

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 625.142.45:624.012.45

М. М. ПОПОВИЧ^{1*}, В. О. ФІЛЯУР²

^{1*} Кафедра «Мости і тунелі», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (096) 649 32 92, ел. пошта popovich.n.m@ukr.net, ORCID 0000-0003-1790-3110

² Кафедра «Мости і тунелі», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (093) 233 54 32

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ФОРМ ТА АРМУВАННЯ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ ПІД ЗАЛІЗНИЦЮ

Мета. Розглядається плитна прогонова будова типу БПС, виконання 1, повною довжиною $l_p=14,3$ м згідно ВНД УЗ 32.2.04.050-2015 ЦП (ЦП-289) під залізницю, досліджуються конструктивні форми та армування плитної прогонової будови під залізницю, порівнюються їх геометричні характеристики і несуча здатність. За отриманими результатами знаходиться оптимальний варіант, при якому досягається максимальна економія бетону і арматури, зменшення ваги без негативного впливу на несучу здатність. **Методика.** Дослідження виконується методом пробного проектування. **Результати.** Застосування поздовжніх або поперечних отворів в плитах прогонових будов зменшує вагу блоків, а поперечні отвори дають можливість огляду прогонових будов, що суттєво при їх експлуатації. **Наукова новизна.** Використання поздовжніх або поперечних отворів без зменшення несучої здатності прогонових будов. **Практична значимість.** Застосування поздовжніх або поперечних отворів в прогонових будовах зменшує їх вагу. Наявність поперечних отворів в прогонових будовах сприяє проведенню обстеження при поточному утриманні.

Ключові слова: залізобетонна плитна прогонова будова; залізобетонна ребриста плитна прогонова будова; плита баластового корита; конструктивні форми; армування; поздовжні отвори; поперечні отвори; звичайна арматура; попередньо-напружена арматура; зовнішнє армування; момент; поперечна сила; епора матеріалів

Вступ

Більшу частину залізничних мостів, що експлуатуються на об'єктах транспортної інфраструктури, складають залізобетонні мости [1, 2, 3, 4, 9]. Простота їх конструкції, виготовлення, перевезення і монтажу в проектне положення є одними з переваг їх використання. Але при цьому до них пред'являється ряд вимог, які необхідно враховувати як при проектуванні, так і при розробці технології виготовлення й монтажу балок.

Для забезпечення зниження трудових, матеріальних і транспортних витрат, полегшення виготовлення і маневреності кранових установок при монтажу, прогонові будови повинні мати найменшу власну вагу і армування, при якій вона не втрачає своєї несучої здатності.

Зниження маси прогонової будови можна забезпечити за допомогою:

– застосування бетону більш високого класу, що дозволяє зменшити розміри поперечного перерізу;

– членування конструкції на окремі монтажні елементи. Їх конструкція повинна бути простою і надійною. При цьому число монтажних стиків бажано мати мінімальне, уникати бетонування монтажних стиків у зимових умовах і не розташовувати їх в зоні дії максимальних зусиль;

– використання пустот (поздовжніх, поперечних) для облегшення прогонової будови;

– застосування напруженої арматури, що дає можливість більш раціонально використовувати властивості бетону й арматури високої міцності;

– застосування змішаного армування, при якому окремі стержні звичайної арматури змінюються на пучки високоміцного дроту попередньо-напруженої арматури. При цьому прогонова будова набуває характеристик як звичайного залізобетону, так і попередньо-напруженого;

– застосування зовнішнього армування, що дає можливість замінити звичайну робочу

арматуру і використовувати листи металу у якості «робочої арматури» в розтягнутій зоні.

Найпростішу форму поперечного перерізу мають плитні прогонові будови. До їхніх переваг, крім переваг простоти виготовлення, є надійність в експлуатації, мала будівельна висота (що особливо важливо при будівництві шляхопроводів), маневреність і простота монтажу.

Актуальністю цього дослідження є те, що з розвитком мостобудування і виробництва конструкцій поширюється застосування, впровадження і удосконалення нових матеріалів, механізмів, конструкцій і методів розрахунку.

