

строительные конструкции из металла и древесины: Сборник научных трудов. – Одесса, 2003. – С. 185–191. 6. Пелешко І.Д., Юрченко В.В., Ковальчук Ю.Є. Удосконалення математичної моделі стрижневих металевих конструкцій для систем автоматизованого проектування // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури “Баишові споруди: матеріали, конструкції, технології”: Збірник наукових праць. Вип. 2009-4(78). – Макіївка: Вид-во ДонНАБА, 2009. – С. 155–160. 7. Проектування раціональних комбінованих металевих конструкцій / В. А. Пермяков, М. В. Гоголь, І. Д. Пелешко, М. Р. Більський, Б. С. Чайка // За ред. проф. В. А. Пермякова: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2005. – 180 с. 8. Холопов И. С., Попов А. Н. Многокритериальная оптимизация элементов металлических конструкций в условиях САПР // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. науч. тр. – О.: ИМК «Город мастеров», 1999. – С. 226–234. 9. Хантер Р. Проектирование и конструирование компиляторов / Пер. с англ.; Предисл. В. М. Савинкова. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 232 с. 10. Yurchenko V., Peleshko I. Hybrid genetic algorithm with gradient learning of the best individual for optimum computer-aided design of steel structural systems // Proceedings of Eighth World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization WCSMO-8 (1-5 June 2009, Lisbon, Portugal) / Eds. H. C. Rodrigues, J. M. Guedes, P. R. Fernandes, J. O. Folgado, M. M. Neves. – p. 40.

УДК 624.21

В.С. Рачкевич, В.Г. Кваша*, Л. В. Салійчук*,

Івано-Франківський облавтодор

*Національний університет “Львівська політехніка”,

кафедра мостів і будівельної механіки

РОЗШИРЕННЯ ПЛИТНОЇ НЕРОЗРІЗНОЇ ЗБІРНО-МОНОЛІТНОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ КОСОГО В ПЛАНІ АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТА

© Рачкевич В.С., Кваша В.Г., Салійчук Л.В., 2010

Описано конструктивно-технологічне рішення реконструкції автодорожнього моста зі збірною-монолітною нерозрізною, косою в плані плитною прольотною будовою, розширеного під час реконструкції монолітною залізобетонною накладною плитою. Подані результати випробувань прольотної будови до та після розширення.

Ключові слова: плитні нерозрізні залізобетонні мости, реконструкція, розширення прольотної будови, натурні випробування.

The structurally-technological decision of reconstruction of road-transport bridge with precast-monolithic solid axle, slanting in a plan, slabs span structure, widening at a reconstruction the monolithic reinforced-concrete superimposed flag, is described. The results of tests of span structure before and after widening are given.

Keywords: solid axle reinforced-concrete slabs bridges, reconstruction, widening of span structure, full-size tests.

Вступ. Плитні залізобетонні мости різних статичних і конструктивних схем з прольотами до 18...25 м з монолітного, збірного і збірною-монолітного залізобетону становлять значну частину мостів на автомобільних дорогах України. Їх будували протягом всього періоду застосування залізобетону в мостобудуванні, починаючи з найпростіших балкових до сучасних розрізних і нерозрізних ненапружених і попередньо напружених збірних і збірною-монолітних систем. Тому нині експлуатуються плитні мости, спроектовані і збудовані за різними нормами проектування і

технологічними вимогами та методами будівництва, з різними експлуатаційними параметрами та фізичним станом несучих конструкцій.

Одним з таких типів мостів, можливість подальшої експлуатації яких через радикальні зміни нормованих вимог до габаритів і збільшення інтенсивності руху та ваги транспортних засобів викликає певні сумніви, є мости з нерозрізними збірно-монолітними прямими і косими в плані прольотними будовами зі збірних суцільних ненапружених плит завдовжки до 18,0 м об'єднаних в надпорних ділянках в багатопрольотну нерозрізну систему. Розроблення їх проектів і будівництво почалось у кінці 50-х – на початку 60-х років ХХ сторіччя. За тривалий період експлуатації у них виникли різні дефекти, які впливають на їх фізичний стан, довговічність і знижують вантажопідйомність, тому експлуатаційний стан більшості з них не можна вважати задовільним, а їх утримання є важливою проблемою експлуатуючих організацій.

