

В.Ю. Сало, І.Ю. Думич¹, Н.О. Балаян¹
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра мостів та будівельної механіки,
¹кафедра автомобільних шляхів

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ПЛИТНО-РЕБРИСТИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ З ТРІЩИНАМИ І ДО РУЙНУВАННЯ

© Сало В.Ю., Думич І.Ю., Балаян Н.О., 2013

Наведено результати експериментальних досліджень, отриманих під час випробувань дослідних збірно-монолітних залізобетонних попередньо напружених мостів.

Ключові слова: збірно-монолітні конструкції, момент тріщиноутворення, згинальний момент, прогини, жорсткість.

The active provides the results of experimental reseach abtain in investigation of the testing multi – span prestresset rein reinforced reinforced concrete bridges.

Key words: multi-span constructions, cracking moment, bending moments, deflection, stiffness.

Вступ. Постановка проблеми

Основний напрям в проектуванні залізобетонних мостових конструкцій – подальше наближення проектних розробок з використанням нових методів проектування до дійсних умов роботи конструкцій з одночасним покращенням техніко-економічних показників споруди. Значною мірою це завдання можна виконати на основі подальших теоретико-конструктивних принципів проектування: 1) суміщення функцій з врахуванням просторової роботи, скероване на повнішу реалізацію несучої здатності усіх елементів системи; 2) компоновання прогонових будов з врахуванням просторової роботи, що ґрунтується на вивченні особливостей взаємодії елементів просторових конструкцій.

Для збірномонолітних конструкцій прогонових будов характерна сумісна просторова робота усіх елементів [1–3]. Так, діафрагми і плита проїзної частини розподіляють навантаження між головними балками. Своєю чергою, зусилля у зв'язках залежать від характеристик головних балок і розмірів плити проїзної частини. Під дією розрахункових навантажень виникають тріщини і з'являються пластичні деформації бетону і арматури, які викликають зміну внутрішніх зусиль, визначених у пружній роботі всієї споруди, при цьому залежність між зовнішнім навантаженням і внутрішніми зусиллями є нелінійною [4]. Сьогодні вже виконані багаточисленні дослідження окремих згинальних залізобетонних балок, що мають тріщини у розтягненій зоні, але є порівняно мало здійснено досліджень залізобетонних прогонових будов на стадіях утворення і розкриття тріщин [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Розрахункові зусилля для розрахунків на міцність в елементах статично невизначених залізобетонних конструкцій офіційними нормами [5] допускається визначати звичайними методами будівельної механіки за попередньо заданими розмірами перерізів елементів і в припущенні пружної роботи матеріалу. Поряд з цим для кожного перерізу елемента одержане розрахункове зусилля порівнюється з несучою здатністю перерізу, визначеною з передумови пластичної роботи матеріалу. В такий спосіб виникає невідповідність між визначенням зусиль і перевіркою січень.

Методика розрахунку статично невизначених конструкцій з врахуванням перерозподілу зусиль ще не повно і всебічно розроблена. Поки що немає встановленої думки з використання наявних методів розрахунку, особливо, для мостових конструкцій.

У процесі завантаження статично невизначеної залізобетонної конструкції окремі ділянки її елементів потерпають від багатьох якісних змін. На визначеному етапі в елементах конструкції виникають тріщини, зростає вплив непружних деформацій стисненого бетону, жорсткість окремих

ділянок конструкції знижується. Врахування змінних по довжині елементів значень жорсткостей, що уточнюються в процесі послідовних наближень, використовується в основному методі розрахунку споруд на пружно-пластичній стадії [6, 7].

Для сучасних тонкостінних конструкцій, виконаних із високоміцних матеріалів, визначальним для розмірів перерізів є не несуча здатність, а тріщиностійкість і деформативність. В цьому випадку основну увагу приділяють визначенню максимального значення навантаження, за якого задовольняються задані умови деформативності і тріщиностійкості конструкції [4].