При дослідженні розглядалися оптимальні конструктивні форми поперечного перерізу, що дозволяють зменшити об'єм бетону, і різні типи армування в поєднанні з різними формами поперечного перерізу, що дозволить зменшити вагу металу робочої арматури і досягти бажаного результату.

На сьогоднішній день широко використовується серія плитних прогонових будов, розроблених ДП «Науково-конструкторське технологічне бюро колійного господарства Укрзалізниці», що увійшли до відомчого нормативного документу ЦП-289 «Інструкція з проектування залізобетонних прогонових будов для залізничних мостів з балок типу БПС» [2].

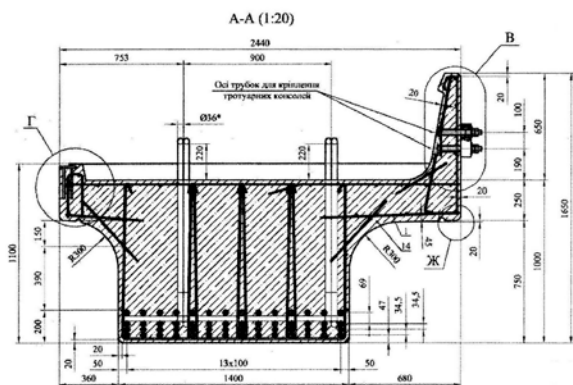


Рис. 1. Балка типу БПС, виконання 1 довжиною 14,3 м

Мета

Плитні прогонові будови згідно ЦП-289 характеризуються тим, що:

- арматура АІ замінена на більш міцну А400;
- бетон М300 та М400 замінено на сучасний В40;

© М. М. Попович, В. О. Філяр, 2018

– використано сучасні гідроізоляційні матеріали;

– водопропускні трубки старого зразку замінено на сучасні полімерні, нейтральні до агресивних середовищ;

– висота бортика збільшена до 650 мм з метою можливості механізованої заміни баласту;

– удосконалена конструкція внутрішнього бортика.

Удосконалення, виконані у конструкції, є вкрай актуальними та важливими з позицій експлуатації, але вони не вирішили цілий ряд недоліків, закладених у конструкцію раніше, та таких, що можуть бути виправлені.

Завдяки сучасному розвитку технологій і механізації будівництва і виробництва є можливість якнайбільше і найоптимальніше змінити конструкцію, і її виготовлення для налагодження кращого виробництва, для покращення продукту кінцевого результату.

На даний момент заводи мають все для виготовлення конструкцій, будь-яку форму опалубки, в залежності від вимог замовника.

Армування потрібно розглянути більш детально. Обрати найбільш оптимальне поєднання арматури з бетоном, зменшити її витрати пропорційно з бетоном, удосконалити механізацію процесу армування, що приведе до зменшення трудовитрат і підвищення якості вихідної продукції.

Методика

Для досягнення даної мети використовувався метод пробного проектування (пробних розрахунків). В ході розрахунків змінювалися геометричні характеристики поперечного перерізу прогонової будови (створення пустот поздовжніх, поперечних, зміна висоти балки, зміна плитного перерізу на ребристий) для досягнення результатів щодо зменшення маси балки, без зміни її несучої здатності. Також використовувалися різні типи армування з різними типами поперечного перерізу прогонової будови: звичайна арматура, попередньо-напружена арматура і використання зовнішнього армування.

В ході дослідження в першу чергу розраховувалася і аналізувалася плита прогонова будова зі звичайного залізобетону. Для досягнення облегшення, зменшення ваги прогонової будови і меншого використання об'єму змінюва-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

лися поперечні перерізи. Розрахунку підлягали прогонові будови:

- суцільного перерізу (рис. 2);
- з круглими поздовжніми отворами (рис. 3);
- з овальними поздовжніми отворами (рис. 4);
- з круглими поперечними отворами (рис. 5);
- ребристий переріз (рис. 6).