До мостів такого типу належить і міст через р. Прут на автодорозі Татарів–Кам'янець-Подільський Івано-Франківської обл., обстеження і оцінка технічного стану якого, а також розроблення проекту його реконструкції з розширенням габариту монолітною залізобетонною накладною плитою і були метою цієї роботи.

Конструкція моста та його технічний стан. Існуючий міст чотирипрольотний із залізобетонною збірно-монолітною нерозрізною, косою в плані (кут косини $54^{\circ}23'$) прольотною будовою за схемою 9+18+18+9 м (рис. 1,а) загальною довжиною 58,7 м і габаритом їздового полотна Г-9+2××1,0 м (рис. 1,в). Період будівництва 1959–1961 рр. під нормовані тимчасові навантаження Н13 і НГ-60. Поперечний переріз складений з одинадцяти суцільних ненапружених плит розмірами 100×45 см (рис. 1, в, д). Робоча арматура плит стержнева періодичного профілю класу А-III: нижня в прольотах – 10Ø32, надпорна над крайніми проміжними опорами – 6Ø32 і 8Ø32 – над середньою (рис. 1, д).

Для забезпечення сумісної роботи блоки збірних плит об'єднані поперек прольоту замоноличеними поздовжніми шпонковими швами, а всередині двох середніх прольотів завдовжки 18,0 м додатково і дискретним шпонковим стиком з верхнім і нижнім петльовими випусками Ø16 мм, розташованими у вертикальних пазах розмірами 45×80 см суміжних плит (деталь «А» на рис. 1, і рис. 1, е). Напусток петльових випусків у замоноличених пазах забезпечує безперервне армування прольотної будови поперек прольоту і створює поперечне розподілююче ребро, розташоване в межах висоти плит.

Нерозрізність над проміжними опорами створюється після монтажу збірних плит влаштуванням монолітних надпорних ділянок завдовжки 6,0 м над кожною проміжною опорою (рис. 1, а) з відповідним їх армуванням на сприйняття опорних згинальних моментів від другої частини постійних і тимчасових навантажень.

В процесі експлуатації під час чергового ремонту підвищені тротуари із збірних рамних блоків були замінені на нові типові тротуарні блоки пониженого типу з жорстким залізобетонним бар'єрним огородженням (рис. 1, в). Дорожній одяг багат шаровий з асфальтобетонним покриттям, нарощеним у процесі експлуатації до товщини 15...18 см. Деформаційні шви над береговими опорами закритого типу з металевим лотком-компенсатором. Водовідведення з проїзної частини за допомогою поперечних і поздовжніх ухилів через водовідвідні труби.

Берегові опори – масивні бетонні стояни з шафовими стінами і зворотними відкрilками. Проміжні – полегшені, збірно-монолітні зі збірних коробчастих контурних блоків – оболонки, заповнених бетоном. Двоконсольний ригель монолітний, залізобетонний. Фундаменти опор масивні, бутобетонні на природній скелястій основі.

При обстеженні в конструкціях моста виявлені численні дефекти, що виникли внаслідок незадовільної експлуатації та невчасного виконання або невиконання ремонтних робіт.

Асфальтобетонне покриття має численні напливи, нерівності, тріщини, перекося профілю, малі поперечні ухили, водовідвідні труби забиті сміттям, тому на проїзній частині застоюється вода. Термін служби гідроізоляції давно вичерпався. Вона має численні розриви, через що вода і соляні розчини потрапляють на поверхні плит, спричиняючи їх корозію. Загалом стан мостового полотна вкрай незадовільний і потребує повної заміни.

