

АНАЛІЗ РОБОТИ ТЕМПЕРАТУРНО-НЕРОЗРІЗНИХ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ

© Коваль П.М., Фаль А.Є., Верьовка А.П., 2010.

Описано натурні випробовування існуючих температурно-нерозрізних прогонових будов. Виконано теоретичний аналіз за методом пружних опор та за методом скінченних елементів у ПК "Ліра". Проаналізовано дані, отримані під час випробувань та теоретичних розрахунків, визначено конструктивний коефіцієнт.

Ключові слова: температурно-нерозрізна прогонова будова, натурні випробування, прогини, температурно-нерозрізна плита, збірно-монолітні конструкції, конструктивний коефіцієнт.

Natural tests of existing jointless super structures are described. The theoretical analysis is built on a method of elastic support and on a method of final elements in the LIRA SOFTWARE is carried out. The analysed data is received during test and theoretical calculations, the constructive factor is defined.

Keywords: jointless super structure, natural tests, deflection, link slab, the composite constructions, constructive factor.

Постановка проблеми. В автодорожніх мостах деформаційні шви, які необхідно влаштовувати по плиті проїзної частини, створюють істотні проблеми при експлуатації споруд. Довговічність деформаційних швів (10–30 років) істотно нижча від проектної довговічності мостів (100 років). Вони створюють нерівності на проїзній частині моста, що знижує комфортність проїзду та збільшує динамічне навантаження на прогони. Нещільність деформаційних швів призводить до потрапляння води та бруду на конструкції мостів, що розміщені нижче (балки, ригелі опор, опорні частини). Це значно пришвидшує руйнування таких конструкцій транспортних споруд. Тому доцільно для автодорожніх мостів влаштовувати прогонові будови із мінімальною кількістю швів.

Дослідження та публікації з проблеми. У зв'язку зі збільшенням швидкостей і підвищенням вимог до умов руху, а саме комфортності і безпеки, при будівництві мостів, а також при їх реконструкції найдоцільніше використовувати конструкції з мінімальною кількістю деформаційних швів [1]. Починаючи з 1972 р. (за кордоном з 1966 р.), в СРСР почали використовувати конструкції прогонових будов, що монтується з розрізних балок, які в надпорних перерізах в рівні плити проїзної частини тим або іншим способом об'єднані в безперервні ланцюги різних довжин. Такі прогонові будови отримали назву «температурно-нерозрізні».

У таких прогонових будовах на довжині ланцюга відсутні деформаційні шви, дорожній одяг на довжині ланцюга безперервний, кути перелому над опорами згладжені елементом об'єднання прогонових будов. Проїзд по таких прогонових будовах комфортніший, а довговічність конструкцій споруди більша. В 1972 році на основі досліджень та досвіду будівництва були розроблені методичні рекомендації [2] для температурно-нерозрізних прогонових будов мостів.

Дослідження мостів. В 1972 році в СРСР при будівництві моста через р. Оку з метою скорочення кількості деформаційних швів розрізні балочні прогонові будови над проміжними опорами об'єднали в температурно-нерозрізні секції довжиною до 260 м. Для цього між торцями суміжних прогонових будов в рівні плити проїзної частини вклали вставки із монолітного ненапруженого бетону. Товщина з'єднувальних плит 8 см, довжина 30 см.

Нині в Росії розроблені методичні рекомендації [3], в яких враховані нові розробки та досвід експлуатації температурно-нерозрізних мостів.

Типовим прикладом температурно-нерозрізної прогонової будови за кордоном є віадук Пон де Уш (Франція). В ньому плита проїзної частини завтовшки 0,2 м виконана безперервною в межах восьми прогонів з одного боку моста і шести з іншого. На основі досліджень, які показали, що в з'єднувальній плиті з'являються тріщини, для її армування використали оцинковану сталь [1].

В 1977 році в Югославії побудований міст із температурно-нерозрізними збірними прогоновими будовами. Прогонові будови склалися із двотаврових складених по довжині клеєних балок завдовжки 39 м, об'єднаних по плиті збірної конструкції проїзної частини товщиною 20 см в температурно-нерозрізні секції завдовжки до 450 м [1].

В Україні у 80–90-х роках ХХ століття було побудовано низку температурно-нерозрізних мостів за типовими проектами Київської філії Союздорпроекту (серія 3.503.1-58 вип. 0-4, ч.І, 1982 р.) для прогонових будов від 12 до 33 м та Укрдіпродору (серія 5.106-76) для прогонових будов із порожнистих плит довжиною 12 і 18 м.

Узагальнення досвіду проектування та будівництва температурно-нерозрізних мостів в Україні відображено у рекомендаціях [4]. В цьому документі наведені основні конструктивні рішення утворення температурної нерозрізності прогонів та пропозицій з їх розрахунку. Але в цих розрахунках не розглядається вплив температурної нерозрізності на сумісну роботу об'єднаних прогонових будов.

