

ПІШОХІДНІ МОСТИ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДУЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Краснов С.М. доц.,
Резницький С.С., Серовський С.Ю. магістранти
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет НАДУ
krasnov56@ukr.net

Важливою функцією пішохідних мостів є забезпечення безпеки руху на автомагістралях і вулицях міста. Враховуючи високий зріст інтенсивності руху автомобільного транспорту та для забезпечення безпеки руху пішоходів, у багатьох країнах світу все більше уваги приділяється будівництву пішохідних переходів. У їх число входять, як підземні переходи, так і мостові. В особистих випадках будівництво мостових пішохідних переходів пов'язано з умовами важкої доступності (гірські райони) та возведенням переходів над уже існуючими автомобільними і залізничними шляхами без зупинки руху. Як наслідок, це мають бути конструкції з максимальною заводською готовністю і практично ручної збірки, що зводяться з стандартних, легко замінних і нарощуваних елементів.

Питанню проектування нових типів сталезалізобетонних конструкцій, як в області мостобудування, так і в області промислового і цивільного будівництва, приділяється особлива увага. До останніх публікацій з даного питання відносяться роботи, проведені в університетах Delhousie (Canada), Ceylon, Colombo (Sri Lanka), Australia та ін [1, 7].

В силу ряду причин пішохідні мости є досить відособлених типом споруд. За характером перешкоди пішохідні мости можна розділити на власне мости, отже споруди через водні перешкоди та міські пішохідні мости.

У сучасних конструкціях пішохідних мостах часто застосовують висячі і вантові конструкції, з нерозрізними суцільнометалевими балками жорсткості двотаврового або коробчатого перетину висотою від 1/100 до 1/300 у висячих системах і 1/50 ... 1/120 в вантових.

У випадках коли необхідно будівництво пішохідного мосту на нерегульованому перехресті с круговим рухом найбільш доцільно

використовувати збірні модульні елементи. Для виконання розрахунків була обрана ділянка на перетині вулиці Вернадського та Червоношкільної набережної у м. Харкові (рис 1).



Рисунок 1 - Перехрестя вулиці Вернадського та Червоношкільної набережної.

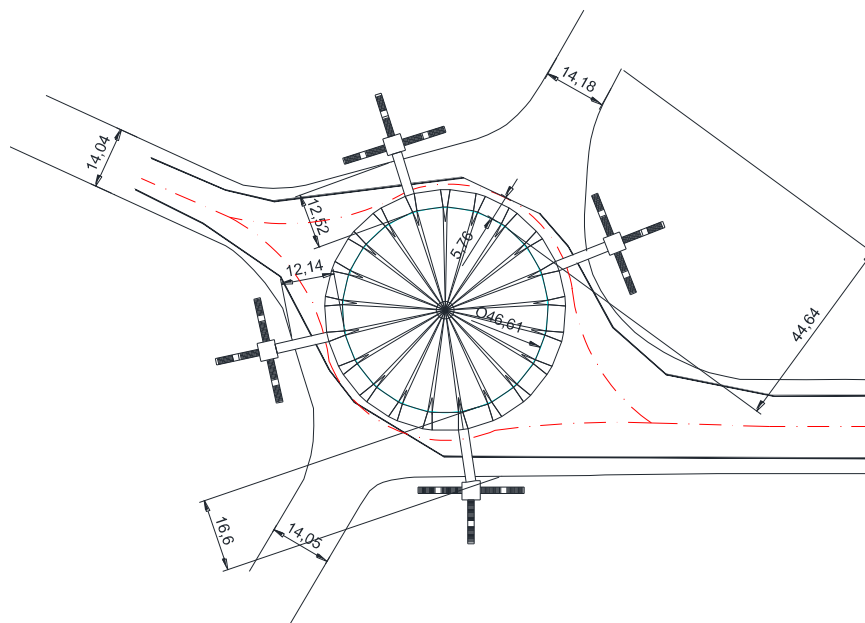


Рисунок 2 - Пішохідний міст з круговим рухом

На підставі порівняння декількох варіантів перетину був обраний варіант конструкції, який повторює вигляд самого перехрестя. Оскільки це не регульоване перехрестя с круговим рухом, конструкція пішохідного переходу

повторює схему руху автомобілів на перехресті (рис 2). Підходи до мосту влаштовуються з кожної сторони перехрестя (рис. 3).



