

Висновки

На підставі моделювання та аналізу результатів розрахунків встановлено:

– у зимовий період температурне технологічне навантаження зумовлює виникнення істотних поздовжніх зусиль розтягу в горизонтальних ребрах, а також у ребрах жорсткості споруд подібного типу; під час проектування розглядуваної споруди ці зусилля не враховані;

– вказані зусилля виникають за рахунок особливостей температурних полів у поперечному перерізі ребер та стінки плити, за яких температурні деформації теплового розширення у стінці плити в напрямку вздовж ребра більші, ніж відповідні деформації у ребрі;

– за дії температурних навантажень на одну з поверхонь конструктивних елементів ребристої структури з несиметрично виступаючими ребрами і істотній різниці товщин ребра та стінки необхідно додатково враховувати можливість виникнення зусиль за рахунок неоднорідності температурного поля по поперечному перерізу елементів.

1. *Нагрузки и воздействия. СНиП 2.01.07.85.* – М., 1986. – 57 с. 2. *СНиП II-3-79**. Строительная теплотехника.* – М.: Госстрой СССР, 1979. – 32 с. 3. *СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.* – М.: Госстрой СССР, 1982. – 320 с. 4. *Доценко Н.Н. Строительство сборной железобетонной градирни.* – К.: Госстройиздат УССР, 1961. – 39 с. 5. *Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел.* – Харьков: Основа, 1991. – 272 с. 6. *ANSYS Theory Reference. Twelfth Edition. SAS IP, Inc. Canonsburg, 1994.* 7. *Thomas P.D., Brown R.A. LU-decomposition of matrices with augmented dense constants// Intern. J.Numerical Methods Eng.* – 1987. – V24, №8. – P.1451–1459. 8. *Парлетт Б. Симметричная проблема собственных значений: численные методы.* – М.: Мир, 1983. – 384 с.

УДК 624.21

Б.Г. Гнідець, О.З. Гнідець

Національний університет “Львівська політехніка”

ЗБІРНО-МОНОЛІТНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ ПРОГОНОВІ БУДОВИ МОСТІВ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА МЕТОДОМ ПОЗДОВЖНЬОГО НАСУВАННЯ

© Гнідець Б.Г., Гнідець О.З., 2006

Наведено результати дослідження і опрацювання збірно-монолітних попередньо напружених залізобетонних мостів для будівництва методом поздовжнього насунання.

The article provides the results of the research and working aut composite multi-span prestressed reinforced concrete bridges for its building with application longwise approach.

Вступ

Будівництво мостів методом поздовжнього насунання широко застосовується при середніх і великих прогонах. У деяких випадках застосування цього методу може бути не тільки конкурентоспроможним порівняно з іншими методами, а часом навіть одним з можливих. Такі випадки зустрічаються часто під час будівництва мостів через ріки в гірській місцевості, на яких можуть виникати раптові повені, а також під час будівництва високих віадуків та шляхопроводів на дорогах з інтенсивним безперервним рухом транспорту.

Однією з основних вимог до конструкцій мостів, під час будівництва яких можливе застосування методу поздовжнього насунання, є нерозрізність прогонових будов. Тому застосування цього методу для малих і середніх мостів типових конструкцій, в яких прогонова будова виконується переважно розрізною, неможливе. Одним з вирішень цієї проблеми може бути перехід до застосування збірно-моно-

літних нерозрізних конструкцій прогонових будов. Такі конструктивні вирішення були запропоновані і опрацьовані в Національному університеті “Львівська політехніка” [1–4]. Конструктивні вирішення багатогогонових нерозрізних збірно-монолітних прогонових будов розроблені для прогонів 24–42 м таврової і двотаврової форми, а також для прогонів 30–65 м коробчастої форми з великорозмірних збірних елементів. Проведені дослідження і випробування моделей і елементів прогонових будов мостів натурних розмірів, а також результати впровадження таких конструкцій в будівництво підтвердили їх позитивні якості і можливість рекомендувати їх для ширшого застосування в будівництві.

1. Конструктивні вирішення збірно-монолітних прогонових будов таврової і двотаврової форми

У будівництві мостів і шляхопроводів найчастіше застосовують збірно-монолітні конструкції прогонових будов з двотаврових залізобетонних або металевих збірних елементів і монолітної плити проїзної частини. Такі конструктивні вирішення переважно використовують для малих і середніх мостів з прогонами 18–24 м і в значно меншій кількості випадків для прогонів 33–42 м і більших, за яких конкурентоспроможними можуть бути коробчасті прогонові будови.