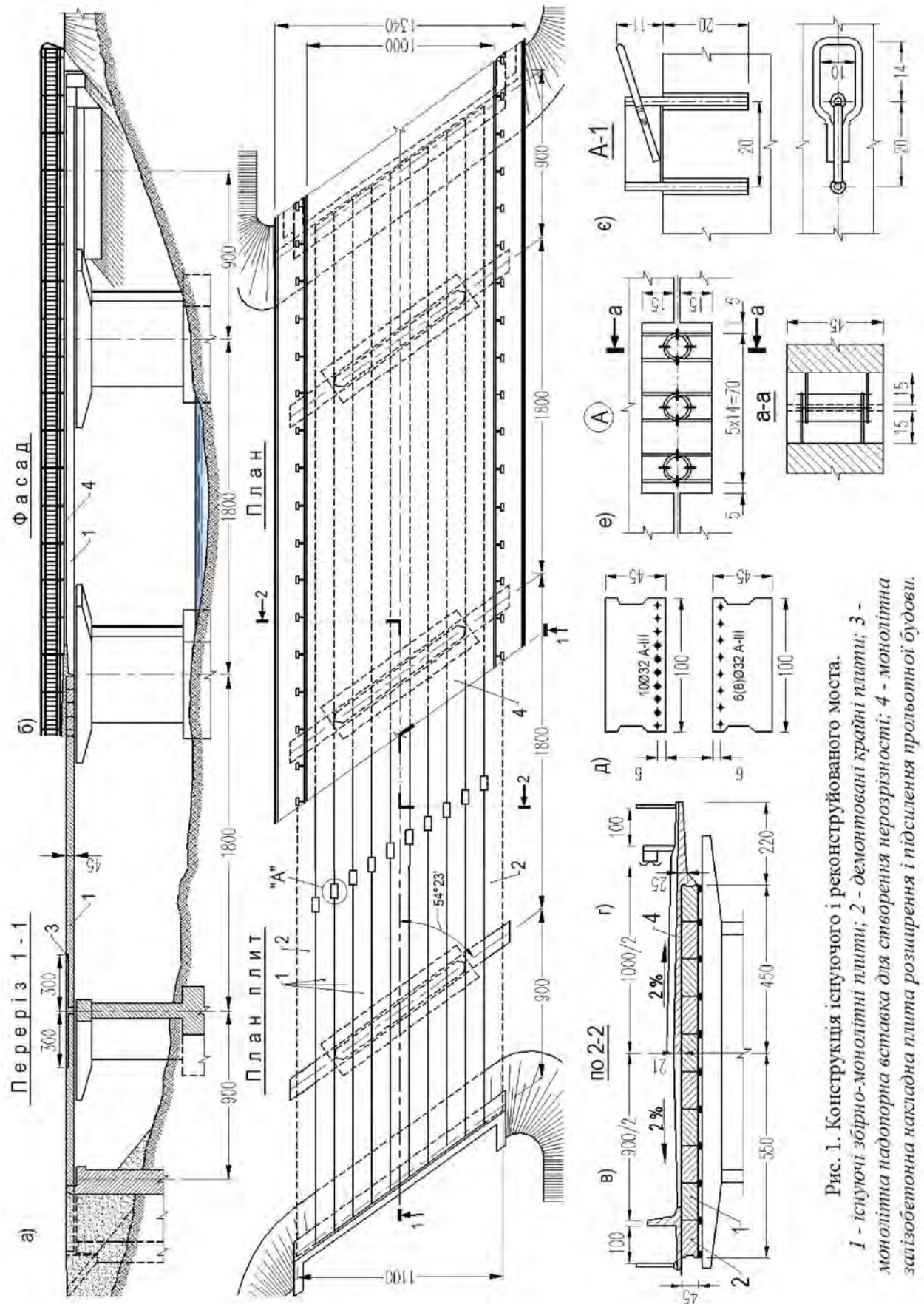


Рис. 1. Конструкція існуючого і реконструйованого моста.
 1 - існуючі збірні-монолітні плити; 2 - демонтовані крайні плити; 3 - монолітна надпорня вставка для створення нерозрізності; 4 - монолітна зазубронна накладна плита розширення і підсилення прольотної будови.

Найпошкодженішими є крайні плити, бетон і арматура яких внаслідок періодичного замочування та сезонного багаторазового замерзання-розмерзання інтенсивно кородує. Відкриті бетонні поверхні цих плит мають ніздрювату структуру і розшаровуються навіть при легких ударах. Оголена арматура інтенсивно кородує. Стан цих плит визначений як неремонтопридатний і вони підлягають демонтажу і заміні. Стан проміжних плит загалом задовільний і вони після профілактичного ремонту можуть бути використані для подальшої експлуатації.

За висновками обстеження міст потребує приведення експлуатаційних показників до вимог чинних норм проектування мостів ДБН В.2.3-14:2006 для дороги III технічної категорії, тобто розширенням прольотної будови до габариту Г-10+2×1,0 м із заміною елементів мостового полотна і забезпечення вантажопідйомності на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100. Проект реконструкції моста виконаний ГНДЛ-88 Національного університету «Львівська політехніка».

