

## ДЕФОРМАЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АРОК ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ ЗАВАНТАЖЕННЯ

© Н.В.Пушкар, Сабір Юсіф Бакір

**Розглядається вплив положення зосередженої сили (у середині прольоту та з ексцентриситетом) на деформації залізобетонних арок, завантажених одноразовим короткочасним навантаженням.**

**Ключові слова:** залізобетонна арка, деформування, прогин.

**The influence of the concentrated force position (in the middle of the span and eccentricity) on the deformation of reinforced concrete arches loaded single short-term load is represented.**

**Keywords:** reinforced concrete arch, deformation, deflection.

Залізобетонні арочні конструкції завдяки високим механічним показникам, а також архітектурній привабливості знайшли широке застосування в промисловому, цивільному будівництві, різних спеціальних спорудах [1,2]. Залізобетонні арки виготовляються переважно збірними, вони бувають двох-, трьохшарнірними і безшарнірними. Найбільш поширені двохшарнірні арки; трьохшарнірні використовуються при великих прольотах, в них все аналогічно до двохшарнірних, однак ключовий шарнір ускладнює конструкцію самих арок і покриття; безшарнірні – найлегші, в них найбільш сприятливо відбувається розподіл згинальних моментів, проте вони найбільш чутливі до осідань, тому вимагають улаштування потужних опор для сприйняття розпору, їх також потрібно розраховувати на вплив температур, тому в покриттях вони застосовуються рідко. Суцільні двохшарнірні арки можна виготовляти і на заводах залізобетонних конструкцій, і безпосередньо на будівельних майданчиках, що визначається низкою факторів: розмірами конструкції, можливістю транспортування, їх кількістю і т.д. [3,4].

Статично невизначені двохшарнірні арки мають суттєві переваги перед трьохшарнірними: менші витрати матеріалів, більш просте армування перерізів, підвищена жорсткість, більш простий монтаж. У порівнянні з безшарнірними в двохшарнірних арках більш проста конструкція опорних вузлів, виникають менші додаткові внутрішні зусилля в перетинах при зміщенні опор (тому вони легко деформуються внаслідок вільного повороту в шарнірах), а в арках із затяжками вони взагалі не виникають [5].

На двохшарнірні залізобетонні арки, як і на інші будівельні конструкції, діє ряд зовнішніх навантажень, що виникають в процесі зведення, експлуатації споруд, а також при виготовленні, зберіганні та транспортуванні будівельних конструкцій згідно з [6].

Відомо, що характер прикладання навантаження на залізобетонні елементи істотно впливає на їх тріщиноутворення, деформації, прогини та несучу здатність. З метою дослідження впливу положення зосередженої сили, що прикладається, на роботу моделей залізобетонних арок були виготовлені три зразки з важкого бетону з постійним по довжині прямокутним перерізом  $b \times h = 5 \times 7$  см, прольотом  $L = 210$  см, стрілою підйому  $f = 42$  см. Розміри арок підібрані з урахуванням пропорцій, що рекомендуються в літературі [3]. Склад бетону на  $1 \text{ м}^3$ : щебінь – 1200 кг, пісок – 600

кг, цемент – 320 кг, вода – 160 л. Для виготовлення бетону в якості крупного заповнювача застосовувався гранітний щебінь з фракцією зерен 5...10 мм, в якості дрібного заповнювача – річковий пісок з модулем крупності 1,8 і цемент марки 400 Одеського цементного заводу.

Підготовлена до випробування арка встановлювалась на нижню плиту преса на спеціально виготовлений стенд з двома шарнірно-рухомими опорами. Передача навантаження здійснювалась через розподільну траверсу, розташовану по геометричному центру арки, яка спиралась на шарнірно-рухому і шарнірно-нерухому опори, встановлені через металеві пуансони на верхній грані арки (рис.1).

