УДК 624.21

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНИХ НАПРУЖЕНЬ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ МОСТІВ ВІД ПОСТІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Редченко В.П., *д-р техн. наук, завідувач Дніпропетровського комплексного відділу*

Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»)

Вступ

При визначенні технічного стану мосту важливу роль відіграє етап визначення напруженого стану конструкцій від постійно діючих навантажень [1, 2, 3]. Значення напружень від постійних навантажень напряму впливає на результати оцінки фактичної вантажопідйомності мосту [4, 5]. Для оцінки стану попередньо напружених залізобетонних конструкції важливим є визначення фактичних напружень обтиснення бетону. Для стійок опор у вигляді оболонки із заповненим ядром важливою є інформація про розподіл напружень тобто про ступінь включення ядра стійки в спільну роботу.

Проблема

Точність визначення зусиль від постійних навантажень напряму впливає на точність визначення вантажопідйомності мосту. Внаслідок тривалих процесів, що відбуваються в бетоні та армуванні (усадка, релаксація, перерозподіл зусиль тощо), для певних конструкцій розрахункові методи дають значні похибки при визначенні зусиль від постійних навантажень на стадії експлуатації, а саме: зусилля від ваги конструкції, зусилля від обтиснення напруженим армуванням, зусилля внаслідок нерівномірних деформацій тощо. В багатьох випадках спірні питання для натурних конструкцій можна вирішити лише визначенням цих зусиль експериментальними методами.

Мета роботи – розробити методику визначення напружень в залізобетонних конструкціях мостів від постійних навантажень з використанням експериментальних досліджень.

На вирішення вказаної проблеми і були направлені дослідження, за результатами яких було розроблено нормативний документ Р В.2.3-03450778-861:2015 «Рекомендації щодо натурного визначення фактичних напружень в залізобетонних конструкціях мостів від постійних навантажень».

Основні положення методики

Визначення фактичних напружень від постійних навантажень проводиться шляхом реєстрації місцевих відносних деформацій (напружень) на поверхні конструкції під час дії випробувального навантаження до та після виконання неглибокого прорізу в бетоні та опрацювання отриманих даних за певним алгоритмом з використанням фактичного модуля пружності бетону. Допускається приймати значення модуля пружності бетону за його фактичною міцністю.

Реєстрація місцевих відносних деформацій на поверхні конструкції виконується з використанням тензорезисторних датчиків (далі датчик). На вибраній ділянці конструкції намічаються точки контролю: робочі точки та реперні точки. В цих точках наклеюються дві групи датчиків: реперні датчики та робочі датчики. На рис. 1 представлено орієнтовну схему розміщення реперного та двох робочих датчиків на поверхні конструкції.

Напруження від постійного навантаження (P) визначаються за наступною формулою:

$$P = K_{вк} \cdot \Delta F \cdot E \,, \tag{1.1}$$

де $\Delta F = (F_0 - F)$ – величина зміни відносної деформації з відповідним знаком за показами робочого датчика до (F_0) і після (F) виконання прорізу ;

E – фактичний модуль пружності бетону;

$K_{вк}$ – коефіцієнт включення, який характеризує ступінь включення контрольованої точки в роботу конструкції після виконання прорізу:

$$K_{вк} = \frac{K_2}{K_2 - K_1} \,; \tag{1.2}$$

$$K_1 = \frac{FR_1}{F_1} \,; \qquad K_2 = \frac{FR_2}{F_2} \,;$$

де FR_1 – зміна показів реперного датчика при завантаженні випробувальним навантаженням на 1 кроці натурних робіт (до виконання прорізу);

F_1 – зміна показів робочого датчика при завантаженні випробувальним навантаженням на 1 кроці натурних робіт (до виконання прорізу);

FR_2 – зміна показів реперного датчика при завантаженні випробувальним навантаженням на 3 кроці натурних робіт (після виконання прорізу);

F_2 – зміна показів робочого датчика при завантаженні випробувальним навантаженням на 3-му кроці натурних робіт (після виконання прорізу).