Конструктивні рішення реконструкції моста. Концептуальною умовою реконструкції було максимальне використання наявних конструкцій за необхідності з їх ремонтом, тому за результатами обстеження в існуючій прольотній будові демонтовані крайні плити, а на базі дев'яти заміщених плит виконане розширення прольотної будови до необхідного габариту монолітною залізобетонною накладною плитою з двосторонніми консолями завдовжки 220 см від зовнішніх граней плит (рис. 1, б, г). Поперек прольоту товщина плити змінюється від 12 см на зовнішній грані крайньої плити до 21 см в середині прольоту, що створює поперечний ухил для водовідведення. Консолі мають змінний профіль від 14 см на кінці до 25 см біля примикання до крайньої плити. Об'єднання накладної плити з наявними плитами виконане за допомогою клеєстержневих анкерів [1] (рис. 1, е), вклеєних у висвердлені канали по осі кожної плити з кроком 100 см на приопорних ділянках і 120...140 см в середній частині прольотів. Збільшені опорні моменти в розширеній прольотній будові сприймають додаткові арматурні сітки, розміщені в надпорних ділянках накладної плити. Для сприйняття прольотних згинальних моментів за результатами розрахунків достатньо існуючої арматури 10Ø32 А-III в кожній плиті.

Перевірні розрахунки розширеної таким способом прольотної будови підтвердили її достатню вантажопідйомність на сприйняття навантажень. Елементи мостового полотна відповідають сучасним вимогам. Тротуари винесені на консолі накладної плити в одному рівні з їздовим полотном. Оклеювана гідроізоляція завтовшки 5 мм влаштована по вирівняній поверхні накладної плити. По гідроізоляції вкладене тришарове асфальтобетонне покриття завтовшки 12 см. Завершальним етапом реконструкції було виконання комплексу ремонтних робіт з ліквідації дефектів прольотних будов і опор для їх захисту від впливу зовнішнього середовища і забезпечення нормованої довговічності.

Випробування прольотної будови до та після реконструкції. Випробування виконані з метою виявлення дійсного характеру просторової роботи і розподілу тимчасового навантаження між плитами в існуючому стані до розширення і після влаштування накладної плити, а також встановлення закономірностей деформування плит до і після включення в сумісну роботу з ними елементів розширення, їх впливу на просторову роботу та зміну жорсткості і прогинів балок. Результат випробувань – встановлення відповідності фактичних і проектних конструктивно-технологічних та експлуатаційних характеристик реконструйованої прольотної будови, її фактичних і прийнятих під час проектування розрахункових схем просторової роботи, а також міцності і деформативності несучих конструкцій після розширення та прогнозування можливостей подальшої експлуатації.

Програма випробувань прольотної будови розроблена відповідно до вимог ДБН В.2.3-2-6-2002. Її випробовували статичним навантаженням відповідно до основних етапів реконструкції: наявну прольотну будову випробовували у найневигоднішому її стані після демонтажу крайніх плит і видалення всіх шарів дорожнього покриття, тобто за мінімального постійного навантаження – тільки від власної ваги плит; повторні випробування цієї самої прольотної будови виконували після завершення всіх робіт з реконструкції при повному постійному навантаженні.

На всіх етапах випробовували одну прольотну будову середнього прольоту довжиною 18,0 м.

Рівень навантаженості плит випробувальним навантаженням відносно розрахункових зусиль при різних схемах його розташування на прольотній будові визначали перевірочними розрахунками існуючої і розширеної прольотної будови на випробувальні та нормовані тимчасові і постійні навантаження.

