

## ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ

*Круль Ю.М., к.т.н., старший викладач*

*Фірсов П.М., к.т.н., доцент*

*Харківський національний університет міського господарства імені*

*О.М.Бекетова*

Сталезалізобетонні прогонові будови мостів є сучасним і перспективним видом мостових конструкцій, що поєднують у собі позитивні властивості залізобетонних і металевих систем. Одним із основних питань, що стоять перед проектувальниками, є зменшення власної ваги конструкції при заданій несучій здатності. Як один з варіантів може бути розглянуто використання перфорованих металевих елементів. Перфоровані елементи є високо потенційним видом конструктиву та, незважаючи на тривалий термін використання, залишають поле дії для проектувальників. Поліпшення характеристик перфорованих елементів та конструкцій може бути досягнуто шляхом зміни конфігурації, розмірів та кроку отворів.

В роботі розглянута конструкція ефективної полегшеної сталезалізобетонної прогонової будови. Пропонована конструкція є просторовою двокомпонентною системою, що складається з металевих перфорованих блоків коробчастого перерізу, які включаються в роботу з ефективною полегшеною залізобетонною плитою проїзної частини за допомогою системи дискретно-континуальних зв'язків зсуву. Дане рішення може бути використане при проектуванні дорожніх та міських мостів будь-яких конструктивних систем.

Основними несучими елементами конструкції є металеві перфоровані блоки коробчастого перетину. В склад блоку входять дві головні балки, діафрагми та нижня металева пластина. Об'єднання блоків в єдину просторову конструкцію прогонової будови здійснюється за допомогою високоміцних болтів, а також монолітної залізобетонної плити проїзної частини [1].

Дискретно-континуальна система з'єднання металеві та залізобетонної частин конструкції представлена у вигляді жорстких упорів, виконаних із сегментів двотаврової балки. Для сприйняття розтягуючих зусиль і запобігання відокремленню плити від металевих балок упори у двох рівнях, у поперечному та поздовжньому напрямках, з'єднані між собою арматурними стрижнями періодичного профілю.

З огляду на складний характер напружено-деформованого стану перфорованих елементів, виправданим є перехід до методу біо-енергетичної оптимізації (БЕО - метод), суть якого полягає в формулюванні критеріїв і обмежень, в основі яких проводиться конструювання і вибір оптимальної конструкції [2].

При цьому, за доцільне для побудови еталонного рішення є використання нових положень, заснованих на енергетичних принципах [3, 4], а саме:

– твердження про те, що для регульованих систем, з постійним об'ємом матеріалу, числом зовнішніх і внутрішніх зв'язків (зовнішні параметри) під дією статичної навантаженням - власної ваги, потенційна енергія деформації (ПЕД) після перебудови досягає нижньої межі, на раціональному об'єднанні величин геометричних параметрів:

$$U = \inf U(\alpha^k), k=1,2,\dots,\infty, \quad (1)$$

де  $U$  – потенційна енергія деформації системи (ПЕД),  $k$  – номер варіанту;  $\alpha \in M$ ;  $M$  – безліч допустимих значень зовнішніх геометричних параметрів.

– вимога ізоенергетичності стану системи, тобто такого стану, при якому:

$$e[\{\bar{x}\}] = \text{const} \quad (2)$$

де  $e$  – щільність потенційної енергії деформації (ЩПЕД);  $\{\bar{x}\}$  – вектор внутрішніх параметрів.

Ця концепція істотно розширює можливість побудови оптимального рішення, однак, при цьому, воно сильно залежить від конкретного навантаження конструкції. У зв'язку з чим, пропонується алгоритм наближеного вирішення цієї задачі. В результаті роботи БЕО-методу отримано рішення для перфорованих балок у вигляді конструкції балки зі ступінчастою зміною висоти. Далі, згідно розробленого алгоритму, ця балка замінюється на еквівалентну перфоровану балку зі змінними відстанями між отворами та їх розмірами [5]. Суть методу полягає в наступному:

– для виготовлення перфорованого елемента використовують дві суцільні заготовки, які розрізаються однаковим зрізом на дві пари однакових напівбалок. Вони з'єднуються вздовж існуючих гребенів, попередньо повернувши одну з напівбалок під кутом  $180^\circ$  щодо поздовжньої осі. В результаті виходять дві перфоровані балки з відкритим і закритим кінцями, які згодом поєднуються в єдину балку. Перед з'єднанням та зварюванням готової балки балка із закритими кінцями розрізається навпіл. Після цього виконується стикування з обох боків для формування єдиної конструкції (рис. 1).

Розміри проміжних гребенів і вирізів можуть бути довільні, а заготовки розрізаються таким чином, що загальна довжина заготовки дорівнює:

$$L=2n+(2n-1)+2x(2n-1)p \quad (3)$$

де  $2n$  – парне число проміжних гребенів;  $(2n-1)$  – непарне число проміжних вирізів,  $p$  – довжина проекції похилої частини отвору по горизонтальній осі.

Пріоритетність БЕО-методу обумовлена можливістю безпосереднього формування геометричної форми і, при необхідності, фізико-механічного змісту великих конструктивних систем. Можна констатувати, що остаточно зведена конструкція являє собою сучасну ефективну систему, що забезпечує мінімізацію власної ваги, розходу матеріалів та загальну вартість і трудомісткість процесу виготовлення прогонових будов. Застосування безвідходної технології створення перфорованих елементів відкриває нові перспективи виготовлення еквівалентних конструкцій, що відповідають заданому напружено-деформованому стану при мінімальних витратах матеріалів.

