

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ БЕЗДІАФРАГМОВИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ШИРОКИХ МОСТІВ

Зимбицький С.В. асп., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Резницький С.С. провідний інженер, ДП «Дороги Харківщини»

В Україні експлуатується біля 93% - кам'яних та залізобетонних мостових споруд, 65% з яких збірні. Найпоширенішими є прольотні будови зі збірних попередньо напружених залізобетонних балок, зведених за типовими проектами, з них майже 40% відносяться до ребристих прольотних будов які об'єднуються в сумісну роботу за допомогою поперечних балок – діафрагм і біля 60% - які об'єднуються по плиті.

Більшість мостів на дорогах України були побудовані за технічними нормами 1962 року та попередніх років, я слід, не відповідають вимогам сучасних норм, як по вантажопідйомності так і по габаритам проїзної частини. Тому при їх експлуатації актуальним є питання розрахунку конструкцій споруди на сучасні навантаження.

На прикладі порівняння результатів розрахунку та випробування містка через р. Псел в м. Суми, було виконане тестування моделі для розрахунків ребристих бездіафрагмових прольотних будов.

Міст має наступні характеристики: трьохпрольотний, балковий, розрізний, виконаний зі збірних залізобетонних елементів прогонових будов і збірно-монолітних опор; схема мосту – $3 \times 21,0$ м; габарит – $2 \times 12,0$ м; тротуари – $2 \times 4,3$ м; загальна довжина моста по зовнішніх гранях шафових стінок – 63,87 м; кількість балок у поперечному напрямку – 15; проектне навантаження - Н-30, НК-80; прогонові будови – бездіафрагмові, виконані за типовим проектом №384/46.

Широким мостом можна вважати міст у якому ширини прогонової будови більша її довжини. Основним критерієм різних методів розрахунку є його експериментальне підтвердження. Тому, з метою вибору основного методу розрахунку, кафедрою мостів, конструкцій та будівельної механіки ХНАДУ у 2016 році були виконані випробування прогонової будови мосту. В якості випробувального навантаження були використані три автомобіля КраЗ-256Б, два автомобіля КамАЗ 5511 і один автомобіль МАЗ-6501С5.

Завантаження випробувальним навантаженням виконувалося за двома схемами:

1-а схема – шість автомобілів були встановлені в середині прольоту на трьох смугах руху (половині ширини проїзної частини).

2-а схема – шість автомобілів були встановлені у середині прольоту по усій ширині мосту (на кожній смузі руху).

Схему встановлення навантаження наведено на рисунках 1 та 2.

Для вибору методу розрахунку було обрано три методики: проф. Лукіна М.П., проф. Кожушка В.П. і метод скінченних елементів, який реалізований у ПК «ЛІРА». Вихідними даними для всіх методів були:

- розрахунковий проліт $l_p=2040$ см;
- зв'яз консолі крайньої балки $d_1=105$ см
- відстань в осях балок прольотної будови $d_2=248$ см;
- кількість балок у поперечному напрямку $n=15$;
- момент інерції приведенного поперечного перерізу балки $J_{пр}=11435959$ см⁴;
- момент інерції приведенного поперечного перерізу балки при скручуванні $J_{кр}=708074$ см⁴;
- момент інерції приведенного поперечного перерізу плити товщиною 15 см і шириною 1 м: $J_{пл}=28125$ см⁴;
- коефіцієнт Пуассона $\nu=0,2$;
- модуль пружності бетону $E_b=362000$ кг/см² ($E_b=36200$ МПа).

При завантаженні ліній впливу розподілу навантаження у поперечному напрямку прогонової будови випробувальним навантаженням були отримані прогини у середині прольоту.