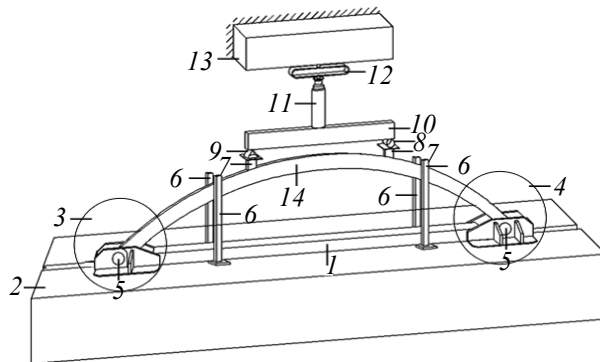


Рис.1. Стенд для випробування моделей залізобетонних арок:

- 1 - база, 2 - станина існуючого преса; 3 - лівий рухомий опорний вузол; 4 - правий нерухомий опорний вузол;  
 5 - циліндричні опорні осі; 6 - вертикальні стійки; 7 - металеві пуансони; 8 - шарнірно-рухома опора;  
 9 - шарнірно-нерухома опора; 10 - розподільна траверса; 11 - гідравлічний домкрат;  
 12 - п'ятитонний динамометр; 13 - плита існуючого преса; 14 - модель залізобетонної арки.

Величина навантаження контролювалася по п'ятитонному динамометру, завантаження проводилось гідравлічним домкратом ступенями по 2 кН, з витримкою на кожному ступені 5 хвилин. Для вимірювання деформацій арок в процесі завантаження на неї в семи точках по довжині були встановлені індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм (рис.2), показання індикаторів знімалися на кожному ступені двічі – одразу після подачі навантаження та після витримки під навантаженням. Окрім цього протягом всього експерименту велося спостереження за появою та розвитком тріщин. За руйнівне приймалася максимальне навантаження, після досягнення якого спостерігалось його різке зниження, а у зразку, при цьому, відбувався розрив арматури та роздроблення бетону в критичних тріщинах.

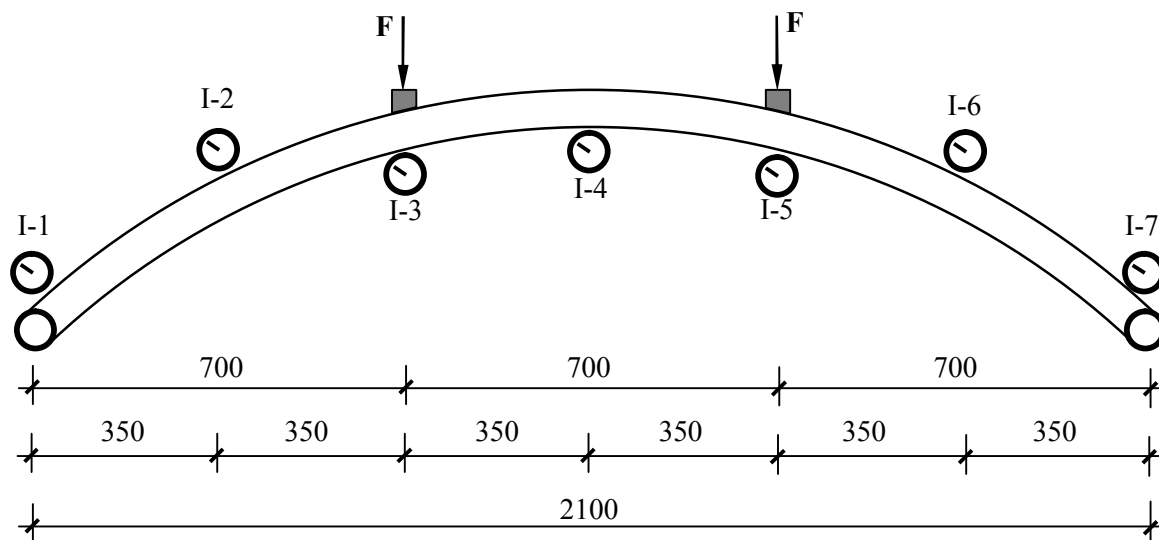


Рис.2. Схема установки індикаторів на арках.

Розглянемо арки: А-1 з навантаженням, прикладеним з ексцентриситетом  $1/4l_0$  (рис.3,б); А-2 з навантаженням, прикладеним з ексцентриситетом  $1/3l_0$  (рис.3,в); А-3 з навантаженням, прикладеним по центру ( $1/2l_0$ ) (рис.3,а).

