

УДК 624.04: 539.3

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НЕРОЗРІЗНИХ, МОНОЛІТНИХ КРИВОЛІНІЙНИХ ЕСТАКАД

**В.А. Теміргалієв, магістр, Б.В. Гриневицький, доцент, к.т.н.,
Національний транспортний університет, м. Київ**

***Анотація.** Розглянуто питання визначення зусиль в різних моделях криволінійних прогонових будов, особливості роботи нерозрізних естакад. Наводяться деякі результати напружено-деформованого стану нерозрізної схеми загальною довжиною 144 м при різних радіусах заокруглення естакади.*

***Ключові слова:** нерозрізна криволінійна пролітна будова, розрахункова модель, напружено-деформований стан.*

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА НЕРАЗРЕЗНЫХ, МОНОЛИТНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ЭСТАКАД

**В.А. Темиргалиев, магистр, Б.В. Гриневицкий, доцент, к.т.н.,
Национальный транспортный университет, г. Киев**

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы определения усилий в разных моделях криволинейных пролётных строений, особенности работы неразрезных эстакад. Приводятся некоторые результаты напряженно-деформированного состояния неразрезной схемы общей длиной 144 м при разных радиусах закругления эстакады.*

***Ключевые слова:** неразрезное криволинейное пролётное строение, расчётная модель, напряженно-деформированное состояние.*

FEATURES OF CALCULATION OF CONTINUOUS, SOLID, CURVILINEAR BRIDGES

V. Temirgaliyev, Master, B. Grynevitskyi, Associate Professor, Candidate of Technical Science, National Transport University, Kyiv

***Abstract.** The matters concerning the definition of effort in different models of curved spans, especially the work of continuous above overpasses are discussed. Some results of the stress-strain state of the continuous scheme with the total length of 144 m with different radii of curvature overpass are given.*

***Key words:** rigid curved span, computational model, of the stress-strain state.*

Вступ

Однією з численних проблем містобудівного та транспортного проектування, безпосередньо пов'язаних з проектуванням мостових споруд, є задача пошуку та обґрунтування оптимальних планувальних рішень шляхопроводів, естакад, розв'язок та інших споруд у складі міського транспортного середовища.

У справі безпосередньо мостового проектування важливе місце займають складні у плані і профілі протяжні естакади, що входять до складу транспортних розв'язок і надземних ліній.

Аналіз публікацій

Останні наукові розробки, присвячені цьому питанню [5, 6], були опубліковані в кінці 80-х

років минулого століття. Крім того, розробки проектних організацій свідчать про наявність теоретичної бази й успішного практичного досвіду. Тим не менш масове транспортне будівництво в містах потребує подальшого вдосконалення та пошуку нових конструктивних форм, а також розробки розрахункових методів і підходів, що дозволяють найбільш широко використовувати комп'ютерну техніку та спрямованих на успішну реалізацію складних планувальних рішень. Найбільший інтерес при цьому являють собою прогонові будови міських естакад криволінійного обрису в плані з малим радіусом кривизни з монолітного залізобетону як найбільш перспективні. Даному питанню у статті приділено основну увагу.

Розрахунок конструкцій сучасних естакад і шляхопроводів має ряд специфічних особливостей. Достатньо складними є методи розрахунків криволінійних і косих у плані прогонових будов. При оцінці загального напружено-деформованого стану прогонових будов естакад і шляхопроводів складного обрису виникає необхідність врахування значного числа силових і кінематичних факторів, і тому розрахунки таких несучих конструкцій виявляються більш складними, ніж прямолінійних.

Мета і постановка задачі

Хоча існує велика кількість методів розрахунку конструкцій, особливості роботи криволінійних транспортних споруд та їх елементів під діючими навантаженнями в реальних умовах ще не достатньо вивчені.

