

ДВОБАЛКОВІ ЗБІРНО-МОНОЛІТНІ НЕРОЗРІЗНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ ПРОГОНОВІ БУДОВИ МОСТІВ ДЛЯ СКЛАДНИХ УМОВ БУДІВНИЦТВА

Гнідець Б.Г., Запоточний Р.М.

Національний Університет «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна

АНОТАЦІЯ: В статті проаналізовано конструктивно-технологічні вирішення відомих двобалкових нерозрізних залізобетонних мостів, описано нові конструктивно-технологічні вирішення двобалкових залізобетонних мостів для складних умов будівництва і наведено їх програму експериментальних досліджень на великогабаритних моделях.

АННОТАЦИЯ: В статье проанализированы конструктивно-технологические решения известных двухбалковых неразрезных железобетонных мостов, описано новые конструктивно-технологические решения двубалковых железобетонных мостов для сложных условий строительства и приведена программа их экспериментальных исследований на крупногабаритных моделях.

ABSTRACT: In article the design and technological solutions of famous two-beams continuous reinforced concrete bridges, the new design and technological solutions of such two-beams continuous reinforced concrete bridges for difficult conditions of construction and given their program of experimental research on large models are analyzed.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Двобалкові нерозрізні залізобетонні мости, двобалкові мости, програма експериментальних досліджень.

За останні десятиліття, коли ресурси, що виділялись державою на ремонт, реконструкцію і нове будівництво мостів значно зменшилось, а інтенсивності руху і насиченість вулиць автотранспортом, особливо у густо забудованих міських і приміських зонах постійно збільшується – виникають завдання у розробленні і впровадженні нових конструктивно-

технологічних вирішень – які були б більш економічними і могли б застосовуватись у складних умовах будівництва. До таких складних умов будівництва можна віднести: складний план споруди з поворотами, обмеженими малими радіусами кривих в плані, наявністю розгалужень або примикань, з перехідними кривими в плані; змінну ширину габаритів проїзної частини та тротуарів; нетипові величини прогонів, обмеженість конструктивної висоти прогонової будови, підвищені або змінні підмостові габарити; мінімальний термін зведення споруд із врахуванням вимог несезонності будівництва та інші [1].

У вітчизняному мостобудуванні усе більше застосовуються нерозрізні залізобетонні багатобалкові конструктивні вирішення прогонових будов мостів із використанням трьох типів поперечного перерізу головних балок: тавровий, двотавровий і коробчастий (рис. 1) [2, 3].

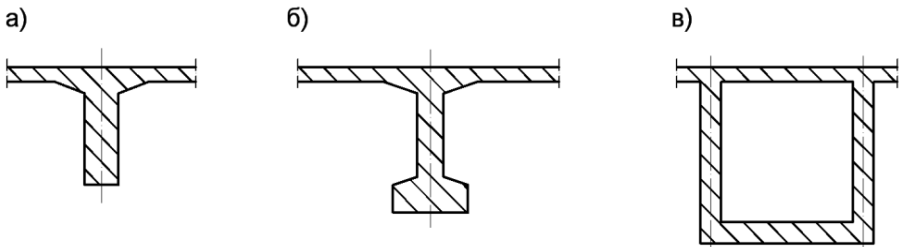


Рис. 1. Типи поперечних перерізів балок для багатобалкових нерозрізних залізобетонних прогонових будов мостів: а – тавровий; б - двотавровий; в – коробчастий

Зменшення кількості головних балок в поперечному перерізі прогонової будови моста дає ефект економії матеріалу, що витрачається на ребра балок, зменшує трудомісткість при виготовленні і монтажі, але збільшується розхід матеріалів на плиту проїзної частини. В сумі, у більшості випадків, зменшення кількості ребер дає більш економічну конструкцію.

Крім цього значно зменшується відкрита поверхня контакту прогонової будови з навколишнім середовищем, що підвищує експлуатаційні якості, надійність і довговічність конструкції.

