

УДК 624.012.25:539.431

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМАЦІЙНИЙ СТАН ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ДВОХШАРНІРНОЇ АРКИ ІЗ ВПЛИВОМ ПОПЕРЕДЬОГО НАПРУЖЕННЯ ЗАТЯЖКИ

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ДВУХШАРНИРНОЙ АРКИ С ВЛИЯНИЕМ ПРЕДЫДУЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ЗАТЯЖКИ

THE TENSELY DEFORMATION STATE OF REINFORCED-CONCRETE TWOJOINT ARCH IS WITH INFLUENCE OF PREVIOUS TENSION

Кислюк Д.Я. к.т.н., (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Кислюк Д.Я. к.т.н., (Луцкий национальный технический университет, г. Луцк)

Kyslyuk D.Ya. candidate of technical sciences, (Lutsk National Technical University, Lutsk)

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

Приведены результаты исследования работы арок при разных режимах одноразовой и малоцикловой нагрузки с натягом затяжки. Установлено, что при предыдущем натяге затяжки уменьшается прогиб и улучшает жесткость.

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.

Ключові слова:

Залізобетон, арка, попередне напруження.

Железобетон, арка, предварительное напряжение.

Reinforced-concrete , arch, preliminary tension bearing ability.

Стан питання. 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 суттєво вплинути на напружено-деформований стан перерізів арки і затяжки. В двохшарнірних 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 чинними нормативними документами не розглядаються. Також не розроблено методики розрахунку арок з перерозподілу зусиль у верхньому поясі і затяжці.

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

На основі досліджень в будівельній лабораторії ЛуцькогоНТУ дійсної роботи двохшарнірної 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 двохшарнірні арки, які мали загальну довжину 2160 мм зі стрілою підйому 40 см та поперечний переріз 100×140 мм (рис. 1) [1,2].

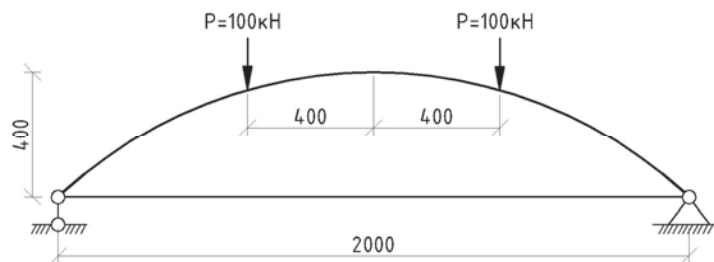


Рис.1. Розрахункова схема арки

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

Результати експериментальних досліджень. Арка 2А-1 випробувалась одноразовим монотонним навантаженням до руйнування, яке відбулося внаслідок роздроблення бетону на ділянці прикладання навантаження, рівного склала $F_u = 106,5$ кН. Арка 2А-2 також випробувалась одноразовим навантаженням до руйнування, однак на відміну від першої в роботу арки включали попереднє напруження затяжки.

Значення додаткового зусилля визначали за допомогою розрахунку із врахуванням перерозподілу зусиль, яке становило $\Delta H = 8$ кН. Руйнівне навантаження в арці 2А-2 склало $F_u = 98,0$ кН. Арки 2А-3 і 2А-4 піддавали десятикратному мало цикловому навантаженню, також з попереднім напруженням зтяжки. Для арки 2А-3 руйнівне навантаження склало $F_u = 100,8$ кН, а для арки 2А-4 – $F_u = 109,5$ кН. Арки руйнувалися в зоні дії максимального згинального моменту внаслідок роздроблення та зрізу стиснутого бетону (рис. 2) [3].

