

УДК 624.012:539.431

к.т.н., доцент Ільчук Н.І.,
Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ ОДНОРАЗОВИХ ТА ПОВТОРНИХ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЗМІНУ ШИРИНИ РОЗКРИТТЯ ТРІЩИН В РИГЕЛЯХ РАМ

Наведені результати експериментальних досліджень двошарнірних залізобетонних рам при дії короточасних малоциклових навантажень експлуатаційних рівнів. Детально розглянуто результати роботи рам другої серії випробувань.

Ключові слова: малоциклові навантаження, повторні навантаження, залізобетонні рами.

ВСТУП

Залізобетонні рами широко використовуються в промисловому, цивільному, гідротехнічному та інших галузях будівництва. В процесі експлуатації вони піддаються різним видам навантаження, серед яких важливе місце займають малоциклові навантаження, які впливають на зміну механічних характеристик матеріалів, процеси деформування і тріщиноутворення в бетонних і залізобетонних елементах [1,2], тому такі дослідження актуальні, так як можуть мати теоретичне і практичне значення.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Випробувано дві серії (по чотири П-подібні залізобетонні рами в кожній) з розрахунковими розмірами: прольот $l = 200$ см; висота $h = 60$ см; поперечний переріз ригеля і стійок $a \times b = 10 \times 16$ см. Армування поперечних перерізів ригеля в прольоті і у вузлах прийнято однаковим, тобто передбачалась можливість перерозподілу зусиль під час навантаження рам. Ригель армовано одним звареним каркасом з подовжньою робочою арматурою $\varnothing 14\text{AIII}$ ($A_{sup} = A_{sp} = 1,539 \text{ см}^2$), а стійки – просторовими каркасами з симетрично розташованими чотирма стержнями $\varnothing 10\text{AIII}$ ($A_s = A_s' = 1,57 \text{ см}^2$). Нижній стержень в ригелі заведено за внутрішні грані стійок на 7 см (п'ять діаметрів), а верхні стержні за нульову точку епюри моментів - на 45 см (більше, ніж на 30 діаметрів). Верхні стержні у вузлах ригеля закруглені і заведені в стійки за нижню грань ригеля на 7 см. Поперечна арматура в стійках виконана у вигляді замкнених зварених рамок із стержнів $\varnothing 4\text{Bp1}$, встановлених через 80 мм, в ригелі – із стержнів $\varnothing 6\text{AI}$ з кроком 60 мм, додатково було встановлено похилі

стержні для запобігання руйнування по похилим перерізам. На вільних торцях стійок влаштовували закладні деталі із пластин $\delta = 8$ мм (рис. 1).

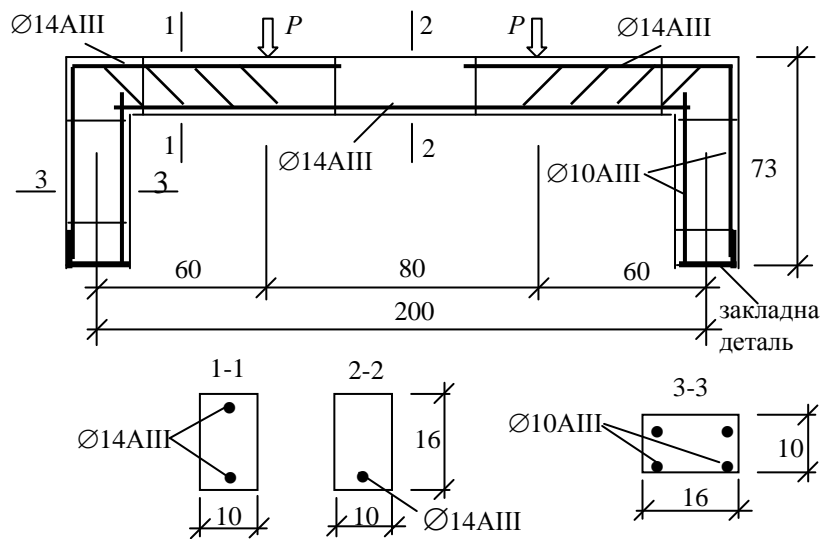


Рис. 1. Конструктивна схема експериментальних рам (розміри)

Для виготовлення дослідних рам використовували бетон з такими механічними характеристиками: кубова міцність у віці 28 діб $R = 20,4$ МПа; призмova міцність у віці 126 діб перед початком випробовувань рам $R_b = 14,9$ МПа; максимальні деформації бетону, при напруженню, рівному R_b , - $\varepsilon_{bR} = 161,6 \cdot 10^{-5}$. Армування діаметром 14 мм мала фізичну площадку текучості $\sigma_y = R_s = 647,5$ МПа; модуль пружності $E_s = 1,987 \cdot 10^5$ МПа, а армування діаметром 10 мм - $\sigma_y = R_s = 552,9$ МПа, $E_s = 1,93 \cdot 10^5$ МПа.

