

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Петренко М.О., Апостол Є.Л., студ. гр. ПЦБ-476

Горобець О.С., студ. гр. ПЦБ-529м(п)

Науковий керівник – Сьоміна Ю.А., к.т.н., доцент (кафедра Металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій, Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Анотація. У статті перелічено класичні методи випробування будівельних конструкцій, а також наведені такі сучасні методи як тепловізійний та лазерної інтерферометрії. Представлені приклади застосування описаного сучасного обладнання при проведенні експериментальних досліджень.

В сучасному будівельному індустріальному середовищі стоїть величезне завдання забезпечення надійності та безпеки будівельних конструкцій, що вимагає постійного вдосконалення методів їх випробувань. Робота має на меті дослідження та аналіз інноваційних підходів у цій області для поліпшення якості, ефективності та точності оцінки структурної стійкості та функціональності будівельних елементів.

Наразі для експериментального дослідження напружено-деформованого стану зразків, моделей і елементів конструкцій і визначення напружень і деформацій використовуються такі класичні методи, що істотно відрізняються за принципами вимірювань: рентгенографічні; поляризаційно-оптичні; оптично чутливих покриттів; крихких покриттів; гальванічних покриттів; ділільних сіток; ліній ковзання; муарових смуг; голографічної інтерферометрії; спекл-інтерферометрії; тіньовий оптичний метод каустик; термографії (SPATE), методи, засновані на перетворенні деформації поверхні за допомогою тензометрів і тензорезисторних перетворювачів.

Сучасні ж методи, на відміну від класичних, є більш точнішими та можуть надати набагато більше інформації щодо вишукування, але і вимагають більш ретельного підходу та сучасного обладнання. Їх ще використовують тоді, коли важко дослідити конструкцію класичними методами.

Одним з таких методів є *тепловізійний метод* (IR-діагностика). Він є одним з сучасних методів оцінки стану конструкції споруди та визначення деяких її внутрішніх дефектів бетонування та армування, які важко виявити візуально. Він полягає в аналізі тепловізійних зображень елементів конструкції з врахуванням різної температури матеріалу дослідної ділянки.

Для реєстрації сигналів утворення та поширення мікротріщин в залізобетоні на різних етапах роботи конструкцій використовують акустичну емісію (АЕ). Прикладом застосування тепловізійного методу є дослідження поверхні попередньо напруженої плити прогонової будови моста. На дослідній ділянці показано чітку різницю температури бетону та арматури, котра (з огляду на недотримання технології будівництва та робочої документації) опинилась назовні, без захисного шару бетону. Також чітко спостерігається зона пошкодженого бетону з температурою, що відрізняється від температури нормального бетону.

Відповідні досліди провели Коваль П.М., Солодкий С.Й., Прохоренко С.В., Ковальчик Я.І. [1]. Метою даного дослідження було визначення можливості реєстрації напружено-деформованого стану бетонних конструкцій тепловізійним методом при їх руйнуванні – зокрема було проведено практичну перевірку якості реєстрації тепловізійним методом процесів утворення та розвитку тріщин в залізобетонних конструкціях. Перспективним завданням було оцінювання доцільності використання IR-методики аналізу для здійснення технічної діагностики стану бетонних конструкцій при їх роботі під навантаженням. Проводилась фіксація температури зразка тепловізійною камерою Fluke Ti25 (теплова чутливість (NETD) – 0.1°C при 30°C, інфрачервоний спектральний діапазон від 7,5 мкм до 14 мкм).

Дослідження з використанням методу тепловізії та акустичної емісії (АЕ) проводились при руйнівному випробуванні (рис. 1) (осьове навантаження) стандартних залізобетонних зразків без їхнього попереднього нагріву. Визначалось збільшення температури бетону при його руйнуванні. Було виготовлено 7 бетонних кубів розмірами 100×100×100мм та 3 призми 100×100×400мм з важкого бетону класу С25/30. Випробування бетонних кубів та призм відбувалося на пресі МС-2000 згідно норм.



Рис. 1. Проведення випробувань з використанням методу тепловізії та акустичної емісії (АЕ)

При руйнуванні бетонного куба К-4 виділення температури складало 2,64°C. До випробування куба температура складала 17,44°C, після – 20,13°C. Найбільше виділення температури фіксувалось на частинках щебеню.

В наш час технологій, що постійно розвиваються з'являється все більше і більше сучасних методів для виконання тих чи інших завдань, зокрема і для вимірювання переміщень і деформацій будівельних конструкцій. Одним з таких методів є **лазерна інтерферометрія**. Це метод вимірювання відстаней та малих змін у відстані з високою точністю з використанням властивостей інтерференції світла.

Основний елемент лазерного інтерферометра – це лазер, який випромінює когерентне світло (світло з постійною фазою) через роздільну призму. Промені, відбиті від дзеркал, прямують назад до розділової призми, де відбувається їх інтерференція. Внаслідок цього утворюється інтерференційна картина, яка може бути використана для вимірювання змін у довжині шляху променів.