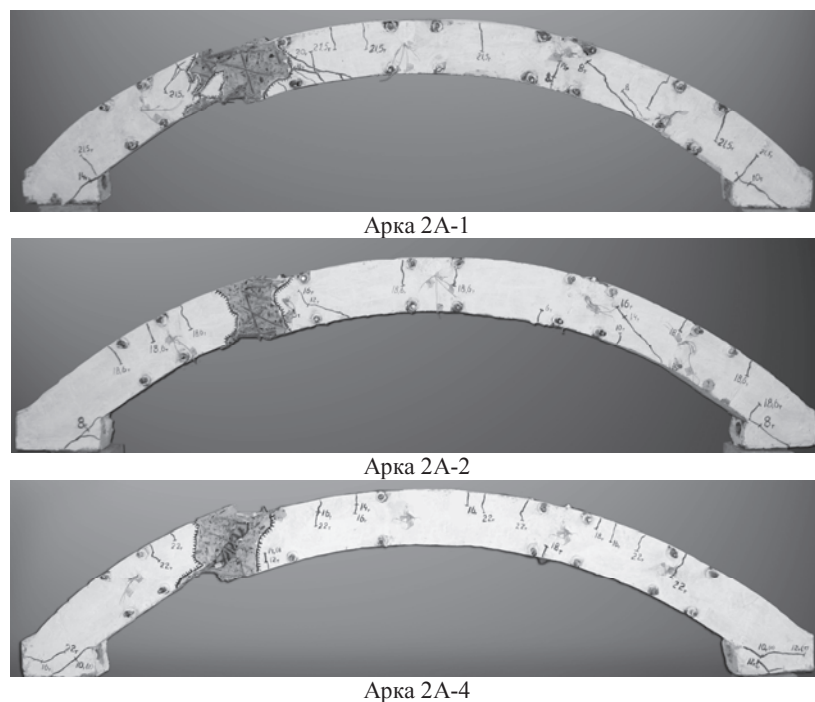


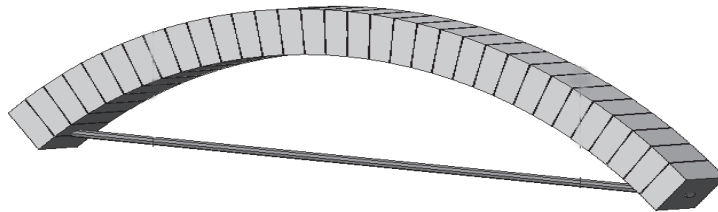
Рис. 2. Характер руйнування арок другої серії

За допомогою розрахунку в ПК ЛИРА ставиться за мету змодельовати роботу двохшарнірних залізобетонних арок та визначити числові значення зусиль, що виникають у перерізах арки та порівняти з результати дійсної роботи арок.

Було змодельовано дві арки. Перша 1D арка задається, як криволінійний стержень з поперечним перерізом 100×140 мм. Друга 2D арка розділена по висоті на 14 пластинок 10×10 мм та шириною 100 мм, що відповідає поперечному перерізу арки (рис. 3). Скінченим елементам арки задавалися механічні характеристики, що відповідають реальним властивостям матеріалів з яких виготовлялася дослідна арка. Навантаження прикладалось

ступенями по 10 кН до 100 кН. Аналіз результатів двох нелінійних задач показує добру збіжність 99,8 % [4].

а)



б)

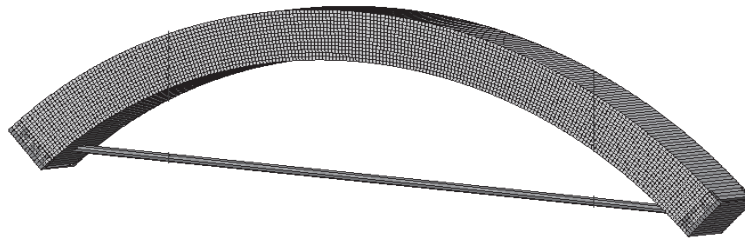


Рис. 3. Розрахункова модель арки в ПК «ЛИРА»: а) – лінійної 1D задачі; б) – 2D задачі

Для відтворення напружено-деформованого стану арки 2А-2, яка випробовувалась одноразовим навантаженням до руйнування, з попереднім напруженням зтяжки, та арок 2А-3, 2А-4, що піддавались повторним навантаженням, було змодельовані дві задачі в ПК ЛИРА.

Для моделювання попереднього натягу виконувався розрахунок докової задачі, де визначали переміщення шарнірно-рухомої опори від попереднього натягу (рис. 4).

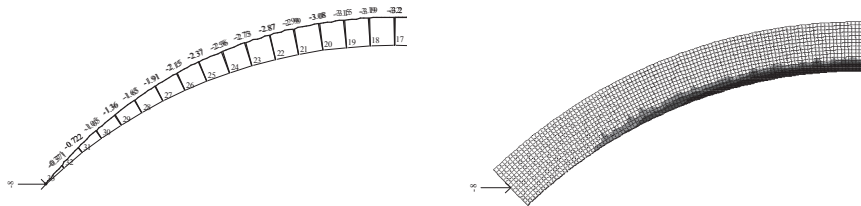


Рис. 4. Додаткова задача

В основній задачі напруження в зтяжці задавали шляхом переміщення правого вузла зтяжки на шарнірно нерухомій опорі (рис. 5). В таблицях представлено результати розрахунків при монотонному та після дії повторних навантажень.