Випробовування рам виконували за схемою двохшарнірної системи в спеціальній установці, завантажуючи двома зосередженими силами на віддалі 60 см від осі стійок. Зусилля створювали гідравлічним домкратом, а сили вимірювали протарованим кільцевим динамометром та контролювали показники манометрів насосної станції. Роль жорсткої затяжки виконувала нижня опорна балка, виконана із 2 I № 40. Для розкриття статичної невизначеності рам вимірювали розпір, який виникав під час навантаження, за допомогою зразкового динамометра ДОСМ-3.

В процесі випробовування рам вимірювали деформації бетону і армування за допомогою індикаторів і тензометрів з ціною поділки 0,001 мм, прогини ригеля та переміщення вузлів рами за допомогою прогиномірів з ціною поділки 0,01 мм, та величину розпору. Докладно методика випробовування рам наведена в роботах [3, 4, 5].

Рами випробовувались за такими режимами навантаження (рис. 2).

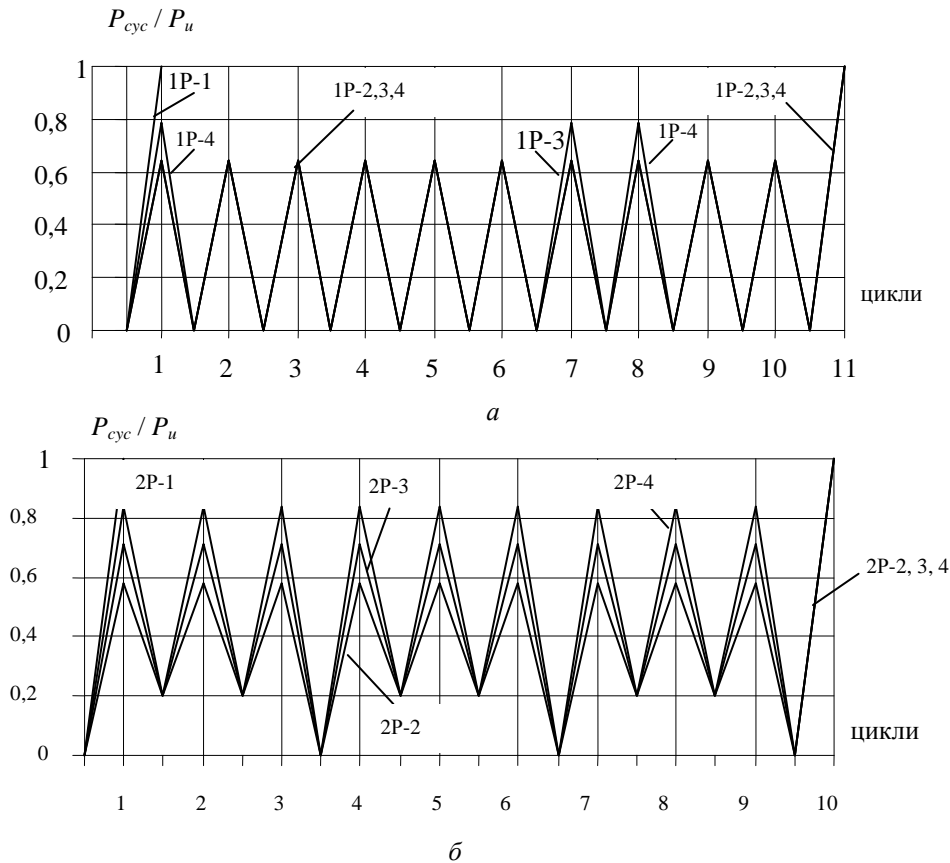


Рис. 2. Режими повторних навантажень дослідних рам: а – рами першої серії; б – рами другої серії