В дослідженнях Гриценка В.П. [2] вимірювалися безконтактно температурні деформації металевого стержня, досліджувалися прогини підкранової балки під час роботи мостового крану, вивчалася кінетика прогинів дерев'яних балок для різних рівнів навантаження, а також нелінійність деформування призм із цегляної кладки.

Для вимірювання температурних деформацій металевого стержня були виготовлені 3 зразки у вигляді труб діаметром 30 мм, товщиною стінки 2 мм і довжиною 1000 мм з алюмінієвого сплаву АМГ-6, який має щільність 2,64 т/м³, термічний коефіцієнт лінійного розширення $(2.4...2.5) \cdot 10^{-6}$ 1/град. Заміри переміщення вільного кінця зразка проводилися через кожні 10 секунд при 2х різних швидкостях нагрівання. Залежність переміщень від температури в часі приведено на графіку нижче (рис. 2).

Практика показала, що переміщення вільного кінця слідувало за графіком температури з точністю до одного відсотка, що говорить про те, що таким чином можна вимірювати температуру при дослідженнях в умовах випробування конструкцій на вогнестійкість.

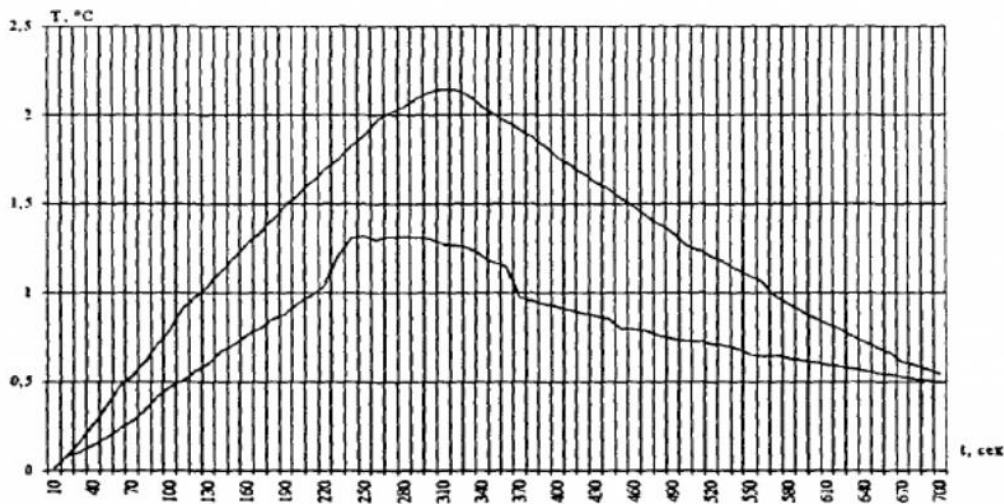


Рис. 2. Залежність переміщень від температури в часі

Принципи врахування властивостей будівельних матеріалів у випробуваннях конструкцій:

- перед випробуванням необхідно перевірити відхилення від проекту міцності модуля пружності та наявність дефектів, і для цього краще використовувати неруйнівні методи: за допомогою ультразвуку/рентгенівського випромінювання

- необхідно виконати розрахунки напружень та деформацій з урахуванням дійсних значень міцності, модуля деформації, коефіцієнту Пуассона та наявності дефектів; знайти при цьому величину випробуваного навантаження, його ступенів та величини відповідних переміщень, або деформацій

- виконати розрахунки з необхідною точністю та в необхідних діапазонах

- якщо крива деформування нелінійна й характер нелінійності змінюється в часі, необхідно замірювати швидкість навантаження, зміни деформацій не тільки в залежності від напружень, а також в залежності від часу, або вимірювати швидкість деформування

- стабілізування та автоматизування запису даних комп'ютером.

Висновки. У підсумку даного дослідження можна зазначити, що сучасні методи випробувань будівельних конструкцій відіграють ключову роль у забезпеченні високого рівня надійності та стійкості будівельних об'єктів. Досліджено та проаналізовано інноваційні підходи, такі як використання нелінійних моделей, сучасних сенсорних технологій та обчислювальної механіки, що дозволяють отримати більш точні та об'єктивні результати випробувань. Отримані в ході дослідження результати дозволяють зрозуміти переваги та обмеження використання цих методів в залежності від конкретних умов та вимог проекту. Важливість врахування геологічних та геотехнічних особливостей місцевості, а також встановлення раціональних нормативів і стандартів у галузі випробувань будівельних конструкцій є критичним для забезпечення їхньої ефективності та довговічності.

Література:

1. Коваль П.М., Солодкий С.Й., Прохоренко С.В., Ковальчик Я.І. Випробування бетонних кубів та призм з тепловізійним спостереженням зразків та реєстрацією сигналів акустичної емісії при руйнуванні. Вимірювальна техніка та метрологія. Вип. 74, 2013.

2. Гриценко В.П. Безконтактна оцінка переміщень і деформацій будівельних конструкцій у випробуваннях. Автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. Спеціальність 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. Харківський національний технічний університет будівництва і архітектури. Харків, 2000. 20 с.

2. Стрижало В.О., Бородій М.В. Експериментальні методи в механіці деформівного твердого тіла: Навч. посібник. 2022. 306 с.