Опрацювання конструктивних вирішень, дослідження і випробування елементів нерозрізних прогонових будов і їх стиків для збірно-монолітних залізобетонних малих і середніх мостів були проведені на кафедрі будівельних конструкцій і мостів Національного університету “Львівська політехніка” [1, 2]. Було проведено аналіз трьох типів стиків: зварних, з замоноличуванням випусків арматури і стиків з попередньо напруженою арматурою. При цьому розглядалось питання впливу попереднього напруження арматури стиків на роботу усєї нерозрізної конструкції прогонової будови на різних стадіях завантаження. Проведений аналіз конструктивних вирішень стиків з прямолінійним і криволінійним армуванням на всій довжині або тільки в приопорних зонах. У результаті аналізу встановлено, що переваги та недоліки різних типів стиків необхідно розглядати з врахуванням їх впливу на напружено-деформований стан усєї конструкції нерозрізної прогонової будови, а не тільки самого з’єднання збірних елементів і приопорної зони.

Крім того, результатами досліджень доведено, що напруженням арматури стиків в збірно-монолітних залізобетонних мостах залежно від їх конструктивних вирішень можливо включати в роботу за нерозрізною схемою всі навантаження або тільки корисні, а для створення найбільш вигідного напруженого стану необхідно регулювати внутрішні зусилля.

З метою створення повної нерозрізності прогонової будови було запропоновано напруження арматури стиків, регулювання внутрішніх зусиль і армування надопорної зони проводити одночасно.

У практиці будівництва збірно-монолітних залізобетонних мостів якнайширше застосовують переважно два конструктивні вирішення:

- збірно-монолітні мости із застосуванням збірних балок і монолітної плити проїзної частини;
- збірно-монолітні мости з застосуванням збірних головних балок і збірних плоских плит проїзної частини.

У запропонованих збірно-монолітних конструкціях багатогогонових нерозрізних мостів поділ на збірні елементи виконаний дещо в інший спосіб, а саме: плита проїзної частини відділена від головних балок разом з верхньою їх частиною за висотою і довжиною (рис. 1). За такого поділу прогонової будови на збірні елементи одержуємо головні балки таврової або двотаврової форми 1 і 2 і ребристі плити 3.

У прогонах (I-I) ребристі плити об’єднуються з балками 1 і 2, а також між собою бетоном замоноличування 5 з додатковим армуванням і випусками з балок стрижнів поперечної арматури. Напружувана стрижнева арматура стиків 4 – прямолінійна на всій довжині надопорної зони і розміщена між ребрами плит (II-II) [1]. Анкерування стрижнів 4 виконується зварюванням до випусків арматури або за допомогою муфт. Поперечні ребра плит разом з бетоном замоноличуванням утворюють поперечні балки 6. Армування поперечних балок 7 може виконуватись з попереднім напруженням.

Конструктивним вирішенням збірно-монолітної нерозрізної прогонової будови передбачається виконання стиків для об’єднання прогонових балок 1 і надопорних балок 2 в прогонах (рис. 1, в) для збільшення їх величини до 33–42 м. Після натягу арматури стиків, додаткового армування діафрагм і плити та замоноличування утворюється збірно-монолітна нерозрізна конструкція прогонової будови з поперечними балками, подібна до монолітної.