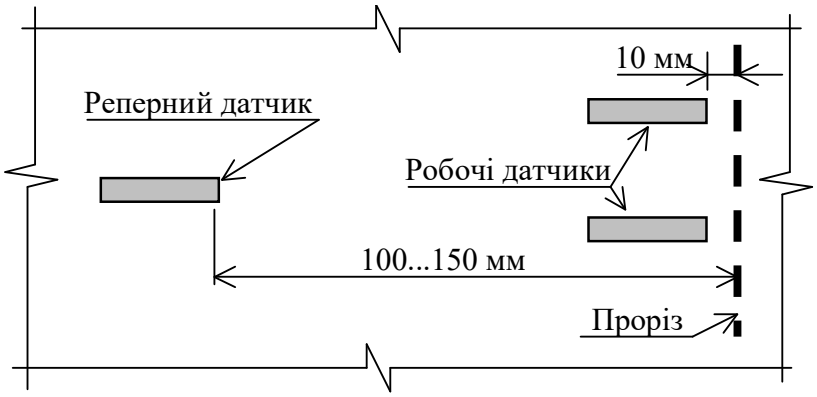

Рисунок 1 – Схема розміщення реперного та двох робочих датчиків

Дії по крокам:

Крок 1 – Виконується синхронна реєстрація показів всіх датчиків при завантаженні конструкції тимчасовим випробувальним навантаженням. При наявності одного робочого датчика рекомендується виконувати не менше 6 завантажень випробувальним навантаженням.

Крок 2 – Виконуємо проріз поблизу робочих датчиків. Проріз виконується дисковою алмазною пилкою товщиною 1...2 мм. Глибина прорізу 10...15 мм. Напрям прорізу – перпендикулярно до осі датчика. Під час виконання прорізу виконуємо реєстрацію показів робочих датчиків, яку продовжуємо в часі ще декілька хвилин після формування прорізу до повного охолодження бетонної поверхні та стабілізації показів датчиків.

Крок 3 – Виконується синхронна реєстрація показів всіх датчиків при завантаженні конструкції тимчасовим випробувальним навантаженням. Тут також рекомендується виконувати не менше 6 завантажень.

Експеримент

Розглянемо виконання робіт за представленою методикою на прикладі натурного експерименту – визначення напружень від постійних навантажень в стійці опори моста.

Крок 1 – Виконується синхронна реєстрація показів робочого та реперного датчиків під час заїзду вантажівки на ділянку над опорою (рис. 2).

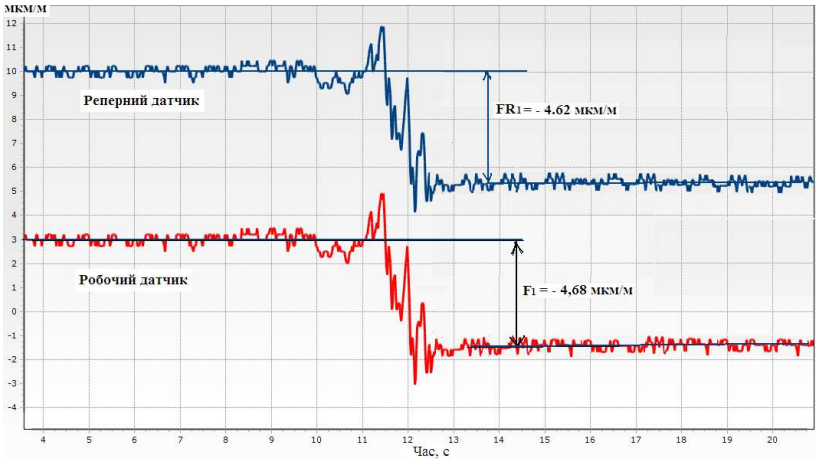

Рисунок 2 – Віброграми показів робочого та реперного датчиків при заїзді та зупинці випробувального навантаження (до виконання прорізу)

Крок 2 – Виконується проріз поблизу робочого датчика. Проріз виконується дисковою алмазною пилкою товщиною 1 – 2 мм. Глибина прорізу – близько 15 мм. Напрям прорізу – перпендикулярно до осі датчика. Під час виконання прорізу виконуємо реєстрацію показів робочих датчиків, яку продовжуємо в часі ще декілька хвилин після формування прорізу до повного охолодження бетонної поверхні та стабілізації показів датчиків. (рис. 3).