Використовуються також методи пружнопластичних стрижневих систем, що ґрунтуються на дослідженні процесу утворення пластичних шарнірів в елементах конструкції у міру зростання зовнішнього навантаження [1].

Мета та завдання досліджень

Характерна особливість роботи прогонових будов – просторовий характер їх деформування, який призводить до того, що основні елементи конструкцій знаходяться під дією складного напруженого стану.

Допущення обмеженого розвитку пластичних деформацій у найзавантаженіших балках дає змогу повніше використати резерви міцності інших (сусідніх балок) і при цьому можна поставити вимоги до поперечних зв'язків у питанні недопущення в них пластичних деформацій з метою забезпечення надійної сумісної роботи головних балок [8, 9]. З цією метою в процесі випробувань дослідних зразків прогонових будов виконувались такі завдання:

- виявлялись умови використання результатів випробувань масштабних дослідних зразків для моделювання прогинів згинальних реальних залізобетонних конструкцій з тріщинами;
- вибиралась методика розрахунку прогонових будов з врахуванням тріщин і непружних деформацій залізобетону, що дають результати, найближчі до експериментальних даних на усіх стадіях роботи конструкцій.

Експериментальні дослідження

З метою одержання точних даних для розрахунків міцності, жорсткості, тріщиностійкості, розподілу тимчасового навантаження у прольоті, оцінки надійності конструкції на стадіях експлуатації і близької до руйнування, а також встановлення характеру їх руйнування проведені випробування трьох дослідних розрізних прогонових будов завдовжки 3 м. Дослідні конструкції прогонових будов у попередньо напруженому залізобетоні прийняті у відношенні 1:5 до натурних розмірів, відстань між головними балками становить 50 см. У двох базових зразках по балках змонтовані збірні залізобетонні ребристі плити, які після замонолічування одержали прогонову будову з діафрагмами. Третя дослідна конструкція складається із збірних попередньо напружених балок і монолітної плити проїзної частини без діафрагм (фото 1, 2).

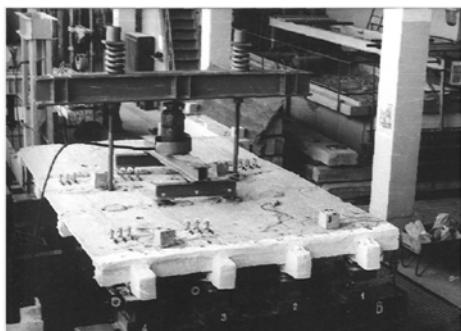


Фото 1. Загальний вигляд випробування прогонової будови з діафрагмами



Фото 2. Загальний вигляд випробування прогонової будови без діафрагм

Для випробувань статичним навантаженням був розроблений стенд з поперечними рамами, які є опорами прогонових будов. Спирання балок прогонових будов на опори прийнято через кільцеві динамометри.

Випробування на статичні навантаження проводили гідравлічними домкратами ДГ-50 за допомогою траверс і тяг, закріплених до силової плити стенда. Навантаження передавалось через чотири площадки і прикладалось ступенями по 10 кН.

Під час випробування дослідних зразків збірно-монолітних прогонових будов замірялись опорні реакції, осадження опор, прогини всередині прольоту, деформації бетону і попередньо напруженої арматури в елементах конструкцій.

Випробування дослідних зразків розрізних прогонових будов з діафрагмами велись до руйнування за різних схем завантаження.

Під час завантаження крайніх балок дослідної конструкції М-1х3-1 ширина розкриття тріщин 0,3 мм спостерігалась під вантажними площадками за загального навантаження 52,0 кН. Максимальний прогин у прольоті при цьому навантаженні дорівнював 7,6 мм, що становить 1/394 від довжини прогону. Максимальне навантаження під час руйнування прольоту становило 112,0 кН (рис. 1). Руйнування конструкції відбулось від розриву арматури в середній балці. По плиті прогонової будови тріщини розміщались по контуру прикладення навантаження (фото 3, 4).