Мета досліджень – визначити вплив температурної нерозрізності на сумісну роботу об'єднаних у неперервний ланцюг прогонових будов автодорожніх мостів.

Дотепер поширене твердження, що об'єднання розрізних прогонових будов у температурний ланцюг не змінює характеру їх роботи на вертикальні навантаження, що тільки при дії горизонтальних сил і змінах температури об'єднані прогонові будови працюють як нерозрізні [2]. Вважається, що плита, висота якої становить 1/5 висоти балки, не впливає на загальний характер роботи балок прогонової будови.

Детальніші оцінки просторової роботи температурно-нерозрізних систем можна отримати за результатами натурних випробувань існуючих мостів.

Під час будівництва автодороги Київ–Одеса, враховуючи швидкі темпи, для транспортних споруд використовувався новий тип збірно-монолітної прогонової будови (рис. 1). Вдосконалені уніфіковані збірні попередньо напружені балки з недобетонуючою плитою встановлювали в проектне положення, після монтажу балок зверху бетонувалась монолітна плита проїзної частини.

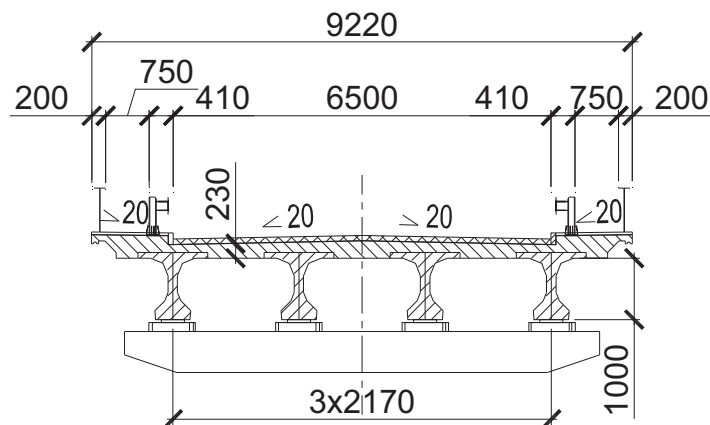


Рис. 1. Поперечний переріз шляхопроводу на км 256+480

З метою уникнення влаштування великої кількості деформаційних швів прогонові будови влаштовували температурно-нерозрізними. Таке компонування поперечного перерізу прогонової будови дало змогу розраховувати конструкції на перспективне на той час тимчасове навантаження А – 14.

У зв'язку з тим, що цей тип конструкції був новим для України, здійснювались детальні дослідження характеру роботи таких конструкцій.

Під час випробовування шляхопроводу в Кіровоградській області на км 256+480 (рис. 1) були отримані цікаві дані, які привернули до себе увагу.

Технічні параметри шляхопроводу:

- довжина шляхопроводу – 66,75 м (між задніми гранями шафових стінок);
- габарит по ширині Г – 6,5+2х 0,75 м;
- геометрична схема шляхопроводу 12+2х21+12;
- тип прогонової будови шляхопроводу – залізобетонна балочна з температурно-нерозрізною плитою (товщина плити 0,23 м);
- балки прольотів 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 – бездіафрагмові із попередньо напруженою арматурою;
- опорні частини на опорах – гумові.

Як випробувальне навантаження використовували два завантажені баластом автомобілі – КраЗ та один автомобіль IVECO з відповідною вагою 17,0 т, 17,8 т та 45,0 т кожен. При статичних випробуваннях шляхопроводу було реалізовано чотири схеми завантаження (рис. 2).



Рис. 2. Розташування машин для статичного випробовування прогонової будови

У результаті випробування шляхопроводу були побудовані епюри прогинів, які свідчать про забезпеченість поперечної жорсткості прогонової будови (рис. 3).

