

П.М. Коваль, І.П. Бабяк, Я.І. Ковальчик¹, М.Б Горба
 Державний дорожний науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна,
¹Національний транспортний університет (м. Київ)

ЗБІРНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ БАЛКИ ДЛЯ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

© Коваль П.М., Бабяк І.П., Ковальчик Я.І., Горба М.Б., 2013

In this paper the construction of new prestressed beams of B(1500-3300).(100-120).50. type is submitted. The results of beams 18 and 21m length testing are presented.

Keywords – prestressed concrete beams; motorway beams; a universal stand; beams testing.

Наведено конструкцію нових мостових попередньо напружених залізобетонних балок типу Б(1500-3300).(100-120).50. Проаналізовано результати випробування балок завдовжки 18 і 21 м.

Ключові слова – попередньо напружені залізобетонні балки; автодорожні мости; універсальний стенд; випробування балок.

Вступ

Використання високоміцної арматури для виготовлення попередньо напружених залізобетонних прогонових будов мостів дало можливість збільшити довжину прогонів транспортних споруд і зменшити затрати матеріалів на їх влаштування. Вдосконалення конструкцій попередньо-напружених залізобетонних балок мостів і розвиток технологій їх виготовлення є актуальними задачами і сьогодні.

У 1960–1990-ті роки переважну більшість мостів в Україні збудовано зі збірного залізобетону заводського виготовлення з натягом на упори. Найпоширеніші типи поперечних перерізів попередньо напружених балок в СРСР наведено на рис. 1 [1]. Їх виготовляли за чинними на той час нормативами тимчасових навантажень.

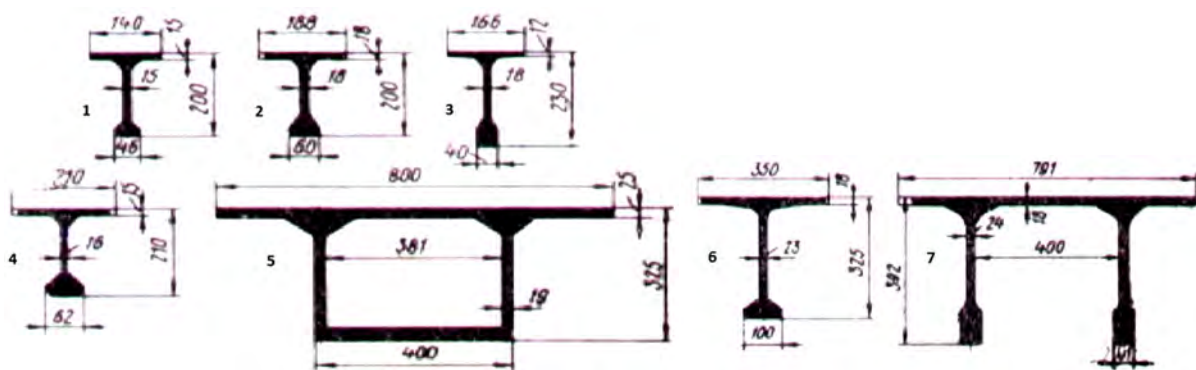


Рис. 1. Схеми поперечних перерізів балок: 1 – балочна розрізна; 2 – балочно-консольна; 3 – балочна підвісна; 4 – балочні розрізні і консольно-нерозрізні; 5 – рамно-консольні; 6 – рамні нерозрізні; 7 – арочні з їздою згори

Нові норми з проектування мостів [2], де зафіксовано вимогу щодо довговічності мостів у 80–100 років, висувають жорсткіші вимоги до надійності використовуваних залізобетонних конструкцій. Також за цими нормами прогонові будови мостів повинні виготовлятися лише монолітними або збірно-монолітними, а також було введено розрахункові навантаження НК-100, А-15.

В Україні розроблено ряд збірних попередньо-напружених балок з дотриманням вимог нових норм проектування для збірно-монолітних прогонових будов мостів. Так, на заводі «З Бетони» у

м. Калущі освоєно виробництво балок 3Bet-90 і 3Bet-120 з перерізом так званого європейського типу (табл. 1) [3]. Виготовляються балки на стенді завдовжки 100м і для балок різної висоти потребують індивідуальні опалубки. Але збільшення кількості опалубки вимагає додаткових затрат і площі, що не завжди зручно при влаштуванні стендів великої довжини у заводських умовах.

