

УДК 624.012.25:539.431

ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЗУСИЛЬ В ДВОХШАРНІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АРКАХ ПРИ ПОВТОРНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ДВУХШАРНИРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АРКАХ ПРИ ПОВТОРНЫХ НАГРУЗКАХ

REDISTRIBUTION OF EFFORTS THE HINGE TWO REINFORCED-CONCRETE ARCHS AT THE REPEATED LOADINGS

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

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

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

Наведено методику розрахунку двохшарнірних залізобетонних арок із врахуванням перерозподілу зусиль при повторних навантаженнях та проаналізовано результати дослідження роботи арок при повторних малоциклових навантаженнях.

Приведена методика расчета двухшарнирных железобетонных арок с учетом перераспределения усилий при повторных нагрузках и проанализированы результаты исследования работы арок при повторных малоцикловых нагрузках.

The method of calculation the hinge two reinforced-concrete archs is resulted taking into account the redistribution of efforts at the repeated loadings and the results of research of work of archs are analysed at the repeated loadings.

Ключові слова:

Залізобетон, арка, розрахунок.

Железобетон, арка, расчет.

Reinforced-concrete , arch, calculations.

Залізобетонні арки широко використовуються в складі поперечних рам виробничих будівель, в різних спеціальних спорудах. Під час експлуатації арки, як і інші будівельні конструкції можуть піддаватися повторним малоцикловим навантаженням, які можуть впливати на зміну механічних характеристик

матеріалів, перерозподіл зусиль між елементами арок тощо [1, 2]. В останні тридцять років дослідженням роботи арок увага не приділялася, а як показали експериментальні дослідження двохшарнірних та замкнутих залізобетонних рам, повторні навантаження суттєво впливають на прогини ригелів, ширину розкриття тріщин, внутрішній напружено-деформований стан тощо [3, 4, 5].

З огляду на наведене поставлено задачу експериментально встановити особливості роботи двохшарнірних арок при дії на них повторних малоциклових навантажень

Залізобетонні двошарнірні (статично невизначені) арки розраховують як пружні системи, приймаючи, що бетон і арматура під навантаженням працюють як абсолютно пружні матеріали, а в самих арках у розтягнутих зонах тріщини не утворюються. Розрахунок виконують методом сил(рис. 1):

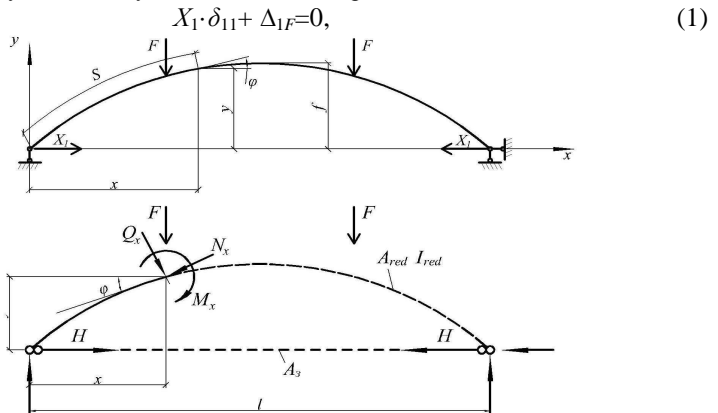


Рис. 1. Розрахункові схеми двошарнірної арки

Розрахунок розпору залізобетонних арок виконується з урахуванням деформацій елементів конструкції та впливу пружного обтискування арки.

$$k = 1 / \left[1 + \frac{15}{8f^2} \left(\frac{I}{A_{red}} + \frac{E_c I_{red}}{E_3 A_3} \right) \right] < 1. \quad (2)$$

Розпір в зятяжці:

$$H = k \cdot X_1. \quad (3)$$

В дійсності бетон і залізобетон не є пружними матеріалами. В залізобетонних конструкціях у міру збільшення навантаження відбувається низка суттєвих змін. До деякої межі конструкції із залізобетону працюють без тріщин. При певному рівні навантаження в бетоні виникають пластичні (непружні) деформації (лінійні), а в розтягнутій зоні виникають і розвиваються тріщини. При наближенні до моменту вичерпання несучої здатності в найбільш напружених ділянках конструкції розвиваються нелінійні деформації бетону, на незначних або суттєвих ділянках порушується

зчеплення арматури з бетоном, спостерігається текучість арматури. Всі ці процеси спричиняють перерозподіл зусиль у перерізах конструкцій.

Перерозподіл зусиль в статично невизначених залізобетонних конструкціях враховують на основі методу граничної рівноваги, в якому конструкцію розглядають як складену з окремих жорстких дисків, з'єднаних між собою пластичними шарнірами. Зусилля в арці можна перерозподілити таким чином, щоб отримати найбільший техніко-економічний ефект. З точки зору статичного розрахунку це рівноцінно множенню епюор згинальних моментів від зайвих невідомих на довільний коефіцієнт або додаванню до епюри моментів від зовнішнього навантаження, визначених за пружною роботою арок, додаткових епюор перерозподілу (рис. 2).