У сучасному вітчизняному і зарубіжному мостобудуванні, крім багатобалкових, знаходять все більше застосування нерозрізні залізобетонні двобалкові прогонові будови мостів (рис. 2).

В Україні вже декілька десятиліть застосовуються типові збірні нерозрізні залізобетонні двобалкові прогонові будови мостів, які складаються із плитно-ребристих блоків типу ПРК на всю ширину

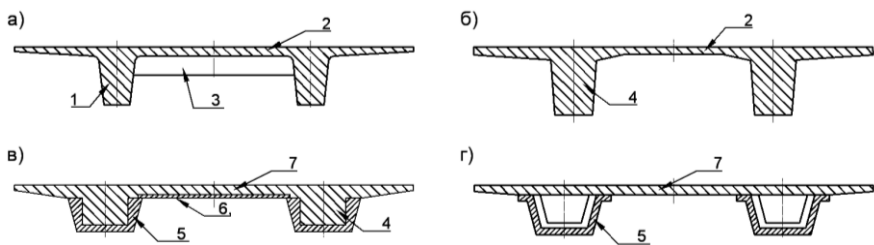


Рис.2. Поперечні перерізи двобалкових нерозрізних залізобетонних прогонових будов мостів: а – збірні блоки типу ПРК; б – монолітна двобалкова конструкція; в – збірно-монолітна двобалкова конструкція; г – збірно-монолітна коробчаста конструкція; 1 – головні балки; 2 – плита проїзної частини; 3 – поперечна балка; 4 – монолітна головна балка; 5 – збірні балки типу «U»; 6 – плоска збірна плита; 7 – монолітна плита проїзної частини

габариту і тротуарів (рис. 2а) [2, 3]. Блоки ПРК мають поздовжні ребра – балки 1, плиту проїжджої частини 2 та поперечні ребра 3. Розмір блоків, що до ширини моста, залежить від габариту і може змінюватись від 10,5 до 20,0 м, а вздовж моста обмежений шириною – 3 м, із врахуванням можливостей транспортних та монтажних засобів. Висота таких блоків обумовлюється розрахунковим прольотом, класом бетону, кількістю напруженої арматури і змінюється від 0,8 до 2,1 м. Збірні двобалкові нерозрізні залізобетонні прогонові будови мостів типу ПРК можуть споруджуватись наступними методами: з монтажем на постійних або переміщуваних риштуваннях, методом поздовжнього насування і навісним методом. Використовується попередньо напружена робоча арматура пучкова з натягом на бетон в закритих каналах із подальшими ін'єктуванням цих каналів сучасними матеріалами. Недоліком таких конструкцій є неможливість застосування їх у складних умовах будівництва, таких як на кривих малих радіусів у плані, при змінних габаритах по довжині конструкції, з наявністю розгалужень і примикань та інші.

У зарубіжних країнах знайшли широке застосування монолітні і збірно-монолітні двобалкові нерозрізні залізобетонні прогонові будови мостів (рис. 2, б, в, г). У практиці мостобудування в Польщі є досвід застосування монолітних і збірно-монолітних двобалкових нерозрізних залізобетонних прогонових будов мостів [4, 5].

Спорудження монолітних двобалкових нерозрізних залізобетонних мостів відрізняється великою трудомісткістю робіт, тривалістю процесів будівництва і сезонністю їх виконання. Це пояснюється тим, що на будівельному майданчику приходиться виконувати великі об'єми таких

робіт як: монтаж риштувань, встановлення опалубки, армування, розміщення і натяг напруженої арматури на бетон, ін'єктування каналів і т.п. Для перелічених робіт потрібна велика кількість матеріалів, які необхідно переробити і перетворити в конструкції, за складністю інколи не поступаються перед багатобалковими конструкціями мостів.