Таблиця 1

Класифікація балок 3Bet-90 і 3Bet-120

Елемент	Довжина, м	Висота, м	Маса балки, т	Маса балки за типовим проектом серія 3.503.1-81, т
3Bet90-18,0	18,0	0,9	15,2	29,78
3Bet90-21,0	21,0	0,9	17,7	34,59
3Bet120-24,0	24,0	1,20	23,3	39,4
3Bet120-33,0	33,0	1,20	32,2	59,82

Виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми

Розроблення нової серії мостових балок, яка б відповідала сучасним вітчизняним вимогам проектування [2]. Оптимізація процесу їх виготовлення та випробування в заводських умовах.

Мета роботи – розробити конструкції балок в діапазоні від 15 до 33 м під нові навантаження [2], які виготовляються в одній опалубці, універсальний стенд для виготовлення і випробування балок, дослідити відповідність характеристик цих балок вимогам чинних норм [4].

Основний матеріал і результати дослідження

На замовлення ЗАТ «Мостстройкомплект» Держдор НДІ розробив нові залізобетонні балки типу Б(1500-3300).(100-120).40, прогонами 15,18, 21, 24 та 33 м, які розраховані на нові навантаження відповідно до вимог норм [2]. Перерізи балок приведені на рис. 2. Балки армовані попередньо-напруженими канатами типу К-7. Для виготовлення залізобетонних балок використовується важкий бетон класу В40, за морозостійкістю F200, за водонепроникністю W6. Випуск балок освоєний на заводі залізобетонних виробів ЗАТ «Мостстройкомплект» у м. Дніпропетровську. Балки розраховані для збірно-монолітного варіанта прогонової будови. Основні показники балок наведено в табл. 2.

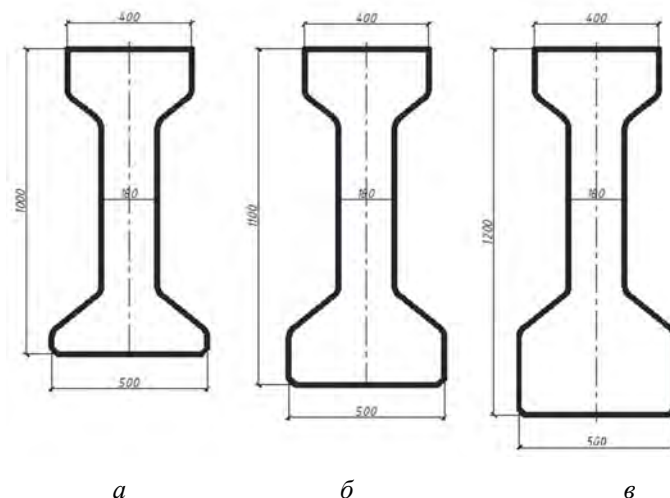


Рис. 2. Поперечні перерізи балок: а – Б1500.100.40; б – Б(1800-2400).110.40; в – Б3300.120.40

Для виготовлення балок в Держдор НДІ було розроблено універсальний стенд. Цей стенд використовується як для виготовлення балок, так і для їх випробування. В опалубці стенду можна виготовляти балки різної довжини включно до 33м. Довжина стенду 40 м. За допомогою вкладишів, які встановлюються в нижню зону опалубки, її конструкція дозволяє отримувати балки різної висоти: 1,0..1,2м (рис. 2). Для випробування балок у стенді демонтується опалубка і влаштовуються спеціальні пристрої для закріплення металевих тяг, на яких монтуються поперечні траверси.

Таблиця 2

Техніко-економічні показники балок

Тип балки	Висота, м	Довжина, м	Маса, т
Б1500.100.40	1,00	15,0	10,4
Б1800.110.40	1,10	18,0	14,6
Б2100.110.40	1,10	21,0	17,3
Б2400.110.40	1,10	24,0	19,7
Б3300.120.40	1,20	33,0	32,2

Основною відмінністю і перевагою нових балок Б(1500-3300).(100-120).40 є те, що вони мають меншу в 1,85–2 рази вагу, порівняно з типовими (серія 3.503.1-81) залізобетонними балками, і до 18 % ніж залізобетонні балки серії «ЗВет» (табл. 1), що використовуються при будівництві мостів сьогодні.

Для виготовлення балок застосовано сучасні методи та обладнання, при цьому проводився повний контроль якості виконуваних робіт. Після виготовлення балок (18 і 21 м), їх випробували на спеціально облаштованому стенді (рис. 3.) Відповідно до чинного стандарту [2] оцінювали міцність, жорсткість та тріщиностійкість виробу. Для того, щоб змоделювати дію тимчасового навантаження, балку було встановлено в проектне положення. Балки випробувались статично на дію згинального моменту (за схемою чистий згин)(рис. 4) та поперечної сили (рис. 5).



Рис. 3. Загальний вигляд випробування балки Б2100.110.40 на універсальному стенді (зліва – опалубка для бетонування балок)

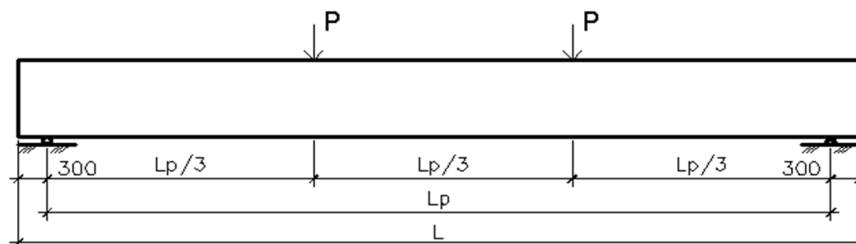


Рис. 4. Схема випробування на дію згинального моменту, де L – довжина балки, L_p – розрахункова довжина прогону

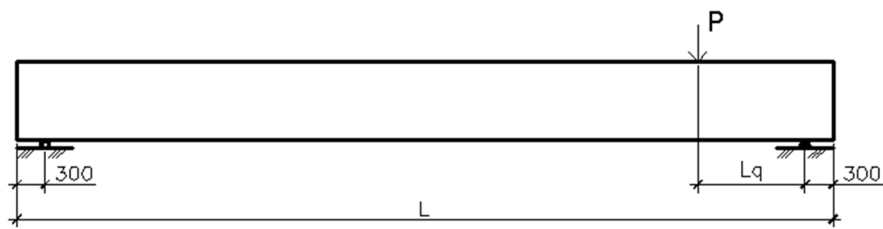
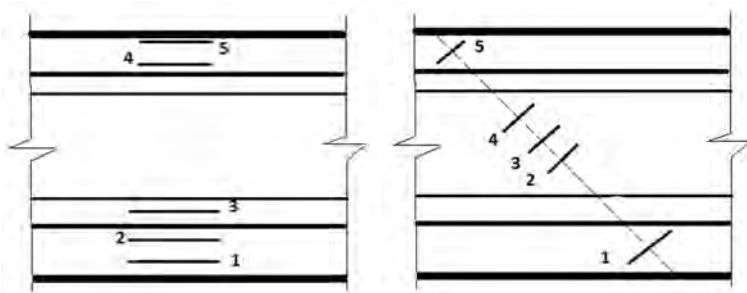
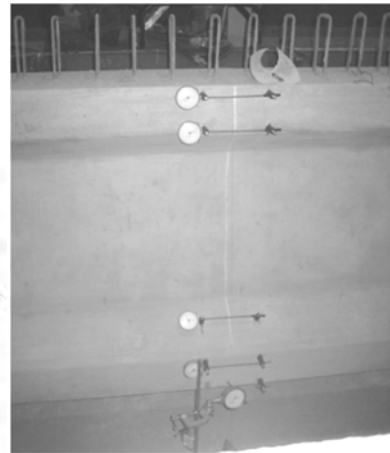


Рис. 5. Схема випробування балок на дію поперечної сили, де L – довжина балки, Lq – відстань прикладання навантаження



а

б



в

Рис. 6. Розташування індикаторів на базі 200мм при випробуванні балок: а – схема розташування при випробуванні на дію згинального моменту, б – схема розташування при випробуванні на дію поперечної сили, в – фото розташування при випробуванні на дію згинального моменту балки Б2100.110.40

Навантаження під час випробування прикладали поетапно по 10-15 % від максимального значення. На кожному етапі відразу після прикладання навантаження робили 15-хвилинну витримку. Витримка після досягнення максимального рівня навантаження становила 30 хвилин. Величини максимальних випробувальних навантажень на балку наведено в табл. 2.

На рис. 6 наведено схему розташування індикаторів при випробуванні балок для вимірювання відносних деформацій за висотою балки при випробуванні на дію згинального моменту M та поперечної сили Q . Відносні деформації балки Б2100.110.40 вказані на рис. 7 та 8, прогин балки – на рис. 9.

Значення поперечної сили та сили під час випробування на дію згинального моменту за дії контрольного навантаження під час випробування на міцність, тріщиностійкість, жорсткість балки наведено в табл. 3. Обидві балки зруйнувались по бетону у верхній стисненій зоні.