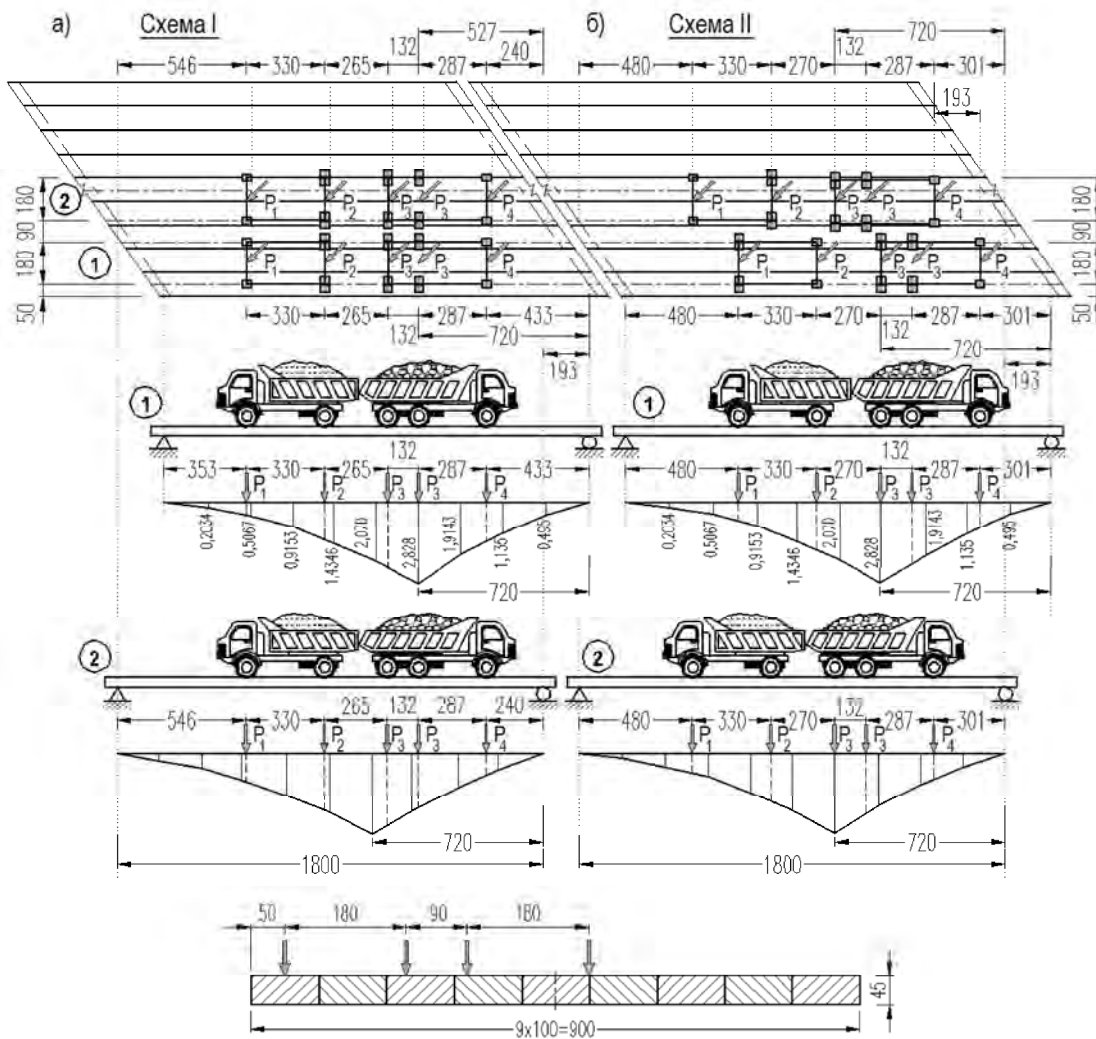


Рис. 2. Схеми розташування навантаження при статичних випробуваннях існуючої прольотної будови

Прольотну будову навантажували двома колонами навантажених великовагових автомобілів-самоскидів різних типів, які міг забезпечити замовник на період випробувань, а саме: КамАЗ (тиск на передню вісь 4,47 т, на задні осі візка по 7,35 т); тривісний МАЗ (тиск на передню вісь 8,48 т, на задні по 6,96 т) і двовісний МАЗ (тиск на передню вісь 6,7 т, на задню 11,5 т). Схеми розташування автомобілів на прольотній будові приймали за загальним принципом випробування прольотних будов статичним навантаженням. Поперек і вздовж прольоту автомобілі встановлювали у найневигодніше положення за відповідними лініями впливу для отримання максимальних зусиль у досліджуваній, у цьому випадку, крайній плиті. Для отримання її максимальної навантаженості поперек прольоту дві колони автомобілів встановлювали несиметрично з максимальним наближенням до зовнішньої грані крайньої плити в існуючій і до бар'єра безпеки в розширеній прольотних будовах. Вздовж прольоту одну із задніх осей одного з автомобілів встановлювали над вершиною лінії впливу згинальних моментів, а другий – впритик заднім бортом до першого. Отже, на ділянці лінії впливу з максимальними ординатами розташовували найнавантаженіші осі випробувальних автомобілів. Оскільки косина і нерозрізність прольотної будови також впливає на

характер її просторової роботи, під час розроблення схем навантаження аналізували декілька можливих схем, які створюють максимальну навантаженість прольотної будови. Серед них для випробування цієї прольотної будови прийняли дві (рис. 2, а, б): схема I – осі обох колон автомобілів (два КамАЗ і два МАЗ) поперек прольоту суміщені в одних площинах. При цьому першою і другою колонами навантажували відповідно зміщені лінії впливу згинальних моментів у середині прольоту, як це показано на рис. 2, а. Над вершиною лінії впливу крайньої плити розташовували другу вісь автомобіля КамАЗ першої колони. Осі автомобілів другої колони розташовували над лінією впливу п'ятої плити; схема II – друга колона автомобілів зміщена (вздовж прольоту) відносно першої так, що задні осі КамАЗ обох колон розташовували над вершинами відповідних ліній впливу першої і п'ятої плит, як показано на рис. 2, б.

