

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО НАПРУЖЕННЯ ЗАТЯЖКИ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМАЦІЙНИЙ СТАН ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ДВОШАРНІРНОЇ АРКИ

© Бабич Є.М., Кислюк Д.Я., Дробішинець С.Я., 2010

Наведено результати дослідження роботи арок у різних режимах одноразового та малоциклового навантаження з натягом затяжки. Встановлено, що при попередньому натягу затяжки зменшується прогин та покращується жорсткість.

Ключові слова: арка, попереднє напруження, розпір, затяжка.

The of results of research of work of archs are at the different modes of the permanent and the repeated loadings stress with prestressing of efforts. It of is set that at previous loadings of efforts the eventual sagging is diminishes and improves inflexibility.

Keywords: arch, prestressing, efforts, thrust.

Вступ. В процесі експлуатації арки в складі перекриттів у промислових і цивільних будівлях, а також в спорудах, можуть піддаватись малоцикловим (повторним) навантаженням, а інколи і перевантаженням, які можуть істотно вплинути на напружено-деформований стан перерізів арки і затяжки. У двошарнірних арках може відбуватися перерозподіл зусиль у верхньому поясі і затяжці, який може впливати на їх міцність і жорсткість. Вплив повторних навантажень та можливий перерозподіл зусиль при розрахунках арок чинні нормативні документи не розглядають. Також не розроблено методики розрахунку арок з перерозподілу зусиль у верхньому поясі і затяжці.

Зважаючи на це, необхідно дослідити особливості експериментальних досліджень дійсної роботи залізобетонних арок як при одноразовому монотонному навантаженні до руйнування, так і при дії повторних навантажень з регулюванням і без регулювання зусиль та порівняти їх з розрахунковими результатами.

На основі досліджень у будівельній лабораторії ЛНТУ дійсної роботи двошарнірної залізобетонної арки із затяжкою при дії повторного навантаження було вирішено детальніше дослідити вплив попереднього натягу затяжки на зусилля, які виникають в арці. Було випробувано залізобетонні двошарнірні арки, які мали загальну довжину 2160 мм зі стрілою підйому 40 см та поперечний переріз 100×140 мм (рис. 1) [1, 2].