У складних умовах будівництва такі конструкції можуть застосовуватись, але у зв'язку із великою трудомісткістю основних та допоміжних робіт не можуть бути конкурентоздатними і рекомендованими до широкого застосування. В цей же час поєднання переваг збірної і монолітної залізобетонної дає можливість уникнути цих недоліків і перейти до застосування збірно-монолітних конструкцій. Двобалкові збірно-монолітні нерозрізні залізобетонні прогонові будови мостів знайшли своє застосування у зарубіжній практиці (рис. 2 в) [5]. Збірними елементами таких конструкцій є коритоподібні балки 5 і плоскі прогонові плити 6. Ці збірні залізобетонні елементи виконують роль опалубки і залишаються після бетонування в конструкції. Монтаж виконується на суцільних по довжині та ширині риштуваннях, а робоча попередньо напружена арматура застосовується з натягом на бетон в закритих каналах. Прямолинійність збірних елементів обмежує можливості застосовувати їх в складних умовах будівництва і при збільшених прогонах.

В Національному університеті «Львівська політехніка» було розроблено нові конструктивні вирішення багатобалкових коробчастих прогонових будов мостів для складних умов будівництва, які замовником успішно реалізовані в проекті автомобільної естакади для нового терміналу Державного міжнародного аеропорту «Бориспіль» у м. Києві (рис. 3) [1].

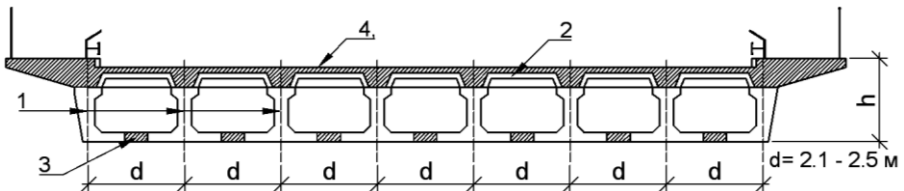


Рис.3. Поперечний переріз багатобалкової коробчастої збірно-монолітної нерозрізної залізобетонної прогонової будови для складних умов будівництва:

1- збірна двотаврова балка; 2 – збірна ребриста плита; 3 – монолітний стик нижньої плити; 4 – монолітна частина плити проїзної частини

По довжині така конструкція поділена на: збірні прогонові балки Б-1 і надопорні монолітні або збірні балки Б-2 (рис. 4). Застосовано збірні

ребристі плити, які виконують як і роль опалубки при спорудженні, так і несучого елементу у час експлуатації. Стики виконано попередньо-напруженими.

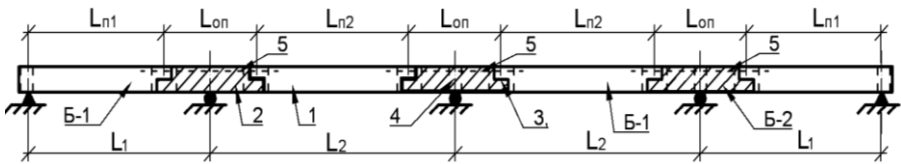


Рис. 4. Схема розміщення збірних і монолітних головних балок в нерозрізній прогоновій будові моста: 1 - збірні в прогонах балки; 2 - монолітні або збірні балки над опорами; 3 - діафрагма у зоні стику; 4 - напорна діафрагма; 5 - напорна напружувана арматура

Із застосуванням конструктивних вирішень прогонових будов мостів коробчастої конструкції для складних умов будівництва розроблених у Національному університеті «Львівська політехніка», продовжуються дослідження, і пропонуються у майбутньому для впровадження, нове конструктивне вирішення прогонових будов мостів для складних умов будівництва у виді двобалкових збірно-монолітних нерозрізних залізобетонних конструкцій (рис. 5). Головні нерозрізні балки по довжині

