

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КРИВОЛІНІЙНОЇ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

© Медведєв К.В., Мальгін М.Г., 2010

Проаналізовано, зусилля отримані для різних розрахункових моделей криволінійної естакади. Як розрахункові моделі розглянуті криволінійна стрижнева модель, об'ємна модель та лінійно-стрижнева модель.

Ключові слова: криволінійна естакада, розрахункова модель, універсальний просторовий стрижень, внутрішні зусилля.

In article is carried out analysis of efforts received for various settlement models of a curvilinear bridge. As calculation models were considered: curvilinear cored to the model, by volume model and linear the cored model.

Keywords: curvilinear bridge, settlement model, universal spatial core, internal efforts.

У роботі проаналізовано розрахункові моделі, що використані при визначенні зусиль в криволінійній естакаді розв'язки біля нового терміналу в аеропорту Бориспіль. Основні розрахунки з визначення зусиль виконані для криволінійної стрижневої моделі в програмному комплексі "Ліра 9.4". Для перевірки правильності прийнятої моделі та отриманих результатів здійснений числовий аналіз криволінійної моделі в програмному комплексі Midas Civil Trial та прямолінійної моделі.

Проект будівництва автомобільної естакади розроблявся в складі проекту «Будівництво термінального комплексу ДМА «Бориспіль».

Естакада призначена для під'їзду автотранспорту до будівлі терміналу в рівні третього поверху, висадки та посадки пасажирів. Габарит проїзду по естакаді прийнятий відповідно до завдання на проектування й містить дві смуги руху шириною по 3,75 м та дві смуги безпеки по 0,75 м. Навпроти будівлі терміналу для висадки та посадки пасажирів передбачена смуга руху шириною 3,5 м та тротуар шириною 5,0 м. По обидва боки проїзду передбачені службові проходи шириною 0,75 м. Розрахункова швидкість руху автотранспорту по естакаді – 30 км/год.

Тимчасове навантаження від рухомого складу прийняте у вигляді смугового навантаження від автотранспортних засобів А15, а також колісного важкого поодинокого навантаження НК-100 за [1]. Вертикальне рівномірно розподілене навантаження для тротуарів прийняте 1,96 кПа.

Габарит проїзду Г-9 призначений відповідно до технічного завдання – дві смуги руху по 3,75 м, смуга безпеки – 0,75 м. Перед будівлею терміналу смуга зупинки транспорту для посадки та висадки пасажирів – 3,5 м. У кривих розширення смуги руху – 0,7 м. Тротуар має ширину 1,55 м та забезпечує розміщення проходу шириною 0,75 м, напівжорсткої бар'єрної огорожі, перильної огорожі та опор освітлення. Перед терміналом тротуар має ширину 5,0 м для руху пасажирів.

Отже, регулярна ширина прогонової будови 12,1 м – на прямих ділянках, 13,5 м – на кривих, 18,3 м – перед будівлею терміналу.

Регулярна довжина прогонів прийнята відповідно до кроку колон терміналу – 28,8 м. Конструкція прогонової будови – залізобетонна, з каркасною арматурою.

Естакада, що проектувалась, мала розгалуження і була прив'язана до існуючої дороги, тому з'їзди з естакади для з'єднання з дорогою було запроєктовано криволінійними з малими радіусами (43,16 м та 37,88 м). У статті розглянута криволінійна естакада за схемою 17,3+3x28,8+19,95, з радіусом кривизни 43,16 м та довжиною 123,65 м.

У ПК "Ліра 9.4", була змодельована стрижнева криволінійна модель нерозрізної прогонової будови. Стрижнева модель була описана універсальними просторовими стрижнями, в перетинах

яких діють внутрішні зусилля: нормальна сила N , згинальний момент M_y , крутний момент M_k і поперечна сила Q . Жорсткості стрижнів задані числово-параметрично. Значення жорсткостей отримані з розрахунку геометричних характеристик поперечного перетину, який наведено на рис. 1.

