

## ДОСВІД ПЛАНУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОСТІВ

Бережна К.В., к.т.н. доцент, Добишев С.В., магістр гр.. ДМ-51маг  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
*beregna@gmail.com, sergeidobushev@gmail.com*

Мости знаходяться в більш важких умовах у порівнянні з будівлями будь-якого призначення. Характер навантаження від транспорту та пішоходів призводить до багатоваріантного встановлення навантажень на мосту, що призводить до змінних і часто знакозмінних напруг в перетинах конструктивних елементів та необхідності їх перевірки на витривалості. Всі мостові конструкції перебувають на відкритому повітрі і відчувають впливи погоди: перепади температури, дощі, випаровування, сніг, змінні горизонти води і т.д. З'являються протікання, морозні руйнування і найстрашніший ворог, свого роду «онкологія» мостів - корозія, яка посилюється обробкою поверхні проїзної частини і тротуарів хлористим солями, що наносяться для боротьби з криги. Велика протяжність несучих конструкцій і одночасно відносно невелика їх жорсткість призводить до виникнення значних згинальних і зсувних зусиль в балкових конструкціях і, відповідно, високих напруг, що вимагає виконання складних розрахунків і ретельного підбору перерізів. Різноманіття конструктивних елементів, які взаємопов'язані, але в той же час несуть різне функціональне навантаження, диктує необхідність як великого обсягу проектних робіт, так і натурних досліджень з метою перевірки відповідності виконаних конструкцій проекту і нормативним вимогам.

Всі ці особливості визначають специфіку натурних досліджень мостів. Метою натурних досліджень мостів є оцінка їх технічного стану та розробка рекомендацій по їх подальшій експлуатації.

Натурному випробуванню передують детальне обстеження та вивчення існуючої інформації о споруді. Збір попередньої інформації про споруду включає вивчення: технічної документації (проектна, виконавча і ін.), норм проектування, норми навантажень, данні по ґруновим умовам, данні попередніх обстежень і випробувань, данні по ремонтам, діючі обмеження по масі автомобілів, швидкості руху та дистанції між ними. Обміри конструкцій складаються з визначення розмірів перетинів несучих елементів і поперечнику мостового полотна та визначення товщині асфальтобетонного покриття. Візуальний огляд та оцінка пошкоджень повинна виявити: пошкодження (механічні, силові, корозійні) і деформації несучих елементів, що впливають на несучу здатність, пошкодження зварних і болтових з'єднань; труднощі для передбачених проектом деформацій і переміщень прогонових будов і опор, осідання і повороти опор. Інструментальні дослідження визначають: міцність бетону, коксування і насичення хлоридами захисного шару бетону, клас сталі, якість зварних швів і болтових з'єднань, поздовжній профіль прогонових будов по нижньому поясу.

Випробування мостових конструкцій займають ключове місце в системі натурних досліджень, оскільки створюють унікальну можливість одночасно перевірити якість розрахунку, проектування, виготовлення і монтажу конструкцій, оцінити фактичну вантажопідйомність і жорсткість споруди, а також вплив на ці характеристики всіх видів несправностей. Таким чином, випробування є, мабуть, найбільш інформативним елементом системи контролю якості споруди. За програмними цілями, обсягами і методами проведення випробування мостів можна поділити на два основних види: - приймальні випробування нових або реконструйованих споруд та випробування споруд, що експлуатуються. Метою приймальних випробувань є оцінка можливості введення моста в експлуатацію під проектні навантаження, тобто перевірка вантажопідйомності і жорсткості мостових конструкцій. Така оцінка може бути отримана при зіставленні результатів вимірювань напружено-деформованого стану конструкцій при завантаженні