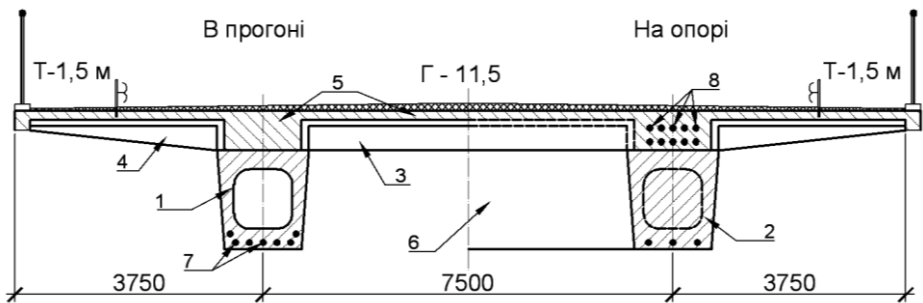


Рис. 5. Двобалкова нерозрізна збірно-монолітна залізобетонна прогонова будова моста для складних умов будівництва: 1 - збірна прогонова балка; 2 - монолітна або збірна напорна балка; 3 - збірна ребриста плита; 4 - збірна ребриста консольна плита; 5 - бетон замоноличування головних балок і плити; 6 - монолітна діафрагма в стиках і над опорами; 7 - напружувана арматура збірних балок; 8 - напружувана арматура в напорних зонах і стиках

також поділені на збірні прогонові 1 і надопорні монолітні або збірні 2. (рис. 4). Стики прогонових збірних і надопорних монолітних або збірних залізобетонних балок розміщені в зонах нульових згинальних моментах. Вони можуть виконуватись попередньо напруженими із металевої високоміцної арматури, або із застосуванням сучасної неметалевої високоміцної стрічкової арматури (CFR і т.д.).

Застосування в двобалкових конструкціях збірних прогонових і консольних ребристих плит дає можливість значно зменшити витрати на влаштування опалубки, використання підвісних риштувань, оскільки збірні елементи виконуватимуть цю роль і крім цього одночасно включатимуться в спільну роботу з монолітною частиною плити проїзної частини у період експлуатації.

Такі двобалкові конструкції мають цілий ряд переваг, а саме: високий коефіцієнт збірності конструкції, можливість застосування у складних умовах будівництва, можливість використання різних технологій при спорудженні таких як: монтаж на тимчасових упорах, методом поздовжнього насування та ін.

Для дослідження і впровадження у майбутньому двобалкових збірно-монолітних нерозрізних залізобетонних прогонових будов для прямолінійних і криволінійних ділянок мостів, згідно з програмою досліджень передбачено випробування багатопрогової нерозрізної конструкції. Для цього були виготовлені збірні елементи: залізобетонні прогонові балки, закладні металеві деталі для надопорних монолітних балок, арматурні сітки і каркаси, і змонтовано дві дослідні моделі у масштабі 1:10, для прямолінійної і криволінійної ділянки прогової будови багатопрогової нерозрізної конструкції (рис. 6).

Перша модель для експериментального дослідження – це двох прогонова конструкція на прямолінійній ділянці $l_1 : l_2 = 1,775\text{ м} : 2,400\text{ м}$ з консолю 0,45 м, на які вільно оперті збірні залізобетонні балки (рис. 6). Дослідна конструкція поділена по довжині на: збірні прогонові і монолітні надопорні залізобетонні балки. У поперечному перерізі конструкція складається із двох прогонових збірних балок висотою 220 мм і двох монолітних надопорних головних залізобетонних балок, розміщених в осях на відстані 700 мм. Плита виконана монолітною загальною шириною 1400 мм. Відстань у світлі між балками – 580 мм, а консольної частини плити – 290 мм. Монолітні залізобетонні поперечні балки розміщені над опорами і у зонах стиків.

Друга модель для експериментального дослідження – це три прогонова консольна криволінійна конструкція з прогонами : $l_1=1,66\text{ м}$, $l_2=2,02\text{ м}$, $l_3=2,30\text{ м}$ і $l_k=0,45\text{ м}$ із радіусом повороту 4,00 м (рис. 6). На консолі обох ділянок моделей вільно опираються збірні підвісні залізобетонні балки, які на третьому етапі випробувань будуть об'єднані

між собою. У поперечних перерізах над опорою і у середині прогонів модель на криволінійній ділянці виконана аналогічно як і перша двохпрогонова на прямій ділянці. Монолітні поперечні залізобетонні балки розміщені у надопорній ділянці і у зоні стиків також. Клас бетону збірних і монолітних елементів конструкції – В30.