Рисунок - Конструкція пішохідного мосту з круговим рухом зі сходами

Конструкції прогонових будов влаштована з використанням просторових ферм (рис. 4, 5).

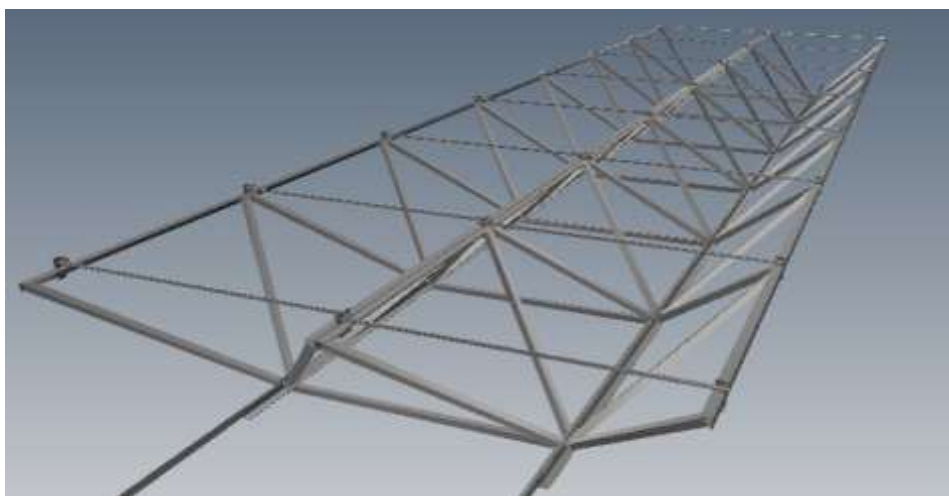


Рисунок 4 - Загальні вид просторової ферм

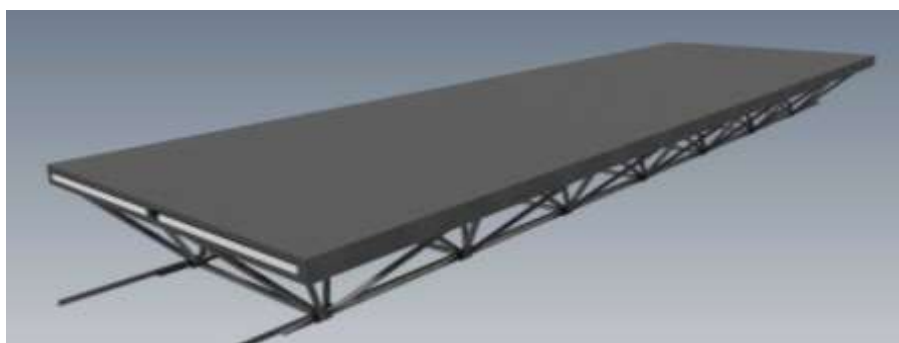


Рисунок 5 - Загальні вид просторової ферм з залізобетонною плитою

Конструктивна ідеологія пропонованої прогонової будови пішохідного мосту в даній пропозиції полягає у використанні залізобетонної плити в стислій зоні (настил), а металевої просторової стрижневої решітки - в розтягнутій. Дану конструкцію можна класифікувати як сталезалізобетонну [2, 3].

Об'єднання стислих і розтягнутих стрижневих елементів між собою відбувається за допомогою пропонованих нами вузлів нового типу (рис. 6).