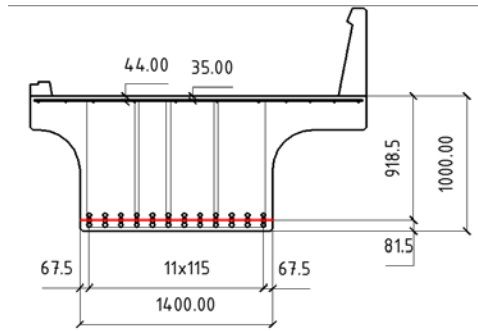


Рис. 2. Плитна прогонова будова суцільного перерізу. Розташування арматури в прогоновій будові. Варіант № 1

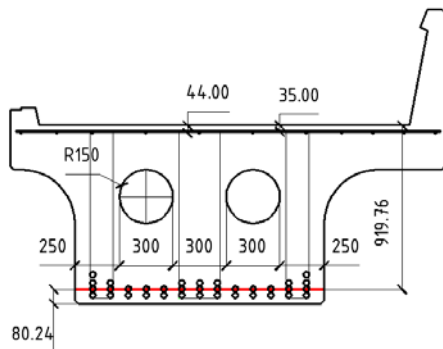


Рис. 3. Плитна прогонова будова з поздовжніми круглими отворами. Розташування арматури. Варіант № 2

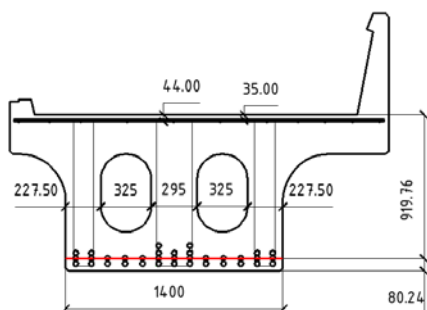


Рис. 4. Плитна прогонова будова з поздовжніми овальними отворами. Розташування арматури. Варіант № 3

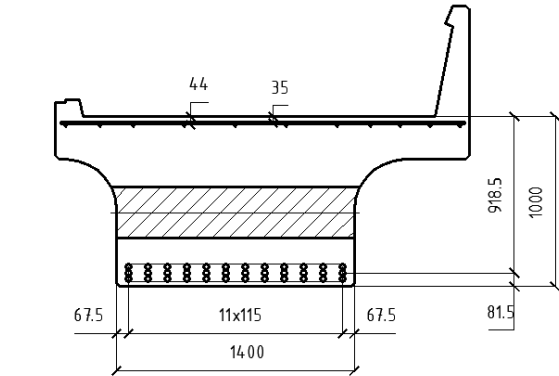
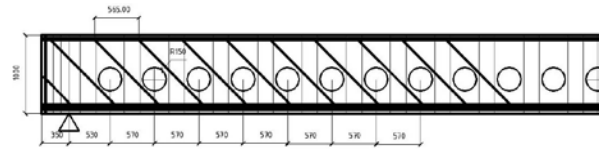


Рис. 5. Прогонова будова з поперечними круглими отворами. Розташування арматури. Варіант № 4

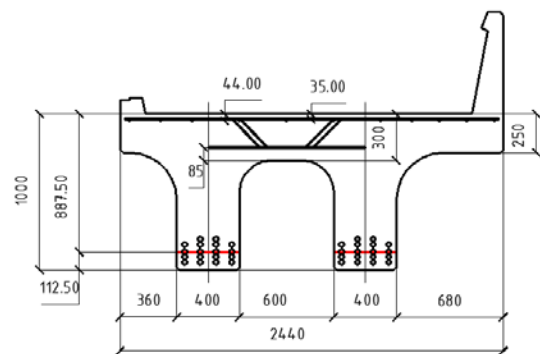


Рис. 6. Ребриста прогонова будова. Розташування арматури. Варіант № 5

Виходячи з отриманих результатів розрахунків [3, 4, 5], що відображені в табл. 1 і на рис. 7, оптимальним для економії бетону є варіант № 5, при якому досягається зменшення об'єму і ваги блоку на 22,6 % (14,3 т, 5,863 м³).

