

Отже, використання поліфракційного піску під час виготовлення швидкотверднучих дрібнозернистих бетонів створює можливість отримання щільної мезоструктури, що, своєю чергою, визначає необхідні будівельно-технічні властивості таких матеріалів. За рахунок використання швидкотверднучих цементів типу MPZ створюється можливість отримання технологічних швидкотверднучих високофункціональних бетонів з високою ранньою та марочною міцністю.

Висновок. Встановлення закономірностей формування мезоструктури швидкотверднучих високофункціональних бетонів з високою міцністю у ранньому віці дає змогу одержати вищі показники міцності за стиску та згину порівняно зі звичайними бетонами, підвищити водонепроникність і стійкість бетону до агресивних впливів. Крім того, такі композити характеризуються нижчими значеннями усадкових деформацій під час тверднення і меншим коефіцієнтом температурного розширення. Це дасть змогу запобігти виникненню усадкових тріщин і відшаруванню бетону відремонтованої ділянки від бетону конструкції, що експлуатується, а також забезпечити довговічність відремонтованих ділянок. З метою одержання найекономічніших складів бетону для залізобетонних конструкцій доцільно використовувати матеріали вітчизняного виробництва.

1. Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Саницький М.А. та ін. *Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво* / – К.: УВПК „ЕксОб”, 2008. – 360 с. 2. Jamroz J. *Beton i jego technologie*. – Warszawa: Wydawnictwo naukowe Pwn, 2000. – 486 s. 3. Бугаєвський С.О. / автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.23.03.; Харк. держ. автомоб.-дорож. техн. ун-т. — Х., 1999. – 18 с. 4. Зайченко Н.М. *Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой* / Н.М. Зайченко: монография. – Макеевка: ДонНАСА, 2009. – 207 с. 5. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. / *Технологія модифікованих будівельних розчинів: підручник* / КНУБіА, 2007 – С. 44. 6. Русин Б.Г. *Модифіковані безгіпсові портландцементи для високофункціональних бетонів* / Б.Г. Русин, М.А. Саницький, О.Я. Шийко // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва”. – 2010. – № 662. – С. 316–320.

УДК 624.21.012

В.Ю. Сало, І.Ю. Думич

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів

ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБІРНО- МОНОЛІТНИХ НЕРОЗРІЗНИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ

© Сало В.Ю., Думич І.Ю., 2011

Наведено техніко-економічні показники збірно-монолітних багатопрогонових нерозрізних мостів з попередньо напруженими стиками.

Ключові слова: збірно-монолітні конструкції, попередньо напружені стики, сумісна робота складових частин балки, економічна ефективність.

Technical and economic parameters multi-span longitudinal reinforced concrete bridges with prestressed joints are presented in the article.

Key words: multi-span constructions, prestressed joints, compatible work of component parts of beam, economic efficiency.

Вступ. Одним з найважливіших напрямів технічного прогресу у будівництві є врахування і якнайповніше використання специфічних властивостей матеріалів, які використовуються для створення конструкцій. Перспективним є застосування ефективних конструкцій, що уможлиблю-

ють значно поліпшити показники матеріаломісткості, вартості і трудомісткості. Практика вітчизняного і закордонного будівництва доводить доцільність широкого застосування під час зведення мостів збірно-монолітного залізобетону, який поєднує в собі основні переваги збірного і монолітного. Основна ідея збірно-монолітного перерізу полягає у тому, що найвідповідальніші і найтрудомісткіші елементи виготовляються індустріальним шляхом на заводах чи полігонах, а інша, менш складна монолітна частина споруджується на місці. Збірні елементи можуть слугувати опалубкою і риштуванням для укладання бетону замонолічення. Впровадження нерозрізних конструкцій прогонових будов балкових систем є прогресивним кроком під час зведення прогонових будов мостів.

Однією з головних переваг збірно-монолітних залізобетонних конструкцій є можливість створення балкових прогонових будов статично невизначених систем порівняно простими способами з попередньо напруженою прогоною і надпорною арматурою.

На кафедрі мостів та будівельної механіки Національного університету «Львівська політехніка» для прогонів 18–42 м запропоновані і опрацьовані конструктивні вирішення нерозрізних прогонових будов з застосуванням збірних балок і ребристих плит [1].

З метою опрацювання конструктивних і технологічних вирішень і підтвердження теоретичних передумов були проведені експериментальні дослідження серії збірно-монолітних дослідних конструкцій [2] в масштабі 1:5, а також двох фрагментів натурних розмірів з попередньо-напруженими стиками, складених з прогонових та надпорних збірних елементів головних балок таврової форми та пустотних плит [1] в масштабі 1:1.

Аналіз результатів проведених випробувань підтвердив можливість широкої реалізації опрацьованих збірно-монолітних конструкцій нерозрізних систем мостів з попередньо напруженими стиками. Ці вирішення дають змогу отримати просту форму збірних елементів, забезпечити їх просторову роботу у збірно-монолітній багатопрогоновій конструкції мостів і можливість регулювання зусиль. Запропоновані конструктивні вирішення багатопрогонових нерозрізних мостів у 1990–2005 рр. були застосовані в проєктах та у будівництві мостів.

Методика визначення техніко-економічних показників. Оцінка економічної ефективності і вибір оптимальних конструктивних рішень залізобетонних прогонових будов мостів регламентується чинними нормативними документами [3] та методичними матеріалами [4]. Для прогонових будов об'єктивний аналіз і зіставлення показників у загальному вигляді можуть бути виконані без прив'язки до конкретного об'єкта. Основним вимірювачем під час вибору найраціональнішої конструкції прогонових будов для заданої величини прогону [5] прийняті квадратний метр корисної площі моста. За порівняння розроблюваних конструктивних рішень з раніше відомими аналогами в кількісні показники, крім вартості, включаються показники витрати матеріалів (бетону і арматури). У нерозрізних прогонових будовах економічні показники вигідніше зараховувати до найбільших прогонів, виключаючи спряжені прогони [5]. Для повної оцінки розроблюваних конструкцій, крім кількісних показників, враховані і якісні, що залежать від характеристик матеріалу, рівня конструктивного рішення, технології виготовлення і способів монтажу. Переваги і недоліки нових збірно-монолітних прогонових будов виявляються порівнянням їх з ребристими із двотаврових балок і плитними пустотними конструкціями.

Порівнювальні техніко-економічні показники збірно-монолітних прогонових будов та інших типів. На першій стадії економічна ефективність визначається порівнянням показників нових конструкцій збірно-монолітних прогонових будов і аналогів (таблиця).

Як бачимо з таблиці, для прогонів однакової довжини показники витрати матеріалів істотно відрізняються. Витрата арматури і бетону для прогонових будов завдовжки 24 м плитних і ребристих відрізняються у межах 10–25 %; в плитних прогонових будовах витрата арматури становила $90,7 \text{ кг/м}^2$, а в ребристих – $81,8 \text{ кг/м}^2$; витрата бетону в ребристих – $0,83 \text{ м}^3/\text{м}^2$, в плитних – $0,48 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Для нерозрізних попередньо напружених залізобетонних прогонових будов ці показники залежать від багатьох чинників: форми поперечного перерізу, будівельної висоти, типу стиків, міцності арматурної сталі, технології виготовлення і монтажу.

**Порівнювальні показники витрати матеріалів
на прогонові будови різних систем**

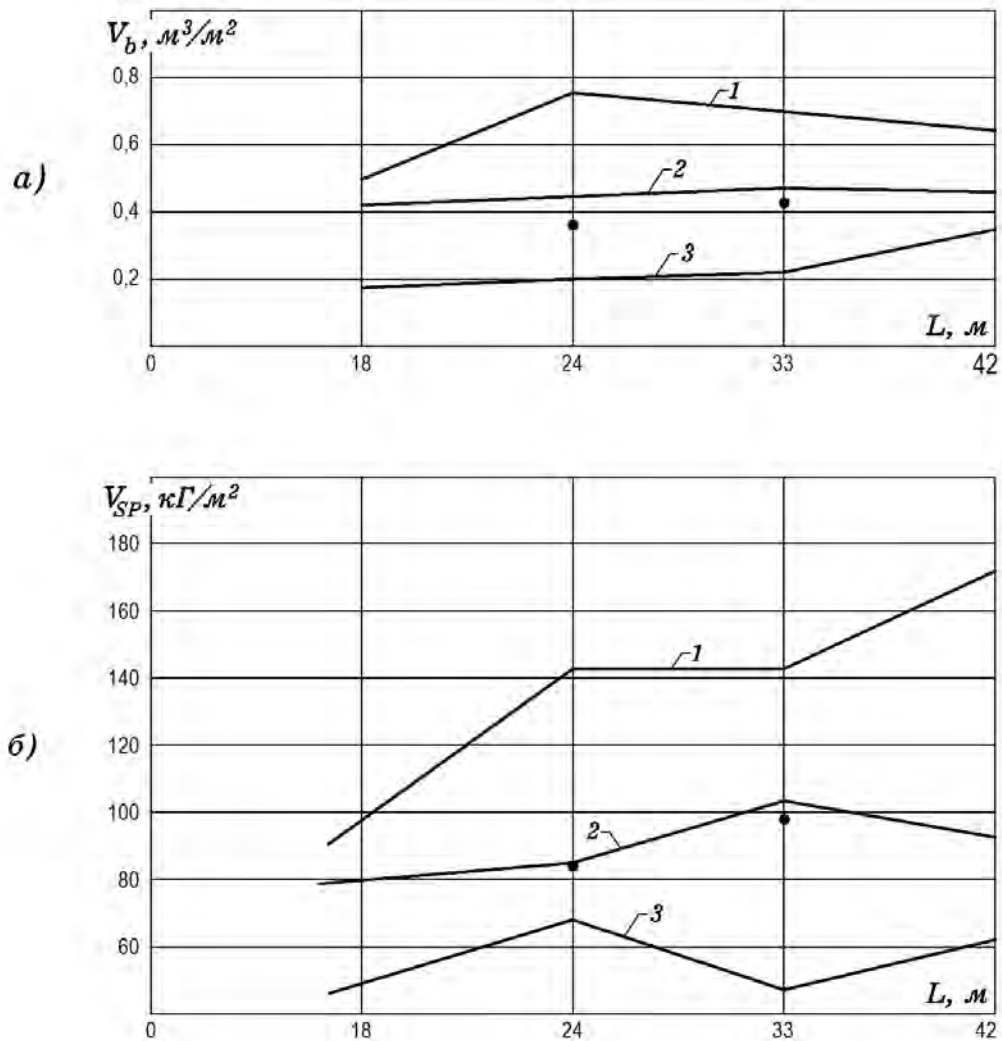
№ з/п	Розрахунковий прогін, М	Проектна організація, номер проекту	Максимальна вага монтажного елемента	Витрата основних матеріалів прогонової будови на м ²			
				бетон, м ³ /%	Арматура, кг / %		
					всього	в тому числі високоміцної	всього приведеної до А-І
1		Укрдінпродор ВТП-26М	15,5	<u>0,478</u> 146,1	74,83	43,90	<u>84,96</u> 103,8
2		ДерждорНДІ	32,7	<u>0,542</u> 165,7	118,09	68,21	<u>128,75</u> 157,3
3	<u>L=24 м</u>	Союздорпроект 384/25	38,0	<u>0,327</u> 100	66,51	14,11	<u>81,84</u> 100
4		ДерждорНДІ	33,3	<u>0,414</u> 126,6	80,75	45,49	<u>90,70</u> 110,8
5		НУ»ЛП» (пропон.)	15,2	<u>0,357</u> 109,1	62,35	43,46	<u>83,88</u> 102,4
6		Укрдінпродор	16,0	<u>0,359</u> 97,2	98,93	16,80	<u>139,6</u> 151,6
7		ДерждорНДІ	32,7	<u>0,476</u> 128,9	98,15	57,30	<u>105,45</u> 114,1
8	<u>L=33 м</u>	Союздорпроект 384/27	61,0	<u>0,369</u> 100	72,76	16,73	<u>92,35</u> 100
9		Гіпротрансмост	61,0	<u>0,410</u> 111,1	122,3	15,4	<u>139,6</u> 151,1
10		НУ»ЛП» (пропон.)	19,4	<u>0,424</u> 114,9	71,89	52,71	<u>97,29</u> 105,3

У розроблюваних конструкціях витрата бетону і арматури нижча, ніж для плитних нерозрізних прогонових будов, і рівня їх витрати на нерозрізні прогонові будови з двотаврових балок. За відстаней між балками в поперечному перерізі 1,75 м витрата бетону більша на 10 %, а за відстаней 2,5–3,0 м – нижча на 12 % за такої самої витрати арматури.

Важливо відмітити, що в зведених мостах [6] спостерігаються значні відхилення витрат бетону і арматури від середніх показників (рисунок). Коефіцієнти варіації цих величин становлять 0,15 для бетону і 0,2–0,5 – для арматури [6]. Габаритні розміри і маса розроблюваних збірних елементів дають змогу не обмежувати витрату бетону, що відповідно приведе до зменшення витрати арматури (рисунок).

Основні передумови створення високоефективних конструкцій, які знайшли своє вирішення в розроблюваних прогонових будовах, зводяться до такого:

- використання бетонів різної міцності за рахунок зонального розміщення збірних балок і збірно-монолітної плити;
- призначення оптимальних розмірів збірних балок і плит відповідно до стадійності роботи конструкцій;
- зменшення площі розрахункової арматури за рахунок виключення високоміцної арматури у стиснутій зоні балок;
- спрощення процесу виготовлення збірних елементів за рахунок економічних форм і розмірів перерізів;
- зменшення обсягів перевезень збірних елементів з використанням транспортних засобів і монтажних кранів меншої вантажопідйомності;
- відсутність опалубкових робіт під час замонолічування прогонових будов.



Зміна витрати бетону і арматури на нерозрізні прогонові будови залежно від прогону: а – показники витрати бетону; б – те саме, арматури; 1 – значення максимальні; 2 – значення середні; 3 – значення мінімальні. Кругечком показані значення для розроблюваних конструкцій

Питання типізації збірно-монолітних нерозрізних прогонових будов і оптимізація їхніх параметрів. Вихідним в економіці конструкцій є оптимізація параметрів перерізів. Для виявлення загальних закономірностей, що дають ключ новим технічним рішенням, рекомендується аналітичний метод функціональних залежностей між конструкційними параметрами і їхніми вартісними показниками. У багатьох випадках одержувані залежності громіздкі і їх практичне використання ускладнене [7]. У нашому дослідженні при вирішенні частково вузької задачі, використаний варіантний метод [4] в його розрахунково-конструктивній формі з визначенням для кожного варіанта нормативних і розрахункових зусиль, які, своєю чергою, залежать від геометричних параметрів споруди. Одним із основних геометричних параметрів прогонової будови є будівельна висота, величина якої розглядається як критерій якісної оцінки нерозрізних прогонових будов. Наявність у розроблюваних конструкціях збірно-монолітних прогонових будов двох збірних елементів за висоти дає змогу змінювати висоту, варіюючи висотою одного з елементів. Так, для нерозрізних прогонових будов завдовжки 24 м висота збірної попередньо-напруженої балки прийнята постійною із умов її роботи на навантаження під час монтажу і становить 75 см, а висота збірної ребристої плити може змінюватись в межах 20...40 см з мінімальними затратами на відповідну зміну опалубки. Отже, за товщини 12–14 см бетону замоноличення плити проїзної частини значення будівельної висоти може змінюватись від 1/20 до

1/24 довжини прогону. Відповідно для нерозрізних прогонових будов завдовжки 33 м висота збірної балки становить 90 см за висоти збірної плити 33...40 см, при цьому будівельна висота становить 1/23 ...1/25 від довжини прогону. Заниження будівельної висоти небажане, тому що призводить до перевитрати високоміцної арматури [6].

Дієвим способом досягнення ефективного використання нових технічних рішень є використання принципів уніфікації. У запропонованих збірно-монолітних конструкціях нерозрізних прогонових будов є всі передумови для створення «між- прогонової» і «всередині прогонової» уніфікації. Уніфікація конструктивних форм (поперечний переріз, довжина) дає змогу створити модульні блоки для компонування уніфікованих конструкцій.

Таким модульним блоком є збірна попередньо напружена балка завдовжки 24 м. Прогонові будови з величиною прогону 24 м компонуються з них під час виконання попередньо напружених стиків на опорі [7]. Нерозрізні прогонові будови з довжиною прогону 33 м компонуються з модульного блока меншого прогону завдовжки 24 м від більшої висоти з додавкою надопорного блока нового типу. Використання принципу модульності дає змогу зводити прогонові будови різних прогонів, габаритів, розрахункових схем. Такий підхід уможливорює створити вигідну з точки зору технології виготовлення і монтажу форми поперечного перерізу прогонової будови, конструктивні елементи якої можуть виготовлятися на заводах, які випускають залізобетонні конструкції для промислового будівництва, що практикується за кордоном [6, 7].

Перехід на нові конструктивні рішення нерозрізних збірно-монолітних прогонових будов, що монтуються із збірних розрізних балок і ребристих плит, не вимагає значних початкових капітальних затрат на будівництво цехів і створення технологічного обладнання для виготовлення і монтажу таких прогонових будов.

Висновки. На основі проведених досліджень для прогонів 24–33 м можуть бути рекомендовані такі оптимальні розміри збірно-монолітних нерозрізних прогонових будов: віддаль між головними балками – 1,8–2,7 м; товщина плити проїзної частини – 20–24 см; товщина ребра головних балок – 22–26 см; висота збірних балок – 70–90 см, ребристої плити 16–30 см. Будівельна висота прогонових будов становить відповідно 1/22...1/25 від довжини прогону.

1. Гнидець Б.Г., Сало В.Ю. Совершенствование конструктивно-технологических решений сборно-монолитных неразрезных пролетных строений мостов // Труды СоюздорНИИ. – М., 1987. – С. 28–34. 2. Hnidets B. Salo W. Reinforced concrete composite multi-span bridgts with prestre-ssed joints. XLI kant. Naukowa «Krynica 1995». – Krakov–Krynica, 1995. – С. 61–68. 3. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники и рационализаторский предложений: СН 509-78. – М., 1978. – 64 с. 4. Руководство по определению расчетной стоимости трудоемкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. Конструкции транспортного строительства. – М.: Стройиздат, 1977. – 75 с. 5. Захаров Л.В., Колоколов Н.М., Цейтлин А.Л. Сборные неразрезные железобетонные пролетные строения мостов. – М.: Транспорт, 1983. – 232 с. 6. Изготовление сборных железобетонных конструкций автодорожных мостов: Обзорная информация. – М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1983. – Вып. 4. – 59 с. 7. Bogdan Hnidec, Wlodimier Salo Badania modeli zelbetowich respolonich mostow o spezonych zla czach uciacajacych || Symgozjum naykowo-techniczne «Bodania I diagnostika mostow». – Opole. 2003.