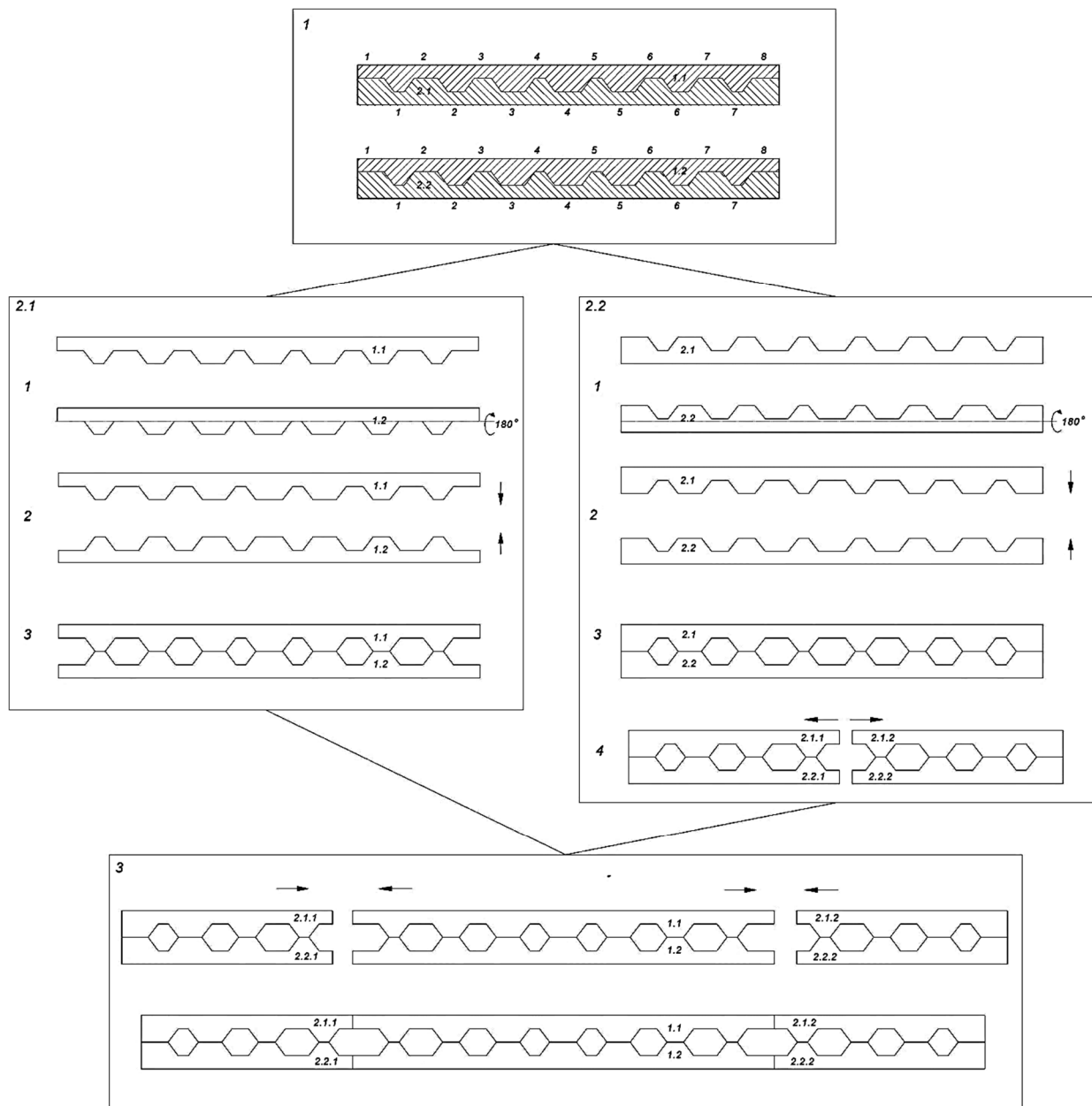


Рисунок 1 – Принцип формування еквівалентної перфорованої балки

#### Перелік посилань

1. Круль Ю.М. Про формування раціональної конструкції прогонової будови автомобільно-дорожнього мосту. / Ю.М. Круль // Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник / Вип. 101, 2011. – с.31-40.
2. Шмуклер В.С. Каркасні системи полегшеного типу / В.С. Шмуклер, Ю.О. Климов, Н.П. Бурак – Харків: Золоті сторінки, 2008. – 33бс.
3. Шмуклер В.С. Еволюціоністський підхід у раціоналізації будівельних конструкцій. ISEC-03 / Третя Міжнародна конференція з структурного проектування та будівництва; Шунань, Японія; 2005.
4. Бабаєв В.М., Бугаєвський С.О., Євель С.М., Євзеров І.Д., Лантух-Лященко А.І., Шеветовський В.В., Шимановський О.В., Шмуклер В.С. Чисельні та експериментальні методи раціонального проектування та зведення конструктивних систем. – К.: Вид-во «Сталь», 2017. – 404с., рис. 370, табл. 75.

Патент №141171 Україна. Бабаєв В.М., Шмуклер В.С., Круль Ю.М., Бугаєвський С.О., Каплін Р.Б. Спосіб виготовлення полегшених балок. 2020.