

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ МОСТІВ

Лукін О.М., к.ф.-м.н., доцент

Лукін Д.О., аспірант

Голеско О.О., аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Сучасний стан мостових споруд (мостів та шляхопроводів, далі мостів) в Україні є незадовільним. Комісією Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України у 2023 році проаналізовано більше 24 тисяч мостів з 28 тисяч наявних. Тільки 2 % з них признано справними, 24 % знаходяться в четвертому чи п'ятому експлуатаційному стані (тобто, в поганому чи аварійному стані). Парк мостів дуже старий. Більшість мостів побудовано в 70-80 роки минулого сторіччя і їх вік вже 40-50 і більше років.

Згідно діючого нормативного документу [1], таблиця 4.3, проектний термін служби залізобетонних мостів 70-80 років. Але це при умові, що «експлуатаційні заходи та ремонти забезпечують належний технічний стан елементів протягом проектного строку служби» (п. 4.2.2 [1]). Тобто, експлуатація мостових споруд повинна виконуватись систематично, не порушуючи ремонтні терміни.

Одним з основних заходів з визначення стану мостових споруд є їх обстеження. І це не тільки обстеження споруд при експлуатаційному утриманні. Згідно [2], залежно від мети обстеження можуть бути:

- 1) обстеження, що передують прийняттю споруди в експлуатацію;
- 2) планові обстеження;
- 3) спеціальні обстеження (після дорожньо-транспортних пригод, повеней та інше, або коли попередніх обстежень недостатньо, або для отримання даних для виконання проектно-кошторисної документації);
- 4) маршрутні обстеження для можливості пропуску по мосту понаднормативних навантажень.

Майже при всіх видах обстежень необхідно випробувати бетон конструкцій на міцність. Виникає питання про точність результатів з одного боку і затрат часу, сил та коштів з іншого. Звісно, найточнішим буде метод [3], де зразки виготовляються шляхом вибурування або випилювання їх з елементів мосту. В подальшому для визначення призмової міцності ці зразки стискають в випробувальному пресі. Цей метод, хоч і є точним, але дуже кропітким, крім того, вибурити чи випилити зразки, наприклад з балки прогонової будови часто просто неможливо.

Зазвичай, міцність бетону елементів мостових споруд при обстеженні вимірюється неруйнівними методами [4, 5]. Частіше за все застосовуються різні сучасні модифікації молотка Кашкарова, де використовується метод пружного відскоку. Метод достатньо простий, але виникає питання точності результату випробування.

Відомо, що з часом бетон старіє. На поверхні утворюється кам'яна корка. Це

дуже добре видно при обробці сколотого чи пробуреного бетону однопроцентним розчином фенолфталеїну (рис. 1). Зазвичай ця корка має товщину від 5 до 10 мм, але бувають випадки, коли товщина корки досягає 20-30 мм і більше.

Перед початком випробувань міцності бетону методом пружного відскоку необхідно ретельно зачистити поверхню де плануються випробування. Але ж в польових умовах дуже складно зачистити поверхню так, щоб видалити кам'яну корку повністю. Виходить, що випробування виконуються по цій корці, яка значно міцніша, ніж бетон під нею.



Рисунок 1 – Обробка однопроцентним розчином фенолфталеїну бетону відколотого кута фундаменту старого Карпівського пішохідного мосту у м. Харків через р. Лопань

Є інший неруйнівний метод визначення міцності і класу бетону – метод відриву зі сколюванням (рис. 2, 3). Цей метод не є зовсім точним і програє по точності результатам випробування зразків стисканням в випробувальному пресі. Але данні методу відриву зі сколюванням дають дуже добрі результати, і головне – випробується бетон, а не кам'яна корка зверху. Тому з достатньо великою точністю метод відриву зі сколюванням бетону можна вважати точним (еталонним) при випробуванні бетону елементів мостових споруд при обстеженні.

Але і у метода відриву зі сколюванням є свої недоліки. Перше за все, це більша трудомісткість процесу випробування порівняно із застосуванням методу пружного відскоку. Прибор для відриву зі сколюванням потрібно кожен раз правильно встановити, посвердливши перед цим отвір відповідного діаметру (рис. 2, 3), поступово збільшувати навантаження, тощо. Після випробування бетону методом відриву зі сколюванням остаються сліди діаметром 120-180 мм (рис. 3).