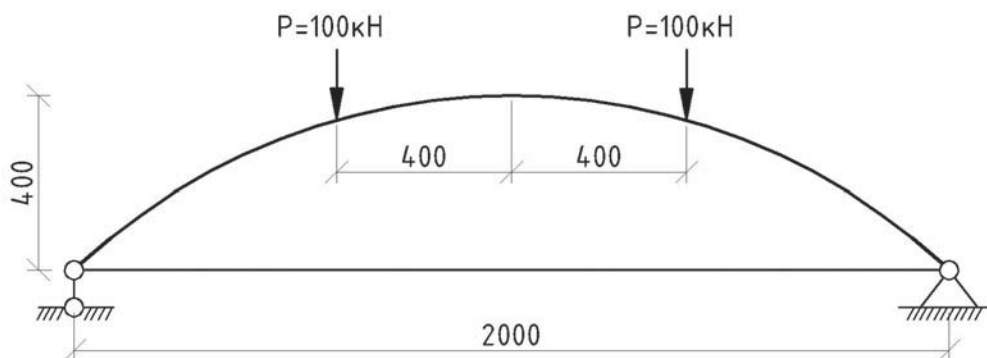


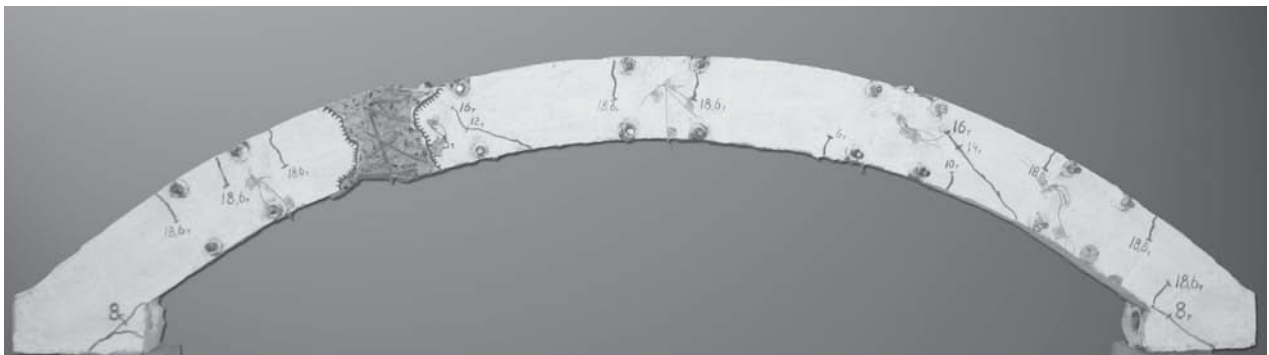
Рис. 1. Розрахункова схема арки

Робота арок вивчається в гідравлічному пресі, обладнаному спеціальними траверсами. Арки випробовувалися як вільно оперті з розрахунковим прольотом $l=200$ см. Навантаження прикладалося у вигляді зосереджених сил на відстані 40 см від осі симетрії арки через траверсу гідравлічним пресом [1, 2].

Результати експериментальних досліджень. Арка 2А-1 випробовувалась одноразовим монотонним навантаженням до руйнування, яке було наслідком роздроблення бетону на ділянці прикладання навантаження, і дорівнювало $P_u = 106,0$ кН. Арка 2А-2 також випробовувалась одноразовим навантаженням до руйнування, однак, на відміну від першої, в роботі арки використано попереднє напруження затяжки. Значення додаткового зусилля визначали за допомогою розрахунку із урахуванням перерозподілу зусиль, яке становило $\Delta H = 8$ кН. Руйнівне навантаження в арці 2А-2 дорівнювало $P_u = 98,0$ кН. Арки 2А-3 і 2А-4 піддавали десятикратному малоцикловому навантаженню, також з попереднім напруженням затяжки. Арки руйнувалися в зоні дії максимального згинального моменту внаслідок роздроблення та зрізу стиснутого бетону (рис. 2) [3].



Арка 2А-1



Арка 2А-2

Рис. 2. Характер руйнування арок другої серії

З метою порівняння результатів дійсної роботи арок виконано числовий експеримент за допомогою програмного комплексу Ліра 9.0. Моделювання арки виконано на підставі дійсних характеристик матеріалів, у розрахунках враховуються закони нелінійного деформування матеріалів, а навантаження та результати обчислень відповідають кожному ступеню навантаження експериментального дослідження.

Теоретичне значення зусилля в арці визначено за формулами, наведеними в роботі [4]. За прийнятої схеми навантаження зусилля в затяжці дорівнює $H_{th} = 1,41P$, при коефіцієнті податливості затяжки $k_{th} = 0,928$. Якщо прийняти, що затяжка абсолютно жорстка, то зусилля в ній дорівнюватиме $H_r = 1,52P$. При визначенні розпору за ПК Ліра 9.0. коефіцієнт податливості змінюється від $k_{ліра} = 0,891$ до $k_{ліра} = 0,916$ [5]. Для навантаження $P = 100,0$ кН зусилля в затяжці $H_{ліра} = 142,6$ кН (рис. 3).