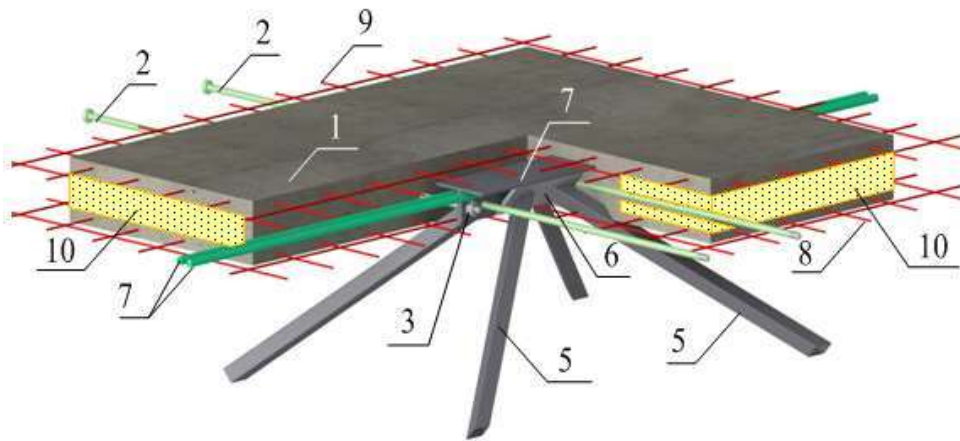


Рисунок 6 – Вузол об'єднання просторової конструкції і залізобетонної плити

У зв'язку з цим формується конструкція, в якій має бути забезпечено повноцінне включення в роботу стислій залізобетонної частини, зі значним зменшенням ресурсу металевих стрижнів верхнього поясу.

Особливий інтерес при зведенні подібних систем викликають конструкції, виконані з однакових за величиною і характеристикам конструвальних модулів, об'єднання яких між собою дозволяє створювати балкові і арочні системи прогонових будов пішохідних мостів

Для підтвердження обраної конструкції виконані теоретичні та експериментальні випробування модуля прогонової будови пішохідного моста, розміром $7 \times 2 \times 0,5$ м [6].

Навантаження конструкції виконувалося сходами від 1 кПа до 8 кПа (ступінь 1 кПа), з подальшою розвантаженням кожного ступеня навантажування.

На кожному етапі, для стабілізації деформацій, навантаження дотримувалися протягом 10 хвилин. Це час використовувалося для огляду

випробуваної конструкції, на предмет виявлення дефектів руйнівного характеру.

При визначенні напружень в елементах конструкції, з урахуванням рівня напружено-деформованого стану, вважалось допустимим прийняття закону Гука.

Для встановлення теоретичних значень вимірюваних величин була використана побудована скінченно-елементна модель конструкції [2, 3, 4, 9]. При цьому, власне розрахунки виконувалися в середовищі ПК «ЛІРА», (версія 9.6) [4, 5].

Теоретичні результати розрахунків, отримані на підставі моделі в формі методу скінченних елементів і виконані в ПК «ЛІРА» (версія 9.6), наведені на рисунках 7 - .

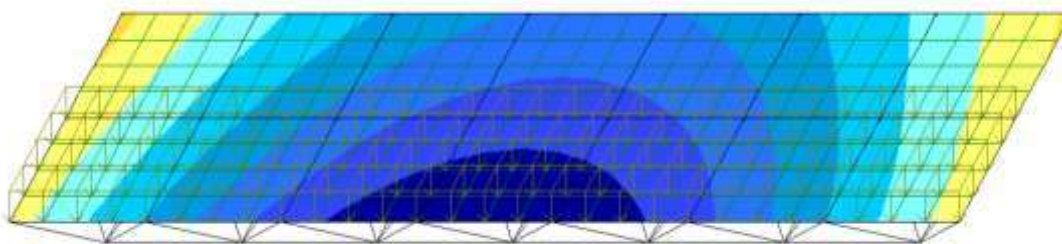


Рисунок 7 – Ізополя переміщень конструкції прогонової будови по осі Z (завантаження половини конструкції)

Максимальний експериментальний прогин в середині прольоту становив 3,97 мм, в той час як теоретичний – 4,14 мм (рис. 7).