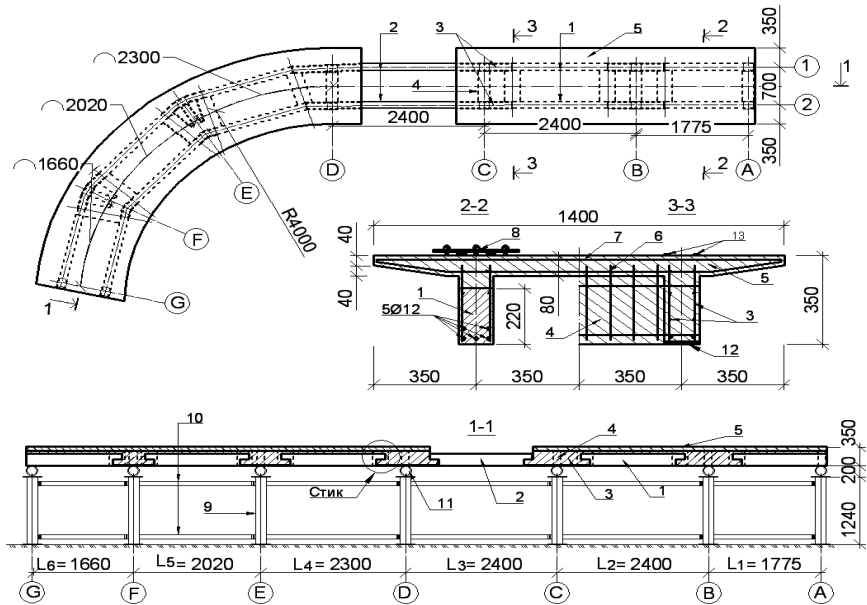


Рис. 6. План і розрізи моделей двобалкових збірно-монолітних нерозрізних залізобетонних конструкцій прогонових будов мостів: 1 – прогонові збірні залізобетонні балки; 2 – підвісна збірна балка на консолях двох незалежних моделей; 3- закладна деталь надопорної монолітної балки; 4- діафрагма; 5- монолітна плита із консолями; 6- нижня сітка плити; 7- верхня сітка плити; 8- деталь для анкерування неметалевої арматури Sika CarboDur S212; 9- опори стенду; 10- поздовжні металеві зв'язки опор; 11- кільцеві динамометри; 12 – зовнішня листова арматура надопорних монолітних ділянок; 13 – неметалева стрічкова арматура Sika CarboDur S212

Збірні прогонові балки армовані робочою арматурою класу А400С. Надопорні монолітні балки армовані сучасною високоміцною стрічковою неметалевою арматурою (Sika Carbodur S), яка клеїться на верхній частині плити і анкеруються в кінцях шляхом притискання до бетону металевими пластинами за допомогою болтів, накладених при бетонуванні. Двопрогонова прямолінійна і трипрогонова криволінійна моделі в

подальшому будуть об'єднуватися в одну суцільну нерозрізну конструкцію для подальшого експериментального дослідження.

Монтаж елементів прогонової будови моделі двобалкових збірно-монолітних нерозрізних залізобетонних мостів на стенд виконувався на додаткових тимчасових опорах, що розташовувались на місцях стиків збірних і монолітних залізобетонних балках. Конструкцію стиків, розроблених для об'єднання збірних і монолітних елементів показано на (рис. 7).