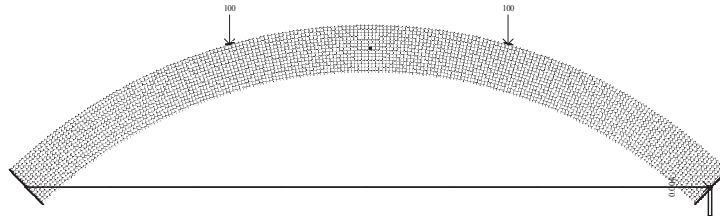


Рис. 5. Розрахункова модель арки з натягом 8 кН

Таблиця 1

Деформації змодельованої арки

№ n/n	ΔH кН	H кН	Δ_0 мм	$\Delta_{мм}$		f_0 мм	$f_{мм}$	
				1	2		1	2
1	0,0	142,6	0,0	4,58	5,79	0,0	5,31	6,49
2	4,0	146,6	-1,45	3,17	4,39	-1,42	3,5	5,15
3	8,0	150,6	-3,64	1,12	2,34	-3,65	2,16	3,29
4	12,0	154,6	-6,34	1,41	0,16	-6,44	0,49	1,54

З отриманих результатів видно, що максимальний згинальний момент, при попередньому напруженні затяжки на 4кН зменшився на 6,1 %, при 8кН на 16,8 %, і при 12 кН на 31,3 % після врахування дії повторних навантажень. Аналізуючи результати обчислень, можна виділити, що зменшуються прогини арки, відбувається зменшення розтягнутої зони, але збільшується значення поздовжньої сили N . За рахунок попереднього натягу зменшилось значення згинальних моментів M , а дія повторних навантажень зменшила повздовжню силу N , що збігається з експериментальними даними (див. табл. 2).

Таблиця 2

Значення зусиль

№ n/ n	ΔH кН	M_0 кНм	N_0 кН	Q_0 кН	M кНм		N кН		Q кН	
					1	2	1	2	1	2
1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	11,2	-164,0	-166	-51,8	-51,8
2	4,0	-1,3	-3,8	1,2	9,13	10,52	-170,1	-166,2	-50,65	-51,87
3	8,0	-2,7	-7,6	2,4	7,77	9,31	-173,9	-169,4	-49,44	-50,28
4	12,0	-4,1	-11,0	3,6	6,4	7,69	-177,7	-175,0	-48,22	-49,37

З розрахунків виконаних в ПК ЛИРА побудовано діаграми розподілу напруження по висоті перерізу арки при різних рівнях попереднього натягу. Також накладені діаграми напружень визначенні з експериментальних даних.