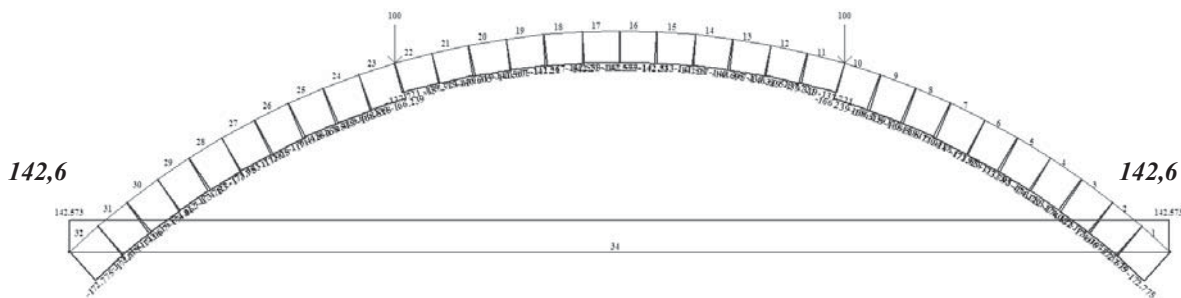


Рис. 3. Розрахунок лінійної арки, подовжні зусилля у зтяжці без попереднього напруження

Для відтворення напружено-деформівного стану арки в програмному комплексі Ліра було змодельовано 2D експериментальну арку та виконано розрахунок з впливом нелінійного деформування.

Експериментальна арка розділена на 14 пластинок 1 см 1 см з шириною 10 см, що відповідає поперечному перерізу. Пластинкам надавались характеристики деформування бетону, а тим пластинкам, в арці яких містилась поздовжня арматура, задається процент армування, який дорівнює кількості арматури. Навантаження прикладалось ступенями по 10 кН до 100 кН (рис. 4).

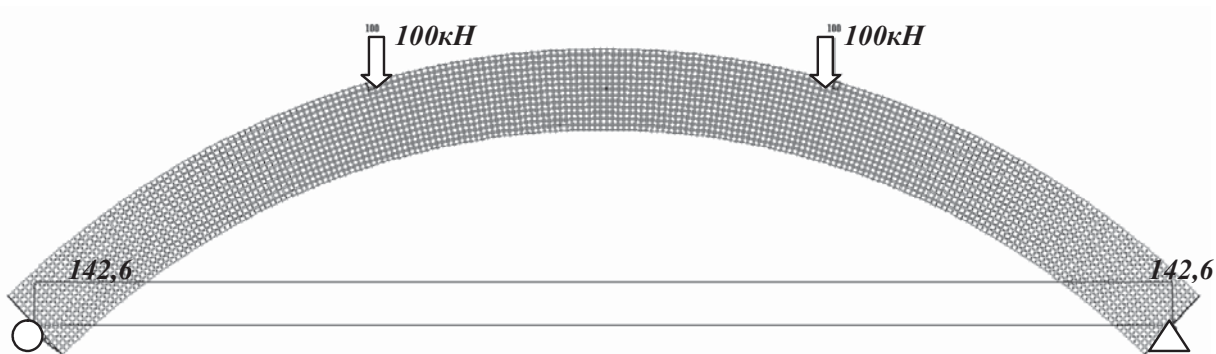


Рис. 4. Розрахунок 2D арки, подовжні зусилля у зтяжці без попереднього напруження

При розрахунку без напруження зтяжки було визначено зусилля $H_1 = 142,6$ кН (рис. 3, 4) яке сприймає зтяжка при навантаженні $P = 100,0$ кН, і для подальших розрахунків умовно замінюємо зтяжку на силу H_1 і додаємо до неї значення попереднього натягу 4, 8, та 12 кН. В результаті було змодельовано чотири завантаження з прикладеною силою в лівому вузлі відповідно 142,6 кН, 146,6 кН, 150,6 кН, та 154,6 кН. Результати обчислень для лінійної задачі див. табл. 1.

Таблиця 1

Результати обчислень лінійної задачі

№ з/п	ΔH кН	H кН	Δ_0 мм	Δ мм	f_0 мм	f мм	M_0 кН/м	N_0 кН	Q_0 кН	M кН/м	N кН	Q кН
1	0,0	142,6	0,0	-4,6	0,0	-5,6	0,0	0,0	0,0	10,5	-166,3	-51,8
2	4,0	146,6	1,47	-2,3	1,4	-3,5	-1,3	-3,8	1,2	9,13	-170,1	-50,65
3	8,0	150,6	3,83	-0,3	3,8	-1,7	-2,7	-7,6	2,4	7,77	-173,9	-49,44
4	12,0	154,6	6,75	1,5	6,8	-0,2	-4,1	-11,0	3,6	6,4	-177,7	-48,22

З отриманих результатів видно, що максимальний згинальний момент при попередньому напруженні зтяжки в 4кН зменшився на 12,3 %, при 8 кН на 24,9 %, і при 12 кН на 37,5 % від початкового значення. Значно зменшуються прогини арки за незначного збільшення поздовжньої сили N .