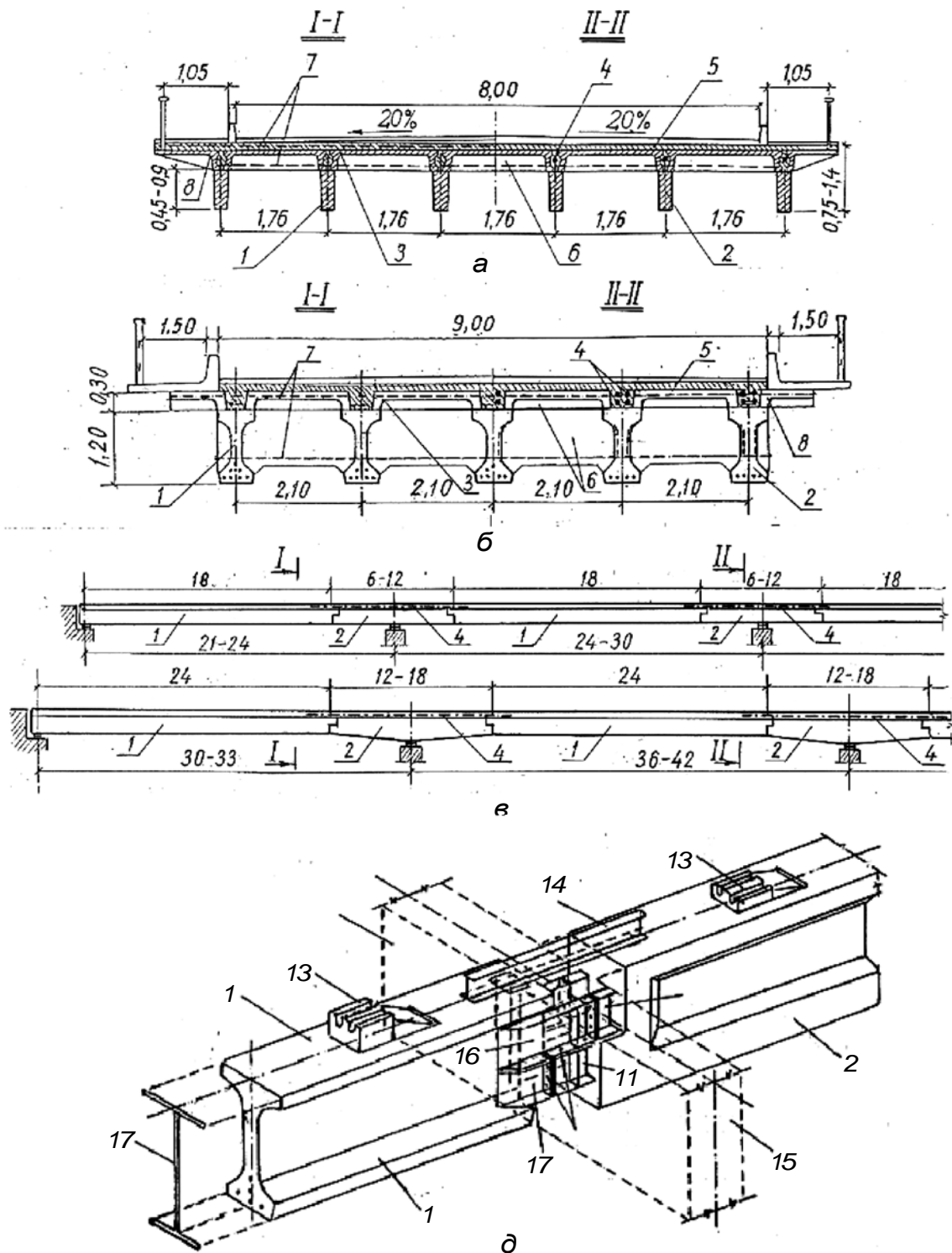


Рис. 1. Конструктивне вирішення збірно-монолітних нерозрізних прогонових будов мостів: а і б – поперечні перерізи; в – конструктивні схеми; г – стик прогонових балок 1 з надпорними 2 і діафрагмами 15; 4 – напружена армура в надпорній зоні; 5 – бетон замонолічування; б – діафрагма; 7 – армура діафрагм; 9-16 – закладні елементи стиків балок 1 і 2

Вибір електротермічного методу натягу армури 4 стиків було обґрунтовано тим, що інші методи для збірних елементів з малими розмірами поперечного перерізу були складними у виконанні.

Електротермічний метод натягу армури стиків в збірних конструкціях був розроблений на кафедрі будівельних конструкцій і мостів Національного університету "Львівська політехніка"

раніше [1] і широко застосовується для багатьох інших залізобетонних конструкцій будинків та споруд, починаючи з 1975 року.

Розроблені конструктивні вирішення збірно-монолітних багатопрогонових нерозрізних мостів з попередньо напруженими стиками дали можливість:

- одержати простішу форму збірних елементів і значно зменшити їх монтажну вагу;
- забезпечити спільну роботу збірних елементів в системі збірно-монолітної багатопрогонової нерозрізної конструкції, подібної до монолітної;
- застосувати попереднє напруження стиків з використанням електротермічного методу натягу арматури в надопорній зоні з одночасним регулюванням зусиль.

