

УТОЧНЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТІВ ШЛЯХОМ УРАХУВАННЯ ДІЇ НАВАНТАЖЕНЬ ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Оксень Є. І., *д-р техн. наук, професор, завідувач відділу транспортних споруд і цементобетонних конструкцій*

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

Вступ

Прогнозування залишкового ресурсу елементів мостів згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-23 [1] побудовано на визначенні параметра інтенсивності відмов відповідно стану прогонових будов, що визначений за розрахованою вантажопідйомністю прогонових будов на момент обстеження або випробування. Зростання інтенсивності руху та збільшення вагових характеристик транспортних засобів впливає на інтенсивність втрати ресурсу автомобільно-дорожніх мостів і приводить до зміни значень параметра інтенсивності відмов на протязі експлуатації. Оскільки значення залишкового ресурсу мостів є основою для планування ремонтів і ефективного використання коштів, то роботи, що спрямовано на підвищення достовірності встановлення залишкового ресурсу автодорожніх мостів, є актуальними для народного господарства України.

В роботах [2 – 8] обґрунтовано, що визначення впливів статичного і динамічного навантажень для бетонних і залізобетонних виробів в цілому слід здійснювати оцінюванням стану саме бетонної складової, оскільки показники арматурних сталей за міцністю на стиск, зсув, розтяг і циклічну втому значно перевищують показники бетонів. Оскільки для залізобетонних елементів конструкцій прогонових будов проїзд транспортних засобів формує саме циклічні навантаження, в даній роботі пропонується прогнозування залишкового ресурсу елементів мостів виконувати з урахуванням циклічної міцності бетонів.

Мета роботи – встановити характер зміни залишкового ресурсу елементів конструкцій залізобетонних мостів під дією навантажень високої інтенсивності за втратою міцності бетонної складової.

Задача досліджень складається у тому щоб дослідити вплив параметрів циклічної міцності бетонів на характер зміни залишкового ресурсу елементів залізобетонних конструкцій мостів під дією навантажень високої інтенсивності.

1. Обґрунтування залежностей для оцінювання впливу параметрів навантажень на циклічну міцність бетону

В роботі [2] авторами запропоновано визначати вплив кількості циклів навантажень на відносну циклічну міцність бетону на стиск залежністю

$$Rb(nc) = 1,23 \cdot nc^{-0,05}, \quad (1)$$

де Rb – відносна міцність зразка бетону на стиск, $Rb = \frac{Rc}{R}$;

R – статична міцність зразка бетону на стиск, МПа;

Rc – міцність зразка бетону на стиск при циклічному навантаженні, МПа;

nc – кількість циклів навантажень на стиск до руйнування при циклічному навантаженні.

ШТУЧНІ СПОРУДИ

Оскільки при циклічному навантаженні елементів споруд відносно діюче навантаження ρ , як співвідношення між значеннями мінімального R_{\min} і максимального R_{\max} навантаження $\rho = \frac{R_{\min}}{R_{\max}}$, змінює залежність (1), в роботі [3] запропоновано враховувати цей

вплив як

$$R_t(nc) = 1 - 0,0685(1 - \rho) \log(nc). \quad (2)$$

Порівняльний вигляд залежностей міцності бетону (1) та (2) для циклічного навантаження бетону при $\rho = 0,3$; $-0,2$; $-0,5$ наведено на рис. 1.

