

ВПЛИВ ОСАДКИ ОПОР НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН МОСТОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ З УРАХУВАННЯМ ДЕФОРМАЦІЙ ПОВЗУЧОСТІ

*Д.т.н., професор Яременко О.Ф., аспірант Чучмай О.М.
Одеська державна академія будівництва і архітектури.*

В Україні до 65% автодорожніх мостів потребують реконструкції (підсилення та розширення). Одним із способів реконструкції є влаштування накладної плити з одночасним перетворенням розрізної системи прольотної будови в нерозрізну. Це обумовлює необхідність розрахунку конструкції на вимушені дії, зокрема на осадку опор.

Деформації зміщення (осадки) опор можуть розвиватися достатньо довго на протязі часу, який можна зрівняти з часом розвитку деформацій повзучості. Для оцінки впливу цих зміщень на напружений стан конструкції з урахуванням деформацій повзучості бетону необхідно знати закон, за яким змінюється в часі величина осадка опор.

Закон зміни в часі осадки опор конструкції можна прийняти в такому виді

$$\Delta_t = \Delta_k (1 - e^{-pt}) \quad (1)$$

де Δ_k – кінцева осадка або різниця осадок опор; Δ_t – осадка або різниця осадок опор в розглядає мий момент часу; t – час з моменту початку осадки; p – характеристика швидкості наростання осадок.

Швидкі осадки споруди можуть викликати в ній великі зусилля, але вони краще компенсуються повзучістю в початковий період роботи споруди. Більш повільні осадки викликають менші зусилля в конструкції, але вони менше компенсуються малою повзучістю в пізні строки з моменту початку роботи конструкції.

Всі осадки, які ми розглядаємо, з часом затухають, прямуючи до своєї кінцевої величини. Незатухаючі осадки не можна допускати, оскільки вони приведуть до пошкодження або руйнування конструкції.

Якщо в законі (1) прийняти $p = \infty$, то незалежно від часу t величина $\Delta_t = \Delta_k$, тобто осадка пройшла миттєво до своєї кінцевої величини. Відповідно, вираз (1) можна розглядати як загальний для миттєвої та довготривалої осадки [1].

Приклад розрахунку. Обчислимо згинальні моменти, викликані осадкою однієї із опор (3-ї) в нерозрізній залізобетонній рамі, яка представляє собою прольотну будову моста. Рама виконана з використанням бетону Б-40.

Розв'язок пружно-миттєвої задачі. Осадка розпочинається приблизно через рік після закінчення бетонування, тобто бетон може вважатися старим. Розвиток осадок в часі представлено залежністю

$$\Delta_t = 0.05(1 - e^{-0.013t}) \text{ м};$$

$$\Delta_k = 0.05 \text{ м}; p = 0.013 \text{ доба}^{-1}.$$

Характеристики деформативності бетону: початковий модуль пружності $E = 3.67 \cdot 10^7 \text{ кН/м}^2$, параметр швидкості повзучості $\gamma_1 = 0.006$, гранична характеристика повзучості $\varphi(\infty, \infty) = \varphi = 1.4$; характеристики поперечного перерізу: момент інерції ригеля – $I_p = 0.016 \text{ м}^4$; момент інерції стійки – $I_c = 0.020 \text{ м}^4$.

Вважається, що рама працює без тріщин. Вплив арматури на деформації не враховується. Рама розглядається як система із однорідних елементів.

Згинальний момент при повзучості підраховується по формулі [2]

$$M^*(t) = M(t)H_\beta(t, \tau_1),$$

де, $M(t)$ – згинальний момент пружно-миттєвої задачі, $H_\beta(t, \tau_1)$ – коефіцієнт затухання напруг внаслідок повзучості.

Вирішуючи пружно миттєву задачу, використаємо метод переміщень. Алгоритм розрахунку методом переміщень детально описаний в статті [3]. Осадка опори вводиться в розрахунок через грузовий вектор (рис.1.). Епюра згинальних моментів зображена на рис.2.

Розв'язок з урахуванням впливу повзучості. При заданих характеристиках деформативності бетону

$$r = \gamma_1(1 + \varphi) = 0.0144; \frac{\beta}{\gamma_1} = 2.166; 1 + \varphi = 2.4; 1 + \varphi - \frac{\beta}{\gamma_1} = 0.243$$

Коефіцієнт затухання напруг внаслідок повзучості визначаємо використовуючи наступну формулу [2]

$$H_\beta(t) = 1 - \frac{1.4}{1 - e^{-0.013t}} \left[\frac{1 - e^{-0.014t}}{2.4} - \frac{e^{-0.013t} - e^{-0.014t}}{0.234} \right] \quad (2)$$

В таблиці 1 $M^0(t)$ – згинальний момент викликаний осадкою опори в грузовій епюрі методу переміщень, $M^{0*}(t)$ – згинальний момент з врахуванням повзучості бетону, $H_\beta(t)$ – коефіцієнт затухання обчислений по формулі (2).

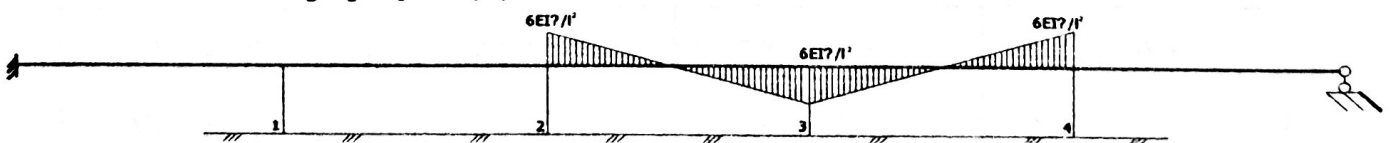


Рис.1. Грузова епюра згинальних моментів $M^0(t)$ при миттєвій осадці в основній системі методу переміщень.