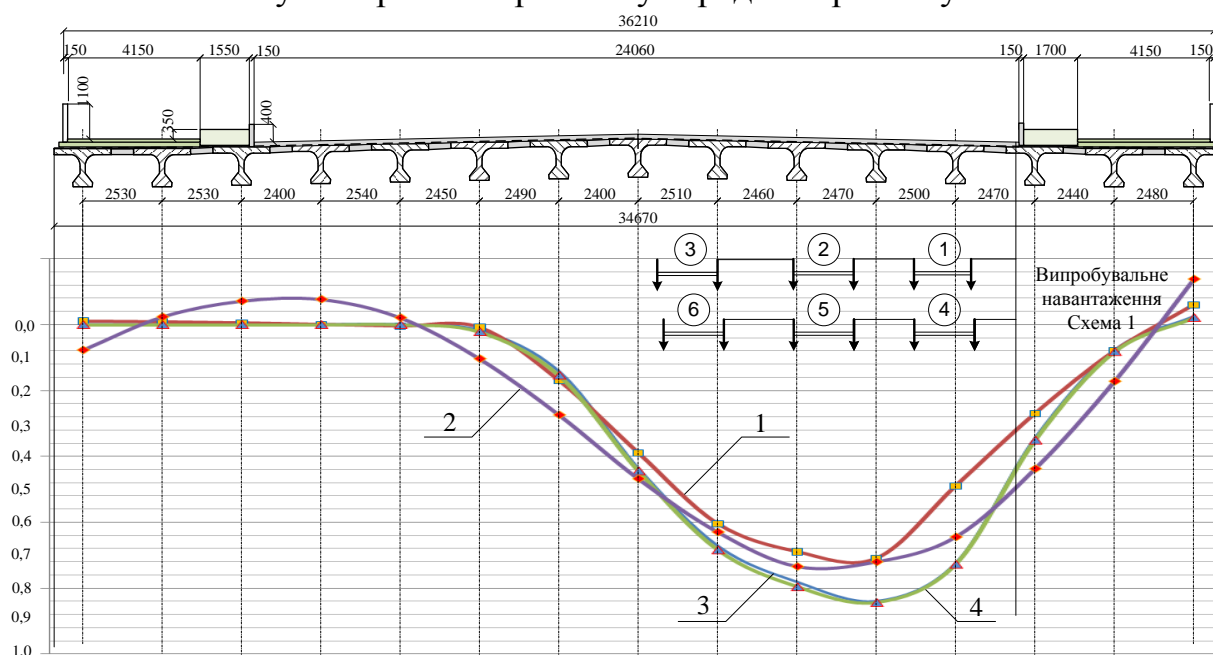


Рисунок 1 – Прогини головних балок у середині прольоту від випробувального навантаження за схемою №1: 1- експериментальний прогин; 2 – теоретичний прогин за методом проф. Лукіна М.П.; 3 – теоретичний прогин за методом проф. Кожушка В.П.; 4 – теоретичний прогин отриманий при використанні ПК «ЛІРА»

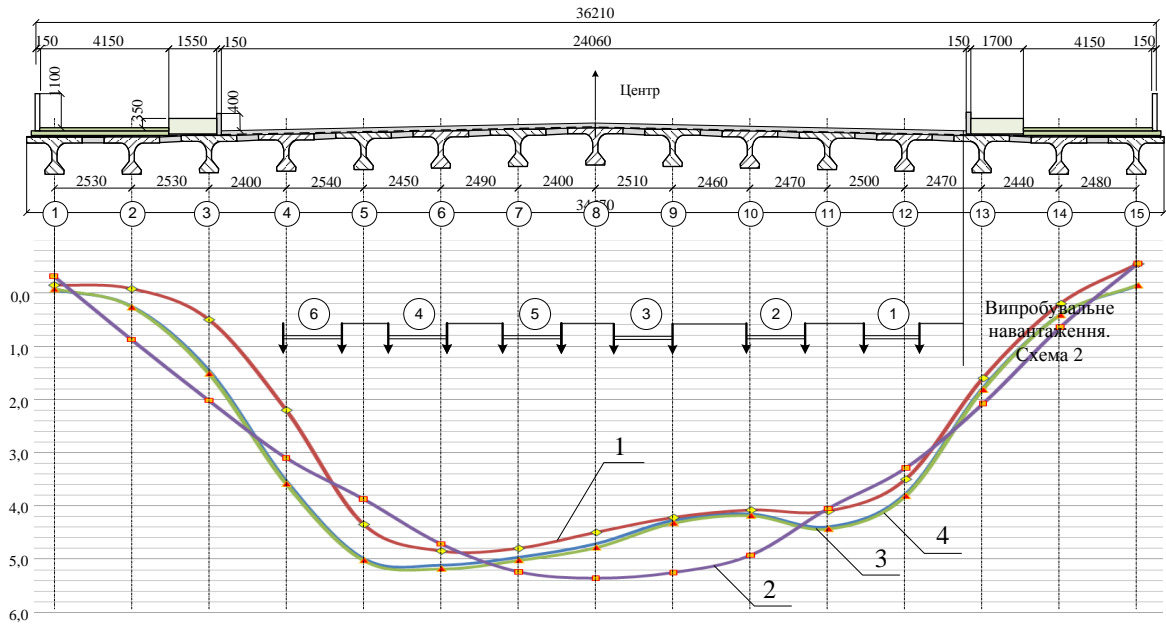


Рисунок 2 – Прогини головних балок у середині прольоту від випробувального навантаження за схемою №2: 1- експериментальний прогин; 2 – теоретичний прогин за методом проф. Лукіна М.П.; 3 – теоретичний прогин за методом проф. Кожушка В.П.; 4 – теоретичний прогин отриманий при використанні ПК «ЛІРА»

При однакових умовах роботи, геометричних розмірах конструкцій і властивостей матеріалів, найбільшу збіжність з експериментальними результатами (даними) отримано при використанні методики проф. Кожушка В.П. і методу скінченних елементів, який реалізовано у програмному комплексі ПК „ЛІРА”. Просторовий метод проф. Лукіна М.П. для даної прольотної будови показав меншу збіжність. Для розрахунків широких прольотних будов раціонально використовувати метод проф. Кожушка В.П., як менш трудомісткий у порівнянні з розрахунками в ПК «ЛІРА».

КРУЧЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ СТАТЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СЕЧЕНИЯ С ПЕРФОРИРОВАННЫМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Круль Ю.Н., к.т.н, Мельник А.Д., Сторижко А.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Отсутствие общего инженерного подхода при оценке характеристик свободного кручения, рассматриваемых двухкомпонентных перфорированных профилей, побудило к составлению соответствующей методики. Автором предложена зависимость для определения момента инерции свободного кручения

сталежелезобетонных перфорированных балок, коробчатого сечения сформулированная на основе формулы Бредта.

Для учета влияния отверстий в металлических пластинах, предложено в формулу Бредта ввести две корректирующие функции, зависящие от высоты и ширины отверстия:

$$J_{kr} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \frac{\delta \cdot \Omega^2}{B \cdot \psi + \sum \delta_j} \quad (1)$$

Определение функций α_1 и α_2 сводилось к числовому эксперименту, выполненному в программном комплексе «ЛИРА», целью которого было изучение поведения предлагаемой конструкции СТЖБ блока при чистом кручении и влияния наличия отверстий на значение момента инерции свободного кручения. При помощи стандартных средств генерации расчетной схемы (оболочки нулевой гауссовой кривизны) были созданы модели защемленной консоли, единичной длины коробчатого пустотелого прямоугольного сечения (рис. 1). Стенки и нижняя полка консоли моделировались как металлические пластины. Верхняя полка – железобетонная плита. В качестве рассматриваемой единичной нагрузки, была принята пара сил. Нагрузка прикладывалась по диагонали друг от друга на свободный от защемления край. Для исключения деформирования контура, в торец свободного края консоли устанавливалась пластина.

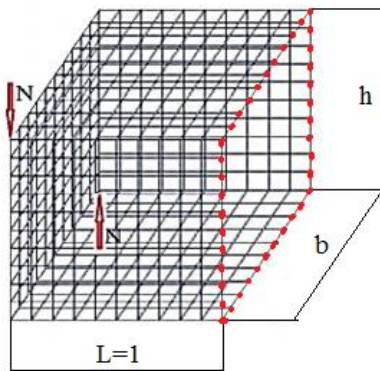


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель консоли единичной длины

В стенках и нижней пластине консоли вырезались отверстия прямоугольной формы, с соотношениями ширины отверстия к длине консоли b/L , а также высоты отверстия к высоте консоли h/H в пределах от 0.1 до 0.9. В результате было получено около 160 моделей биэлементных перфорированных консолей. В ходе эксперимента для каждой модели был получен угол закручивания φ .

Исходя из формулы для угла поворота можно, зная угол закручивания можно определить момент инерции:

$$\varphi = \frac{M \cdot L}{G \cdot J_{kr}} \quad (2)$$

Зная значения момента инерции чистого кручения для различных вариантов, имеем возможность определить функции α_1 и α_2 по формуле:

$$\alpha = \frac{J_{kr}^{теор}}{J_{kr}^{прак}} \quad (3)$$

где $J_{kr}^{теор}$ – значение момента инерции полученного по формуле Бредта; $J_{kr}^{прак}$ – значение момента инерции, полученного численным путем.

Получены значения функций α_1 и α_2 в зависимости от размеров отверстий. По данным таблиц для функций α_1 и α_2 были определены коэффициенты полиномов второй степени, позволяющие аппроксимировать данные функции при любых размерах отверстий с погрешностью не превышающей 10%.

1. Бейлин Е.А. Вариант единой теории кручения тонкостенных стержней открытого, замкнутого и частично замкнутого профилей [Текст] / Е.А.Бейлин // Исследования по механике строительных конструкций и материалов: межвуз. темат. сб. тр. – Л.: ЛИСИ. -1991. – С.57–74.
2. Бейлин Е.А. Стесненное кручение тонкостенных стержней многозамкнутого сечения при наличии податливых на сдвиг продольных швов [Текст] / Е.А.Бейлин, Р.Г.Джонсон // Исследования по механике строительных конструкций и материалов: межвуз. темат. сб. тр. – Л.: ЛИСИ. – 1988. – С.10–17.
3. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни [Текст] / В.З.Власов. – М.: Физматгиз, 1959. – 586 с.