його навантаженням з відповідними значеннями, визначеними розрахунковим шляхом. Відповідно до діючих норм [1], випробувань при прийманні в експлуатацію повинні піддають: мости з вперше застосовуваними конструкціями, технологіями і матеріалами; вантові, висячі, суміщені і розвідні мости; сталеві мости з прольотами понад 100 м, сталезалізобетонні мости з прольотами понад 80 м, залізобетонні мости з прольотами понад 50 м. Найбільш чутливими до впливу навантажень від автотранспортних засобів і пішоходів є прогонові будови. Тому, як правило, вивчення напружено-деформованого стану проводиться щодо несучих елементів прогонових будов. Для кожного конкретного випадку виконавцем випробувань (спеціалізованою організацією, що має відповідний допуск) складається програма, яка повинна бути узгоджена замовником і проектною організацією. Як показує досвід, для оцінки відповідності роботи споруди прийнятим в проекті розрахунковим передумовам достатньо при випробуваннях отримати в характерних перетинах елементів епюри нормальних напружень по висоті перерізу і виміряти прогини. При цьому велике значення має раціональний вибір місць вимірювань і розташування навантаження. Випробувальне навантаження повинне підбиратися відповідно вимог, які наведені у [1]. Всі ці умови можливо урахувати та перевірити обране навантаження та його встановлення, якщо розробити адекватну скінчено-елементну модель споруди у яку внести всі результати попереднього обстеження та вивченої існуючої інформації.

Проблемою побудови адекватної моделі конструкцій займалися такі вчені Вайнберг Д.В., Варвак П.М., Городецький О.С., Деклу, Клаф Р., Постнов В.А., Рейтман М.І., Розін Л.А., Тимошенко С.П., Шмуклер В.С. та інші [2-4]. Вибір моделі для розрахунку конструкцій визначається багатьма факторами, серед яких - найбільш точний збіг теоретичних результатів розрахунку з даними випробувань, а так само мінімізація тимчасових витрат на створення розрахункової моделі.

При проектуванні прогонових будов використовуються різні розрахункові моделі, які в більшій чи меншій мірі враховують просторовий характер роботи плит і балок прогонових будов. Питання про вибір моделі є дуже важливим і обумовлюється найкращим збігом теоретичних результатів з даними випробувань мостів, а також мінімізацією часового ресурсу необхідного для проектування. Існуючі методи, як правило, діляться на дві групи: методи в яких конструкція умовно поділяють на незалежні елементи і методи, в яких пролітна будова розглядається як єдина конструкція, що складається з плит і системи балок, спільно сприймають навантаження при будь-якому положенні їх на прогонових будов [5]. Перша група відрізняється простотою і наочністю, проте, результати може бути не цілком точними, але зазвичай йдуть в запас міцності прогонової будови. Друга група методів більш повно враховує взаємозв'язок між окремими елементами прогону і дає результати, більш репрезентативно сходяться з експериментальними даними, які отримують при випробуваннях. Однак, вони більш трудомісткі, в зв'язку з чим, для їх реалізації необхідно відповідне програмне забезпечення. Аналіз тенденцій, що мають місце при моделюванні напружено-деформованого стану прогонових будов мостів, дозволяє вибрати ПК «Ліра» заснований на методі кінцевих елементів, представленому у вигляді методу переміщень. Для того, щоб зробити висновок про можливість використання скінчено-елементної моделі (СЕМ), яка пропонується для розрахунків прогонових будов, необхідно підтвердження її адекватності шляхом порівняння отриманих результатів розрахунку моделі з результатами, які отримані за іншими методами [5].

Дослідження які проводились на кафедрі мостів довели, що характер експериментальних і теоретичних прогинів, визначених за методами Лукіна Н.П., Кожушко В.П. і розрахунку скінчено-елементної моделі прогонових будов, яку запропоновано викладачами кафедри, ідентичні, що свідчить про коректність моделі.

Використання запропонованих моделей дозволяє виконувати розрахунки прогонових будов з урахуванням їх реального стану, тобто враховувати зміну геометричних характеристик перерізів, властивостей матеріалів, розрахункової схеми і сучасних рухомих навантажень.

1. Посібник до ДБН В.2.3-6:2010 «Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування». – Київ : ДерждорНДІ, 2010. – 204 с.
2. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике / О.К. Зенкевич – М.: Мир, 1975. – 541с.
3. Стренг Г. Теория метода конечных элементов / Г. Стренг, Фикс Дж. – М.: Мир, 1977. – 349с.
4. Шапиро Д.М. Расчет балочных ребристых пролетных строений методом конечных элементов / Д.М. Шапиро, А.В. Агарков //Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Современные методы статического и динамического расчета зданий и сооружений. – Воронеж, 2005. – Вып.2. – С. 51-69.
5. Кожушко В.П. О развитии пространственных методов расчета пролетных строений автодорожных мостов / В.П. Кожушко //Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ: вид-во ДНУЗТ, 2008. - Вип.21.- С. 128-129.