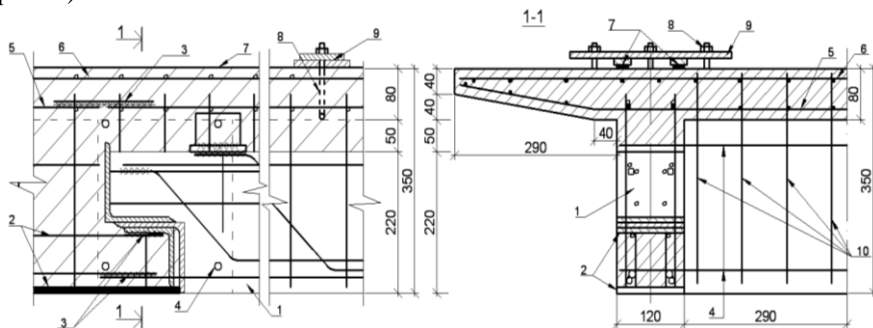


Рис. 7. Стик збірних і монолітних балок: 1 – збірна балка; 2 – закладна деталь монолітної надопорної балки із листовою арматурою стисненої зони; 3 – зварний стик випусків поздовжньо арматури збірної балки і закладної деталі монолітної ділянки; 4 – арматура діафрагми; 5 – нижня сітка плити; 6 – верхня сітка плити; 7 — неметалева стрічкова арматура Sika CarboDur S212; 8 – закладні болти для анкерування кінців стрічок; 9 – деталь для кріплення кінців стрічки Sika CarboDur S212; 10 - хомути діафрагми

Виконання стиків для об'єднання збірних і монолітних балок було проведено в такій послідовності (рис. 7):

1) приварювання випусків робочої арматури збірної балки 1 до поздовжньої арматури закладної деталі 2 у нижній зоні конструкції;

2) приварювання коротунів 3 до поздовжньої каркасної арматури верхньої зони збірної балки і закладної надопорної деталі;

3) влаштування поздовжньої 8 і поперечної арматури 10 об'єднуючої діафрагми;

4) бетонування надопорної ділянки закладної деталі, плити і діафрагми;

5) наклеюванням сучасної неметалевої стрічкової арматури Sika CarboDur S212 7 на верхній поверхні плити у надопорній зоні;

б) анкетування кінців стрічок притисканням металевою деталлю 9 в прогоновій зоні за стиком.

Програма експериментальних досліджень двобалкових збірно-монолітних залізобетонних прогонових будов мостів включає такі задачі:

1. Визначення напружено-деформованого стану двобалкової двопрогонової нерозрізної збірно-монолітної залізобетонної прямолінійної конструкції моделі моста;

2. Визначення напруженого деформованого стану двобалкової трипрогонової нерозрізної збірно-монолітної залізобетонної криволінійної конструкції моделі моста;

3. Визначення напруженого деформованого стану двобалкової шестипрогонової нерозрізної збірно-монолітної залізобетонної конструкції моделі моста з прямою, перехідною і кривою ділянками (М1:10) після об'єднання двох моделей в одну конструкцію.

ВИСНОВКИ

Експериментальні дослідження нових конструктивних вирішень втілених на моделях двобалкових залізобетонних нерозрізних збірно-монолітних прогонових будовах мостів з прямою, кривою, і об'єднаною ділянками дають можливим оцінити реальну роботу конструкції при різних схемах завантаження конструкції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гнідець Б.Г. Залізобетонні конструкції з напруженими стиками і регулюванням зусиль: монографія / Гнідець Б.Г. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2008. - 548 с.
2. Мости: конструкції та надійність / [Лучко Й.Й., Коваль М.П., Корнієв М.М. та ін.]. - Л.: Каменяр, 2005. – 989 с.
3. Загора О.Л. Нерозрізні консольно- та рамно-підвісні попередньо напружені залізобетонні мости: навч. посібник / О.Л. Загора. - Дніпропетровськ: Держ. Техн. Ун-т трансп., 1994. - 128 с.
4. Janusz Holowaty. Projektory rusztowan mostowych w tacznicach wezta «Opacz» drogi ekspresowej S2 / Janusz Holowaty, Dariusz Jurkowski, Gabon Zimny / Inzynieria budownictwo, 2012. - №6.
5. Lukas Nikodem. Technologia budowy czesciowo prefabrykowanych ustrojow nosnych obiektu mostowego w mazurowicach// Prefabrykacja w mostownictwie / Lukas Nikodem, Maciej Hilderand // Wroclaw, 2010.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2013 р.