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При випробуванні рами 2P-1 вивчалися основні характеристики її роботи при одноразовому навантаженні до руйнування. Перші незначні тріщини виникли при $P = 2,5$ кН, але їхні значення були незначними. При $P = 5,0$ кН виникли тріщини як під силами в обох вузлах по гранях стійок так і в ригелі рами. При цьому навантаженні ширина розкриття тріщин становила не більше 0,07 мм. При навантаженні $P = 7,5$ кН спостерігається розвиток тріщин, які виникли. При цьому більш інтенсивно розвиваються тріщини у вузлах примикання ригеля до стійок як біля лівої так і біля правої. Розвиток та розкриття тріщин в ригелі рами відбувається не так інтенсивно. Ширина розкриття тріщин в прольоті ригеля при $P = 35,0$ кН становила приблизно 0,236 мм. Тріщини, які виникли під силами в обох вузлах по гранях стійок і ригеля до навантаження $P = 12,8$ кН. Змінювалися пропорційно навантаженню (рис. 3). Після цього рівня навантаження розвиток тріщин став більш інтенсивним. При рівні навантаження $P = 20,0$ кН, виникають нові нормальні тріщини у ригелі та у стійках рами. Після $P = 30,0$ кН в бетоні почали виникати

пластичні деформації, що призвело до інтенсивного розвитку тріщин з подальшим руйнуванням рами при $P = 40,0$ кН.

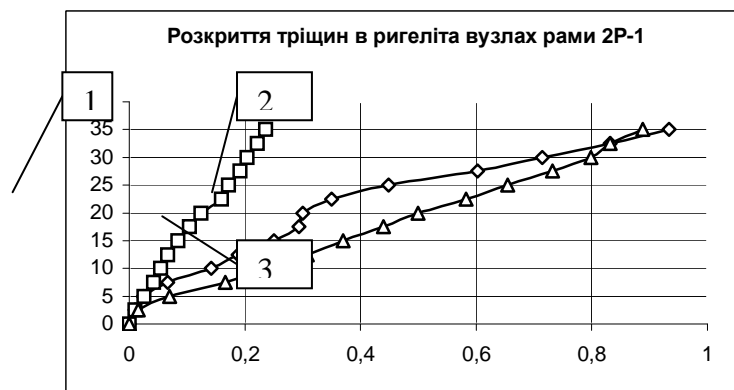
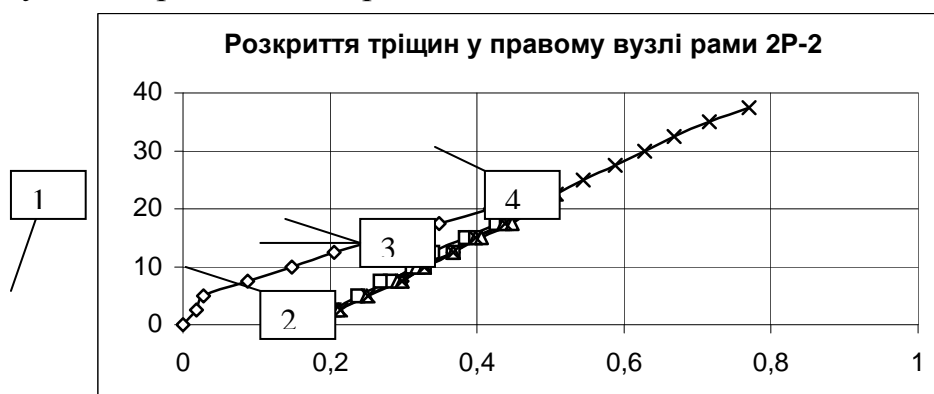