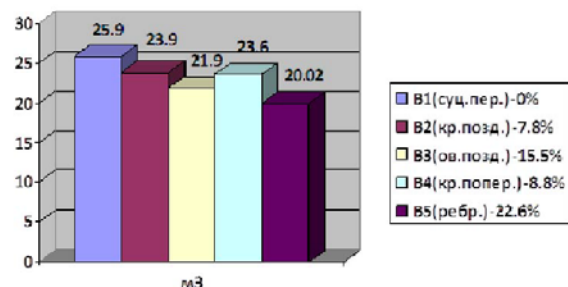


Рис. 7. Гістограма порівняння об'єму бетону в залежності від конструктивних форм прогонової будови

Розрахункові показники для перерізів

Варіант	Основні геометричні характеристики		Міцність, кНсм	Витривалість за бетоном, кН/см ²	Витривалість за арматурою, кН/см ²	Міцність перерізів за поперечною силою, кН: 45, 60	Δ, %
1	I_{red}	12881313,9 см ⁴	618440<787407,697	1,231<1,78	18,92<19,6	1978,53<3392,4 1978,53<3026,111	0
	x	19,4 см					
	h_0	91,85 см					
	a_s	8,15 см					
	A_s	289,548 см ² , $n=36$ шт.					
	$G_{блоку}$	634,13 кН (63,4 т)					
	$V_{блоку}$	25,883 м ³					
2	I_{red}	12669921,34 см ⁴	609593<767633,5	1,22 <1,78	19,06<19,305	1952,51<3881,32 1952,51<3203,9	7,8
	x	18,81 см					
	h_0	91,976 см					
	a_s	8,024 см					
	A_s	281,505 см ² , $n=35$ шт.					
	$G_{блоку}$	584,4 кН (58,44 т)					
	$V_{блоку}$	23,854 м ³					
3	I_{red}	12669921,34 см ⁴	600994<767633,5	1,193<1,8	19,06<18,909	1927,22<3881,32 1927,22<3203,9	15,5
	x	18,81 см					
	h_0	91,976 см					
	a_s	8,024 см					
	A_s	281,505 см ² , $n=35$ шт.					
	$G_{блоку}$	536,0355 кН (53,6 т)					
	$V_{блоку}$	21,879 м ³					
4	I_{red}	12881313,9 см ⁴	608540 <787407,697	1,21 < 1,78	18,54 < 19,255	1949,4 <3592,4 1949,4 <3393,4	8,8
	x	19,4 см					
	h_0	91,85 см					
	a_s	8,15 см					
	A_s	289,548 см ² , $n=36$ шт.					
	$G_{блоку}$	578,45 кН (57,845 т)					
	$V_{блоку}$	23,61 м ³					
5	I_{red}	11901087,4 см ⁴	592640<757716,331	1,24<1,7338	18,698<18,711	1902,65<3208,06 1902,65<3055,95	22,6
	x	19,4 см					
	h_0	88,75 см					
	a_s	11,25 см					
	A_s	289,548 см ² , $n=36$ шт.					
	$G_{блоку}$	490,49 кН (49,1 т)					
	$V_{блоку}$	20,02 м ³					

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Що стосується кількості арматури – то її площа приблизно залишається однаковою (в різницю в 1 стержень між варіантами). При цьому при зміні параметрів геометричних характеристик прогонова будова не втрачає свою несучу здатність.

На наступному етапі досліджувалася плитна прогонова будова з попередньо-напруженого залізобетону [6, 7, 8, 9]. Для порівняння розраховувалися два варіанти прогонової споруди: суцільного і ребристого перерізу (рис. 8, 9).

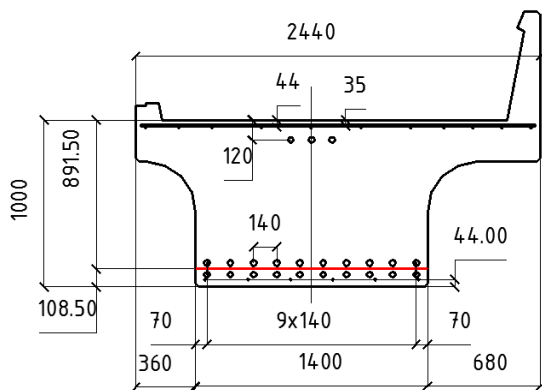


Рис. 8. Плитна прогонова будова суцільного перерізу з попередньо-напруженою арматурою. Варіант № 1