2. Конструктивні вирішення збірно-монолітних коробчастих прогонових будов

З метою зменшення ваги збірних залізобетонних двотаврових і коробчастих конструкцій в нерозрізних прогонових будовах часто знаходить застосування поділ їх на елементи, що займають всю ширину моста (рис. 2). На різних етапах і у методах монтажу такі збірні елементи об'єднують в нерозрізну систему прогонової будови попередньо напруженою арматурою по довжині. Однак такий спосіб поділу на збірні елементи, що займають всю ширину моста, може застосуватись в окремих випадках тільки з умови зменшення монтажної ваги. Через велику кількість збірних елементів і їх стиків такі коробчасті конструкції прогонових будов в будівництві мостів не застосовуються. Головними причинами, крім того, є складність в технології виготовлення, транспортування і монтажу елементів, і тому часто конкурентоспроможними є монолітні конструктивно-технологічні вирішення. Однак основною проблемою в технології виготовлення і монтажу коробчастих конструкцій, складених з блоків на всю довжину моста, є технологія їх попереднього напруження з натягом арматури на бетон, яка здавна застосовується переважно в монолітних мостах. Під час будівництва мостів з застосуванням збірних елементів по довжині не завжди можна забезпечити високу якість і точність натягу арматури на бетон, її анкерування та ін'єкції закритих каналів. Крім того, якість і надійність прогонових будов мостів, складених з блоків по довжині, можуть залежати як від якості і надійності стиків, так і від їхньої кількості. Технологічні операції створення попереднього напруження не можуть бути так якісно виконані, як в заводських умовах, і їх вплив на сезонність будівництва мостів може бути вирішальним.

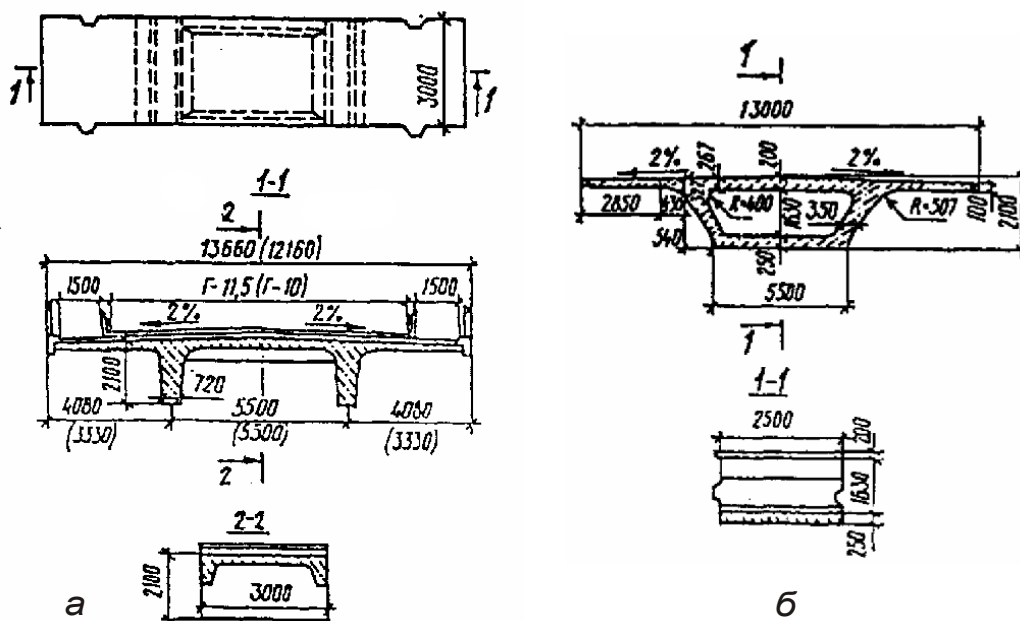


Рис. 2: а – збірні елементи плитно-ребристої конструкції;
б – збірні елементи коробчастої прогонової будови

З врахуванням цих особливостей конструктивних вирішень прогонових будов, складених по довжині з блоків з натягом напруженої арматури на бетон і технології їх монтажу, були запропоновані і опрацьовані збірно-монолітні коробчасті конструкції прогонових будов з новим поділом їх на збірні елементи в поперечному і поздовжньому напрямках (рис. 3) [6]. Було запропоновано поділити коробчасту конструкцію на великорозмірні елементи по довжині, відділяючи в поперечному перерізі від стінок 1 плити прогонової частини 3, а частину, нижчу від плити, поділити на два збірних елементи: балку кутникового типу 1 в однокоробчастих конструкціях (а) або на елементи 1 і 2 в конструкціях багатокоробчастих (б) з двотавровими балками. По довжині прогонову будову передбачається поділити на два збірні великорозмірні елементи, які виготовляються з натягом арматури на упори, а саме: прогонова балка 1 завдовжки 18–33 м і надопорна балка 2 завдовжки 15–24 м. Такі збірні прогони 1 і надопорні балки 2 можуть застосовуватись не тільки в багатопрогонних нерозрізних балкових мостах, а також в консольних конструкціях з шарнірами і в рамних мостах.