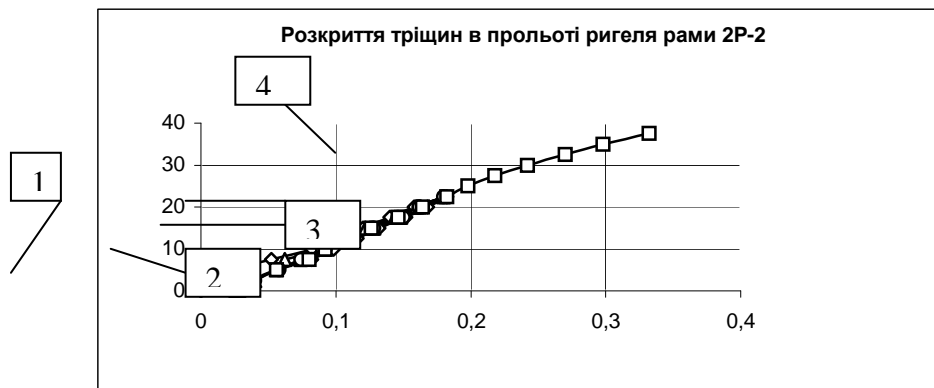
Рис. 3. Зміна розкриття тріщин при навантаженні рами 2P-1 та відношення навантаження до ширини розкриття тріщин. 1- в прольоті рами, 2,3- на опорах рами.

У рамі 2P-2 на першому циклі навантаження процес тріщиноутворення був таким самим, як і в рамі 2P-1.

На першому циклі, крива залежностей між навантаженням та шириною розкриття тріщин, при навантаженні віддалялася від кривої при розвантаженні, тобто була значна площа петлі гістерезису. Зі збільшенням циклів при $P = 22,5$ кН пластичні деформації зменшувалися, внаслідок чого до сьомого циклу відбулася стабілізація процесів тріщиноутворення, а криві навантаження-розвантаження практично співпадали. Ширина розкриття тріщин на першому і сьомому циклах становила 0,298 мм.

На десятому циклі рама 2P-2 була довантажена до руйнування. При навантаженні до рівня $P = 22,5$ кН, залежність між навантаженням і шириною розкриття тріщин була лінійною. При перевищенні вказаного рівня в бетоні почали виникати пластичні деформації, збільшилась кількість тріщин. Ширина розкриття тріщин при $P = 37,5$ кН становила: в прольоті ригеля 0,48мм, а в правому вузлі по грані стійки і ригеля 0,77 мм.





б

Рис. 4. Зміна ширини розкриття тріщин: а- у вузлі рами 2P-2; б- в прольоті ригеля рами 2P-2 на циклах навантаження-розвантаження (1-перший, 2- четвертий, 3- сьомий, 4- десятий цикли).

Рама 2P-3 піддавалася вищому рівню повторних навантажень ($P = 27,5$ кН), але характер утворення і розкриття тріщин був схожим до рами 2P-2. Різниця полягала в тому, що при вищих режимах навантаження прогини ригеля були більшими. Тому процес тріщиноутворення був більш інтенсивним. На перших циклах навантаження виникали та розвивалися тріщини як на опорах, так і в прольоті ригеля рами, але після трьох- чотирьох циклів навантаження-розвантаження їх збільшення припинилося, в межах $P = 10,0 \dots 27,5$ кН відбувся процес стабілізації (рис. 5).

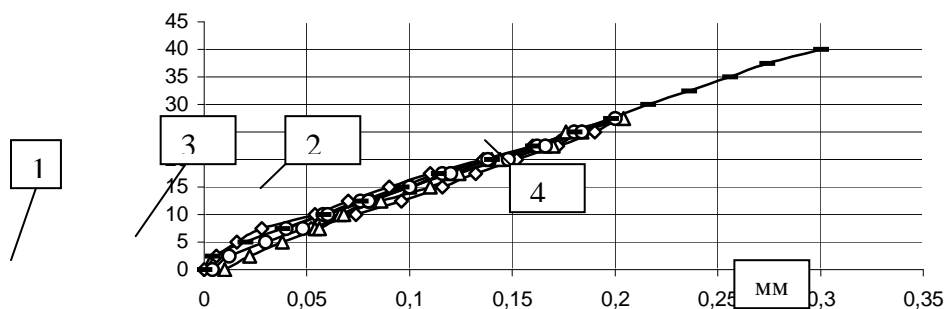


Рис. 5. Зміна ширини розкриття тріщин в прольоті ригеля рами 2P-3 на циклах навантаження-розвантаження (1- перший, 2- четвертий, 3- сьомий, 4- десятий йикли).

Характер роботи рами 2P-4 відрізнявся від попередніх рам, тому що вона піддавалася повторним навантаженням високого рівня (вище умовних експлуатаційних). Уже на першому циклі навантаження, процеси тріщиноутворення були досить значними у порівнянні з попередніми зразками.