В результаті чого були отримані графіки зміни деформацій у розглянутих елементах конструкції з урахуванням малоциклового навантаження (рис. 8).

Таким чином теоретичні розрахунки виконані в програмному комплексі «ЛІРА 9.6» співпадають з експериментом. Похибка між максимальними деформаціями і напруженнями склала от 4 % до 12 %.

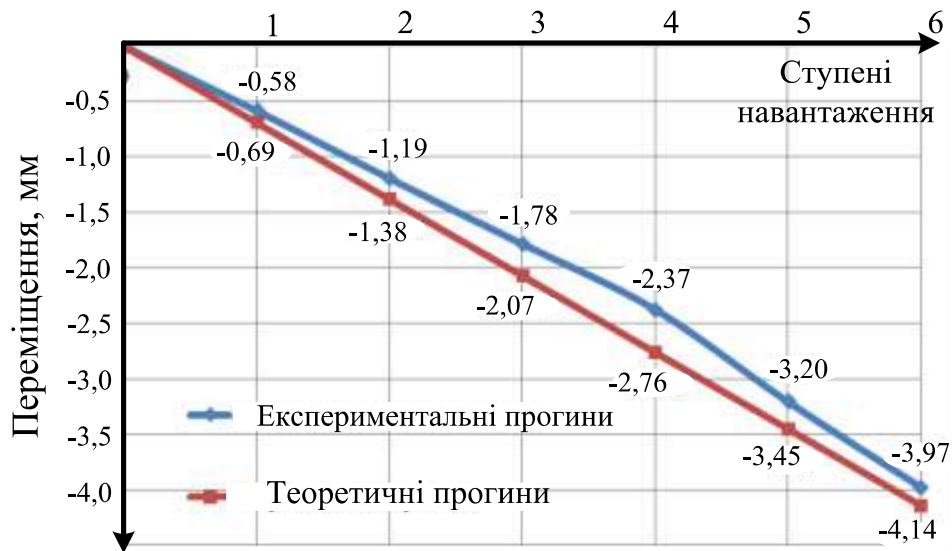


Рисунок 8 – - Максимальні переміщення конструкції в середині прольоту (завантаження половини конструкції)

Для повної комплексної оцінки раціоналізовані нових сталезалізобетонних конструкцій прогонових будов пішохідних мостів, необхідно установлення їх амплітудно-частотних характеристик (АЧХ).

Основна характеристика, частота власних коливань прогонової будови, теоретично отримана на базі побудованої скінченно-елементної моделі конструкції за допомогою програмного комплексу «ЛІРА». Також виконана експериментальна оцінка власних частот коливань конструкції шляхом скидання вантажу (рис. 9) [8].



Рисунок 9 – Експериментальне визначення частот власних коливань

Зіставлення динамічних характеристик прольотної будови пішохідного мосту, зафіксованих у натурному експерименті (частота власних коливань

основного тону 11 Гц), з відповідними теоретичними значеннями (9,76 Гц), визначеними на базі побудованої моделі зі скінчених елементів, як і у випадку статичного навантаження, характеризує розрахункову модель як досить коректну (розкид теоретических та експериментальних значень досліджуваних параметрів не перевищувати 11%) і свідчать про можливість застосування легких пластинчато-стрижневих сталезалізобетонних конструкцій для будівництва прольотних будов пішохідних мостів та розрахунку різних довжин та конфігурацій даної конструкції у програмному комплексі «ЛПРА».

У сучасних нормах [9] введені обмеження для періоду власних коливань в балкових розрізних прогонових будовах мостів: розрахунковий період власних коливань пішохідних мостів не повинен бути в межах від 0,45 с до 0,60 с - у вертикальній площині; і від 0,9 с до 1,2 с - в горизонтальній площині.