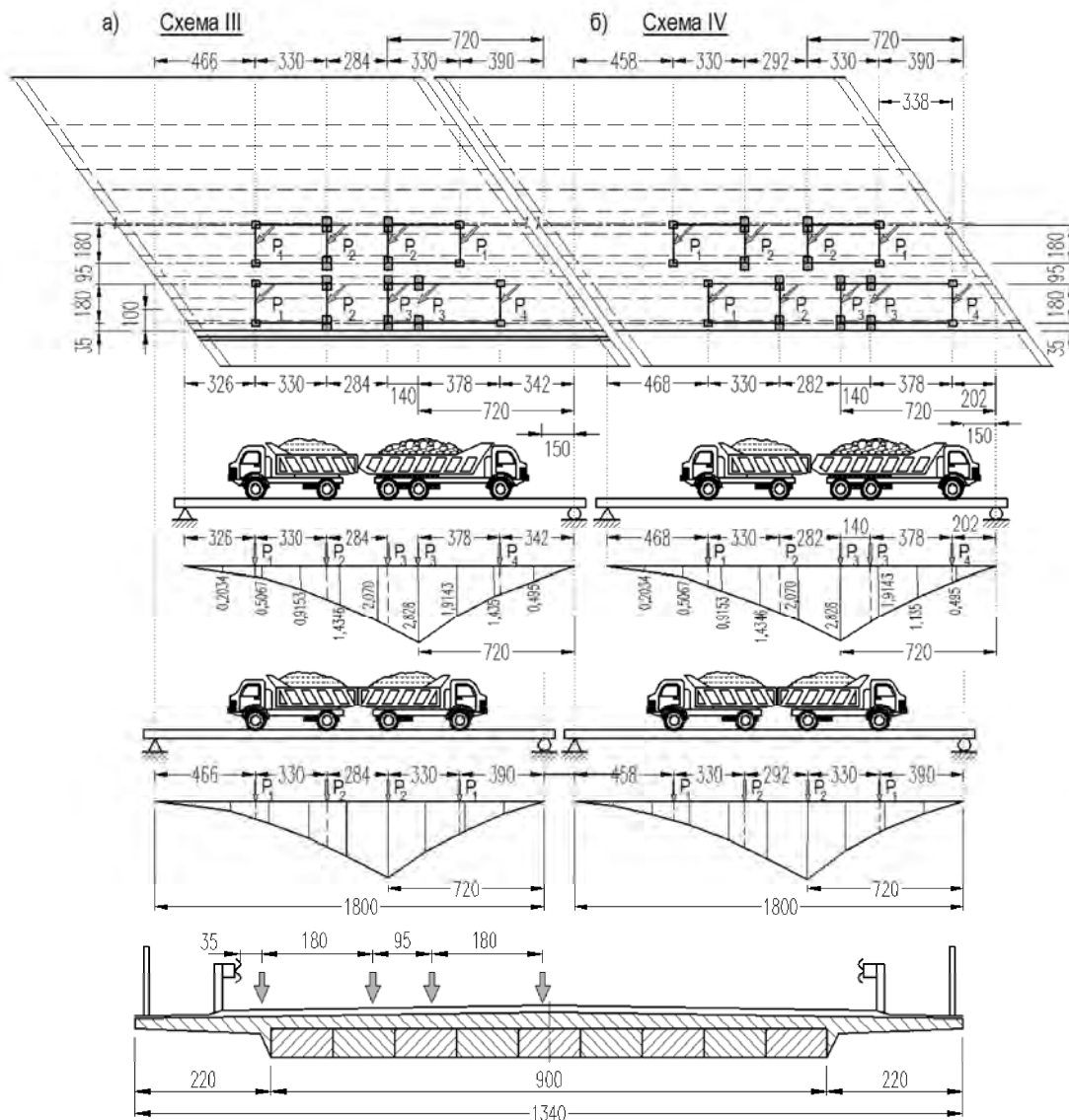


Рис. 3. Нові схеми розташування навантаження при статичних випробуваннях розширеної прольотної будови

