

Красніков Сергій Васильович, к.т.н., доцент

Бардаш Микита Миколайович, студент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ВАНТОВОГО МОСТА

Серед конструкцій мостів особливе місце належить вантовим системам. Вони крім ряду практичних переваг мають ще й оригінальні естетичні особливості, що останні роки набувають ще більшої популярності. Вантовий міст є різновидом висячого моста та складається з одного або декількох пілонів, з'єднаних з дорожнім полотном за допомогою сталевих тросів, що мають назву вантів. На відміну від традиційних висячих мостів, у вантових системах дорожнє полотно підтримується не вертикальними тросами, а тросами (вантами), що з'єднуються безпосередньо з опорою (пілоном). Конструкції вантових мостів частіше мали сталеві залізобетонні балки твердості, проте сучасне будівництво масово переходить на залізобетонні балки. Спочатку вантові мости досягали довжини лише 100–200 м, з якої більше чверті довжини моста мала опорами звичайні колони або стіни. На цей час розміри вантових мостів значно збільшились, а найбільший у світі вантовий міст - Цзиньтан, що знаходиться у Китаї, має довжину 26 км (рис. 1).



Рис. 1. Міст Цзиньтан в провінції Чжоушань (КНР)

Найбільший прольот вантового мосту Цзиньтан має розмір 620 метрів, проте перші місця за довжиною прольоту належить китайському мосту Сутун (1088 м) та російському Русському мосту (1104 м). Довжина прольотів у переважній більшості сучасних мостів, що підтримуються вантами, більше півкі-

лометра. Найбільші вантові мости сучасності знаходяться у Росії та Китаї. Ці досягнення було зроблено не лише завдяки розробці нових матеріалів та технологій, а ще й в наслідок аналізу низки питань, що мали істотне значення з самого початку розробки та будівництва мостів вантової конструкції.

В роботі розглядається одна з типових та найбільш розповсюджених у вітчизняному будівництві конструкцій вантових мостів за модифікацією у стилі арфи. Предметом дослідження є чутливість до схем вантів та граничних умов міцності об'єкта дослідження. Загальна постановка задачі виражається у задачах оптимального проектування та нелінійного програмування системи A :

$$A = \{T, X, Y, Z\}. \quad (1)$$

Агрегативна система A класично зводиться до кусочно-лінійного агрегату (1), в якому X – це множина зовнішніх впливів на систему, Y – множина вихідних характеристик, що в сукупності з часом T призводять до зміни станів Z .

Основний функціонал задачі оптимального проектування:

$$f(X) = \min f(x(t)), \quad (2)$$

де $x \in \Omega$, $\Omega = \{x \in R_1 \cup y \in R_2; \Omega(x(t)) \leq 0\}$.

Вирішення задачі полягає у знайденні системи оптимальних робочих станів z :

$$z \in U, U = \{z \in R_3 \mid 0; \min f(x, z, t)\}. \quad (3)$$

Розв'язок поставленої проблеми зручно звести до квазістатичної постановки та зробити за допомогою серій моделей, за якими проводиться низка розрахунків.

Розроблено декілька геометричних та розрахункових моделей (рис. 2–3) найбільш важливої частини вантового моста - прольоту з пілоном та вантами. Для моделювання та розрахунків було використано метод скінчених елементів.