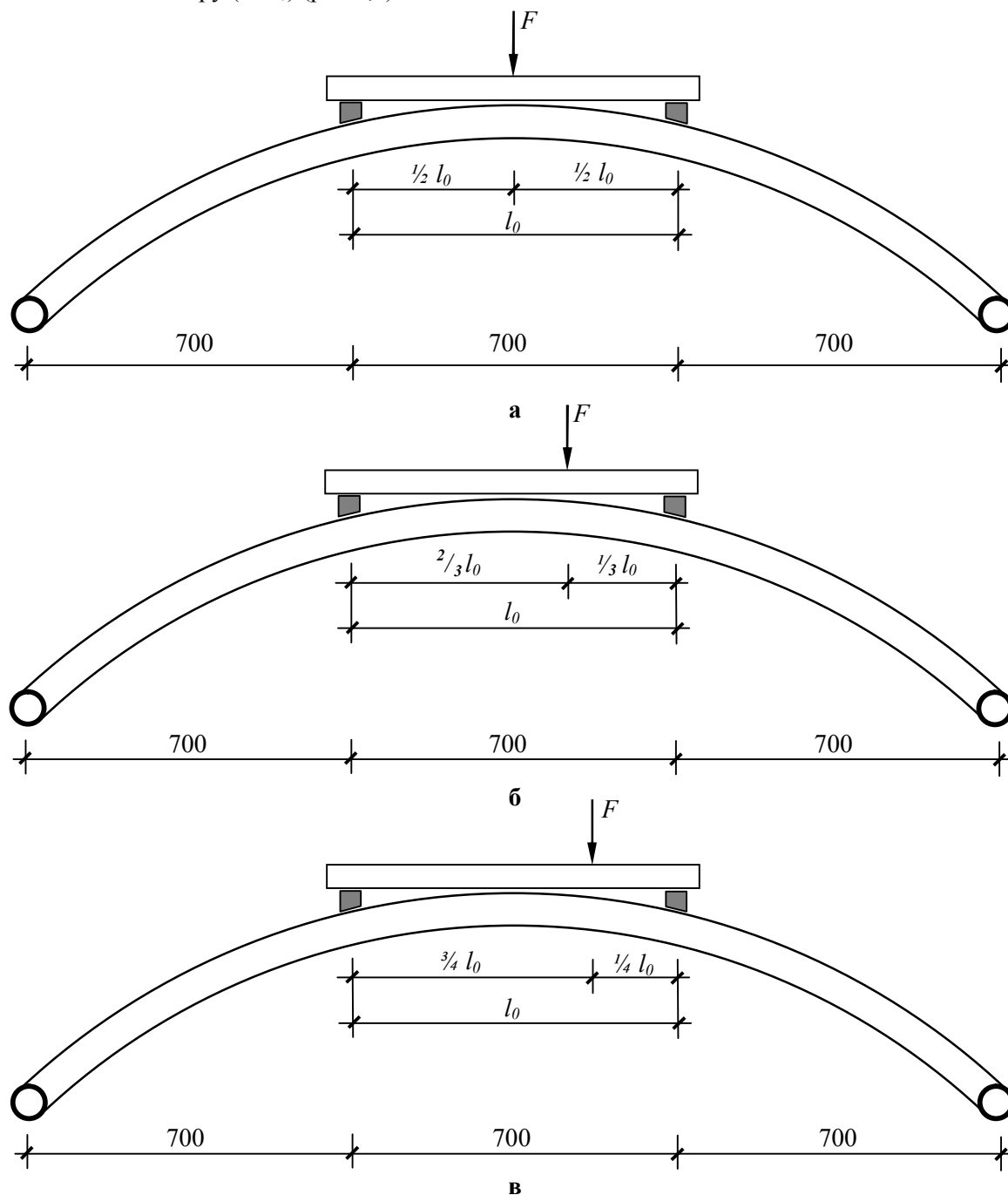


Рис.3. Схема випробування арок: а - по центру траверси; б - у третині прольоту траверси; в - у чверті прольоту траверси.

На рис.4,5,6 представлені графіки деформування арок, побудовані за даними індикаторів, при наступних навантаженнях: 2 кН, 6 кН та перед руйнуванням, у процесі завантаження їх статичним навантаженням, прикладеним в різних точках.

При навантаженні  $F=2\text{кН}$  арка, що завантажена центрально, деформується практично симетрично і не має нічого спільного з рештою зразків, в той час як завантажені в третині і в чверті прольоту траверси мають найбільший прогин у місці, близькому до точки прикладання

навантаження, 0,74 мм і 1,63 мм, відповідно. В арці, яка завантажена в чверті прольоту траверси, виникають вигини в приопорних зонах, що становлять в середньому 0,3 мм (рис.4).

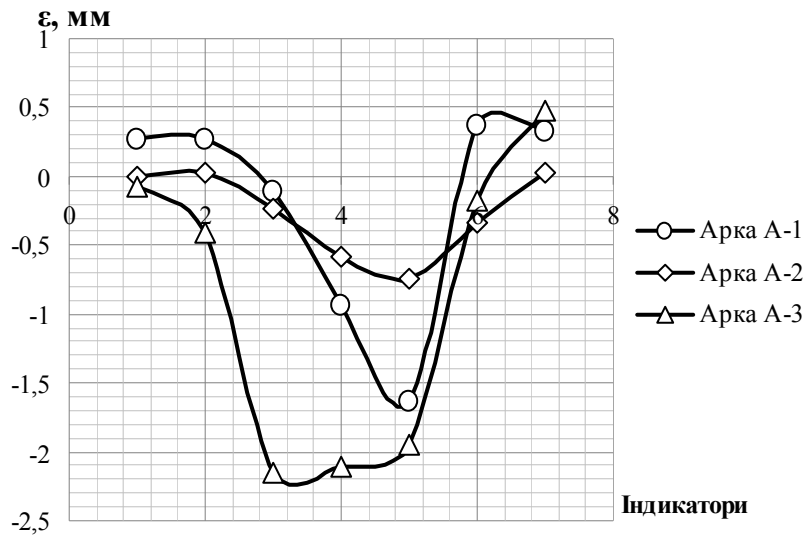


Рис.4. Графіки деформацій арок при навантаженні 2 кН.

З додаванням навантаження загальна картина деформацій не змінюється, відбувається лише наростання прогинів (рис.5). Також стає помітно: в арках, завантажених у третині і в чверті прольоту траверси, на відстані приблизно 35 см від лівої опори верхня грань арки починає працювати на розтяг. В арці А-2 вигин складає 0,95 мм, у той час як в арці А-1 відрізняється на значну величину і становить 3,04 мм, прогини арок складають 2,32 мм і 5,15 мм, відповідно. Середній прогин арки А-3 – 4,05 мм. На даному етапі завантаження вже можна зробити попередні висновки про те, що руйнування в арках, завантажених не по центру, відбудеться приблизно на відстані 1/6 прольоту арки від лівої опори.

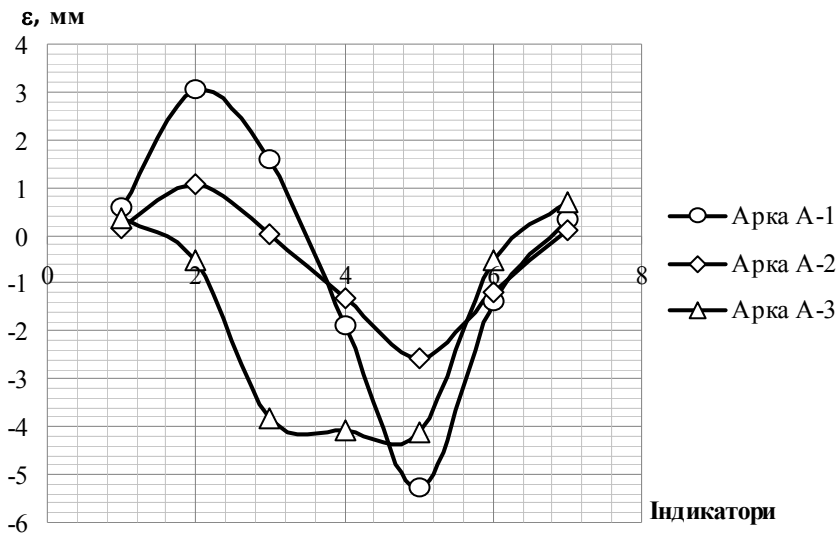


Рис.5. Графіки деформацій арок при навантаженні 6 кН.

Далі, по мірі зростання навантажень, істотних змін не відбувається: деформації продовжують наростати, а місця, в яких спостерігалися прогини і вигини не змінюються, внаслідок чого, остаточно можна судити про те, що арки, завантажені в третині і в чверті прольоту траверси, зруйнуються в районі 1/6 прольоту арки.

Арка, що завантажена по центру (А-3), продовжує деформуватися симетрично, проте при подальшому завантаженні стає помітно, що на відстані 1/6 прольоту арки від лівої опори прогини зменшуються, і починають утворюватися вигини ненабагато швидше, ніж у симетричній їй 5/6 прольоту арки. На останньому, 14 ступені вигин в 1/6 прольоту зліва склав 1,12 мм, тоді як в 5/6 прольоту – всього 0,45 мм, прогини в середньому складають 7,0 мм (рис.6), її руйнівне навантаження – 34,5 кН. На даному етапі за показаннями індикаторів і зовнішньому огляді арок абсолютно точно були визначені місця, по яких відбудеться руйнування. Значення вигинів в арках, завантажених у чверті і в третині прольоту траверси (А-1 та А-2), склали 9,3 мм і 10,5 мм, значення прогинів – 11,5 мм і 10,7 мм, руйнівне навантаження арок, відповідно, 9,41 кН і 12 кН.

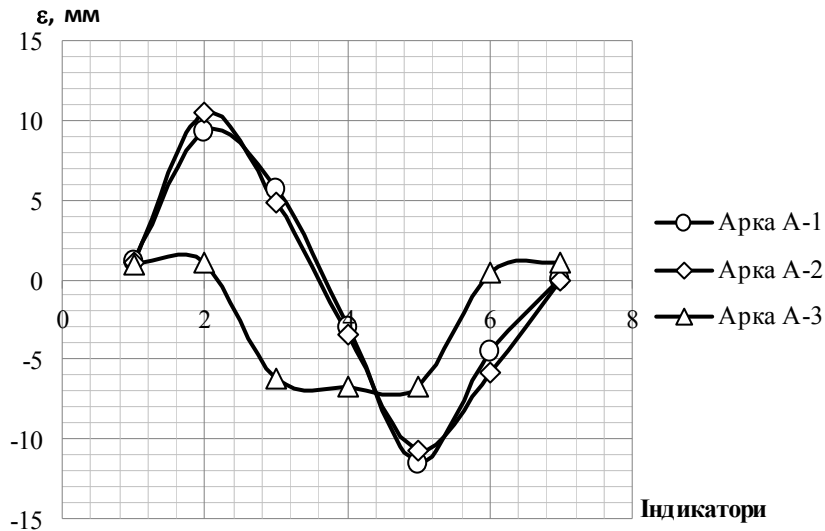


Рис.6. Графіки деформацій арок перед руйнуванням.

### Висновки

За результатами випробувань було встановлено, що залежно від місця прикладання навантаження деформування двохшарнірних арок має різні форми, а деформації – різні значення. Так, в центрально завантаженій арці всі деформації будуть проявлятися в тій чи іншій мірі симетрично, лише на руйнівній стадії буде незначна асиметрія. Слід також зазначити, що при завантаженні по центру арка має набагато більшу несучу здатність.

В арках, завантажених у третині і в чверті прольоту траверси, є деяка схожість за формами деформування і за значеннями деформацій: в місці майбутнього руйнування вигин складає близько 10 мм, в місці прикладання навантаження прогин – близько 11 мм.

1. J.Muller. *On Design and Construction of Long Span Concrete Arch Bridge. Proceedings of the Third International Conference on Arch Bridge. – Paris, France, Sept. 2001. – P.17-26.* 2. Jure Radic. *Development of Arches Bridges / Jure Radic, Zlatko Savor, Alex Kindij. Proceedings of the 4th International Conference on New Dimensions in bridges, Flyovers, Overpasses and Elevated Structures, Fu Zhou, China, 2005. – P.249-256.* 3. Байков В.Н. *Железобетонные конструкции. / В.Н.Байков, Э.Е.Сигалов. – М.: Стройиздат,1991. – 767с.* 4. *Залізобетонні конструкції / [А.Я.Барашиков, Л.М.Буднікова, Л.В.Кузнєцов та ін]; за ред. А.Я.Барашикова. – К.: Вища школа, 1995. – 591 с.* 5. Кислюк Д.Я. *Робота і розрахунок залізобетонних арок з регулюванням зусиль при повторних навантаженнях: дис. ... канд. техн. наук. 05.21.03 / Кислюк Дмитро Ярославович. – Полтава, 2012. – 181 с.* 6. ДБН В.1.2-2:2006. *Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 78 с.*