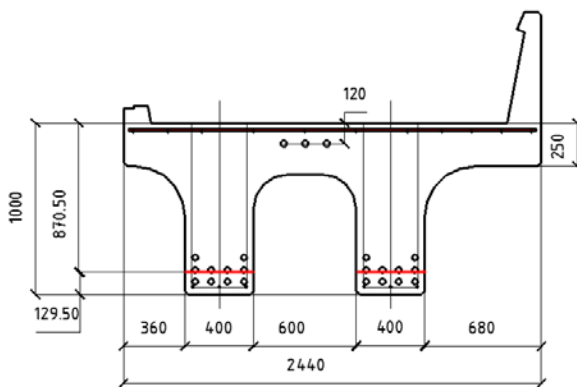


Рис. 9. Ребриста прогонова будова з попередньо-напруженою арматурою. Варіант № 2

Проаналізувавши результати на даному етапі і порівнявши результати з попередніми розрахунками, можна зробити висновок (рис. 10), що при застосуванні попередньо-напруженого армування досягнуто зменшення кількості і площі робочої арматури на 62,67 % порівняно зі звичайною арматурою відповідно до даних варіантів поперечного пере-

різу. При однаковій кількості арматури в варіанті № 2 (ребриста) паралельно досягається зменшення об'єму бетону, порівняно з варіантом № 1 (суцільний переріз).

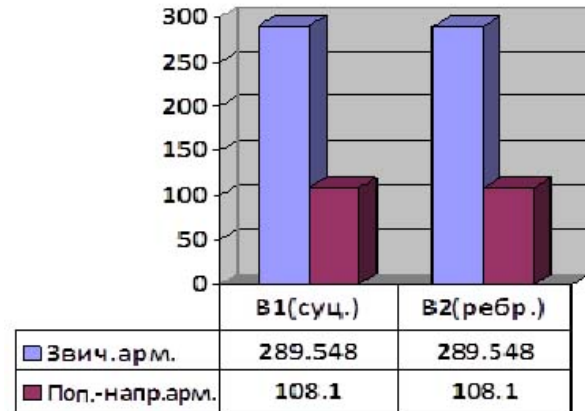


Рис. 10. Гістограма порівняння робочої арматури (звичайної і попередньо-напруженої)

На третьому етапі використовувалося зовнішнє армування (рис. 11, 12, 13, 14), що характеризується використанням горизонтальних металевих листів у якості робочої арматури. Для розрахунку використовуємо листи сталі 15ХСНД розрахунковим опором $R_y=295$ МПа.

Зовнішнє армування складається з двох горизонтальних листів, які з'єднуються між собою поздовжнім зварюванням. В якості анкерів виступають відгини робочої арматури, що сприймають поперечну силу.

Розрахунку підлягали: прогонова будова суцільного перерізу висотою 100 см, суцільного перерізу висотою 90 см, з круглими поздовжніми отворами і з овальними поздовжніми отворами.

За результатами розрахунків в усіх варіантах використовуються для зовнішнього армування однакові листи металу.