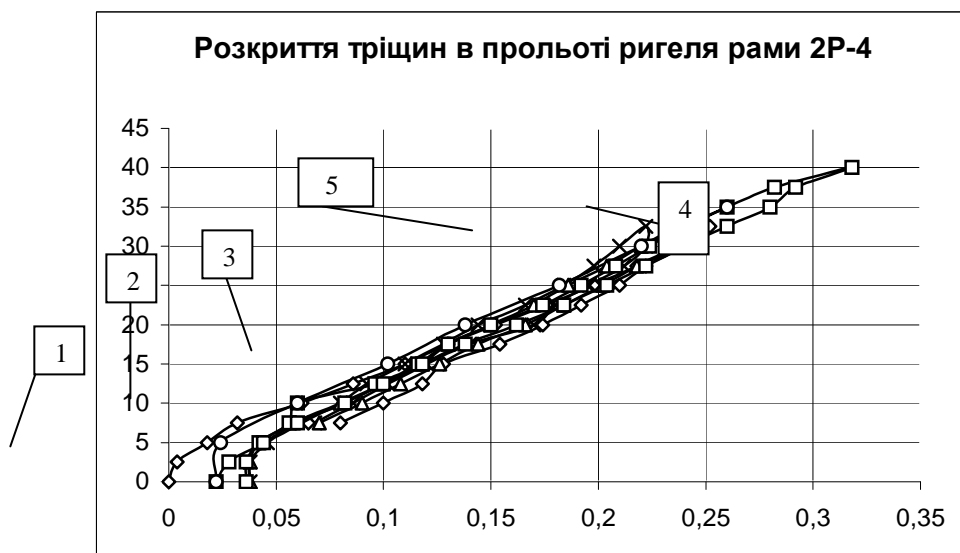


Рис. 6. Зміна ширини розкриття тріщин в прольоті ригеля рами 2Р-4 на циклах навантаження-розвантаження (1-перший, 2- четвертий, 3-сьомий, 4-десятий, 5- одинадцятий).

На десятому циклі рама 2Р-4 була довантажена до $P = 40,0$ кН, після чого повністю розвантажена. Не дивлячись на невелике перевантаження порівняно з попередніми циклами, в ригелі рами виникли нові і значно розвинулися вже існуючі тріщини. На одинадцятому циклі рама зруйнувалася при цьому ж навантаженні. Треба зазначити, що найбільше розкриття тріщин в прольоті спостерігалось саме на десятому циклі.

Висновки

1. Повторні малоциклові короточасні навантаження спричиняють утворення та розкриття тріщин. При експлуатаційних рівнях навантаження (60 ... 70 % від руйнівних) спостерігається стабілізація тріщиноутворення протягом семи циклів.

2. Повторні навантаження високих рівнів (80 % від руйнівних і більше) значно збільшують ширину розкриття існуючих тріщин і призводять до утворення нових, що може привести до руйнування конструкції.

3. Чим вищий ступінь навантаження, тим пізніше настає стабілізація процесу тріщиноутворення.

Література

1. Бабич Є.М., Крусь Ю.О. Бетонні та залізобетонні елементи в умовах малоциклових навантажень: Монографія. – Рівне: Вид-во Рівне. дер. тех. ун-ту, 1999.-119 с.

2. Бабич Є.М., Ільчук Н.І. Особливості роботи залізобетонних рам при повторних навантаженнях // Будівельні конструкції: Зб. Наук. Праць. – К.: НДІБК, 2005. – С. 24 – 29.

3. Бабич Є.М., Мурашко Л.А., Ільчук Н.І. Перерозподіл зусиль та напружено-деформований стан залізобетонних рам при короткочасному наантаженні // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – 2004. – Вип. 11. – С 123 – 133.

4. Ільчук Н.І. Дослідження переміщень двошарнірних залізобетонних рам при повторних навантаженнях // Вісник Львівського державного аграрного університету. – 2006. – Вип. 7. – С265 – 271.

Аннотація

Приведены результаты экспериментальных исследований шарнирных железобетонных рам при воздействии кратковременных малоциклических нагрузок эксплуатационных уровней. Детально рассмотрены результаты работы рам второй серии исследований.

Annotation

The given of experimental researches of twojoint reinforce-concrete frames are at the action of the brief litle cycle loadings of operating levels. Job of frames of the second series of tests performances are considered in detail.