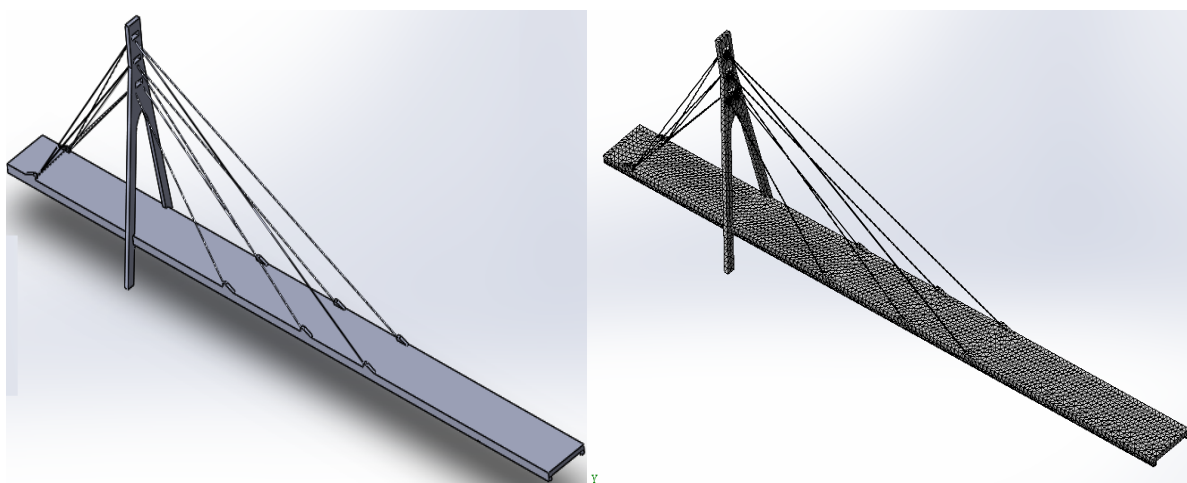


Рис. 2. Геометрична та розрахункова модель 1 частини вантового моста

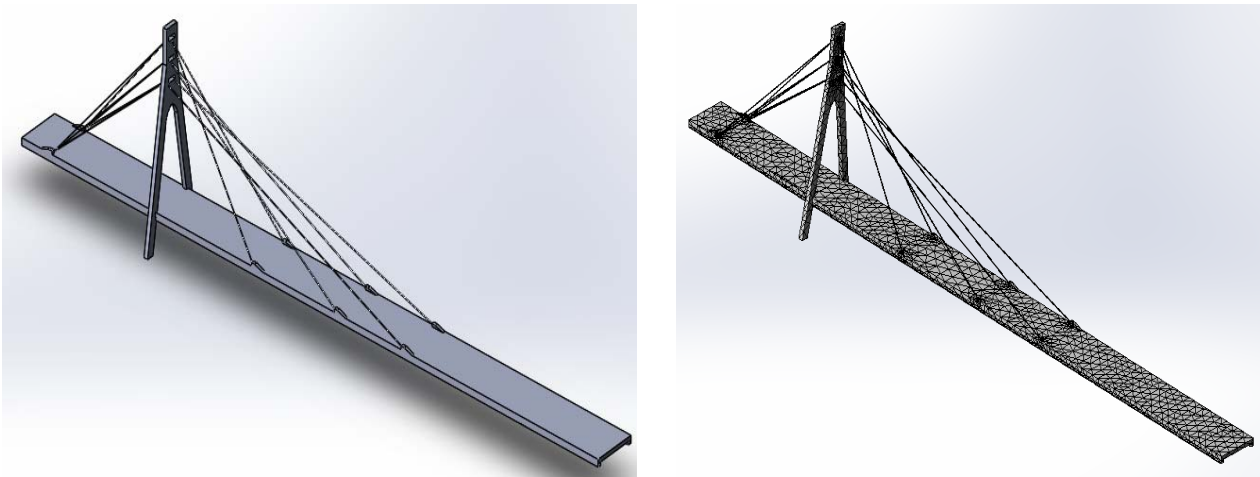


Рис. 3. Геометрична та розрахункова модель 2 частини вантового моста

Крім показаних на рис. 2 та 3 моделей було побудовано серії моделей, що відрізняються апроксимацією скінчених елементів та типом граничних умов.

За розробленими моделями проведено розрахунки статичних переміщень, деформацій та напруг, що показано на рис. 4–6.