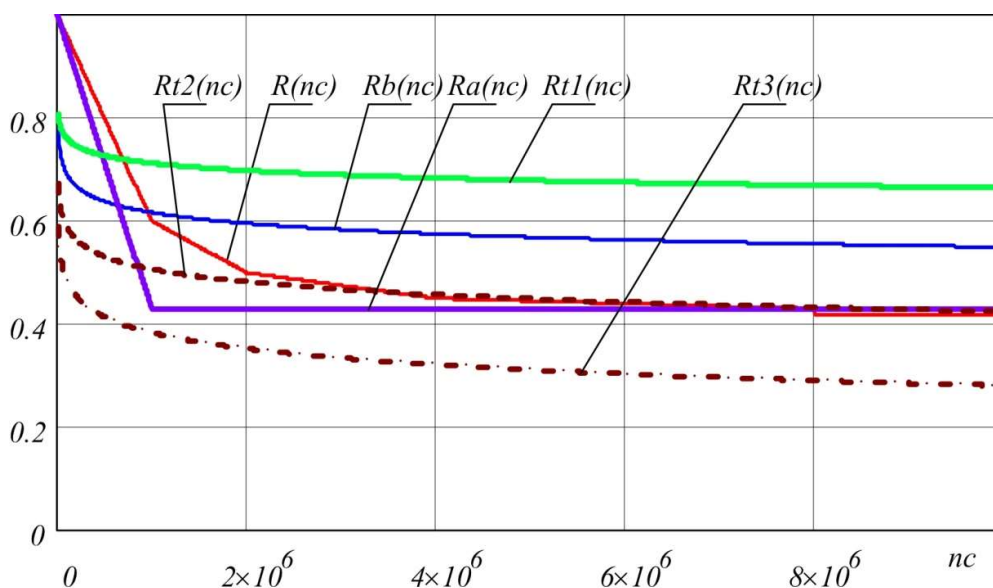


Рисунок 1 – Залежності міцності бетону при циклічних навантаженнях

Для практичних розрахунків залежності виду $lc = f(r)$ (1) та (2) потребують перетворення на обернені у вигляді, що прийнятні до застосування. Прикладами зворотних залежностей $r = f(lc)$ для (1) та (2) (див. рис. 1) можуть бути, як гладкі криві (див. рис. 2а)

$$Lc(\rho) = 10^{\frac{\rho-1}{-0,685(1-\rho)}}, \quad (3)$$

так і кусково-гладкі (див. рис. 2а)

$$Lc(\rho) = \begin{cases} Aa2 \cdot \rho + Ba2 & \text{if } 0,9Rmc \leq \rho < Rmc \\ Aa2 \cdot \rho + Ba2 & \text{if } Rmc \leq \rho \leq 1,0 \end{cases}. \quad (4)$$

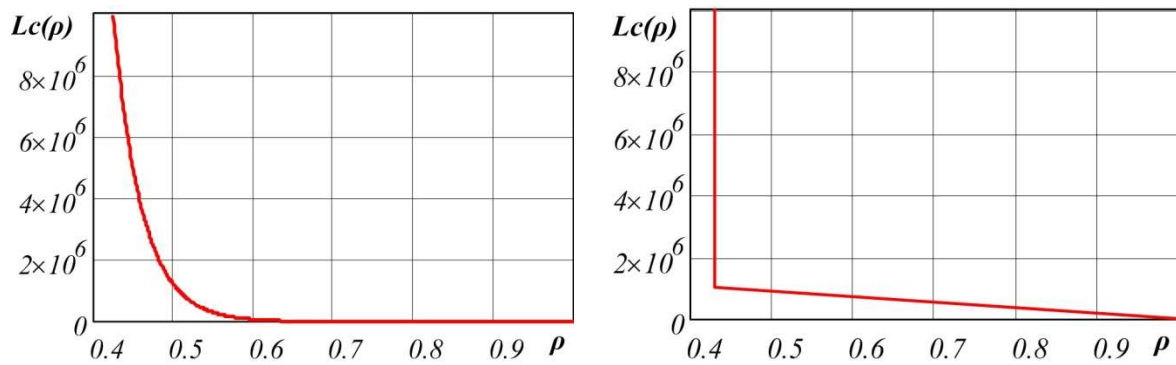


Рисунок 2 – Зворотні залежності для розрахунку міцності бетону при циклічних навантаженнях

Застосування обернення залежностей дозволяє при розрахунку міцності бетону при циклічних навантаженнях за значенням відносного діючого навантаження ρ безпосередньо визначати число циклів до повного руйнування Lc .

2. Встановлення аналітичної залежності стану прогонової будови за зниженням вантажопідйомності

Визначимо аналітичну залежність для уточнення класифікації стану прогонових будов за вантажопідйомністю для граничних значень величини зниження вантажопідйомності δ відповідно до таблиці 5.3 ДСТУ-Н Б В.2.3-23. Відповідні значення границь зниження вантажопідйомності експлуатаційних станів $St = 1, 2, 3, 4, 5$ становлять у відсотках

$$ZV = 0; 0,1; 3,2; 14,6; 40,0, \%. \quad (5)$$

Оберемо аналітичну залежність для уточнення класифікації стану прогонових будов за вантажопідйомністю у вигляді