Важливим етапом застосування даної конструкції є визначення частот вимушених коливань при русі пішоходів

Прольотна будова піддавалася такому динамічному впливу, як імпульсний вплив від руху пішоходів. Пішоходи в кількості від 4 чоловік до 24 чоловік рухалися по мосту «вперед» - «назад», виконували марш на місці в центрі і по краях прогонової будови, стрибки в центрі і по краях, а також рух назустріч один одному (рис. 10).



Рисунок 10 - Динамічні випробування

Схеми руху пішоходів і отримані в результаті експерименту віброграм наведені на рис. 11.

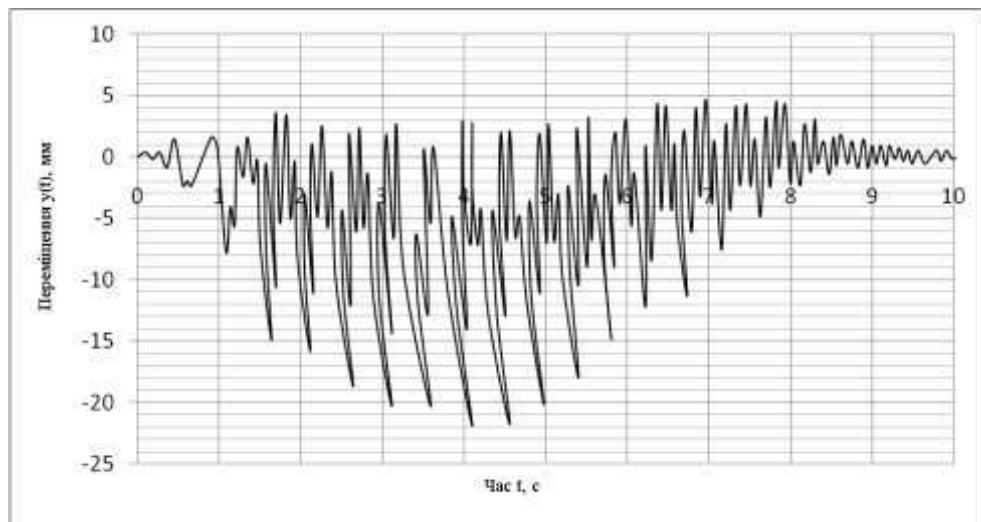
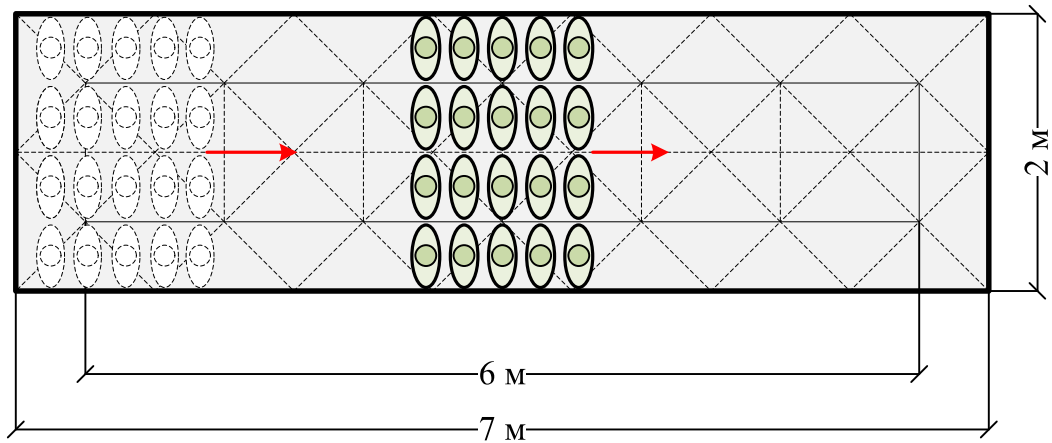


Рисунок 11 - Віброграм коливань при русі 20-ти чловік «вперед»

В результаті виконаного аналізу отриманих експериментальних даних встановлено, що частота вимушених коливань прогонової будови пішохідного моста, отримана при різних схемах завантаження, склала:

- При нормальному темпі ходьби 1,9-2,0 Гц;
- При прискореному темпі ходьби 2,2 Гц;
- При уповільненому темпі ходьби 1,5 Гц.