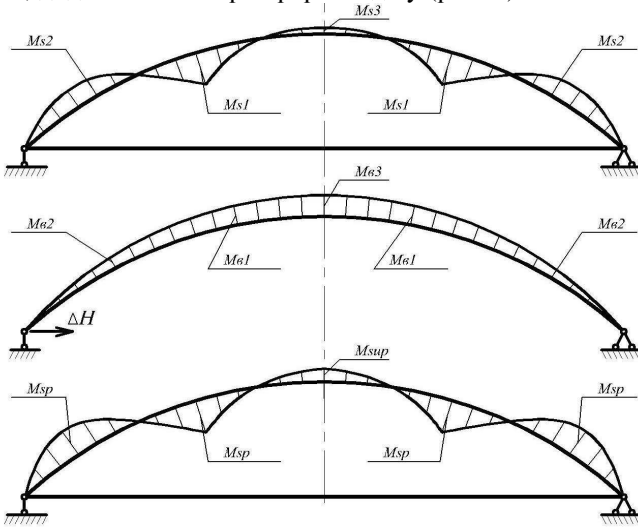


Рис. 2. Перерозподіл згинальних моментів в перерізах двохшарнірної арки

В двохшарнірних арках перерозподіл зусиль відбувається в перерізах верхнього поясу арки і затяжці. Штучне регулювання зусиль, відбувається шляхом попереднього напруження затяжки, що дає змогу вплинути на перерозподілу зусиль.

Розрахунок зусилля попереднього натягу затяжки:

$$\Delta H = \frac{M_{s1} - M_{s2}}{y_1 + y_2} \quad (4)$$

Внаслідок перерозподілу зусиль максимальні значення згинальних моментів під зосередженими силами та протилежні значення моментів виявились однаковими. Це дає змогу більш економічно використати симетричне армування по всьому перерізу, знизити трудомісткість виготовлення конструкцій,

покращити якість конструкцій.

Дослідні зразки арок та методика їх випробування. З метою встановлення впливу повторних навантажень на напружено-деформований стан перерізів двохшарнірних арок та зміну їх прогинів і ширини розкриття тріщин було випробувано три залізобетонні двохшарнірні арки, які мали загальну довжину 2160 мм зі стрілою підйому 40 см та поперечний переріз 100×140 мм (рис.3)[6].

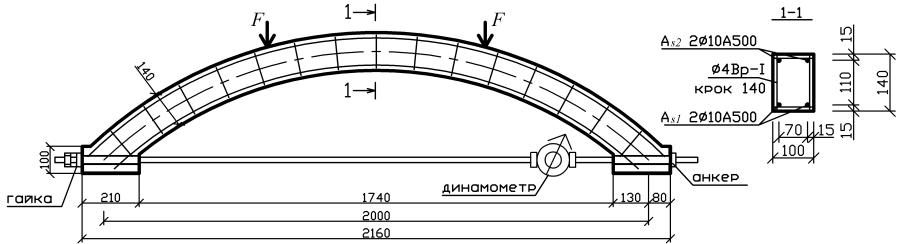


Рис.3. Конструктивна схема дослідних арок

Робота арок вивчається в гідравлічному пресі, обладнаному спеціальними траверсами (рис. 4). Арки випробовувалися 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.

Результати експериментальних досліджень. Результати експериментальних досліджень. Арка 1А-1 випробовувалась одноразовим монотонним навантаженням до руйнування, яке відбулося внаслідок роздроблення бетону на ділянці прикладання навантаження, рівного складала $F_u = 126,0$ кН. Арки 1А-2 і 1А-3 піддавали десятикратному навантаженню, яке дорівнювало $F_{сус} = 70$ кН (приблизно 60% від руйнівного), і на одинадцятому циклі довантажувалися до руйнування. Для арки 1А-2 руйнівне навантаження складало $F_u = 106,0$ кН, а для арки 1А-3 – $F_u = 124,5$ кН. Арки руйнувалися в зоні дії максимального згинального моменту внаслідок роздроблення та зрізу стиснутого бетону (рис. 5.) [6]. Експериментальна арка витримала середнє навантаження $F_u = 118,8$ кН.



Рис. 4. Характер руйнування арки 1А-1

Замірні значення зусиль у зтяжці дозволили розкрити статичну

невизначеність арки та обчислити значення згинальних моментів у перерізах арки. При прийнятій схемі навантаження зусилля в затяжці дорівнює $H_{pl} = 1,41F$, при коефіцієнті податливості затяжки $k_{th} = 0,928$. Експериментальне значення коефіцієнта податливості затяжки в арці 1А-1 при монотонному навантаженні виявилось на 5 % менше, ніж теоретичне (рис. 5.). Відповідно, значення згинальних моментів збільшилось.