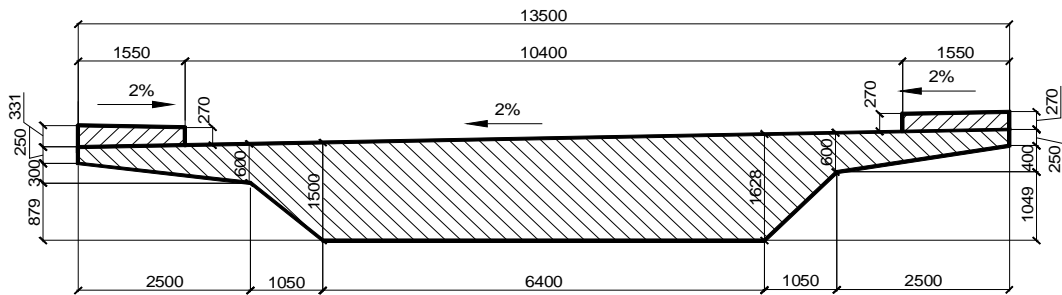


Рис. 1. Поперечний переріз криволінійної частини естакади

Вибір стрижневої криволінійної розрахункової моделі був регламентований такими чинниками. Така модель відповідає обрисам реальної конструкції, отже, доцільно було прийняти саме криволінійну стрижневу модель. Що ж стосується стрижневої системи, вона, як розрахункова модель, має достатню точність при визначенні зусиль у балкових елементах, а отримані результати можуть бути легко перевірені за допомогою інших програмних комплексів і навіть приблизних розрахунків [2, 3]. Завантаження прогонової будови тимчасовим навантаженням здійснювалось відповідно до вимог [1] за експлуатаційним випадком розміщення навантаження АК та ремонтним випадком. Кожний прогін було поділено на шість ділянок однакової довжини. Для знаходження максимальних і мінімальних значень зусиль у характерних перетинах прогонової будови тимчасові навантаження прикладалися до моделі відповідно до конфігурації лінії впливу зусиль і так було визначено розрахункові та нормативні зусилля у відповідних точках.

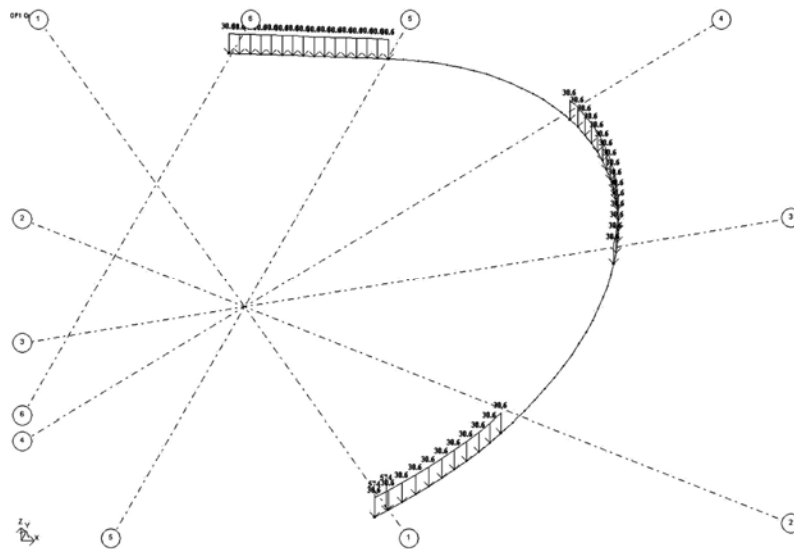


Рис. 2. Схема завантаження тимчасовим навантаженням у програмному комплексі “Ліра” для отримання максимальної опорної реакції на опорі 1

Постійним навантаженням від власної ваги прогонової будови завантажувалась нерозрізна схема, зважаючи на технологію спорудження естакади. Характер епюри моментів від власної ваги, розрахований для криволінійної стрижневої системи й отриманий з використанням ПК “Ліра 9.4”, наведено на рис. 3.

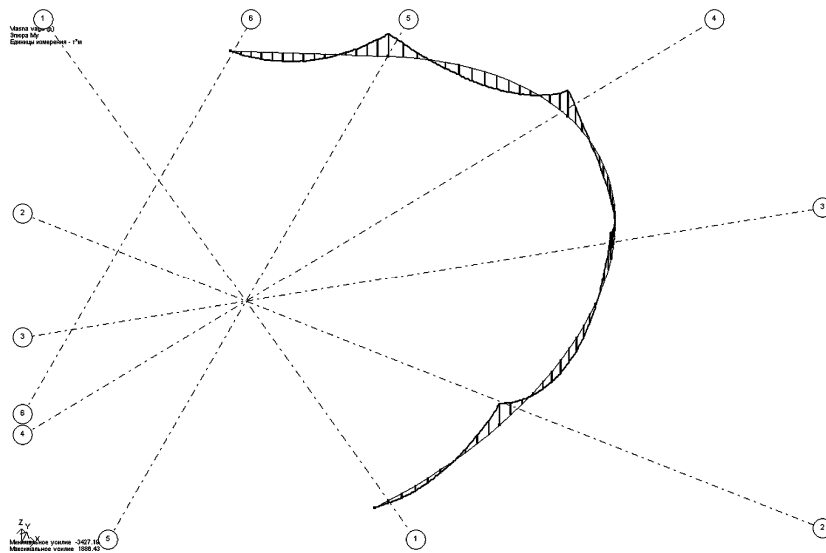


Рис. 3. Етюра моментів від дії власної ваги для заданої розрахункової схеми

У результаті виконаних розрахунків було отримано згинальні моменти в характерних перерізах від тимчасового та постійного навантажень для нормативних та розрахункових зусиль, а також визначені значення мінімальних та максимальних зусиль у перерізах.

Для перевірки правильності отриманих результатів і підтвердження відповідності прийнятої розрахункової моделі виконані розрахунки із залученням ПК Midas Civil Trial. Ця програма призначена для числового аналізу, передусім мостових споруд, методом скінченних елементів. Розрахункова схема, тип поперечного перерізу, кількість скінченних елементів у прогоні, тип і принципи завантаження тимчасовим навантаженням задавалися, як і в ПК “Ліра” (див. рис. 4).

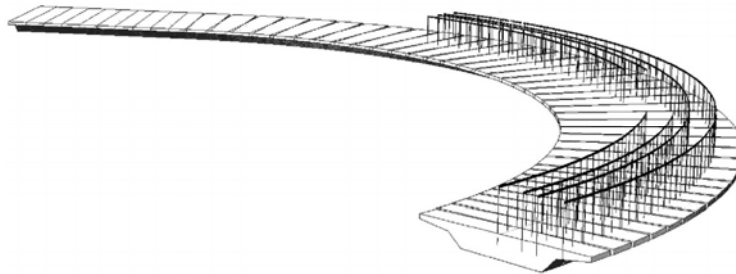


Рис. 4. Схема завантаження тимчасовим навантаженням у ПК Midas Civil Trial

Крім того, виконано розрахунки із залученням прямолінійної моделі з такою самою розрахунковою схемою: розрахункові прогони відповідали довжині розрахункових прогонів криволінійної моделі.

У табл. 1 наведено результати розрахунків з використанням програмних комплексів “Ліра 9.4”, Midas Civil Trial та прямолінійної моделі за [2] для розрахункового сумарного моменту перерізу на опорі № 3. У цьому опорному перерізі отримано найбільший згинальний момент.

Таблиця 1

Розрахунковий згинальний момент у перерізі на опорі № 3

	ПК “Ліра 9.4”	ПК Midas Civil Trial	Прямолінійна модель
Максимальний, кНм	-32 370,84	-32 249,20	-32 036,39
Мінімальний, кНм	-39 143,52	-39 177,40	-38 424,74

Найбільший розрахунковий момент для середини прогону отримано в 4-му прогоні.

Розрахунковий згинальний момент у перерізі середини 4-го прогону

	ПК “Ліра 9.4”	ПК Midas Civil Trial	Прямолінійна модель
Максимальний, кНм	24 541,61	24 637,90	24 637,43
Мінімальний, кНм	15 707,63	16 116,80	16 186,23

У результаті порівняння результатів, отриманих з використанням програмних комплексів “Ліра 9.4”, Midas Civil Trial та прямолінійної моделі можна зробити висновок, що розбіжність результатів, отриманих за допомогою програмних комплексів, не перевищує 3 %. Порівняння результатів дало змогу впевнитись в правильності отриманих результатів, а також в правильності прийнятої розрахункової схеми у вигляді криволінійної стрижневої системи. Крім того, показано, що і приблизний розрахунок прямолінійної моделі для екстремальних значень дає досить хорошу збіжність, хоча це характерно тільки для екстремальних значень і в інших перерізах розбіжність може бути значною. Так, з табл. 3 видно, що розходження між значеннями моментів для криволінійних моделей та прямолінійною в опорному перерізі досягають 5,5 %.

Таблиця 3

Розрахунковий згинальний момент у перерізі на опорі № 2

	ПК “Ліра 9.4”	ПК Midas Civil Trial	Прямолінійна модель
Максимальний, кНм	-24 901.44	-24 917.50	-26 290.76
Мінімальний, кНм	-31 938.55	-31 690.70	-32 705.66

Але найбільші розходження результатів між криволінійною моделлю та прямолінійною було отримано в середині першого та другого прогонів. Так, для розрахункового моменту для середини другого прогону різниця в моментах становить 15–25 %.

Таблиця 4

Розрахунковий згинальний момент у перерізі середини 2-го прогону

	ПК “Ліра 9.4”	ПК Midas Civil Trial	Прямолінійна модель
Максимальний, кНм	25 335.11	25 677.90	22 311.69
Мінімальний, кНм	16 647.76	16 942.30	13 542.86

Тобто використання прямолінійної моделі для криволінійної конструкції можливе лише для визначення характеру епюри зусиль, а самі значення зусиль можуть бути неточними у певних перерізах.

Ще однією особливістю розрахунку криволінійної естакади є те, що в поперечному перерізі зусилля змінюватимуться по ширині прогонової будови внаслідок зміни довжини розрахункового прогону для внутрішньої частини і зовнішньої частини перерізу на криволінійних ділянках. Характер зміни цих зусиль по ширині балки необхідно знати для належного армування прогонів. Для цього була створена об’ємна модель прогонової будови моста з використанням ПК “Ліра 9.4”.