Таким чином, експериментальна частота вимушених коливань при різних темпах ходьби корелює з теоретичними значеннями частот вимушених коливань, отриманими в результаті аналізу динаміки руху людини. Розбіжності між експериментальними даними та теоретичними значеннями частот вимушених коливань прогонової будови знаходяться в межах 15%.

Характерною особливістю, встановленої в результаті виконаних експериментальних досліджень, для пропонованого прогонової будови є те, що

при збільшенні кількості пішоходів зростає величина амплітуди коливань мосту, однак частота вимушених коливань прогонової будови залишається незмінною.

Експериментально отримане значення періоду вимушених коливань ($T \approx 0,5$ с) потрапляє в заборонений для пішохідних мостів діапазон власних коливань (0,45 ... 0,6 с), що характерно для поєднання найбільш небезпечних навантажень у вигляді натовпу людей, що йдуть «в ногу». При цьому, слід зазначити, що експериментально отримане значення періоду вимушених коливань ($T \approx 0,5$ с) не збігається з експериментально отриманим значенням періоду власних коливань конструкції ($T \approx 0,1$ с).

Експериментально доведено ефективність випробуваного сталезалізобетонних прогонової будови пішохідного моста, динамічні характеристики якого склали:

– при довільному (нормальному) темпі ходьби частота вимушених коливань $f = 1,8-2,0$ Гц, відповідне значення періоду коливань $T = 0,5-0,56$ с, амплітуда коливань $A = 6-22$ мм;

– при прискореному темпі ходьби частота вимушених коливань $f = 2,0-2,2$ Гц, відповідне значення періоду коливань $T = 0,45-0,5$ с, амплітуда коливань, при цьому, залишається незмінною $A = 6-22$ мм.

У досліджуваному зразку-представника прогонової будови пішохідного моста не виникає збільшених амплітуд і резонансних явищ при тривалому впливі тимчасового навантаження (рух пішоходів на місці «в ногу»), а також при впливі надвисокочастотних навантажень (вібротрамбовка і віброплита), не характерних для пішохідних мостів

Перелік посилань

1. Овчинников И.Г. Пешеходные мосты: конструкция, строительство, архитектура: учебное пособие / И.Г. Овчинников, Г.С. Дядченко. – Саратов, 2005. – 222 с.

2. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Х.: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
3. Шмуклер В.С. Об одном подходе формирования пролетного строения пешеходного моста / В.С. Шмуклер, С.Н. Краснов, Е.С. Краснова // Зб. наук. праць «Будівельні конструкції». – 2012. – Вип. 76. – С. 580–588.
4. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2006. – 344 с.
5. Городецкий А.С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций: учебное пособие / А.С. Городецкий, В.С. Шмуклер, А.В. Бондарев. – Х.: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.
6. Шмуклер В.С. Экспериментальные исследования пролетного строения пешеходного моста нового типа / В.С. Шмуклер, Е.С. Краснова, С.Н. Краснов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2012. – Вип. 58. – С. 70–77.
7. Kuo A.D. Stabilization of lateral motion in passive dynamic walking. / A.D. Kuo // Int. J. Robot. Res. – 1999. – №18. – P. 917–930.
8. Краснов С.Н. Анализ работы новых конструкций пешеходных мостов при действии динамической нагрузки / С.Н. Краснов, Е.С. Краснова // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Покращення конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників автомобільних доріг і штучних споруд на них в дослідження студентів і молодих науковців». – 2014. – С. 195–199.
9. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування: ДБН В.2.3 – 22:2009. – [Чинний від 2009-11-11]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с. – (Державні будівельні норми України).