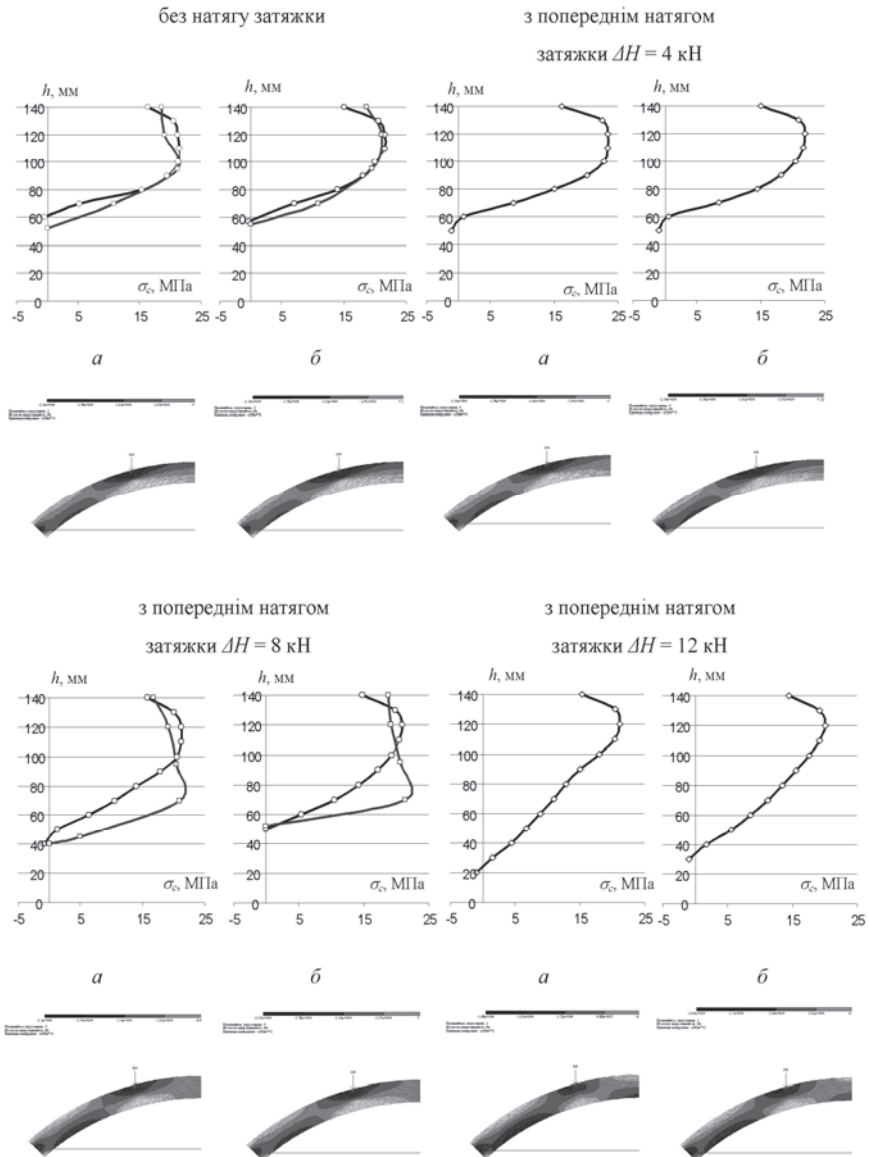


Рис. 6. Діаграми розподілу напруження по висоті перерізу арки та ізополя напружень: *a* – при монотонному навантаженні; *б* – після повторних навантаженнь

Показані ізополя напружень M_x при різних рівнях попереднього натягу при монотонному та з врахуванням впливу повторних навантажень. При попередньому натягу зтяжки зменшується стиснута та розтягувальна зона та збільшується висота стиснутої зони.

З отриманих результатів видно, що в різних випадках різна висота стиснутої зони. За ДБН В.2.6-98 $x = 72$ мм за розрахунком ПК ЛИРА без попереднього напруження $x = 80$ мм, за розрахунком ПК ЛИРА з попереднім натягом 4 кН. $x = 85$ мм, 8 кН. $x = 99$ мм, 12 кН. $x = 118$ мм та при 4 кН. $x = 80$ мм, 8 кН. $x = 90$ мм, 12 кН. $x = 103$ мм після повторних навантажень. В експериментальних арках другої серії з попереднім натягом зтяжки 8 кН висота стиснутої зони $x = 103$ мм в арці 2А-2 та $x = 95$ мм після повторних навантажень в арках 2А-3 і 2А-4. Зона розтягу в місці дії максимального згинального моменту при напруженні зтяжки на 4, 8, 12 кН відповідно зменшується на 20,5%; 44%; 70%. Після дії повторних навантажень розтягнута зона збільшується, але менша від початкового стану на 5,7%, 29% та 58%. Для арок з попереднім напруженням висота стиснутої зони x збільшується, а σ_c частково зменшується, але після повторних навантажень відповідає розрахунковому значенню.

Висновок: Результати отримані в ПК ЛИРА 9.4. наближено співпали з експериментальними результатами при сталій жорсткості та рівномірних деформаціях елемента. Дослідження показало, що відносно невелике попереднє напруження зтяжки призводить до значного збільшення несучої здатності конструкції і відповідно до зменшення прогинів і ширини розкриття тріщин. Попереднє напруження зтяжки впливає на напружено-деформівний стан розрахункових перерізів арки, зменшуються напруження стиснутого бетону, але збільшується його висота.

1. Кислюк Д.Я. Методика експериментальних досліджень роботи двохшарнірних залізобетонних арок при повторних навантаженнях. // Кислюк Д.Я. / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Випуск 12 - Рівне: НУВГП, 2005р. - С. 169 – 174. 2. Бабич Є.М. „Дослідження роботи двохшарнірних залізобетонних арок при короткочасному повторному навантаженні”// Бабич Є.М., Кислюк Д.Я. / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди Збірник наукових праць Випуск 16 - Рівне: НУВГП, 2008р. – С. 40 – 47. 3. Кислюк Д.Я. „Дослідження прогинів двохшарнірних залізобетонних арок з регулюванням зусиль в зтяжці при дії повторних навантажень”// Кислюк Д.Я. / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди Збірник наукових праць Випуск 18 - Рівне : НУВГП, 2009р. – С. 215 – 220. 4. Кислюк Д.Я. „Порівняння дійсної роботи двохшарнірних з/б арок з теоретичними значеннями та нелінійним розрахунком в ПК Ліра 9.0”. // Кислюк Д.Я. / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди Збірник наукових праць Випуск 19 - Рівне : НУВГП, 2009р. – С. 171 – 177.