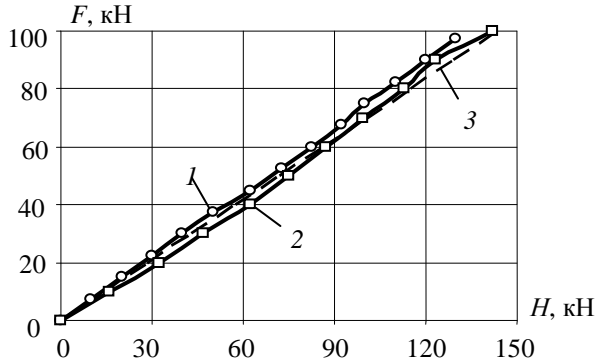


Рис. 5. Залежність зусилля в затяжці H від зовнішнього навантаження F :
 1 – арка 1А-1; 2 – середнє для арок 1А-2 і 1А-3; 3 – теоретичне.

Повторні навантаження вплинули на характер зміни зусилля в затяжці на циклі навантаження до руйнування. На перших ступенях експериментальні значення були більшими, ніж теоретичні, коефіцієнт податливості збільшується до $k_{exp} = 1$ (до 10%) (рис. 5.). На рівні повторних навантажень розпір відповідав теоретичному значенню. При перевищенні рівня навантаження $F > 70,0$ кН зусилля в затяжках почало зменшуватися. Така зміна розпору свідчить про те, що вже на першому циклі відбувся перерозподіл зусиль, на наступних арка працювала більш пружно. Збільшення розпору пояснюється стабілізацією пластичних деформацій та розвитком існуючих тріщин.

Відповідно до зміни зусиль у затяжках змінювалися значення згинальних моментів (рис. 6). Внаслідок дії повторних навантажень вони зменшувалися. При подальшому навантаженні арки до руйнування, знову починають переважати пластичні деформації та спостерігається збільшення згинального моменту. Перед руйнуванням на останньому ступені навантаження відбувається значний приріст пластичних деформацій та тріщин, утворюється пластичний шарнір, а згинальний момент наближається до теоретичного значення.

Внаслідок таких навантажень збільшується коефіцієнт податливості затяжки (до 10 %), за рахунок зменшення жорсткості залізобетонного поясу арки. Виникнення та розвиток тріщин, зростання пластичних деформацій у бетоні, внаслідок дії повторних навантажень, спричинює перерозподіл зусиль між верхнім поясом арки та затяжкою. Збільшується приріст розпору H та відбувається зменшення згинального моменту M .

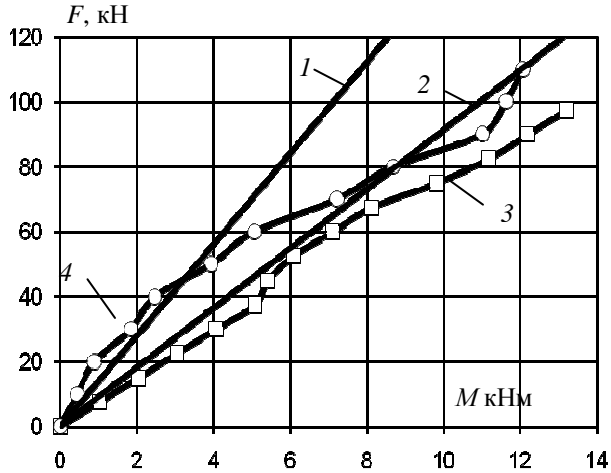


Рис. 6. зміна згинальних моментів m : 1 – теоретичне при $k_{th} = 1,0$; 2 – теоретичне при $k_{th} = 0,928$; 3 – в арці 1А-1; 4 – середнє для арок 1А-2 і 1А-3

Отже, перерозподіл згинальних моментів при дії повторних навантажень визначається на основі розрахунку за пружною стадією роботи, оскільки коефіцієнт податливості жатяжки наближається до одиниці. При монотонному навантаженні зусилля в жатяжці штучно регулюється, для вирівнювання згинальних моментів. Після дії повторних навантажень розпір в затяжці збільшується на величину попереднього натягу (4).

Висновки. Внаслідок повторних навантажень збільшується коефіцієнт податливості затяжки, що може спричиняти перерозподіл зусиль в верхньому поясі арки.

1. Барашиков А.Я. Расчет железобетонных конструкций на действие длительных переменных нагрузок Киев: Будівельник, 1977.- 156 с. 2. Бабич Є.М., Крусь Ю.О. Бетонні та залізобетонні елементи в умовах малоциклових навантажень: Монографія. - Рівне: Видавництво Рівненського державного технічного університету, 1999.- 119 с. 3. Бабич Є.М., Філіпчук С.В. Вплив повторних навантажень на роботу замкнугих залізобетонних рам // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій: Збірник наукових праць. – Львів: Каменяр, 2007. – Випуск 7. – С. 167 – 172. 4. Ільчук Н.І. Особливості роботи П-подібних залізобетонних рам при короткочасних малоциклових навантаженнях: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01.- Луцьк, 2007.- 229 с. 5. Бабич Є.М., Ільчук Н.І. Опір залізобетонних рам повторним навантаженням // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: Збірник наукових праць. – Львів: Каменяр, 2005. – Випуск 6. – С. 234 – 242. 6. Кислюк Д.Я. „Дослідження роботи двохшарнірних залізобетонних арок при повторному навантаженні з попереднім напруженням затяжки”. Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник Випуск №33 – Київ: КНУБА, 2009. – С. 186-194.