$$y = a + bx^3 + cx^4. \quad (6)$$

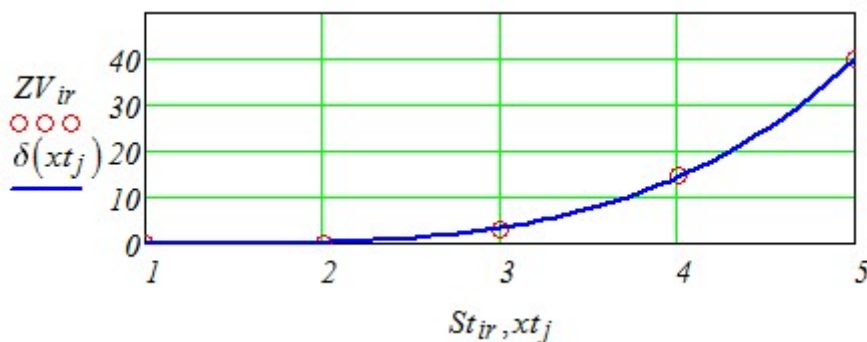


Рисунок 3 – Залежність величини зниження вантажопідйомності від стану елементу споруди

Тоді вектор параметрів для створення лінійної комбінації функцій (6) з умов найкращої апроксимації даних в методі найменших квадратів становитиме $S = |a \ b \ c| = |0 \ -0,161841 \ 0,096481|$ з похибкою апроксимації даних 0,159. Побудуємо графік апроксимувальної залежності між станом споруди та величиною зниження вантажопідйомності $ZV = f(St)$ у вигляді (6) (рис. 3) з нанесенням вихідних значень границь зниження вантажопідйомності експлуатаційних станів (5).

Наведена залежність може бути застосована для точного визначення стану споруди St у вигляді поточного раціонального значення на кривій $ZV = f(St)$ за величиною зниження вантажопідйомності після розрахунку значення ZV за результатами обстеження як

$$ZV = \left(1 - \frac{q_e}{p_e}\right) \cdot 100, \% \quad (7)$$

де q_e - граничне значення еквівалентного навантаження;

p_e - еквівалентне навантаження від нормативних тимчасових рухомих навантажень, що розглядаються.

3. Розрахунок залишкового ресурсу елементів конструкцій залізобетонних мостів з урахуванням дії навантажень високої інтенсивності

Визначимо залишковий ресурс прогонової будови мосту відносно характеристичних тимчасових рухомих навантажень 38 т та 44 т, що встановлюються на лінії впливу зусиль на прикладі прогонової будови мосту (рис. 4).

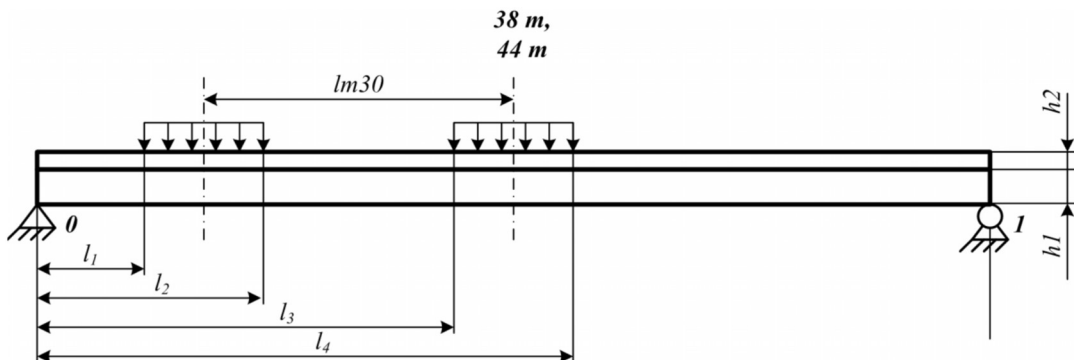


Рисунок 4 – Поздовжня схема завантаження прогону

Результатами розрахунків за методикою [9, 10] є несуча здатність перерізу (граничнодопустимий згинальний момент) Sgr , розрахунковий момент від відповідних рухомих навантажень Н30, Н38, Н44 ($SH30$, $SH38$, $SH44$), величини зниження вантажопідйомності ($ZV30$, $ZV38$, $ZV44$) та стан елементу споруди ($St30$, $St38$, $St44$).

Вочевидь, оскільки співвідношення між граничним значенням еквівалентного навантаження та еквівалентним навантаженням від нормативних тимчасових рухомих навантажень $\frac{q_e}{p_e}$ для бетонної складової залізобетонної конструкції (1), то при оцінюванні впливу циклічних навантажень його значення також можливо застосовувати як відносну

міцність зразка бетону на стиск ($rB30$, $rB38$, $rB44$). Тоді, застосовуючи обернені залежності міцності бетону (див. рис. 2) для кожного зі значень rB ми маємо отримати кількість циклів навантажень, які здатний витримати елемент споруди при дії розрахункових навантажень ($l30$, $l38$, $l44$).