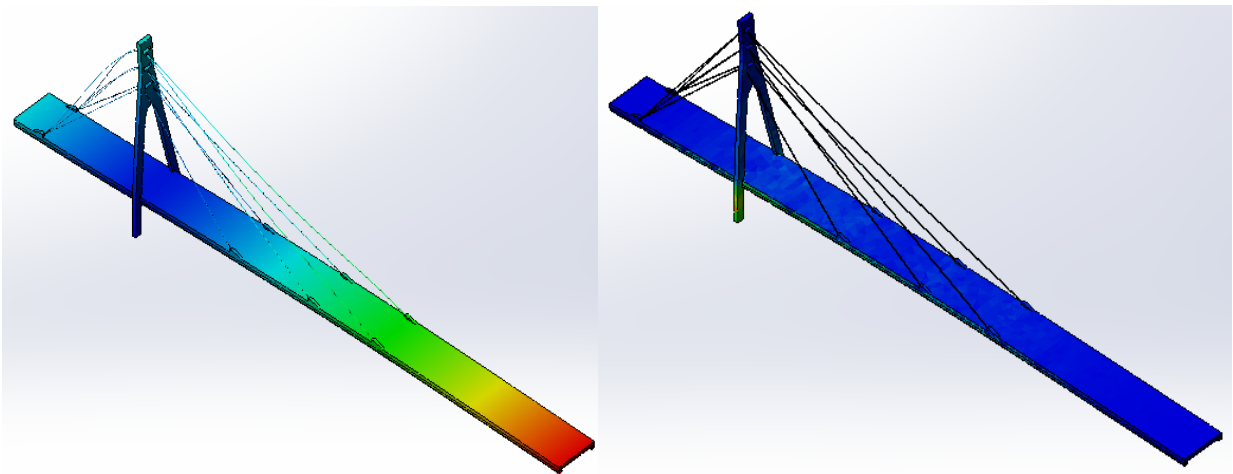


Рис. 4. Переміщення та деформація моделі 1 з вільними опорами

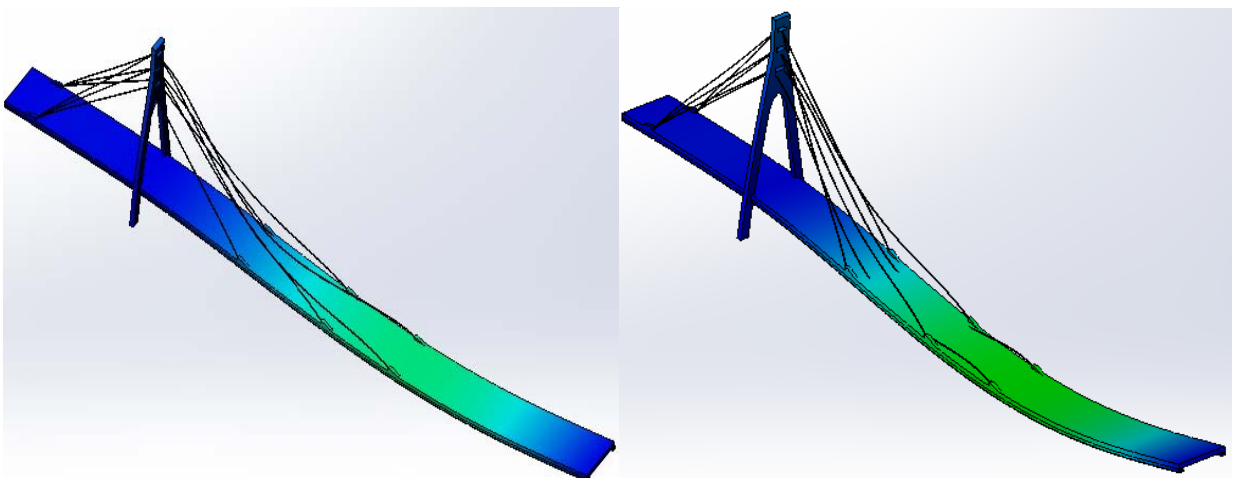


Рис. 5. Переміщення у моделях 1 та 2 з шарнірними опорами

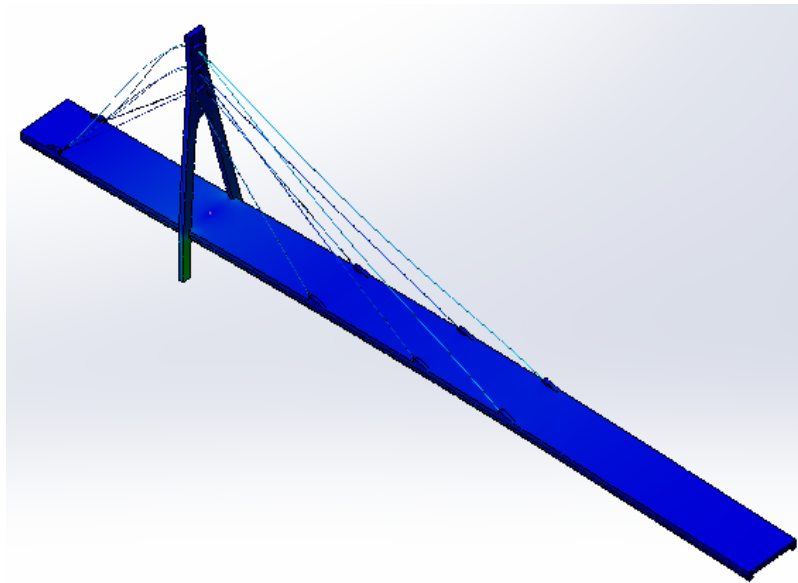


Рис. 6. Напряги моделі 1 з вільними опорами

Найбільші деформації та напруги мають ванти, тому розподіл деформацій (рис. 4, праворуч) та діаграма напруг (рис. 6) мають однорідний вигляд. На вказаних рисунках максимальні значення напруг та деформацій мають набори чотири верхніх вантів, а самі максимуми розташовані позаду пілона поряд з місцем кріплення вантів на балки жорсткості прольоту.

Результати аналізу розподілів переміщень, деформацій, напруг та їх чисельних значень дозволили зробити ряд висновків, щодо конкретизації серії оптимальних конструкцій та станів Z , а також дозволили зробити висновки щодо подальшого напрямку досліджень.

Література

1. Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования. - М.: Машиностроение, 1998. - 452 с.
2. Balci J. Credibility Assessment of Simulation Results // Proceedings of the 1986 Winter Simulation Conference. - 1986. - P. 39-44.
3. Scott B.D., Park R., Priestly M.J.N. Stress-Strain Behavior of Concrete Confined by Overlapping Hoops at Low and High Stress Rates // ACI J. Proc. V. 79, 12, Jan.-Feb., 1982. - P. 13-27.
4. Чистяков Е.А. Основы теории, методы расчета и экспериментальные исследования несущей способности сжатых железобетонных элементов при статическом нагружении: Автореф. дис. докт.техн.наук. - М., 1988. - 48 с.
5. Жовдак В.О., Красников С.В., Степченко О.С. Решение задачи статистической динамики машиностроительных конструкций с учетом случайного изменения параметров // Проблемы машиностроения. – Харків: «Контраст». - 2004. - Т.7, № 3. - С. 39 – 47.