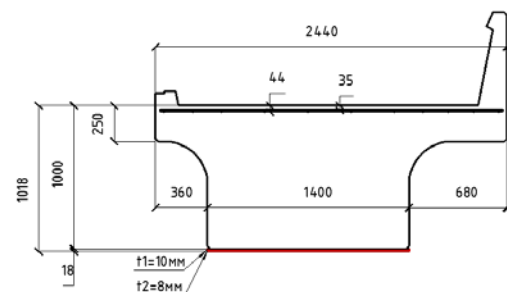


Рис. 11. Зовнішнє армування плитної прогонової будови $h=100$ см. Варіант № 1

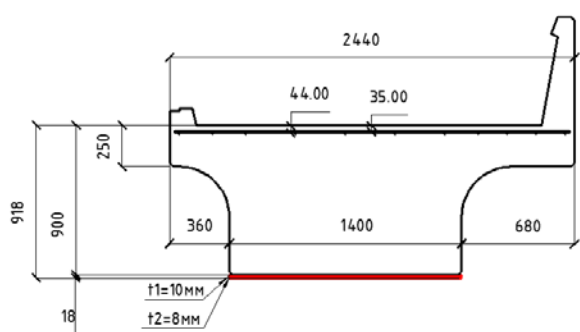


Рис. 12. Зовнішнє армування плитної прогонової будови $h=90$ см. Варіант №2

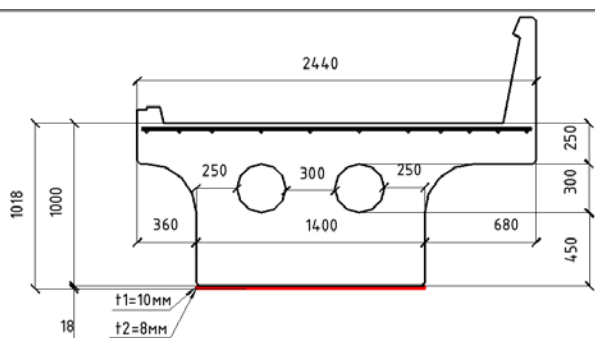


Рис. 13. Зовнішнє армування плитної прогонової будови з круглими поздовжніми отворами. Варіант №3

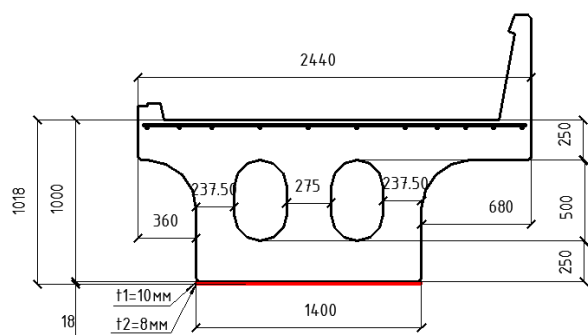


Рис. 14. Зовнішнє армування плитної прогонової будови з овальними поздовжніми отворами. Варіант №4

За варіантом № 4 досягається зменшення об'єму і ваги блоку на 22,6 % (14,3 т, 5,863 м³) (рис. 15). При цьому при зміні параметрів геометричних характеристик прогонова будова не втрачає свою несучу здатність.

Зовнішнє армування представлено як альтернатива звичайному армуванню. Завдяки простоті конструкції виділяються такі переваги:

- простота виготовлення (встановлення в нижній зоні конструкції, а анкерами є відгини арматури);
- вільний доступ до догляду за металом під час експлуатації, порівняно зі звичайною арматурою (фарбування, контроль за станом металу тощо);
- збільшується робоча висота перерізу.

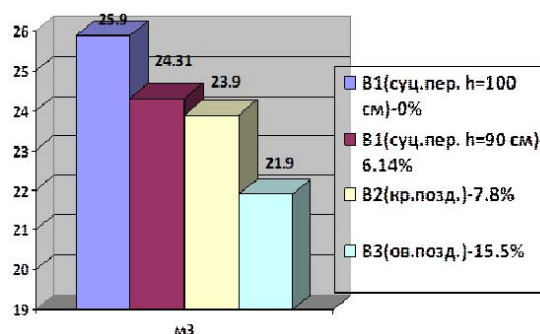


Рис. 15. Гістограма порівняння об'єму бетону при зовнішньому армуванні

Але воно не гарантує максимальної економії металу. При збільшенні довжини прогонової будови збільшується і товщина металевих листів. Отже, найоптимальнішим варіантом на першому місці є ребриста прогонова будова з попередньо-напруженою арматурою, а на другому місці прогонова будова з овальними поздовжніми отворами, як зі звичайною арматурою, так і з зовнішнім армуванням.

Результати

Для плитної прогонової будови зі звичайного залізобетону найменша вага і менше використання бетону має прогонова будова з поперечними отворами. Застосування попередньо напруженого залізобетону в плитних прогонових будовах приводить до зменшення площі арматури, а також зменшення об'єму бетону. Застосування зовнішнього армування у прогонових будовах із поперечними отворами зменшує об'єм бетону та вагу блоків прогонових будов.