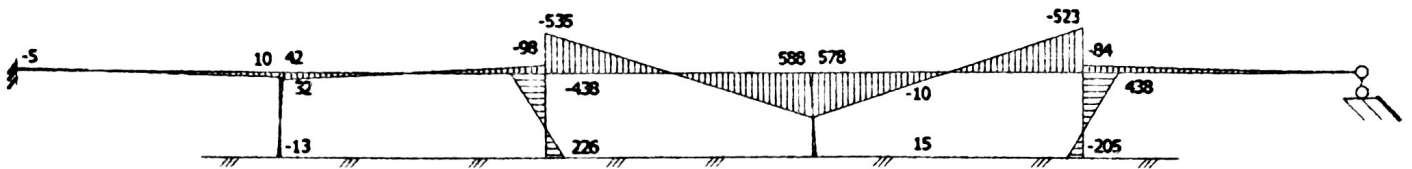


Рис.2. Епюра згинальних моментів при миттєвій осадці опори 3.

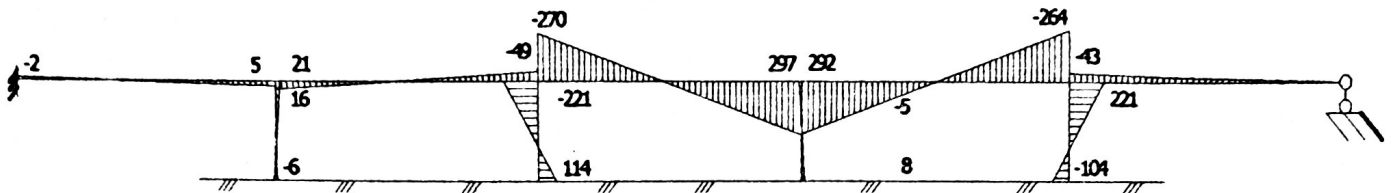


Рис.3. Епюра згинальних моментів при м'якому режимі осадки ($t=140$ діб).

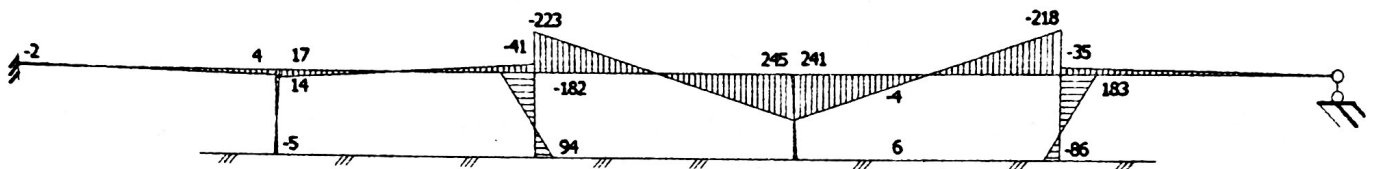


Рис.4. Епюра згинальних моментів при жорсткому та м'якому режимах осадки $t \rightarrow \infty$.

Таблиця.1.

t , діб	$M^0(t)$	$H\beta(t)$	$M0^*(t)$
20	145.667	0.919	133.835
40	257.983	0.848	218.726
60	344.585	0.785	270.459
80	411.359	0.729	300.059
100	462.846	0.681	315.168
120	502.545	0.639	321.034
140	533.155	0.603	321.221
180	574.955	0.545	313.980
∞	636.241	0.417	265.106

На рисунках 3 та 4 приведені епюри згинальних моментів в різні моменти часу. Під м'яким режимом розуміємо деформації осадки, які розвиваються поступово паралельно з деформаціями повзучості. Жорсткий режим – миттєвий розвиток осадки опор.

Приведені вище данні показують, що згинальні моменти не досягають своїх максимальних значень (пружно миттєва задача), максимальні згинальні моменти виникають в момент часу $t=140$ діб. Це пов'язано з розвитком деформацій повзучості.

У випадку миттєвої осадки опори № 3 (жорсткий режим навантаження) найбільші згинальні моменти виникають в ригелі $M_{\max}=588$ кН*м., рис.2. При $t \rightarrow \infty$ згинальні моменти з врахуванням повзучості при миттєвій та повільній осадці – однакові, рис.4. $M_{\max}=245$ кН*м. При повільній осадці (м'який режим навантаження) $M_{\max}=297$ кН*м., рис.3..

Висновки.

Зусилля, що виникають в конструкції внаслідок осадки опор, в значній мірі залежать від відношення характеристик швидкості наростання осадки опор і швидкості деформацій повзучості β . Якщо $\rho \leq \gamma_1$, то найбільші зусилля в конструкції від осадки опори виникають після повного закінчення цієї осадки; тому, в таких випадках розрахунок можна вести для моменту часу $t \rightarrow \infty$. Якщо $\rho > \gamma_1$, то найбільші зусилля можуть виникнути раніше, в перший період виникнення осадок, а в подальшому вони зменшуються внаслідок повзучості

Розрахункові зусилля, які визначені в умовах поступового збільшення осадки з врахуванням повзучості бетону складають 50 % від пружно-миттєвих.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гибшман М.Е. Теория и расчет предварительно напряженных железобетонных мостов с учетом длительных деформаций. – Москва : «Транспорт», 1966. – 336 с.
2. Прокопович И.Е. Основы прикладной линейной теории ползучести. – Киев: «Вища школа», 1978. – 144 с.
3. Яременко А.Ф., Чучмай А.М. Расчет системы «рама-свая-грунт» при тепловых воздействиях. Рівне: – Зб.: Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, вип. 16., ч.1.- 2008. с. 299 – 304.