Фото 3. Характер тріщиноутворення у дослідній конструкції прогонової будови з діафрагмами

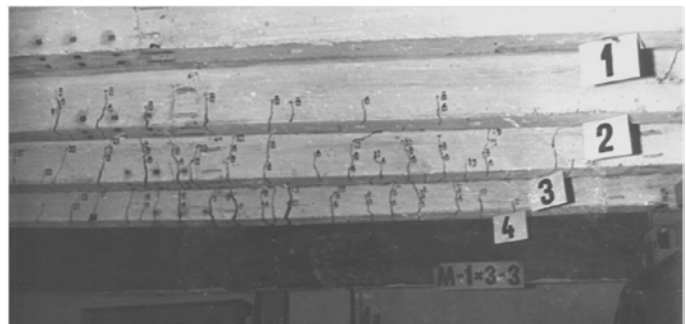


Фото 4. Характер тріщиноутворення у дослідній конструкції прогонової будови без діафрагм

Під час випробування дослідної конструкції М-1х3-2 ширина розкриття тріщини 0,3 мм спостерігалась за загального навантаження 52,4 кН. Максимальний прогин в прольоті при цьому навантаженні дорівнював 7,0 мм, що становить 1/420 від довжини прогону. Максимальне навантаження під час руйнування становить 96,0 кН (рис. 2).

Під час випробування збірно-монолітної прогонової будови М-1х3-3 вертикальні тріщини у балці з'явилися за навантаження 42,0 кН. Максимальний прогин у балках в момент утворення тріщин становив 3,9 мм, що дорівнює 1/769 від довжини прольоту. Максимальне навантаження під час руйнування прогонової будови становило 92,0 кН. Руйнування конструкції відбулось від текучості арматури в балці і продавлювання плити під вантажними площадками (рис. 3).

Після випробувань проведено обстеження конструкції і не виявлено ознак порушення зчеплення частин об'єднаного перерізу.

У процесі завантаження дослідних конструкцій зростала кількість тріщин у розтягнутому бетоні і відбувався їх подальший розвиток, виникали пластичні деформації стисненого бетону, арматура в найнавантажених елементах досягала границі текучості.

Істотний перерозподіл напружень в результаті непружних деформацій можна чекати тоді, коли конструкція під навантаженням працює нерівномірно і одні елементи перенапружені, а в інших несуча здатність недовиконується.

Метод плито-балочних конструкцій, що ґрунтується на рішеннях прикладної теорії пружності, дає змогу доволі повно виявити роботу усіх елементів прогонових будов і фактично вирішує всі питання просторового розрахунку [8].

Результати випробувань і розрахунку дослідних зразків прогонових будов показали, що величини експериментальних і теоретичних значень зусиль у головних балках збірно-монолітного перерізу відрізняються на 7–9 %, що свідчить про достатню жорсткість дослідних конструкцій [10, 11].