Наукова новизна та практична значимість

Метод пробного проектування є достатньо вірний для задач класу, що розглядаються, а конструктивні форми прогонових будов, які пропонуються мають суттєві переваги для плитних прогонових будов.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Висновки

Для забезпечення надійного утримання плитних прогонових будов можливо утворення поперечних отворів, а також застосування зовнішнього армування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізниця колії 1520 мм. Норми проектування [Текст]. – Надано чинності 2008-26-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 123 с.
2. Інструкція з проектування збірних залізобетонних прогонових будов для залізничних мостів з балок типу БПС [Текст] / А. Курган, Г. Линник, К. Мойсеєнко, О. Чернюк. – Держ. адмін. зал. транспорту України, Київ : Дедалта, 2015. – 183 с.
3. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – Надано чинності 2007-02-01. – Київ : Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.
4. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст].

- Надано чинності 2009-11-11. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с.
5. ДБН В.1.2-15:2009. Мости та труби. Навантаження та впливи [Текст]. – Надано чинності 2010-03-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с.
 6. Попович, Н. М. Расчет преднапряженного пролетного строения [Текст] / Н. М. Попович – Днепропетровск, ДИИТ, 1998.
 7. ДБН В.2.3-26:2010. Споруди транспорту. Мости і труби. Сталеві конструкції. Правила проектування. Частина 1 і 2 [Текст]. – Надано чинності 2011-10-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 104 с. і 195 с.
 8. Попович, Н. М. Исследование напряженного состояния пролетного строения с предварительно напряженного железобетона [Текст] / Н. М. Попович, И. В. Клименко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 2012. – Вип. 3. – С. 137-141.
 9. Железобетонные пролетные строения мостов индивидуального изготовления [Текст] / Л. И. Иосилевский, А. В. Носарев, В. П. Чирков, О. В. Шепетовский. Москва : Транспорт, 1986. – 216 с.

Н. М. ПОПОВИЧ^{1*}, В. О. ФИЛЯУР²

^{1*} Кафедра «Мости и тоннели», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (096) 649 32 92, эл. почта popovich.n.m@ukr.net, ORCID 0000-0003-1790-3110

² Кафедра «Мости и тоннели», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (093) 233 54 32

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФОРМ И АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ

Цель. Рассматривается плитное пролетное строение типа БПС, исполнение 1, полной длиной $l_p = 14,3$ м согласно ВНД УЗ 32.2.04.050-2015 ЦП (ЦП-289) под железную дорогу, исследуются конструктивные формы и армирование плитного пролетного строения под железную дорогу, сравниваются их геометрические характеристики и несущая способность. По полученным результатам находится оптимальный вариант, при котором достигается максимальная экономия бетона и арматуры, уменьшение веса без отрицательного влияния на несущую способность. **Методика.** Исследование выполняется методом пробного проектирования. **Результаты.** Применение продольных или поперечных отверстий в плитных пролетных строениях уменьшает вес блоков, а поперечные отверстия дают возможность осмотра пролетных строений, что существенно при их эксплуатации. **Научная новизна.** Использование продольных или поперечных отверстий без уменьшения несущей способности пролетных строений. **Практическая значимость.** Применение продольных или поперечных отверстий в пролетных строениях уменьшает их вес. Наличие поперечных отверстий в пролетных строениях способствует проведению обследования при текущем содержании.