При випробуваннях розширеної прольотної будови навантаження повторно виконали за цими самими схемами (схеми I_p і I_р), а також реалізували нові схеми III і IV (рис. 3) з двох колон автомобілів (перша колона – тривісний МАЗ і двовісний МАЗ; друга колона – два двовісні МАЗ), максимально наближених до бар'єра безпеки, а вздовж прольоту розташованих аналогічно до схем I і II (рис. 3, а, б). Саме за цими схемами отримали максимальну навантаженість крайньої плити. При всіх схемах прольотну будову навантажували ступінчато в три етапи: спочатку встановлювали

автомобіль КамАЗ 1-ї колони, потім до нього приставляли такий самий автомобіль другої колони і на третьому етапі до них задніми бортами підганяли два двовісні автомобілі МАЗ. В аналогічній послідовності здійснювали навантаження розширеної прольотної будови за схемами Ір, ІІр; ІІІ і ІV. На кожному етапі навантаження вимірювали прогини всіх плит всередині прольоту, що дало можливість виявити характер просторової роботи прольотної будови за різних ступенів її навантаженості від мінімального до максимального, а загалом прийняті при випробуваннях схеми навантаження існуючої і розширеної прольотної будови охопили практично всі можливі випадки розташування на ній тимчасового навантаження в процесі експлуатації, тобто дали змогу досягти максимальної навантаженості крайньої плити і перевірити її несучу здатність, жорсткість і тріщиностійкість у режимі найневигоднішого експлуатаційного навантаження.

За характерну, контрольовану під час випробувань деформацію прийняті прогини (вертикальні переміщення) плит прольотної будови, які вимірювали для кожної плити всередині прольоту. Для вимірювання прогинів застосовували механічні прогиноміри 6ПАО з ціною поділки 0,01 мм, встановлені по поздовжній осі кожної плити всередині їх прольоту.

Результати випробувань прольотної будови представлені епіюрами експериментальних прогинів, характер розвитку і розподілу яких між плитами поперек прольоту дає уявлення про характер просторової роботи під навантаженням. Для можливості аналізу і порівняння виміряні при всіх схемах випробувальних навантажень прогини подані у вигляді епіюр їх розподілу між плитами поперек прольоту (рис. 4).

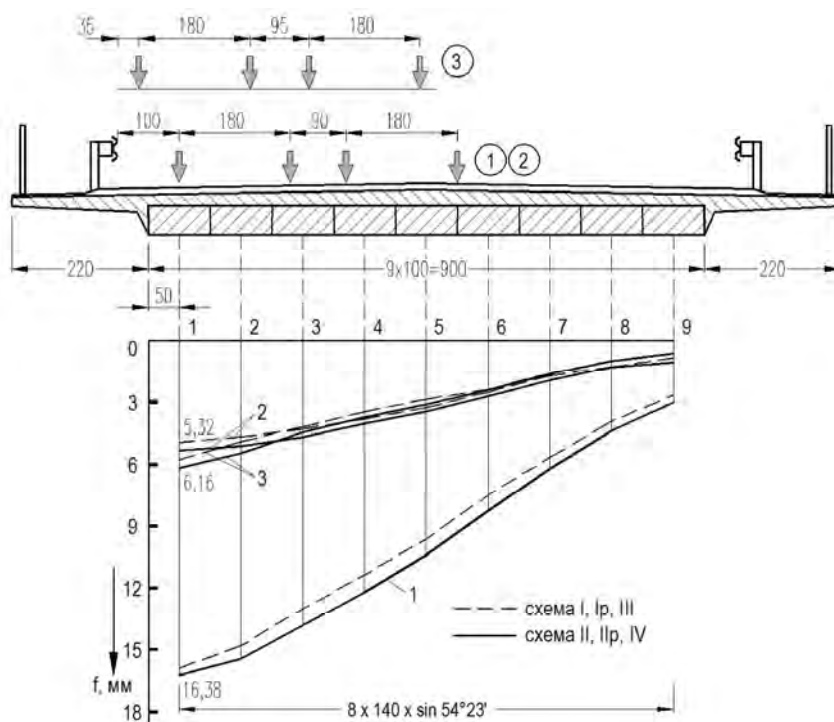


Рис. 4. Порівняння максимальних прогинів плит прольотної будови до (1) і після (2, 3) розширення при схемах навантаження існуючої прольотної будови I і II та розширеної при схемах Ір, ІІр і ІІІ, ІV

