

## ДЕФОРМАЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АРОК ЗА РІЗНИХ ВИДІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ

© Пушкар Н.В., Сабір Юсіф Бакір, 2013

**Розглянуто 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.**

**Key words:** reinforced concrete arch, deformation, deflection.

Залізобетонні арочні конструкції завдяки високим механічним показникам, а також архітектурній привабливості широко застосовуються у промисловому, цивільному будівництві, різних спеціальних спорудах [1, 2]. Залізобетонні арки виготовляються переважно збірними, вони бувають дво-, тришарнірними і безшарнірними. Найпоширеніші двошарнірні арки; тришарнірні використовуються за великих прольотів, у них все аналогічно як в двошарнірних, однак ключовий шарнір ускладнює конструкцію самих арок і покриття; безшарнірні – найлегші, в них найсприятливіше відбувається розподіл згинальних моментів, проте вони найчутливіші до осідань, тому вимагають улаштування потужних опор для прийняття розпору, їх також потрібно розраховувати на вплив різних температур, тому у покриттях вони застосовуються рідко. Суцільні двошарнірні арки можна виготовляти і на заводах залізобетонних конструкцій і безпосередньо на будівельних майданчиках, що визначається низкою чинників: розмірами конструкції, можливістю транспортування, їх кількістю тощо [3, 4].

Статично невизначені двошарнірні арки мають істотні переваги перед тришарнірними: менші витрати матеріалів, простіше армування перерізів, підвищена жорсткість, простіший монтаж. Порівняно з безшарнірними у двошарнірних арках простіша конструкція опорних вузлів, виникають менші додаткові внутрішні зусилля у перетинах зі зміщення опор (тому вони легко деформуються внаслідок вільного повороту у шарнірах), а в арках із затяжками вони взагалі не виникають [5].

На двошарнірні залізобетонні арки, як і на інші будівельні конструкції, діє багато зовнішніх навантажень, що виникають у процесі зведення, експлуатації споруд, а також під час виготовлення, зберігання та транспортування будівельних конструкцій згідно з [6].

Відомо, що характер прикладення 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 у [3]. Склад бетону на  $1 \text{ м}^3$ : щебінь – 1200 кг, пісок – 600 кг, цемент – 320 кг, вода – 160 л. Для виготовлення бетону як великий заповнювач застосовувався гранітний щебінь з фракцією зерен 5...10 мм, як дрібний заповнювач – 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-рухомому і шарнірно-нерухому опори, встановлені через металеві пуансони на верхній грані арки (рис. 1).

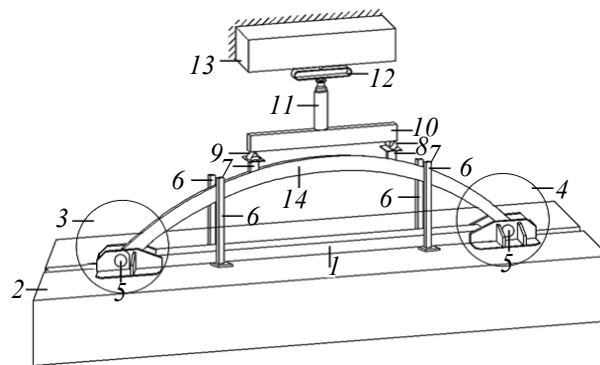


Рис. 1. Стенд для випробування моделей залізобетонних арок:

- 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 хв. Для вимірювання деформацій арок у процесі завантаження на неї в семи точках по довжині були встановлені індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм (рис. 2), показники індикаторів знімалися на кожному ступені двічі – одразу після подачі навантаження та після витримки під навантаженням. Окрім того, протягом усього експерименту велося спостереження за появою та розвитком тріщин. За руйнівне приймалося максимальне навантаження, після досягнення якого спостерігалось його різке зниження, а у зразку відбувався розрив арматури та подрібнення бетону у критичних тріщинах.

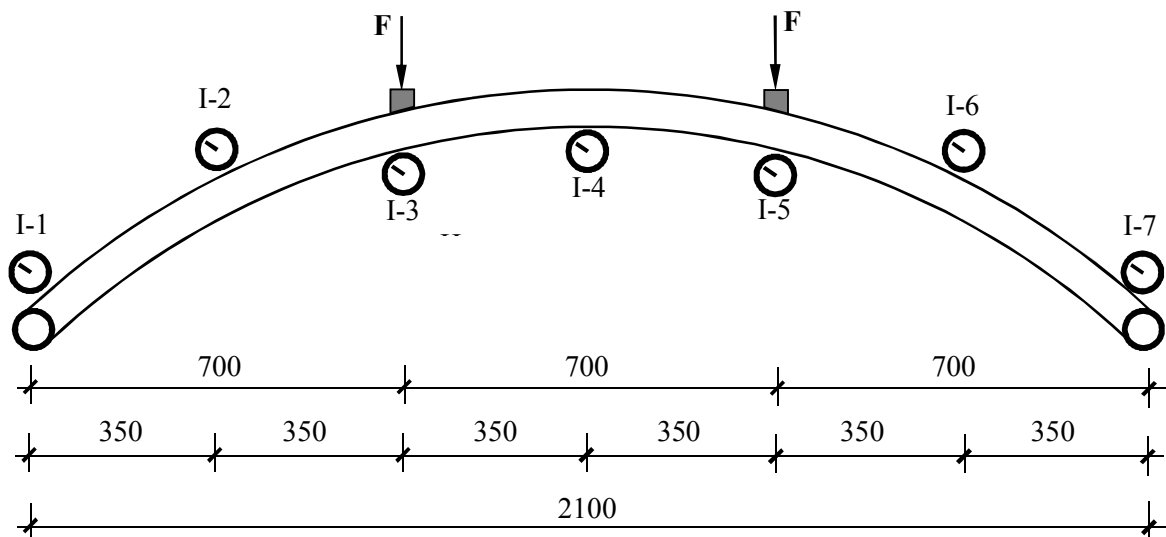


Рис. 2. Схема установки індикаторів на арках

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).

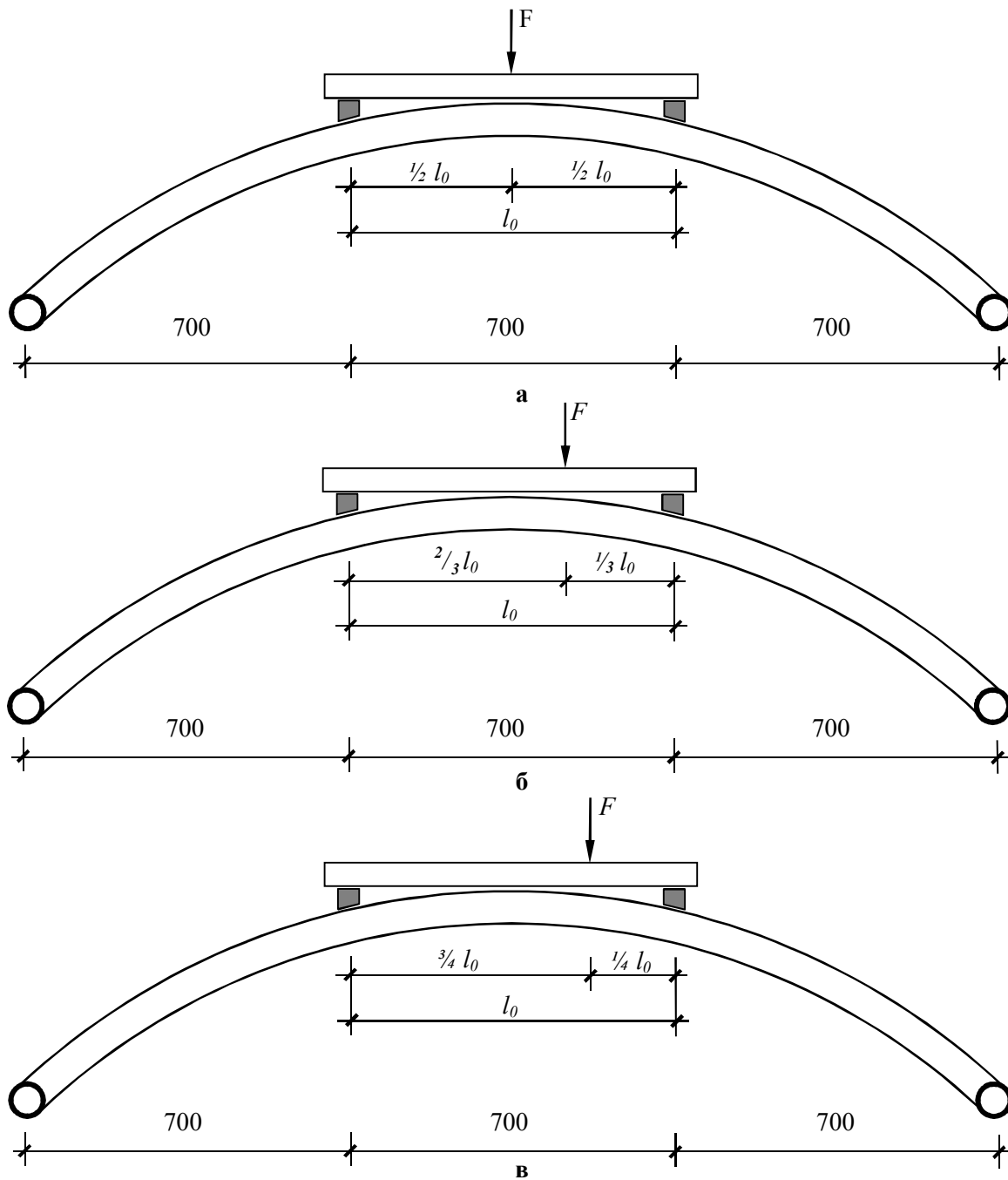


Рис. 3. Схема випробування арок: а – по центру траверси; б – у третині прольоту траверси; в – у чверті прольоту траверси

На рис. 4, 5, 6 показані графіки деформування арок, побудовані за даними індикаторів, за таких навантажень: 2, 6 кН та перед руйнуванням, у процесі завантаження їх статичним навантаженням, прикладеним у різних точках.

Під час навантаження  $F=2\text{кН}$  арка, що завантажена центрально, деформується фактично симетрично і не має нічого спільного з рештою зразків, у той час, як завантажені в третині і в чверті прольоту траверси мають найбільший прогин у місці, близькому до точки прикладення навантаження, 0,74 і 1,63 мм відповідно. В арці, яка завантажена у чверті прольоту траверси, виникають вигини у приопорних зонах, що становлять в середньому 0,3 мм (рис. 4).

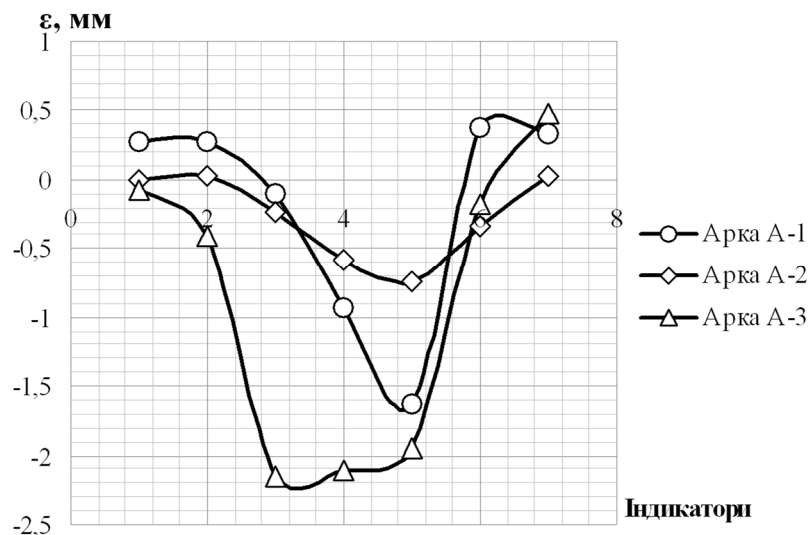


Рис. 4. Графіки деформацій арок за навантаження 2 кН

Зі збільшенням навантаження загальна картина деформацій не змінюється, відбувається лише наростання прогинів (рис. 5). Також стає помітно, що 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 становить 0,95 мм, у той час, як в арці А-1 відрізняється на значну величину і становить 3,04 мм, прогини арок становлять 2,32 і 5,15 мм відповідно. Середній прогин арки А-3 – 4,05 мм. На цьому 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.

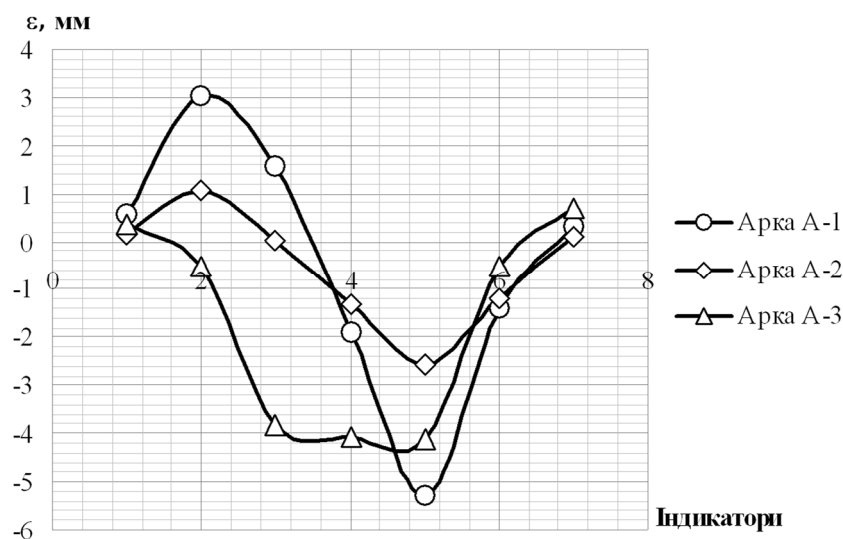


Рис. 5. Графіки деформацій арок за навантаження 6 кН

Далі, у міру зростання навантажень істотних змін не відбувається: деформації продовжують наростати, а місця, в яких спостерігалися прогини і вигини, не змінюються, внаслідок чого остаточно можна говорити 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 за подальшого завантаження 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 становив 1,12 мм, тоді як

в 5/6 прольоту – усього 0,45 мм, прогини у середньому становлять 7,0 мм (рис. 6), її руйнівне навантаження – 34,5 кН. На цьому етапі за показниками індикаторів і зовнішнього огляду 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), становили 9,3 і 10,5 мм, значення прогинів – 11,5 і 10,7 мм, руйнівне навантаження арок – відповідно 9,41 і 12 кН.

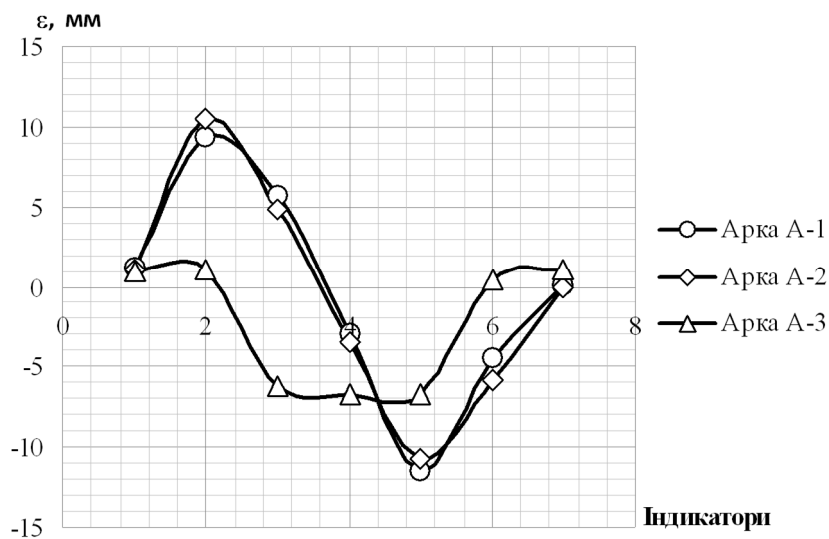


Рис. 6. Графіки деформацій арок перед руйнуванням

### Висновки

За результатами випробувань було встановлено, що залежно від місця прикладення навантаження деформування двохарнірних арок має різні форми, а деформації – різні значення. Так, в центрально завантаженій арці усі деформації будуть проявлятися тією чи іншою мірою симетрично, лише на руйнівній стадії прослідкуватиметься незначна асиметрія. Слід також зазначити, що під час завантаження 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 становить близько 10 мм, у місці прикладення навантаження прогин – близько 11 мм.

1. Muller J. *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. – 767 с.* 4. *Залізобетонні конструкції / А.Я. Барашиков, Л.М. Буднікова, Л.В. Кузнецов та ін.; за ред. А.Я. Барашикова. – К.: Вища шк., 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.*