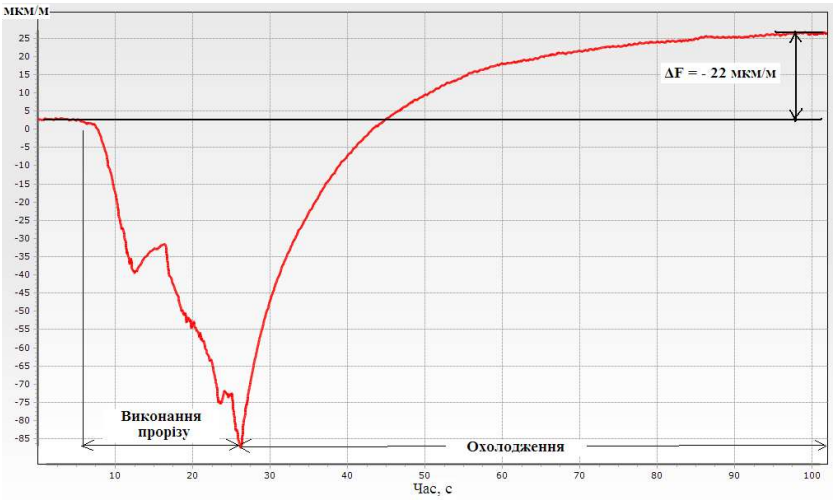

Рисунок 3 – Віброграма зміни показів робочого датчика під час виконання прорізу та стабілізації показів (охолодження)

Крок 3 – Виконується синхронна реєстрація показів робочого та реперного датчиків під час заїзду вантажівки на ділянку над опорою (рис. 4).

Опрацювання результатів вимірювань:

а) за даними, що отримані на 1 кроці натурних робіт визначається коефіцієнт K_1

$$K_1 = \frac{FR_1}{F_1} = \frac{4.62}{4.68} = 0.987$$

б) за даними, що отримано на 3 кроці натурних робіт визначається коефіцієнт K_2 та за формулою (1.2) $K_{вк}$

$$K_2 = \frac{FR_2}{F_2} = \frac{5.76}{2.44} = 2.361$$

$K_{вк}$= 2,361/(2,361-0,987)=1,718;

в) за даними, що отримані на 2 кроці натурних робіт за формулою (1.1) визначаються напруження від постійного навантаження (модуль пружності E=3,25x10^4 МПа)

P = 1,718x(-22x10^{-6})x3,25x10^4= -1,23 (МПа);

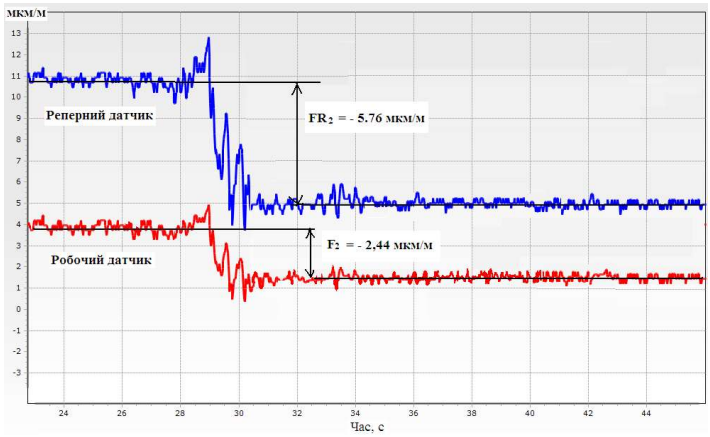

Рисунок 4 – Віброграми показів робочого та реперного датчиків при заїзді та зупинці випробувального навантаження (після виконання прорізу)

Розрахункове напруження за результатами обмірів повинно мати значення – 1,32 МПа. Розбіжність між розрахунковим значенням напружень від постійного навантаження та значенням за результатами експерименту становить 7,3%. Слід взяти до уваги, що на величину розбіжності впливають як похибки експериментальної частини, так і осереднені показники питомої ваги конструкційних матеріалів.

Висновки

Методика, яку викладено в Р В.2.3-03450778-861:2015 «Рекомендації щодо натурного визначення фактичних напружень в залізобетонних конструкціях мостів від постійних навантажень» дозволяє експериментально визначати постійнодіючі напруження в бетонних та залізобетонних конструкціях. Як випробувальне навантаження для мостових конструкцій може бути використане як спеціальне навантаження, так і рухоме експлуатаційне навантаження.

Література

1. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування
2. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи
3. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування
4. Посібник до ДБН В.2.3-6:2010 «Мости та труби. Обстеження і випробування». – К.: ДерждорНДІ, 2010. – 204 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.2-23:2012. Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів