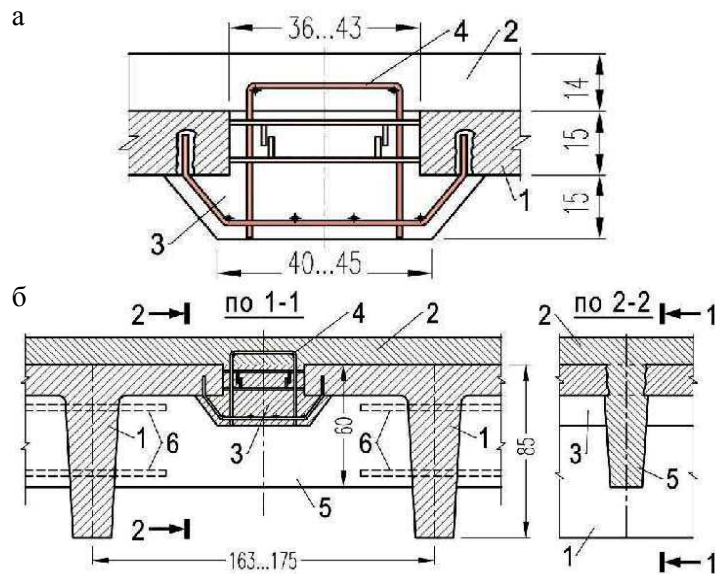


Рис. 3. Підсилення: а – замоноліченого стику; б – влаштування поперечної залізобетонної вмонтованої діафрагми; 1 – таврові балки; 2 – залізобетонна монолітна накладна плита; 3 – підсилений замонолічений стик; 4 – П-подібні випуски; 5 – вмонтована поперечна діафрагма; 6 – клеєстрижневі анкери

Якщо жорсткість опорних ребер значно перевищує жорсткість балок у прольотах, можна вважати, що кожен прольот працює окремо, а статичну схему балок приймати жорстко защемленою на опорах.

Статичні випробування бездіафрагмової прольотної будови до та після реконструкції

Випробовували прольотну будову за рис. 2, а. Метою випробувань було порівняння характеру просторової роботи прольотної будови до та після її розширення і зміни початкової статичної схеми, а також оцінка ефективності прийнятих основних конструктивних рішень реконструкції: включення накладної плити в сумісну роботу з існуючими балками, встановлення поперечних діафрагм та зміни статичної схеми з розрізної на рамно-нерозрізну [9].

При випробуванні створювали найбільш невигідні схеми розташування випробувального навантаження [1, 9] на існуючій і реконструйованій прольотній будові, які є зрозумілими з рис. 4. Випробувальним навантаженням були дві колони з двох навантажених автомобіль-самоскидів: до реконструкції – два автомобілі КрАЗ (тиск на передню вісь – 4,35 тс; на задні осі візка – по 9,23 тс) і два автомобілі МАЗ (тиск на передню вісь –

5,38 тс; на задню – 10 тс); після реконструкції – два автомобілі Урал (тиск на передню вісь – 4,24 тс, на задні осі візка – по 6,7 тс) та два двовісні автомобілі МАЗ.

Результати випробувань прольотної будови – епюри прогинів балок всередині прольоту при лівих і правих схемах навантаження (рис. 4, г, д), а також середні з цих схем (рис. 4, в). В існуючій прольотній будові розподіл прогинів між балками поперек прольоту є нелінійним (рис. 4, г), що є характерним для бездіафрагмових прольотних будов із гнучким поперечним перерізом при об'єднанні балок лише плитою мостового полотна товщиною 15 см. Після включення в роботу з існуючими балками накладної плити, поперечних діафрагм і зміни статичної схеми в результаті збільшення жорсткості поперечного перерізу розподіл прогинів змінюється на лінійний (рис. 4, д), а їх величина при однакових схемах навантаження значно зменшується.

Наприклад, до реконструкції при схемі навантаження 1л (1п) прогин крайньої балки становив 12,52 мм, а після реконструкції зменшився до 2,72 мм, тобто в 4,6 рази. Цей факт можна пояснити впливом в першу чергу зміни статичної схеми і зменшення навантаженості балок у прольоті, а також суттєвим

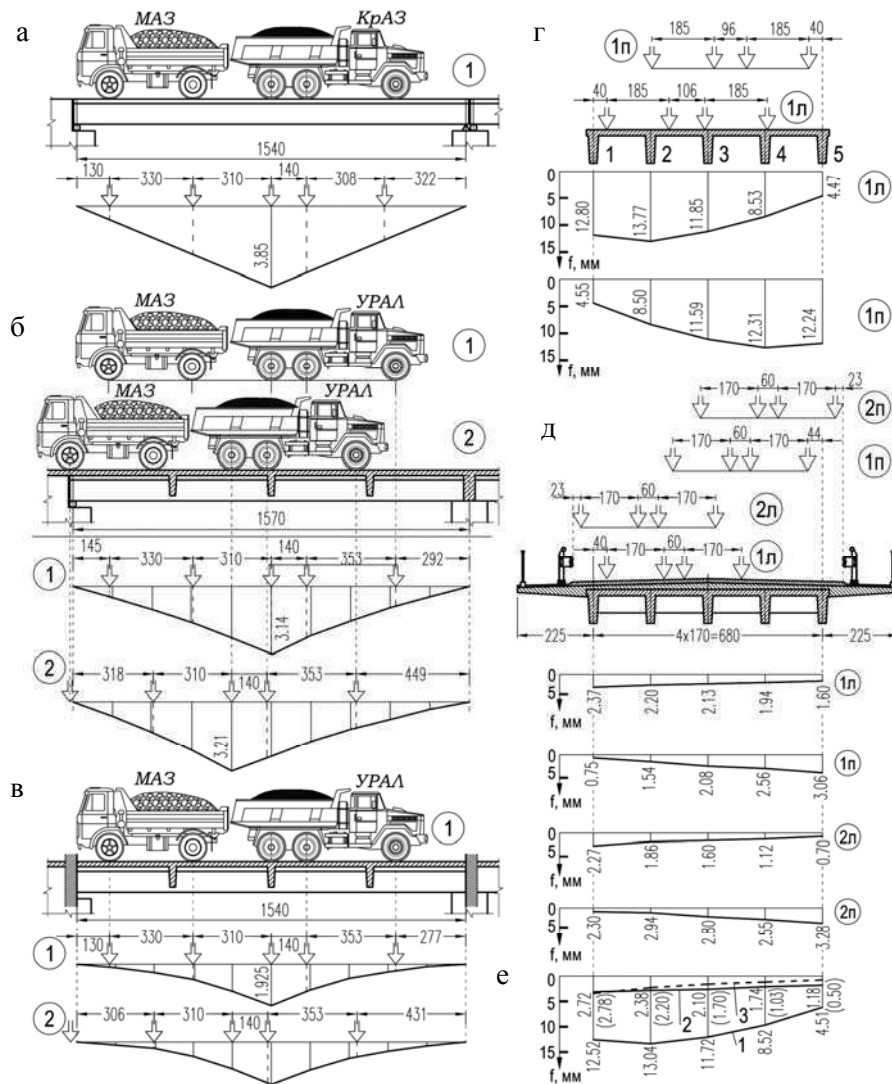


Рис. 4. Схеми розташування випробувальних навантажень уздовж (а, б, в) і поперек прольоту (г, д) при випробуванні існуючої (а, г) і реконструйованої (б, в, д) прольотної будови та епюри прогинів балок до (г, е) та після (д, е) реконструкції; 1, 2 – прогини за навантаження за схемою 1 до та після реконструкції; 3 – прогини за навантаження за схемою 2

збільшенням поперечної жорсткості реконструйованого поперечника і, в результаті, додатковим розвантаженням крайньої балки. Підтвердженням цього є аналіз навантаженості балок згинальним моментом в середині крайнього прольоту від випробувальних навантажень при різних можливих їх статичних схемах (при КПП=1). В розрізній системі загальний згинальний момент на прольотну будову становить 1968,6 кН·м, при нерозрізній з шарнірним обпиранням – 1250,2 кН·м і при защемленій – зменшується до 528,4 кН·м, тобто порівняно з розрізною – у 3,72 рази, що є співставним зі зменшенням прогинів і свідчить про істотний вплив статичної схеми на ступінь завантаженості балок у прольоті. Додатковий розвантажуючий

ефект може створювати також і розпір, який виникає на нижній грані балок при горизонтальній нерухомості опорних частин [7].

Досягнутий ступінь навантаженості прольотної будови випробувальним навантаженням відповідає експлуатаційному. При цьому остаточні прогини балок не виникали, що свідчить про пружний характер роботи і підтверджує можливість експлуатації реконструйованої прольотної будови на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100.

Висновки

За результатами досліджень, наведених у статті, можна зробити такі висновки:

1. Розроблені та апробовані на експериментальних об'єктах конструктивні рішення реконструкції мостів з бездіафрагмовими прольотними будовами підтвердили її доцільність і ефективність та забезпечення споживчих властивостей – вантажопідйомності, пропускної здатності, комфортності і безпеки руху, довговічності і надійності за вимогами чинних норм проектування нових мостів.
2. Значне зменшення прогинів балок випробуваної прольотної будови після реконструкції свідчить про її роботу за статичною схемою, близькою до жорстко защемленої на опорах, а також про надійне включення в сумісну роботу з існуючими балками елементів підсилення.
3. За результатами випробувань реконструйована бездіафрагмова прольотна будова має достатню вантажопідйомність для прийняття нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100.

Література

1. Кваша В.Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів / В.Г. Кваша. – Л.: НУ «Львівська політехніка», 2002. – 102 с.
2. Кваша В.Г. Ефективні системи розширення і підсилення залізобетонних балкових прольотних будов автодорожніх мостів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / В.Г. Кваша. – К., 2002. – 33 с.
3. Кваша В.Г. Досвід ремонту та реконструкції мостів України / В.Г. Кваша // Вісник НУ Львівська політехніка Теорія і практика будівництва: зб. наук. пр. – 2006. – № 562. – С. 38–49.
4. Кваша В.Г. Розширення прольотної будови автодорожнього моста з її підсиленням зміною статичної схеми без влаштування деформаційних швів / В.Г. Кваша, Л.В. Салійчук, В.С. Рачкевич // Дороги і мости: зб. наук. пр. – 2008. – Вип. 9. – С. 106–111.
5. Матаров И.А. Сборные железобетонные мосты с многорядной сварной арматурой / И.А. Матаров, Л.С. Смирнова, А.Л. Шилина. – М.: Автотрансиздат, 1959. – 186 с.
6. Пархоменко В.В. Прочностные возможности плиты проезжей части балочных автодорожных мостов, находящихся в длительной эксплуатации / В.В. Пархоменко, Л.Н. Морозова // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: зб. наук. пр. – 2001. – Вип. 62. – С. 278–280.
7. Погребной Я.Ф. Расчет балочных систем с горизонтально неподвижными опорами / Я.Ф. Погребной. – Л.: ЛПИ, 1957. – 74 с.
8. Рачкевич В.С. Эксплуатаційний стан та ефективні системи відновлення збірних залізобетонних прольотних будов з багаторядовою каркасною арматурою / В.С. Рачкевич, В.Г. Кваша // Ресурсо-економні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 18. – С. 521–533.
9. Рачкевич В.С. Реконструкція автодорожнього моста з залізобетонними балковими бездіафрагмовими прольотними будовами / В.С. Рачкевич, Л.Я. Семанів, В.Г. Кваша, Л.В. Салійчук // Ресурсо-економні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – 2012. – Вип. 23. – С. 510–522.
10. Салійчук Л.В. Застосування клеєстержневих анкерів при реконструкції мостів / Л.В. Салійчук, В.Г. Кваша // Дороги і мости: зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 9. – С. 220–227.
11. Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Выпуск 56. Пролётные строения железобетонные, сборные с каркасной арматурой периодического профиля. – М.: Стройиздат, 1958. – 56 с.

Рецензент: Є. Б. Угненко, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 6 вересня 2012 р.