Ключевые слова: железобетонное плитное пролетное строение; железобетонное ребристое плитное пролетное строение; плита балластного корыта; конструктивные формы; армирование; продольные отверстия; поперечные отверстия; обычная арматура; предварительно напряженная арматура; внешнее армирование; момент; поперечная сила; эпюра материалов

N. M. POPOVICH^{1*}, V. O. FILYAU²

^{1*} Department of Bridges and Tunnels, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan str., 2, Dnepr, Ukraine, 49010, tel. +38 (096) 649 32 92, e-mail popovich.n.m@ukr.net,

© М. М. Попович, В. О. Філяур, 2018

ORCID 0000-0003-1790-3110

² Department of Bridges and Tunnels, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan str., 2, Dnepr, Ukraine, 49010, tel. +38 (093) 233 54 32

RESEARCH OF STRUCTURAL FORMS AND REINFORCEMENT OF RAILWAY BRIDGE SPAN

Purpose. A slab span structure of the BPS type, version 1, with a total length of $l_p = 14,3$ m is considered according to VND UZ 32.2.04.050-2015 TsP (TsP-289) for the railroad, constructive forms and reinforcement of the slab span structure for the railroad are being compared, their geometric characteristics and bearing capacity. According to the obtained results, the optimal variant is found, at which the maximum savings of concrete and reinforcement are achieved, with weight reduction without negative impact on the bearing capacity. **Methodology.** The study is performed by trial design. **Findings.** The use of longitudinal or transverse holes in the slab span structures reduces the weight of the blocks, and the transverse holes provide an opportunity to inspect the span structures, which is significant during their operation. **Originality.** The use of longitudinal or transverse holes without reducing the carrying capacity of the superstructures. **Practical value.** The use of longitudinal or transverse holes in the span structures reduces their weight. The presence of transverse holes in the span structures contributes to the survey with the current content.

Keywords: reinforced concrete slab span; reinforced concrete ribbed plate span structure; ballast plate; structural forms; reinforcement; longitudinal holes; transverse holes; ordinary fittings; prestressed reinforcement; external reinforcement; moment; shear force; plot of materials

REFERENCES

1. *DBN V.2.3-19-2008. Sporudy transportu. Zaliznyci koliji 1520 mm. Normy proektuvannja* [State Standard C.2.3-19-2008. Transport facilities. Railway track 1520 mm. Design standards]. Kyjiv. Minrehionbud Ukrainy Publ., 2008. 123 p.
2. Kurghan A., Lynnyk Gh., Mojseenko K., Chernjuk O. Instrukcija z proektuvannja zbirnykh zalizobeton-nykh proghonovykh budov dlja zaliznychnykh mostiv z balok typu BPS [Instructions for designing prefabricated reinforced concrete runways for rail bridges from BPS type beams]. Derzh. admin. zal. transportu Ukrajiny, Kyjiv, Devalta Publ., 2015. 183 p.
3. *DBN V.2.3-14-2006. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannja* [State Standard V.2.3-14-2006. Transport constructions. Bridges and pipes. Design rule]. Kyjiv, Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury i zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Publ., 2006. 359 p.
4. *DBN V.2.3-22-2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannja* [State Standard V.2.3-22-2009. Transport constructions. Bridges and pipes. Basic design requirements]. Kyjiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2009. 73 p.
5. *DBN V.1.2-15:2009. Mosty ta truby. Navantazhennja ta vplyvy* [Bridges and pipes. Loads and effects]. Kyjiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2009. 66 p.
6. Popovich N. M. Raschet prednaprjazhennogo proletnogo stroenija [Calculation of prestressed span]. Dnepropetrovsk, DIIT Publ., 1998.
7. *DBN V.2.3-26-2010. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Stalevi konstruktsiyi. Pravyla proektuvannja* [State Standard V.2.3-26-2010. Transport constructions. Bridges and pipes. Steel structures. Design rule]. Kyjiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2010. 104 p. and 195 p.
8. Popovich N. M., Klimenko I. V. Issledovanie naprjazhennogo sostojanija proletnogo stroenija s predvaritel'no naprjazhennogo zhelezobetona [Investigation of the stress state of the span with prestressed reinforced concrete]. *Mosty ta tuneli: teorija, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2012, issue 3, pp. 137-141.
9. Iosilevskij L. I., Nosarev A. V., Chirkov V. P., Shepetovskij O. V. Zhelezobetonnye proletnye stroenija mostov individual'nogo izgotovlenija [Reinforced concrete bridges for industrial production]. Moscow, Transport Publ., 1986. 216 p.

Надійшла до редколегії 22.10.2018.

Прийнята до друку 26.11.2018.