Закон зміни прогинів плит до влаштування накладної плити при всіх ступенях навантаження за схемами I і II нелінійний, що свідчить про недостатню поперечну жорсткість прольотної будови, плити якої об'єднані між собою поздовжніми шпонковими швами і додатковим шпонковим з'єднанням в середині прольоту. Але, незважаючи на це, при найневигоднішому односторонньому навантаженні всі дев'ять плит прогинаються, що свідчить про включення їх у сумісну роботу в складі прольотної будови. Привертає увагу також незначна різниця в прогинах від схем навантаження I і II, хоча деяка закономірність прослідковується – на всіх ступенях навантаження

прогини при навантаженні за схемою II дещо більші, ніж за схемою I. Незначна різниця в прогинах (16,05 мм при схемі I і 16,38 мм при схемі II) свідчить про майже однакову силову дію на прольотну будову від обох схем навантаження.

Включення в сумісну роботу з наявними плитами накладної залізобетонної плити збільшує поперечну жорсткість прольотної будови і змінює характер її просторової роботи, про що свідчить близький до лінійного закон зміни прогинів при всіх схемах і на всіх ступенях навантаження (див. рис. 4). Тобто можна вважати, що після розширення дійсна робота прольотної будови при досягнутому рівні навантаженості, який в реальних умовах відповідає експлуатаційному, відповідає лінійному розподілу зусиль між плитами, тобто теоретичним передумовам методу позacentрового стиску, який може бути прийнятим для перевірних розрахунків розширеної прольотної будови.

Як і в наявній, в розширеній прольотній будові дещо більші прогини одержані при навантаженні за схемою IV порівняно зі схемою III, хоча різниця між прогинами ще менша, ніж в наявній прольотній будові. Максимальний прогин крайньої плити при схемі навантаження IV становить 6,16 мм, а при схемі III – 5,84 мм, тобто різниця між ними 5,2 %. Отже, одержані прогини свідчать про майже однакову силову дію на прольотну будову навантажень за схемами III і IV.

У наявній прольотній будові максимальний прогин крайньої плити при випробуваннях за схемою II становив 16,38 мм. Після розширення при тій самій схемі навантаження він зменшився до 5,32 мм, тобто в 3,08 разів. Максимальний прогин крайньої плити в розширеній прольотній будові одержаний при випробуваннях за схемою IV при максимальному наближенні навантаження до бар'єра безпеки. Він становив 6,16 мм, тобто зменшився порівняно з максимальним прогином крайньої плити до розширення в 2,66 разів і становить лише 1/2922 прольоту при допустимому короткочасному прогині від тимчасових рухомих навантажень 1/400 прольоту.

Наведене порівняння прогинів плит існуючої і розширеної прольотної будови при найневигодніших схемах її навантаження свідчить про значне збільшення жорсткості наявних плит при їх сумісній роботі з накладною плитою в розширеній прольотній будові, а, відповідно, і про високу ефективність застосування монолітної залізобетонної накладної плити для розширення прольотних будов цього типу. Відсутність остаточних прогинів при максимальному рівні випробувального навантаження, більшому від експлуатаційного, свідчить про пружний характер роботи прольотної будови, значне її підсилення накладною плитою і дає підстави стверджувати про можливість її експлуатації без обмежень на тимчасові нормовані навантаження А15 і НК-100.

Висновки. Виконані роботи з реконструкції моста і розширення прольотної будови монолітною залізобетонною накладною плитою підтвердили ефективність, технологічність і надійність прийнятих конструктивних рішень.

1. Значне зменшення вимірних під час випробувань після реконструкції прогинів плит свідчить про надійне включення в сумісну роботу з ними монолітної залізобетонної накладної плити і внаслідок цього збільшення як жорсткості плит, так і поперечної жорсткості прольотної будови загалом.

2. За результатами статичних випробувань встановлено, що після реконструкції прольотна будова має достатню вантажопідйомність для сприйняття без обмежень нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100, на які і була запроектована її реконструкція.

1. Салійчук Л.В., Кваша В.Г. Застосування клеєтержевих анкерів при реконструкції мостів // 36. Дороги і мости. – Вип. 9. – К.: ДерждорНДІ, 2008. – С. 220–227.