Напружено-деформований стан елементів криволінійних у плані прогонових будов істотно відрізняється від подібних прямолінійних конструкцій. Чим менше радіус закруглення, тим більш яскраво виражено відмінність у просторовій роботі криволінійного і прямолінійного прольотів: характер розподілу зусиль, їх величина. З метою дослідження особливостей статичної роботи криволінійної у плані прогонової будови розглянуто таку задачу: п'ятипрогонова нерозрізна криволінійна в плані естакада, для якої необхідно визначити зусилля й деформації від постійних та тимчасових навантажень.

Дослідження криволінійних естакад

Для оцінки напружено-деформованого стану криволінійної естакади було прийнято нерозрізну схему $24\text{ м} + 3 \times 32\text{ м} + 24\text{ м}$. Для залізобетонних прогонових будов складних транспортних споруд сучасними нормами допускаються розрахунки у припущенні лінійної пружності матеріалу.

Силові фактори досліджувались у стрижневих та пластинчастих схемах за змінного радіуса від 40 до 150 м, за збереження довжин прогонів та загальної довжини нерозрізної схеми. Для спрощення моделювання та оцінки результатів було використано естакаду прямокутного перерізу (рис. 1). З урахуванням того, що в даних моделях необхідно було визначити зусилля, в тому числі й від рухомого навантаження, у програмному комплексі «ЛПРА» було побудовано лінії впливу внутрішніх зусиль.

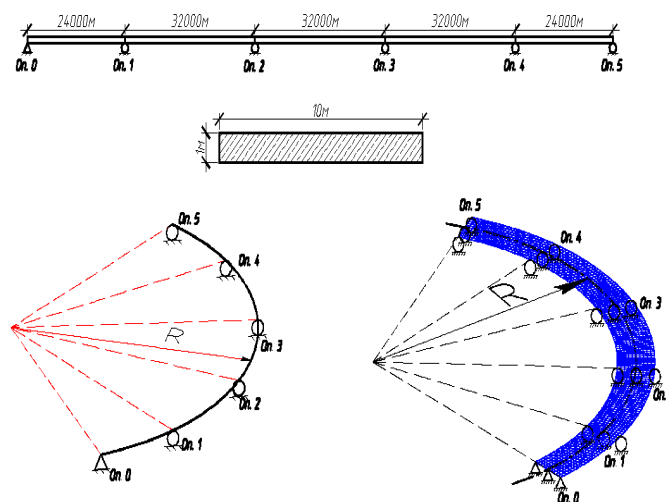


Рис. 1. Розрахункові схеми та поперечний переріз криволінійної прогонової будови

Особливістю є те, що у стрижневих моделях лінії впливу згинального моменту та поперечної сили за різних радіусів кривизни майже не відрізняються, включаючи прямолінійну схему.

Ця послідовність не зберігається для ліній впливів крутних моментів (рис. 2) та, відповідно, і для епюр крутних моментів. На рис. 3 показано залежність від'ємних, позитивних та сумарних площ ліній впливів кру-

тних моментів від радіуса кривизни прогонової будови, з якого видно, що сумарні площі за малих радіусів відрізняються від схем з великим радіусом майже в 5 разів. Огинаючі епюри поперечних сил та згинальних моментів мають ідентичне окреслення (рис. 4) і близькі значення. При цьому характерною особливістю епюри крутного моменту (рис. 5) є те, що у кожному з центральних прогонів момент змінює свій знак на протилежний поблизу середини прогону.