Розрахунки об’ємної моделі дали змогу проаналізувати просторову роботу конструкції при різних випадках завантаження. На рис. 5 показана схема деформації об’ємної моделі естакади від дії власної ваги.

Використання об’ємної моделі також дало можливість проаналізувати розподіл вертикальних і горизонтальних зусиль опорних реакцій на окремі опорні частини в поперечному перерізі залежно від характеру завантаження прогонової будови тимчасовим навантаженням. На рис. 6 наведено схему завантаження навантаженням А-15 об’ємної моделі криволінійної естакади при експлуатаційному випадку розташування тимчасового навантаження.

На рис. 7 зображена схема завантаження об’ємної моделі криволінійної естакади навантаженням А-15 при ремонтному випадку його розташування.

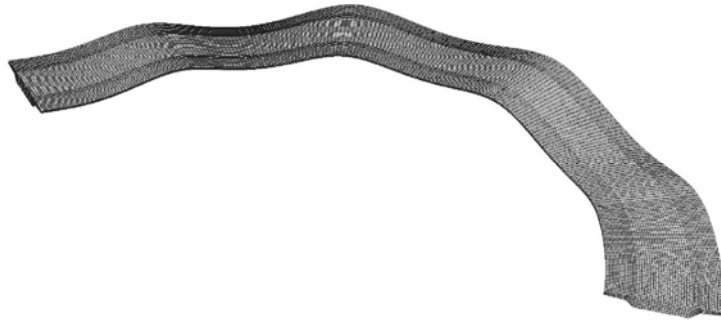


Рис. 5. Схема деформації об'ємної моделі естакади від дії власної ваги в ПК "Ліра"

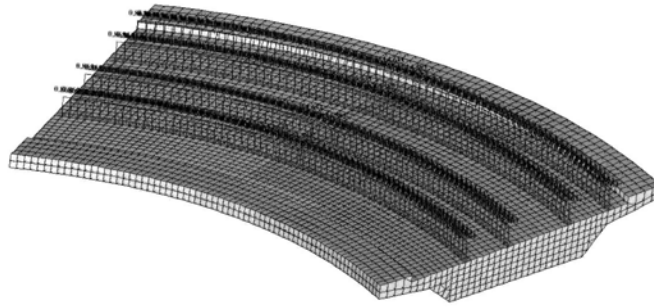


Рис. 6. Схема завантаження тимчасовим навантаженням А-15 (експлуатаційний випадок) об'ємної моделі криволінійної естакади в ПК "Ліра"

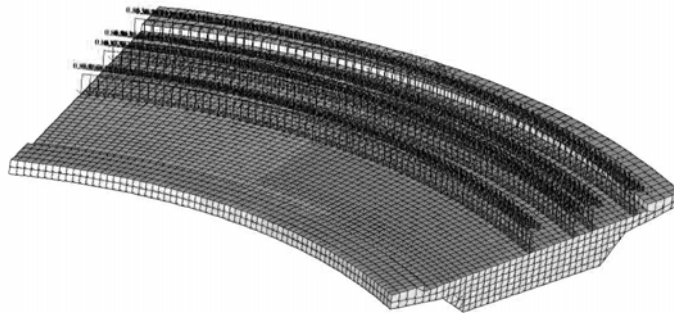


Рис. 7. Схема завантаження тимчасовим навантаженням А-15 (ремонтний випадок) об'ємної моделі криволінійної естакади в ПК "Ліра"

Крім того, аналіз просторової роботи конструкції при різних випадках завантаження дав змогу отримати коефіцієнт переходу для визначення зусиль, що діють по ширині прогонової будови.

На жаль, точного характеру роботи конструкції з використанням просторової розрахункової схеми добитися не вдалось. Для досягнення точних результатів необхідно було б зробити значно густішу сітку, а це пов'язано зі значними витратами часу на розрахунки навіть для однієї схеми завантаження. Але навіть при використаній сітці отримано результат, який дав змогу визначити характер розподілу внутрішніх зусиль, на основі якого було здійснено армування конструкції і розташування арматурних елементів по ширині поперечного перерізу.

1. Мости і труби. Правила проектування. – ДБН В.2.3-14:2006. – К.: Держбуд, 2006. – 359 с.
2. Загора О., Каплинський Д., Корнієв М., Корецький А., Лантух-Лященко А., Медведєв К., Снитко В., Тодорік В. Розрахунки і проектування мостів. Том 1. – Київ: НТУ, 2007. – 236 с.
3. Лившиц Я.Д., Онищенко М.М., Шкуратовский А.А. Примеры расчета железобетонных мостов. – К.: Вища школа, 1986. – 263 с.