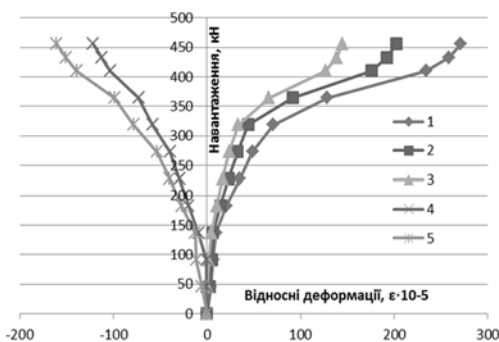


Рис. 7. Відносні деформації при випробуванні балки 21 м на згинальний момент (1..5 – номери індикаторів на базі згідно з рис. 6)

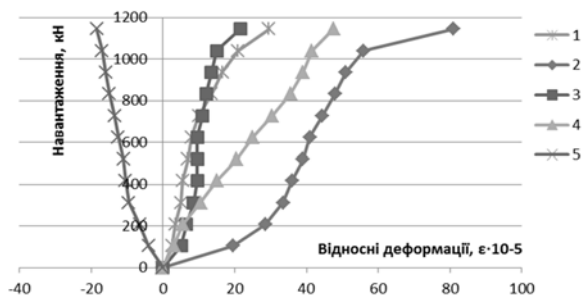


Рис. 8. Відносні деформації при випробуванні балки 21 м на поперечну силу (1..5 – номери індикаторів на базі згідно з рис. 6)

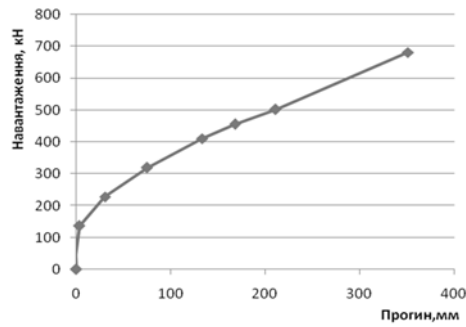


Рис. 9. Прогини посередині балки завдовжки 21 м

Таблиця 3

Контрольні навантаження при випробуванні балок

Найменування показників	Б1800.110.40	Б2100.110.40
Контрольне навантаження для перевірки балки на міцність Р (рис. 4) при випробуванні на дію згинального моменту, кН	543,4	469,4
Контрольне навантаження Р (рис. 4) для перевірки утворення тріщин в балці при випробуванні на дію згинального моменту, кН	463	398,98
Контрольне навантаження Р (рис. 5) для перевірки балки на міцність при випробуванні на дію поперечної сили, кН	1064	1144
Контрольне навантаження Р (рис. 5) для перевірки утворення тріщин в балці при випробуванні на дію поперечної сили, кН	1033	1057

При випробуванні балок Б1800.110.50 і Б2100.110.50 на дію згинального моменту обидві балки зруйнувались по бетону стисненої зони при навантаженні Р 546,0кН і 475,6кН, що вище відповідних значень контрольних навантажень (табл. 3). При випробуванні на дію поперечної сили при досягненні навантажень 1070кН і 1150кН, що більше відповідних контрольних значень навантажень (табл. 3), обидві балки не зруйнувались.

При випробуванні на згинальний момент під час контрольного навантаження в балці Б1800.110.50 тріщини не утворились, а в балці Б2100.110.50 ширина розкриття тріщин становила 0,05мм, що менше контрольного значення 0,15мм. При випробуванні на поперечну силу при контрольному навантаженні у обох балках тріщини були відсутні.

Жорсткість обох балок достатня для прийняття розрахункових навантажень, фактичні прогини при контрольних навантаженнях (20 і 12мм) були меншими від контрольних значень (43 і 35мм).

Висновки

Балки типу Б(1800,2100).110.40 завдовжки 18 і 21 м виготовлені з дотриманням всіх необхідних вимог чинних норм. Випробування, проведені згідно з діючими нормативними вимогами [4], показали їм здатність витримувати сучасні діючі навантаження за сучасними нормами проектування мостів [2]. За техніко-економічними показниками конструкція балок є конкурентоспроможною для використання у мостобудуванні.

Запроектований універсальний стенд для виготовлення та випробування балок пройшов всі необхідні процеси в дії і успішно виконав свої функції. Враховуючи необхідність обов'язкового випробування збірних балок мостів при їх сертифікації універсальний стенд такого типу можна рекомендувати для використання на інших заводах з виготовлення збірних конструкцій мостів. Використання універсального стенду значно економить кошти і не потребує виділення додаткових виробничих площ для випробувального стенду.

1. Калашиков Н.А. *Анализ конструкций железобетонных мостов.* – М.: Транспорт, 1971. – 184 с. 2. *Державні будівельні норми України. Мости та труби. Правила проектування.* (ДБН В.2.3-14:2006) – Держбуд України, 2006. – 356 с. 3. Коваль П.М., Стоянович С.В. *Збірні залізобетонні балки для автодорожніх мостів типу «З Бет-90» та «З Бет-120»/ Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка. Науково-технічний збірник.* – К., 2009. – Вип. 33. – С 128-134. 4. ДСТУ Б В.2.6-7-95 "Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості". – К., 1997.