Оскільки процес втрати міцності споруди є комплексним і багатофакторним, то отримані кількості циклів навантажень l до руйнування бетонної складової повинні бути зіставлені з діаграмою зміни надійності (ресурсу) елементів мосту за віком, що розраховується відповідно [1] як

$$Pb = 1 - 0,008333(\lambda t)^5 e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

де λ – параметр інтенсивності відмов, що встановлюється за результатами обстежень або випробувань мосту.

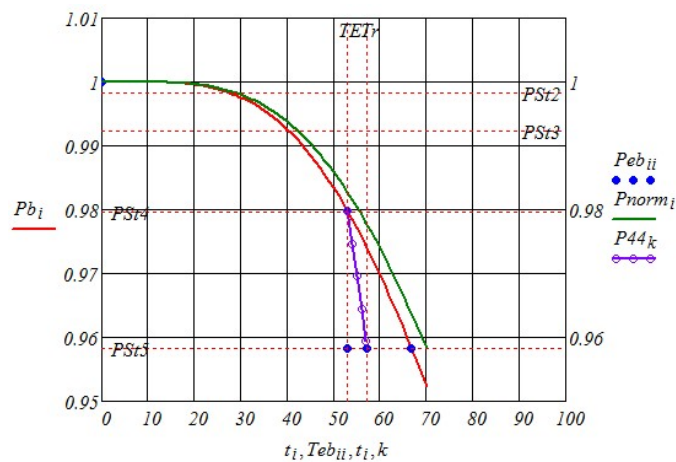


Рисунок 5 – Діаграма зміни ресурсу елементів залізобетонного мосту

В тому разі, коли час реалізації циклів навантаження від великовагових транспортних засобів ($l30$, $l38$, $l44$) згідно з їх інтенсивністю руху для відповідної категорії дороги

$$Ttz = \frac{l}{365 \cdot Ntz \cdot K_{vv}}, \quad (9)$$

де Ntz – інтенсивність руху транспортних засобів по розрахунковій смузі мосту, 1/доба;

K_{vv} – частка великовагових автомобілів в транспортному потоці, що перевищує розрахунковий ресурс елементів за віком експлуатації, то залишковий ресурс мосту слід визначати за значенням λ (рис. 5). Але в іншому разі залишковий ресурс мосту повинен бути уточнений шляхом урахування часу реалізації циклів навантаження від великовагових транспортних засобів Ttz . Так, на рис. 5 наведені результати розрахунку ресурсу мосту за нормативними умовами експлуатації P_{norm} , фактичними умовами експлуатації за результатами обстеження Pb та перехід в непрацездатний стан під дією навантажень від великовагових автомобілів, що рухаються в транспортному потоці, P_{44} .

Висновки

Шляхом теоретичних досліджень встановлено залежності для оцінювання впливу параметрів навантажень на циклічну міцність бетонної складової залізобетонних мостів. Розроблено методику уточнення залишкового ресурсу елементів конструкцій залізобетонних мостів шляхом урахуванням дії навантажень високої інтенсивності, яка може бути застосовано для оцінювання залишкового ресурсу мостів, яка знаходяться під дією великовагових транспортних засобів.

Література

1. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів
2. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон.– М.: Стройиздат, 1971. – 208 с.
3. Tepfers Rolejs, Kutti Thomas. Fatigue Strength of Plain, Ordinary and Lightweight Concrete //J. Amer. Concr. Inst., № 5, 1979. P. 635-652.
4. Мулин Н.М. Стержневая арматура железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1974. – 232 с.
5. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций /Под ред. А.А. Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с.
6. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям / А.С. Залесов, Э.Н. Кодыш, Л.Л. Лемыш, И.К. Никитин. – М.: Стройиздат, 1988. – 220 с.
7. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общийкурс: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.
8. Габрусенко В.В. К расчету железобетонных изгибаемых элементовна поперечную силу // Известия вузов. Строительство, 1994. – № 5,6. – С. 115-117.
9. Лившиц Я.Д., Онищенко М.М., Шкуратовский А.А. Примеры расчёта железобетонных мостов. – К.: Вища школа, 1986. – 263 с.
10. Експлуатація і реконструкція мостів / Страхова Н.Є., Голубев В.О., Ковальов П.М., Тодірика В.В. – Вид.2-е, випр.. – К.: ТАУ, 2002. – 408 с.