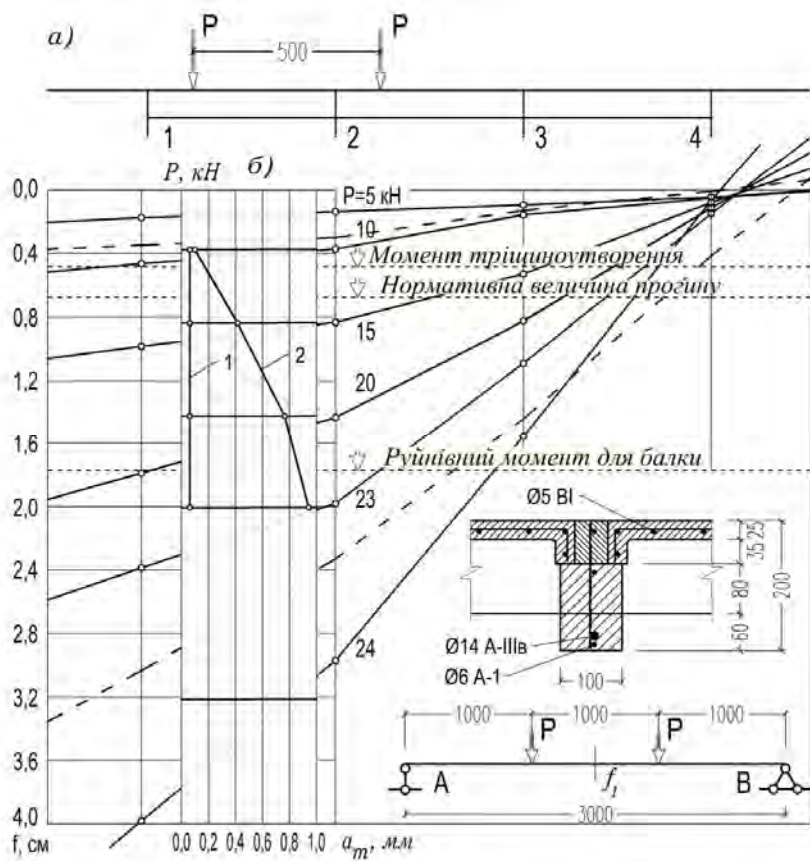


Рис. 1. Графіки прогинів і ширини розкриття тріщин прогонової будови М-1х3-1:
 а – схема випробування і епюри експериментальних прогинів; б – фактичне розкриття тріщин;
 - - - - розподіл теоретичних прогинів за методом плитно-балочних конструкцій

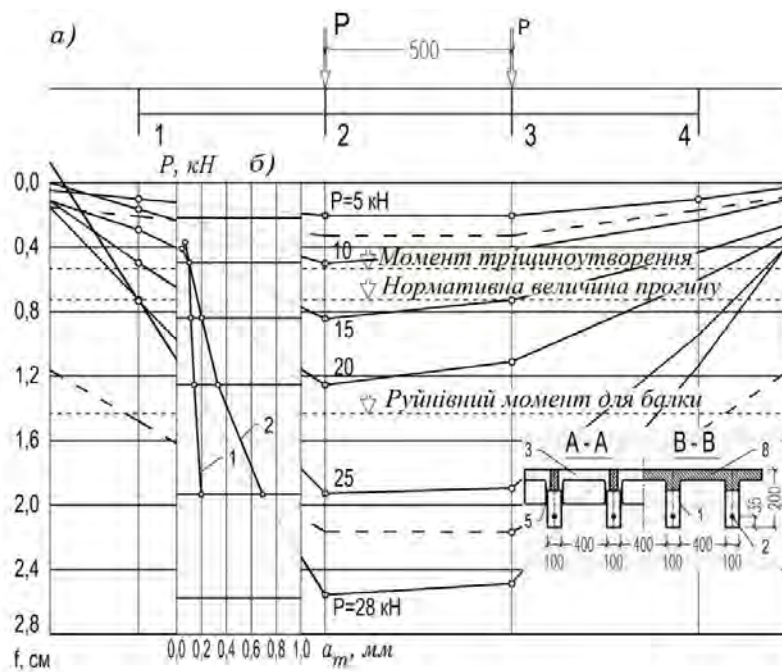


Рис. 2. Графіки прогинів і ширини розкриття тріщин прогонової будови М-1х3-2:
 а – схема випробування і епюри експериментальних прогинів; б – фактичне розкриття тріщин;
 - - - - розподіл теоретичних прогинів за методом плитно-балочних конструкцій

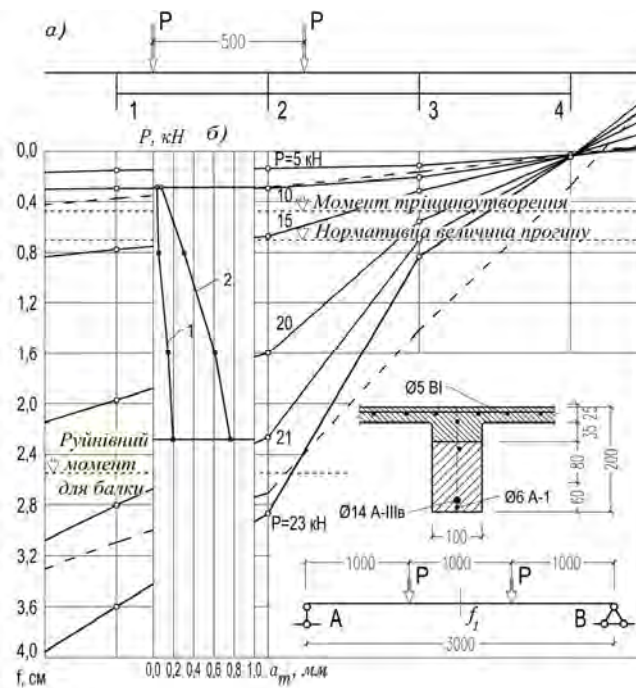


Рис. 3. Графіки прогинів і ширини розкриття тріщин прогонової будови М-1х3-3:
 а – схема випробування і епюри експериментальних прогинів; б – фактичне розкриття тріщин;
 - - - - розподіл теоретичних прогинів за методом плитно-балочних конструкцій

Висновки:

1. Проведені експериментальні дослідження збірно-монолітних прогонових будов показали, що елементи таких конструкцій включаються до спільної роботи на усіх стадіях, про що свідчить характер утворення тріщин і руйнування цих конструкцій. Крайні балки знаходяться у гірших умовах, ніж середні, оскільки вони отримують розвантаження тільки з одного боку.

2. Встановлено, що в результаті тріщиноутворення і пластичних деформацій відбувається незначний просторовий перерозподіл зусиль між елементами прогонових будов. До появи пластичного шарніра в одній з балок (деформований поперечний переріз) зберігається лінійна залежність між зусиллями і деформаціями.

3. Зіставлення величин прогинів всередині прольоту показує добрий збіг між розрахунковими і експериментальними значеннями. Із графіків бачимо, що різниця у прогинах збірно-монолітних прогонових будов з діафрагмами і без них незначна. За експериментальними даними за відсутності діафрагм найбільші ординати прогину збільшились на 4–7 %.

4. Узагальнення експериментальних даних дає змогу розвинути методику розрахунку просторових прогонових будов мостів, елементи конструкцій яких знаходяться під дією складного напруженого стану.

1. Расчет железобетонных мостов / Г.М. Власов и др. / под ред. К.К. Яковсона. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1977. – 352 с. 2. Гибишман М.Е. Проектирование транспортных сооружений. – М.: Транспорт, 1980. – 391 с. 3. Гийон Н. Предварительно напряженный железобетон. Статически неопределимые конструкции. – М.: Госстройиздат, 1962. – 495 с. 4. Леонгардт Ф. Предварительно напряженный железобетон / пер. с нем. В.Н. Гаранина. – М.: Стройиздат, 1983. – 246 с. 5. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 52 с. 6. Статически неопределимые железобетонные конструкции / А.А. Дыховичный. – К.: Будівельник, 1978. – 108 с. 7. Гвоздев А.А. О перераспределении усилий в статически неопределимых железобетонных обичных и предварительно напряженных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1958. 8. Потапкин А.А. Пространственный расчет пролетных строений мостов с поперечными связями // Тр. Союздорнии. – 1964. – Вып.2. 9. Улицкий Б.Е. Пространственные расчеты балочных мостов. – М.: Автотрансиздат, 1962. – 180 с. 10. Семенец П.В. Пространственные расчеты плитных мостов. – К.: Выща шк., 1976. – 164 с. 11. Гибишман М.Е. Теория расчета мостов сложных пространственных систем. – М.: Транспорт, 1973. – 200 с.