Нами пропонується варіант випробування міцності бетону елементів мостових споруд при обстеженні, де застосовуються обидва неруйнівних метода: методом відриву зі сколюванням, як еталонний і метод пружного

відскоку.



Рисунок 2 – Встановлений прибор для випробування бетону плити прогонової будови мосту через р. Сіверський Донець біля с. Старий Салтів методом відриву зі сколюванням



Рисунок 3 – Місце руйнування бетону після випробування методом відриву зі сколюванням на балці мосту через р. Сіверський Донець біля с. Старий Салтів.

Застосування однопроцентового розчину фенолфталеїну по краях вириву не дає кольору, що свідчить про втрату лужних властивостей і «окам'яніння»

Суть такого варіанту випробувань бетону наступна:

- 1) виконуються 1-3 випробування міцності бетону елементів мосту методом відриву зі сколюванням;
- 2) виконується випробування міцності бетону метод пружного відскоку біля місць, де виконувались випробування п.1;
- 3) порівнюються результати випробування обома методами, виводиться коефіцієнт «К» на який потрібно множити результати за методом пружного відскоку;
- 4) далі виконуються випробування бетону елементів мосту тільки простим методом пружного відскоку. Результати умножаються на коефіцієнт «К», який знайдений в п.3.

За даними декількох обстежень коефіцієнт «К» для бетонів старих мостів

(віком від 20 років) дуже близький до $K=0,7$ (0,69-0,72). Це питання ще потребує уточнення і виконання додаткових експериментів, але з практики, застосування понижуючого коефіцієнту 0,7 при випробуванні бетону на міцність методом пружного відскоку для старих конструкцій, на наш погляд, є обґрунтованим.

Для нових мостів цей коефіцієнт майже завжди дорівнює 1,0, що й не дивно, враховуючи відсутність кам'яної корки.

При випробуванні бетону елементів мостів на міцність методом пружного відскоку завжди виникає питання про кількість випробувань, бо від цього також залежить точність результатів.

Відомо, що випробування бетону з точки зору теорії ймовірності та математичної статистики підпорядковуються нормальному закону розподілу [6]. Для того, щоб отримати результати випробувань з 95 % точністю необхідна достатньо велика кількість цих випробувань 25-30.

Згідно «правила трьох сигм» результат випробувань з 95 % точністю буде записуватись як $M \pm 2 \cdot \sigma$, де M – математичне очікування (середнє значення), σ - середнє квадратичне відхилення.

Ліпше всього розрахунок виконувати в табличній формі, наприклад, в Excel.

Результатом є формула $M \pm 2 \cdot \sigma$ (наприклад, $30,5 \pm 2 \cdot 1,4$ МПа), або менше з чисел – нижня границя інтервалу (в прикладі – 27,7 МПа), яке і є міцністю бетону на стиск елементу, що випробується.

Висновок.

1. Пропонується спосіб поліпшення результатів випробування міцності бетону елементів мостових споруд при обстеженні з застосуванням неруйнівних методів з відривом зі сколюванням, як еталонного, і методу пружного відскоку. При цьому коефіцієнт, який корегує результати випробувань методом пружного відскоку порівняно з еталонним методом з відривом зі сколюванням дуже близький до 0,7. Це перевірено на декількох мостах вік яких був більше 20 років. Питання потребує додаткових досліджень.

2. Для отримання результату з ймовірністю 95 % необхідно методом пружного відскоку виконувати по 25-30 випробувань на кожному елементі. Результат повинен записуватися як інтервал - $M \pm 2\sigma$, а його нижня границя є міцністю бетону на стиск.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України. 2009. – 73 с.

2. ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування – Київ: Держбуд України, 2009. – 43 с.

3. ДСТУ Б.В.2.7-217:2009 Бетони. Методи визначення призової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона. – Київ. Мінрегіонбуд України. 2010. – 18 с.

4. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. – Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. – 27 с.

5. ДСТУ-Б-В.2.7-224:2009. Будівельні-матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. – 23 с.

6. Статистика [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. В. Раєвнева, І. В. Аксьонова, О. І. Бровко ; за заг. ред. д-ра екон. наук, професора О. В. Раєвневої. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 389 с.