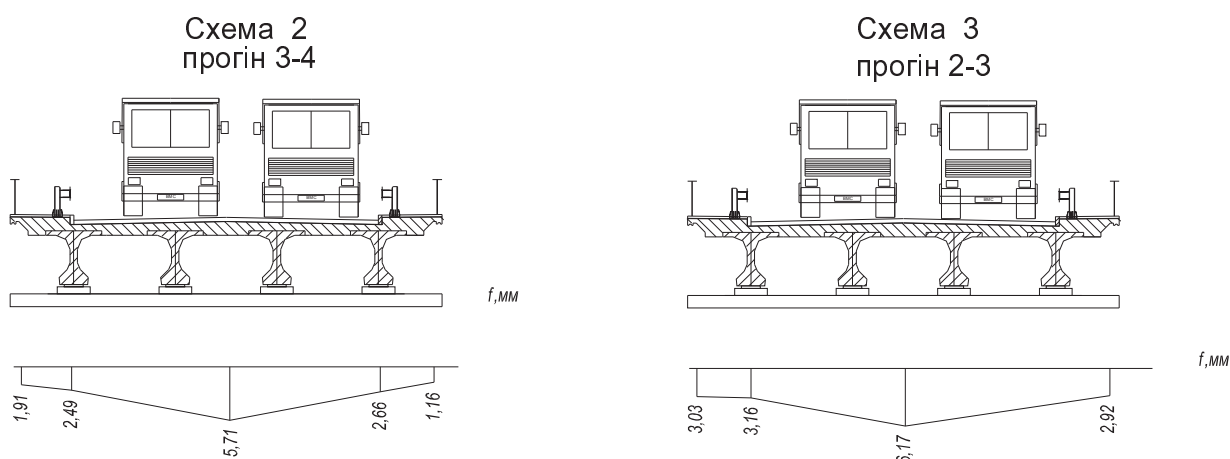


Рис. 3. Епюри прогинів балок від завантаження прогонової будови за схемою 2 і 3

Як видно з отриманих епюр, максимальний прогин $f_c=6,17$ мм зафіксовано у балці 2 прогону 2–3 при завантаженні за схемою 3 (несиметричне встановлення на лівій смузі шляхопроводу (з боку Києва зі зміщенням до тротуару) двох КраЗів та одного IVEKO посередині прогону 2–3 для

створення максимального згинального моменту в прольоті). Це становить 1/3403 прольоту, що в 8,5 рази менше від нормованої величини – 1/400 прольоту.

Для отриманих результатів виконано теоретичний розрахунок за відповідними схемами завантаження шляхопроводу.

Коефіцієнт поперечного розрізу (КПР) визначено за методом пружних опор (рис. 4).

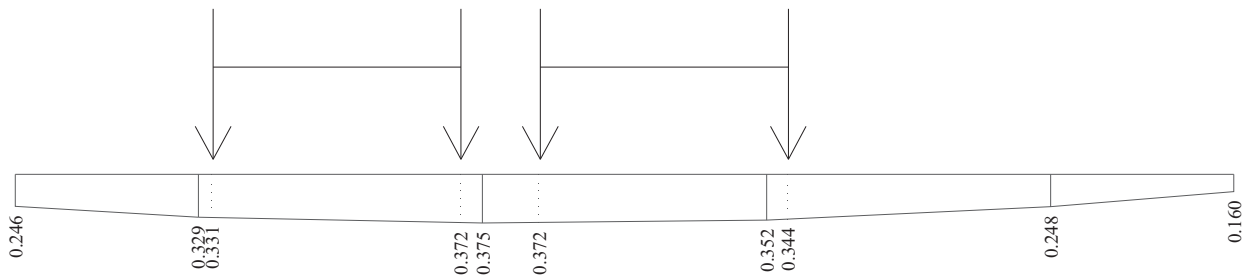


Рис. 4. Схема для визначення КПР для балки 2

Згинальні моменти балок прогонової будови від випробувального навантаження визначали за формулою:

$$M = P_{AT} \times КПР_{AT} \times \sum y_i \cdot$$

Лінія впливу згинального моменту посередині прогону балки і розташування випробувального навантаження за схемою 3 показані на рис. 6.

Для другої балки згинальний момент становить:

$$M = 101,872 \text{ тс}\cdot\text{м};$$

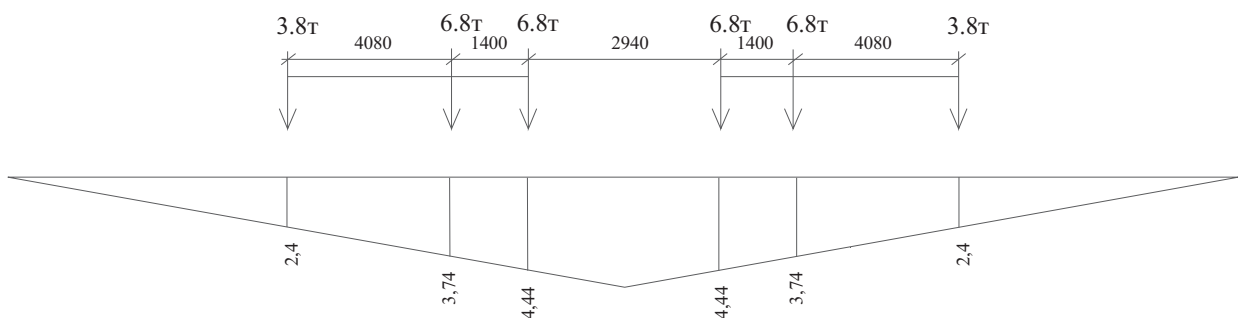


Рис. 5. Схема для визначення максимального моменту всередині прогону

Розрахунок максимального прогину від випробувального навантаження виконували за формулою:

$$f(\alpha) = \sum \int_0^l \overline{M}(x) \frac{1}{\rho}(x) dx \cdot$$

Для балки 2 теоретичний прогин від випробувального навантаження становить:

$$f_m = 15,5 \text{ мм.}$$

Відповідно до теоретичного розрахунку величина прогину від випробувального навантаження становить $f_m = 15,5$ мм. Отже, конструктивний коефіцієнт становить $K = 6,17/15,5 = 0,40$. Згідно з вимогами нормативного документа [5] конструктивний коефіцієнт повинен лежати в межах $0,5 < K < 0,7$. Для уточнення теоретичних даних просторова конструкція цього шляхопроводу була змодельована в програмному комплексі “Ліра”. Було відтворено реальні геометричні та жорсткісні характеристики споруди, а також тимчасове навантаження за схемою 3. Максимальний прогин був отриманий в середній балці $f_1 = 13,6$ мм. Тобто експериментальний прогин менший від теоретичного. Це свідчить, що розрахунок не враховує якісь додаткові впливи на реальну роботу балок прогонової будови.

Майже аналогічні дані були отримані при обстеженні та випробуванні шляхопроводу через автомобільну дорогу Київ–Одеса на км 261+441 м (рис. 6). Середні прогони склалися з поперечно напружених балок завдовжки 24 м. Для отримання максимального згинального моменту в прольоті були використані для завантаження три автомобілі КрАЗ вагою 24 т кожен та один автомобіль КамАЗ вагою 22 т. Загальна вага випробувального навантаження становила 94 т.



Рис. 6. Випробування шляхопроводу на км 261+441

При статичних випробуваннях шляхопроводу було зафіксовано максимальний прогин $f_e = 6,86$ мм. Відповідно до теоретичного розрахунку величина прогину від випробувального навантаження становить $f_m = 21,5$ мм. Отже, конструктивний коефіцієнт становить $K = 6,86/21,5 = 0,32$. Змодельовавши цю прогонову будову, в ПК “Ліра” отримали максимальний прогин $f_i = 13,1$ мм. Максимальний прогин при цій схемі є значно меншим за допустимий прогин, що становить 60 мм. Це становить 1/3498 прогону, що в 8,7 раза менше від нормованої величини – 1/400 прогону.

За результатами досліджень цих прогонових будов можна зробити такі висновки: під час випробувань та теоретичних розрахунків був отриманий конструктивний коефіцієнт, який виявився меншим за 0,5. Згідно з нормативним документом [5], якщо коефіцієнт $K < 0,5$, це вказує на наявність в елементах моста резервів несучої здатності та можливість використання цих резервів може бути розглянута після вивчення причин одержання малих коефіцієнтів.

У цих випадках причиною отримання малих конструктивних коефіцієнтів може бути температурна нерозрізність прогонової будови. Плита, яка з’єднує два суміжні прогони, впливає на їх спільну роботу на сприйняття тимчасового навантаження.

Висновок. Експериментально-теоретичний аналіз роботи температурно-нерозрізних прогонових мостів свідчить про можливий вплив суміжних прогонів на сумісну роботу балок прогонових будов. Доцільно виконати додаткові експериментальні дослідження натурних об’єктів та розрахунки з використанням програмних комплексів для встановлення якісного і кількісного впливу температурної нерозрізності на роботу прогонових будов мостів.

1. Захаров Л.В. Сборные неразрезные железобетонные пролетные строения мостов / Захаров Л.В., Колоколов Н.М., Цейтлин А.Л. – М.: Транспорт, 1983. – 232 с. 2. Методические рекомендации по проектированию и строительству температурно-неразрезных пролетных строений мостов на автомобильных дорогах – М.: Союздорнии, 1977. – 74 с. 3. Методические рекомендации по применению конструкций температурно-неразрезных пролетных строений – М.: Росавтодор, 2003. – 60 с. 4. Методичні рекомендації з проектування та застосування конструкції температурно-нерозрізних прольотних будов. – К.: Укравтодор, 2008. – 107 с. 5. Мости та труби. Обстеження та випробування: ДБН В.2.3-6-2002 – [Чинний від 2002.10.01]. – К.: Держбуд України, 2002. – 29 с. – (Національний стандарт України). 6. Мости: конструкції та надійність / [Й.Й. Лучко, П.М. Коваль, М.М. Корнієв, А.І. Лантух-Лященко, М.Р. Хархаліс]; за ред. В.В. Панасюка і Й.Й. Лучка. – Львів: Каменяр, 2005. – 989 с.