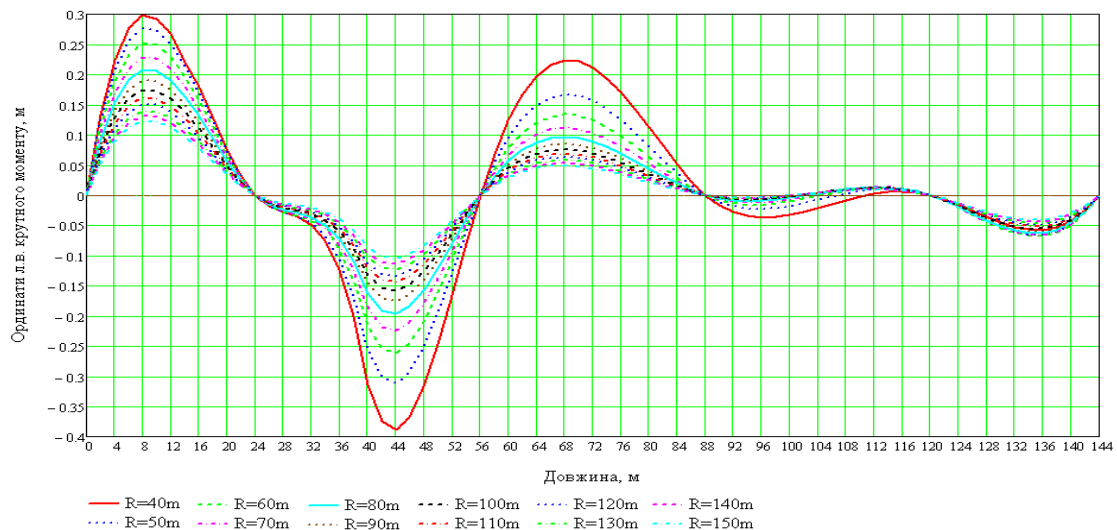


Рис. 2. Лінії впливу крутного моменту в середині другого прогону

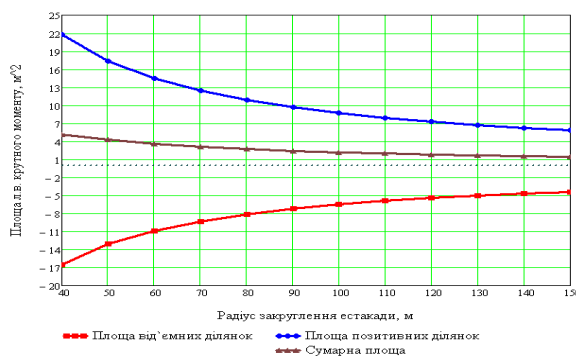


Рис. 3. Площі ліній впливів крутного моменту в середині другого прогону

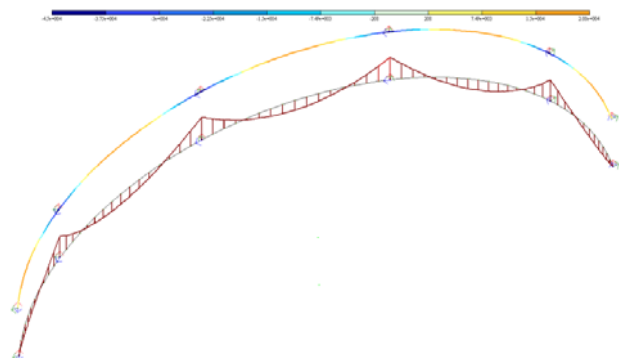


Рис. 4. Епюра згинальних моментів від власної ваги за радіуса $R=50$ м

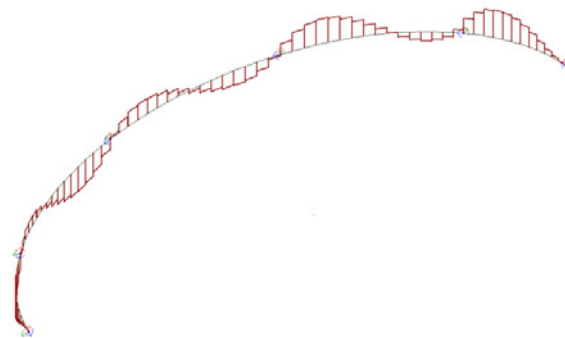


Рис. 5. Епюра крутних моментів від власної ваги при радіусі $R=50$ м

Іншого типу розрахункові моделі були сформовані з 4 вузлових кінцевих елементів – пластини з трьома ступенями свободи у вузлі. Прогонова будова має вигляд плоскої нерозрізної плити-стрічки шириною 10 м і довжиною 144 м з розбивкою на кінцеві елементи, загальна кількість яких $10 \times 144 = 1440$ шт. Товщина пластин, що формують плиту, прийнята рівною 1 м.

Залежно від радіуса кривизни порівнювалися: якісні зміни виду просторових епюр згинальних моментів, поперечних сил уздовж прольоту; зміни величин силових факторів у характерних точках за довжиною прольоту і в поперечному напрямку.

За розрахунком моделей різних радіусів було отримано ізополі переміщень, головних погонних моментів та поперечних сил у пластинах прогонової будови. Плитна модель дала змогу більш детально охарактеризувати напружено-деформований стан у характерних точках прогонової будови, основна

частина зусиль в якій виникає під впливом власної ваги конструкції (рис. 6). Серед виявлених особливостей роботи плитної конструкції є декілька основних.

Зменшенням радіуса кривизни осі помітно збільшується різниця між зусиллями, що діють у внутрішніх і зовнішніх від центру закруглення елементах (яскраво виражений поперечний перерозподіл зусиль).

Зменшенням радіуса кривизни осі прогонової будови майже не змінюється розподіл і величини деяких діючих зусиль за довжиною прогонової будови, в порівнянні з прямолінійним.

Згинальний момент у плитній моделі навколо осі, перпендикулярної осі прогонової будови, приведений до ширини плити, відрізняється від моменту, отриманого у стрижневій моделі в межах 5 %.

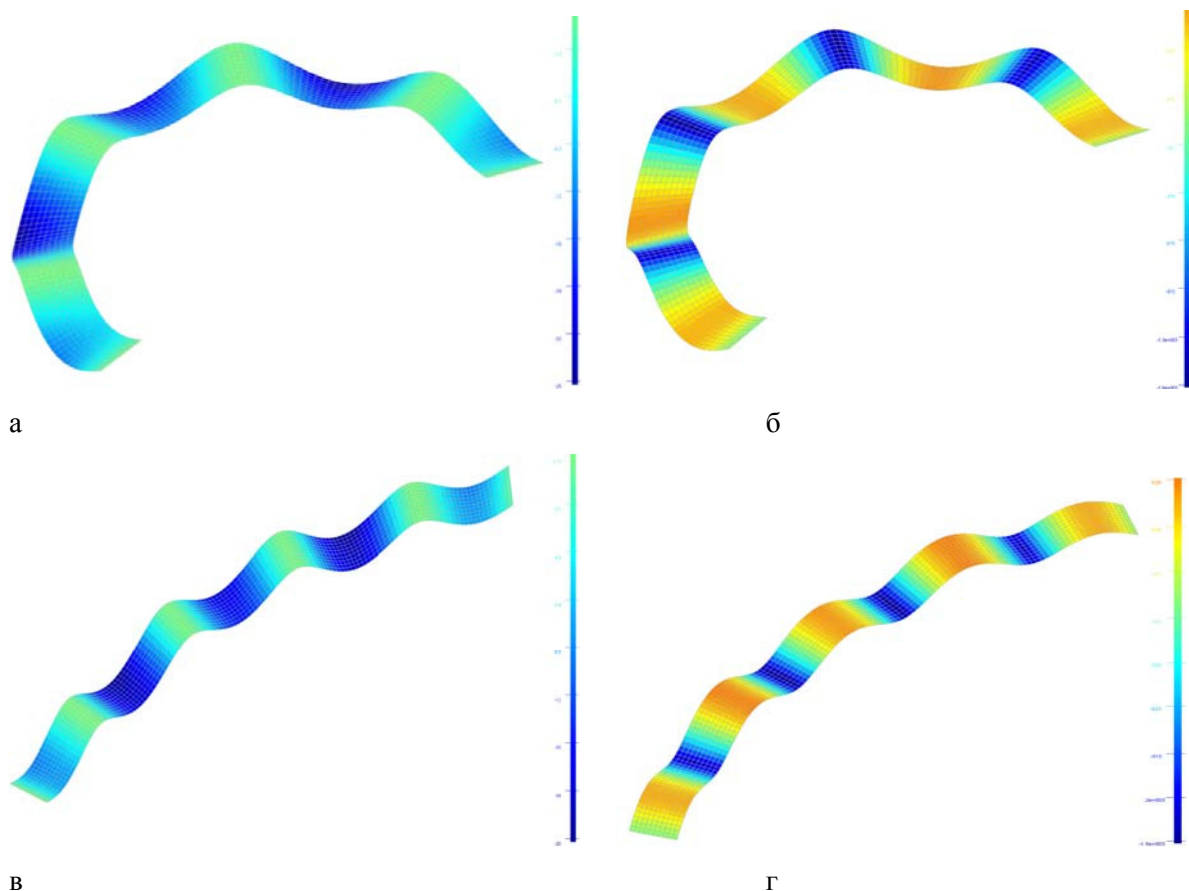


Рис. 6. Напружено-деформований стан криволінійних плитних моделей: а – деформації при $R=40$ м, мм; б – погонний момент при $R=40$ м, $\text{кН}\cdot\text{м}/\text{м}$; в – деформації при $R=150$ м, мм; г – погонний момент при $R=150$ м, $\text{кН}\cdot\text{м}/\text{м}$

Згинальний момент у плитній моделі навколо осі, паралельної осі прогонової будови, має на порядок менше значення та схожий розподіл і не має аналогів для порівняння зі стрижневою моделлю. Його приведення до конкретної ширини ділянки дає змогу визначити армування поперек мосту.

Загальний якісний характер розподілу згинальних моментів у прямолінійній і криволінійній моделях прогонових будов є дуже близькими, однак плитна модель дає змогу отримати згинальні моменти по внутрішніх гранях криволінійної прогонової будови, що відрізняються і залежать від радіуса заокруглення і типу прольоту (центрального нерозрізний або крайній).

Деформації та кути повороту прогонових будов, утворених стержнями та пластинами, близькими за значеннями в межах 5 % по осі балки і значно відрізняються від деформацій впоперек прогонової будови, тобто стрижнева модель не дає значень деформацій і зусиль поперек мосту.

Питання аналізу даних, що враховують виникнення зусиль, спричинених тимчасовим навантаженням, яке може знаходитись на різній відстані від центру окружності, не описується в даній статті.

Висновки

Просторовий характер статичної роботи криволінійних прогонових будов зводиться до нерівномірного розподілу зусиль як уздовж, так і поперек прогону.

Поздовжній розподіл згинальних моментів і поперечних сил у прямолінійних і криволінійних прогонових будовах є ідентичним, а розподіл крутних моментів якісно розрізняється.

У криволінійних естакадах різні зони прогонових будов як за довжиною, так і за ши-

риною сприймають різні комбінації внутрішніх зусиль (моменти, поперечні сили). Іншими словами, в кожному поперечному перерізі криволінійного прольоту кожен з діючих силових факторів має свій поперечний розподіл. Ця особливість ставить питання про ефективність застосування тих чи інших конструктивних форм, особливо на кривих малого радіуса.

В цілому можна зробити висновок про застосування різних моделей розрахунку таких конструкцій як мінімум при визначенні зусиль від постійних та тимчасових навантажень.

Література

1. Мости і труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006. – К.: Держбуд, 2006. – 359 с.
2. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-15:2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с.
3. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування: ДБН В.2.3-22:2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с.
4. Розрахунки і проектування мостів. Том 1 / О. Закора, Д. Каплинський, Н. Корнієв та ін. – К.: НТУ, 2007. – 336 с.
5. Гибшман М.Е. Теория расчета мостов сложных пространственных систем / М.Е. Гибшман. – М.: Транспорт, 1973. – 200 с.
6. Гибшман Е.Е. Теория и расчет предварительно напряженных железобетонных мостов / Е.Е. Гибшман, М.Е. Гибшман. – М.: Автотранспорт, 1963. – 398 с.

Рецензент: Є.Б. Угненко, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 6 серпня 2012 р.