При розрахунку 2D експериментальної арки отримали такі результати (див. табл. 2) та ізополя напружень (рис. 5, 6).

Результати обчислень об'ємної задачі

№ з/п	ΔH кН	H кН	Δ_0 мм	Δ мм	f_0 мм	F мм
1	0,0	142,6	0,0	-4,8	0,0	-5,54
2	4,0	146,6	1,2	-2,3	1,03	-3,4
3	8,0	150,6	2,52	-0,1	2,17	-1,7
4	12,0	154,6	3,97	1,8	3,43	-0,28

Як видно з табл. 1, 2, результати розрахунку при однакових завантаженнях мають невелику розбіжність. Це дає можливість вважати, що арки однорідні.

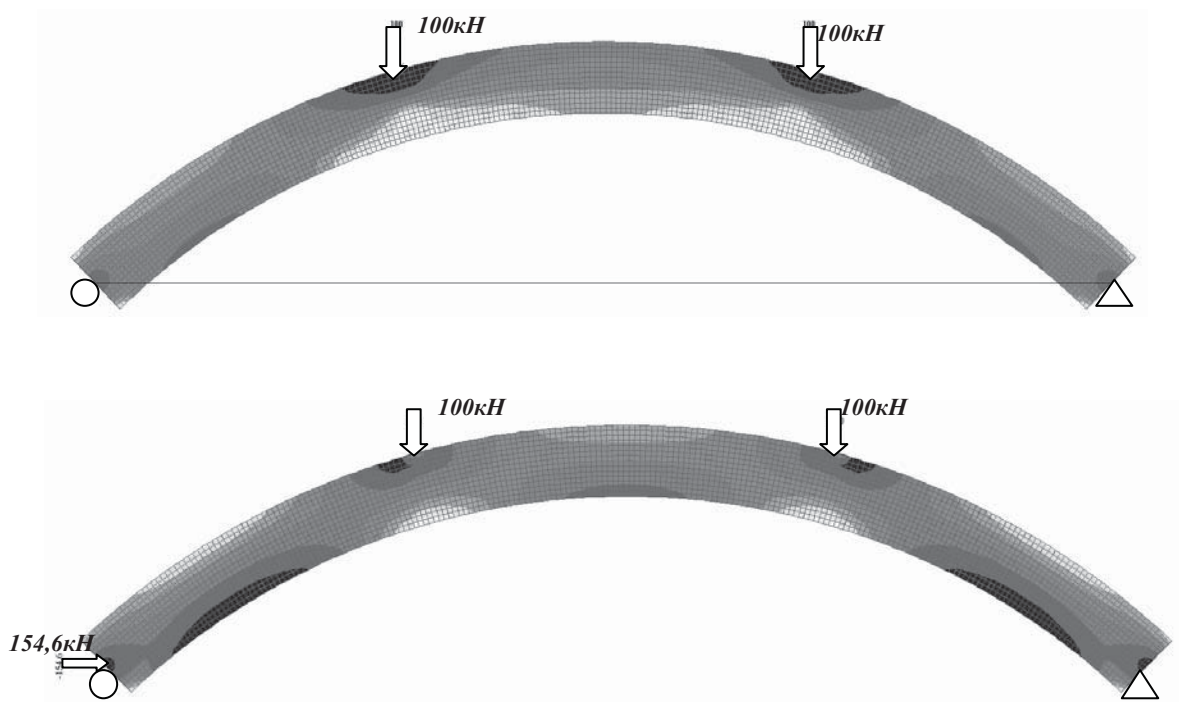


Рис. 5. Ізополя напружень N_x : а – із зтяжкою; б – з попереднім натягом 12 кН

За отриманими результатами експерименту та результатами розрахунку в ПК Ліра 9.0 побудовано діаграми напруження стиснутої зони перерізів арки.