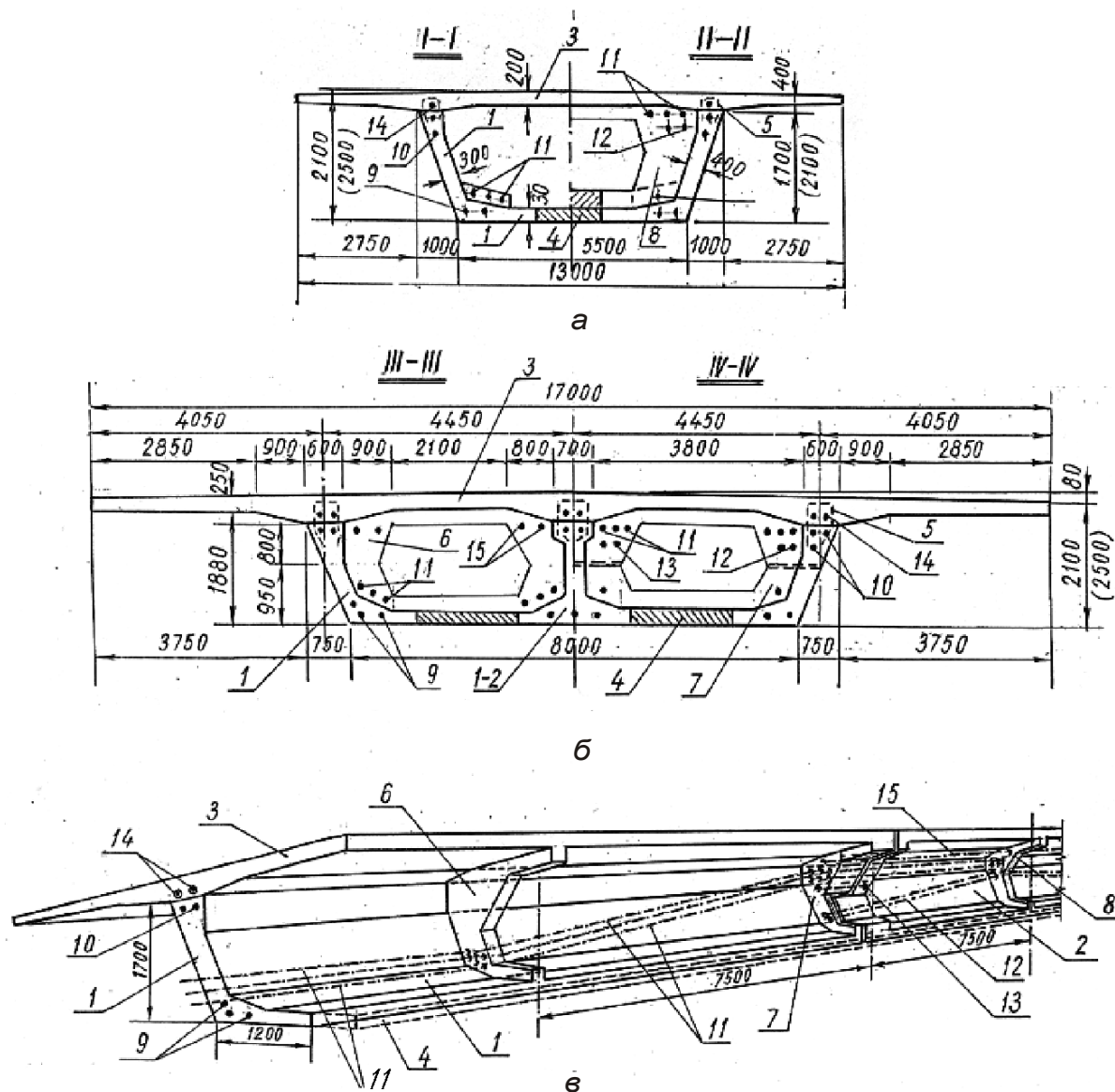


Рис. 3. Конструктивне вирішення багатопрогонних нерозрізних збірно-монолітних коробчастих прогонових будов: а – однокоробчастих; б – двокоробчастих; в – елементи коробчастого перерізу і схема їх армування напруженою арматурою;
 1 – крайня балка кутникового типу; 2 – середня балка двотаврової форми;
 3 – монолітна плита проїзної частини; 5 – стики плити 3 з балками 1 і 2;
 б – діафрагми прогонових балок; 7 – діафрагми на стиках; 8 – діафрагма надопорних балок;
 9, 10 – попередньо напружена арматура прогонових балок;
 11–14 – попередньо напружена зовнішня арматура

Стики великорозмірних збірних елементів нерозрізних прогонових будов в консольно-шарнірних і рамних системах розміщують по довжині в зонах нульових моментів. Стики 4 з'єднання нижньої плити збірних елементів 1 і 2 в поперечному перерізі (рис. 3, а, б) виконують з випусками арматури, які широко застосовують в будівництві мостів різних систем. Ширина цих стиків з метою зменшення ваги збірних елементів або збільшення ширини коробчастого перерізу може бути змінною.

Плита проїзної частини 3 в збірно-монолітних коробчастих конструкціях прогонових будов може виконуватись монолітною або із збірних елементів ребристої конструкції одно- і двоугоною з великими консолями завдовжки – 3,0 м з домонолічуванням. Плита з'єднується з похилими стінками балок 1 і 2 стиками 5 так само, як в збірно-монолітних балкових мостах. Подібно як і в збірно-монолітних залізобетонних збірні плити 3 можуть бути застосовані в сталезалізобетонних прогонових будовах мостів (поз.17 на рис. 1, д).

Запропонований спосіб поділу коробчастих конструкцій прогонових будов мостів на великорозмірні збірні елементи створює умови для їх виготовлення за технологією з натягом арматури на упори в заводських умовах, а для монтажу – застосування методу насуву з виконанням для їх з'єднання перевірених практикою і надійних стиків з використанням звичайної або попередньо напруженої арматури, розміщеної у відкритих каналах або в бетоні домонолічування.