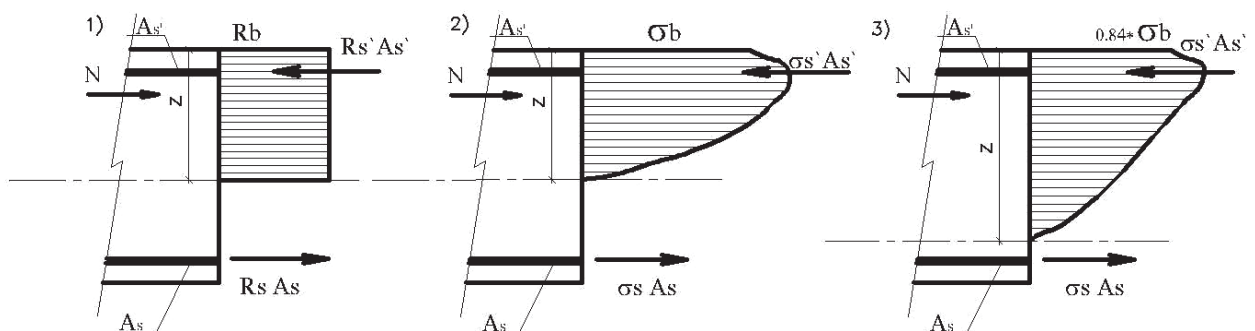


Рис. 6. Діаграми напружень стиснутої зони: 1 – СНиП 2.03.01-84; 2 – без попереднього напруження; 3 – з попереднім натягом 12 кН

З отриманих результатів видно, що в різних випадках різна висота стиснутої зони. За СНиП 2.03.01-84 $z = 80$ мм за розрахунком ПК Ліра без попереднього напруження $z = 79$ мм за розрахунком ПК Ліра з попереднім натягом 12кН. $z = 118$ мм. Крива напружень, побудована за СНиП 2.03.01-84, є прямокутною, вона не враховує зміни напружень по висоті стиснутої зони, якщо $R_b \approx \sigma_b$. Для арки з попереднім натягом висота стиснутої зони z збільшується, а σ_b зменшується на 16 %.

Висновок. Результати, отримані в ПК Ліра 9.0, наближено збігаються з експериментальними результатами за сталої жорсткості та рівномірних деформації елемента. Розрахунки лінійної схеми арки майже збігаються з розрахунками в 2D моделі. Дослідження показало, що порівняно невелике попереднє напруження затяжки призводить до значного збільшення несучої здатності конструкції і відповідно до зменшення прогинів і ширини розкриття тріщин. Попереднє напруження затяжки впливає на напружено-деформівний стан розрахункових перерізів арки, зменшуються напруження стиснутого бетону, але збільшується його висота.

1. Кислюк Д.Я. Методика експериментальних досліджень роботи двошарнірних залізобетонних арок при повторних навантаженнях // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць*. – Рівне: Видавництво Національного університету водного господарства та природокористування, 2005. – Випуск 12. – С. 169 – 174 2. Бабич Є.М., Кислюк Д.Я. Дослідження роботи двошарнірних залізобетонних арок при короткочасному повторному навантаженні // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Випуск 16*. – Рівне: НУВГП, 2008. 3. Кислюк Д.Я. Дослідження прогинів двошарнірних залізобетонних арок з регулюванням зусиль в затяжці при дії повторних навантажень // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. – Випуск 18. – Рівне: НУВГП, 2009. 4. Мурашев В.И., Сигалов Э.Е., Байков В.Н. Железобетонные конструкции. – М.: Госстройиздат, 1962. – 659 с. 5. Кислюк Д.Я. Порівняння дійсної роботи двошарнірних з/б арок з теоретичними значеннями та нелінійним розрахунком в ПК Ліра 9.0 // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. – Випуск 19. – Рівне: НУВГП, 2009.