Важливою перевагою запропонованих конструктивних вирішень збірно-монолітних коробчастих прогонових будов мостів і віадуків є те, що новий спосіб поділу на збірні елементи дає можливість застосовувати їх не тільки в багатоугонових нерозрізних балкових мостах, але і в рамних, рамно-консольних і консольних системах з шарнірами в прогонах в умовах, коли можливі нерівномірні деформації основ фундаментів. Під час виготовлення збірних елементів і їх монтажу в таких випадках будуть різними тільки стики в прогонах, які об'єднують прогонову будову в систему нерозрізну або шарнірну.

Монтаж збірно-монолітних коробчастих конструкцій прогонових будов може виконуватись різними способами, в тому числі поздовжнім насувом разом з плитою 3 або без плити. Крім того, в таких конструктивних вирішеннях може застосовуватись зовнішнє армування напружуваною арматурою 11–15 під час насування, а також для підсилення чи її заміни в період довготривалої експлуатації [5].

Висновки

Аналіз результатів досліджень запропонованих збірно-монолітних конструкцій нерозрізних прогонових будов підтвердив можливість застосування таких систем в будівництві мостів і шляхопроводів.

Величини деформацій бетону збірних елементів бетону замонолічування і арматури, отримані експериментально [2], підтвердили, що всі елементи таких конструкцій включаються до спільної роботи на всіх стадіях, на що вказує також характер утворення і розкриття тріщин та їх руйнування [3].

Проведені дослідження і випробування [7] запропонованих і опрацьованих збірно-монолітних конструкцій прогонових будов мостів виявили їх значні переваги порівняно з традиційними збірними конструкціями і вказали на можливості їх практичного застосування в будівництві.

1. Гнідець Б.Г. Сборные предварительно напряженные железобетонные мости малых пролетов из типовых балок пролетных строений // Вестник Львов. политехн. ин-та. – 1965. – № 7. – С. 17–22. 2. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Сборно-монолитные неразрезные железобетонные мости с предварительно напряженными стыками в двух направлениях // Вестник Львов. политехн. ин-та. – 1980. – № 145. – С. 17–19. 3. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Совершенствование конструктивно технологических решений сборно-монолитных неразрезных пролетных строений мостов: Труды Союздор НИИ. – М., 1987. – С. 28–34. 4. Гнідець Б.Г. Реконструкція і підсилення мостів зі зміною статичної схеми і регулювання зусиль // Автомобільні дороги, транспортне будівництво: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2002. – Вип. 64. – С. 54–58. 5. Гнідець Б.Г. Нерозрізні прогонові будови з попередньо напруженими стиками і регулюванням зусиль для будівництва і реконструкції мостів: Укр. Міжгалузев. наук-практ. семінар – К., 1996. – С. 13–15. 6. Гнідець Б.Г.

Збірно-монолітні нерозрізні конструкції прогонових будов для будівництва і реконструкції мостів і шляхопроводів // НАН України. Фіз. мех. ін-т ім. Г.В. Карпенка: Збірник наукових праць. – 2002. – Вип. 4. – С. 38–43. 7. Гнідець Б.Г., Сало В.Ю. Випробування дослідних збірно-монолітних прогонових будов мостів з попередньо напруженими стиками. – Там само. – С. 47–50.

УДК 624.21

Б.Г. Гнідець, В.Г. Кваша
Національний університет “Львівська політехніка”
Ю. Гломб, А. Зибура
Сілезька політехніка, м. Глівіце, Польща

ДО ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ КАФЕДРИ МОСТІВ У ЛЬВІВСЬКІЙ ПОЛІТЕХНІЦІ

© Гнідець Б.Г., Кваша В.Г., Гломб Ю., Зибура А., 2006

Наведено інформацію про створення у 1885 р. у Львівській політехніці кафедри мостів. Після війни у 1945 р. кафедра мостів була поділена на дві: кафедру у Львівській політехніці і кафедру мостів в університеті в Глівіцах у Польщі. Також подано дані про відомих вчених, завідувачів цих кафедр в різні часи, їх внесок, а також їх послідовників у розвиток науки будівництва мостів.

The article provides the information about create set up in 1885 year in university “Lviv Polytechnic” the chair of bridges. After the war in 1945 year this chair of bridges was fall into chair in University “Lviv Polytechnic” and chair of bridges in university of Poland in Glivice. There are presented the information about the know scientific, the heads of this chair in several times, its carry and carry its follower in development of science and building of bridges.

У перші роки після створення у Львові Технічної Академії в 1844 р. діяв Технічний відділ академії, а після подальшої реорганізації була створена п'ятилітня школа інженерії і будівництва, а також одна з сімох, які діяли тоді, – кафедра інженерних наук. Важливою постаттю на цій кафедрі був професор Й. Йогенман. Початки створення кафедри мостів у Львівській політехніці пов'язані з діяльністю професора Й. Йогенмана, пропозиції якого були підтримані колегією професорів і тодішнім ректором Юліаном Захарівичем. Спочатку в складі кафедри інженерних наук, якою керував професор Й. Йогенман, була виділена і почала діяти з 1885 р. організаційна структура в формі навчального закладу, оскільки процедура створення окремої кафедри у ті часи була складною і довготривалою. Декрет про створення окремої кафедри з Відня прийшов у 1889 р. (кафедра мостів і будівельної статики), якою з 1889 року став керувати професор Максиміліан Тульє. У 1921 р. була створена друга кафедра мостів, якою став завідувати професор С. Брила, який у 1927 р. прочитав першу лекцію з теорії розрахунку зварних конструкцій металевих мостів.

З 1925 р. завідувачем першої кафедри мостів був професор С. Бжозовський, другу кафедру мостів з 1934 до 1945 рр. очолив професор А. Курилло.

З початком Другої світової війни і в роки війни сталися значні зміни на факультеті інженерії і кафедрах мостів, пов'язані теж значною мірою з репресіями після приходу до Львова окупантів. Так, 1 вересня 1939 року помер професор М. Тульє, а 1941 – професор О. Надольський. Професор Е. Лазорик, завідувач кафедри статики споруд і залізобетону був репресований, вивезений і загинув у таборі 02.10.1945 р. в Краснодоні, а більшість учених виїхали до Польщі (після війни).

У 1944 році у політехніці був створений архітектурно-будівельний факультет, працювати на якому залишились тільки професори А. Курилло, І. Богущкий та І. Багенський. Чотири кафедри були об'єднані в одну “Будівельні конструкції”, завідувачем якої став професор А. Курилло, який