

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ЧИННИКІВ ТА ФАКТОРІВ ЗОВНІШНЬОЇ ДІЇ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМУ НАВАНТАЖЕННІ

**В.М.Карпюк, д.т.н., проф., К.І.Албу, здоб., Д.С.Даниленко, здоб.,
Ю.А.Сьоміна, асп., М.М.Петров, к.т.н., доц.**

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна

Вступ

Вчені й проектувальники примітили, що зміна знаку навантаження, його рівня та невизначене повторення в процесі експлуатації при сейсмічному впливі може призвести до наслідків, якісно відмінних від отриманих при розрахунку на стале навантаження одного знаку максимальної інтенсивності, на яке, власне, орієнтовані більшість діючих норм проектування.

Постановка задачі

Якщо у діючих вітчизняних та закордонних національних нормах проектування навіть при сталому навантаженні закладені методи розрахунку міцності похилих перерізів прогінних конструкцій, далекі від досконалості за точністю та надійністю прогнозу і які значно «відстають» у цьому відношенні від методів розрахунку міцності нормальних перерізів, то вплив небагатоповторного циклічного знакозмінного і знакопостійного навантаження в них не ураховується зовсім, тим більше високого рівня. Тому дослідження у вказаному напрямі являються важливими та актуальними.

Короткий аналіз попередніх досліджень

Початок дослідженням роботи залізобетонних елементів під дією знакозмінного навантаження зробив проф. Немировський В.Я. ще у далекому 1949 році. У 1961 році на Україні цю естафету підхопив проф. Макаренко Л.П. та його учні, тепер уже професори Бабич Є.М., Бітько Н.М., Масліченко В.В., Масюк Г.Х., Рубель В.Н., Свинаренко І.Д., Фенко Г.А. та інші.

Останнім часом до них приєдналися вчені Рівненської та Львівської школи на чолі з професорами Бабичем Є.М. та Біліхарським З.Я.

Далеко за межами країни відомі роботи Бабича Є.М. [1], Масюка Г.Х. [2], Дорофєєва В.С. [3, 4, 5, 6], Карпенка М.І. [7], Карпюка В.М. [8, 9], Гомона П.С. [10], Заречанського О.О. [11], Зінчука М.С. [12], Карапетяна С.Х. [13], Корнійчука О.І. [14] по вивченню працездатності складнонапружених залізобетонних конструкцій в умовах одноразових, повторних малоциклових та інших навантажень.

Разом з тим, наявних рекомендацій в опублікованих джерелах недостатньо для достовірного прогнозу міцності, тріщиностійкості та деформативності прогінних залізобетонних конструкцій за дії малоциклового повторного навантаження, особливо, високих рівнів.

Мета даної роботи - виявити вплив знакозмінного небагатоповторного циклічного та малоциклового знакопостійного навантажень високих рівнів на несучу здатність залізобетонних балкових елементів з урахуванням конструктивних чинників, а також поповнити банк експериментальних даних для наступного вдосконалення інженерної методики їх розрахунку на деформаційній основі.

Методика досліджень

Згідно з прийнятою методологією [15] натурні експерименти виконуються за чотирьохфакторними трирівневими планами Бокса B_d . Огляд літературних джерел показав, що найбільш впливовим фактором X_1 може бути величина відносного прольоту зрізу a/h_0 , яка змінювалась на трьох рівнях: $a = h_0, 2 h_0$ і $3 h_0$. Наступним за впливом може бути клас важкого бетону: X_2 , який у дослідях пропорційно змінювався від C 16/20 до C 40/50, а третім – кількість поперечного армування на припорних ділянках: $X_3 \rightarrow \rho_{sw} = 0,0016; 0,0029; 0,0044$ (2Ø3, 4 і 5 ВрІ). У якості четвертого дослідного прийнятий фактор зовнішньої дії X_4 – рівень знакозмінного: $\eta = \pm 0,50; \pm 0,65; \pm 0,80$ та знакопостійного навантаження: $\eta = 0 \dots 0,50; 0 \dots 0,65; 0 \dots 0,85$ від фактичної міцності балок, тобто величини поперечного навантаження напередодні руйнування, при якому ширина розкриття похилих тріщин w_k перевищувала 0,4 мм, а стріла прогинів $f \geq l/150$.

Перед основним експериментом спочатку почергово випробували 25 дослідних балок першої серії на дію одноразового короткочасного ступеневого навантаження, практично, до руйнівного стану за вказаними вище ознаками. Надалі випробували аналогічні дослідні балки другої та третьої серій на дію, відповідно, знакозмінного та знакопостійного небагатоповторного поперечного навантаження вказаних високих рівнів згідно плану експерименту.

Кількість циклів знакозмінного і знакопостійного навантаження була продиктована критерієм стабілізації деформацій, насамперед, у бетоні і складала не менше 10, якщо зразки не зруйнувалися при меншому числі циклів. На рис. 1 ми можемо спостерігати за картинами утворення нормальних, похилих і перехресних тріщин на бічних поверхнях дослідних балок перших трьох серій з поділом їх на окремі блоки перед руйнуванням.

I серія

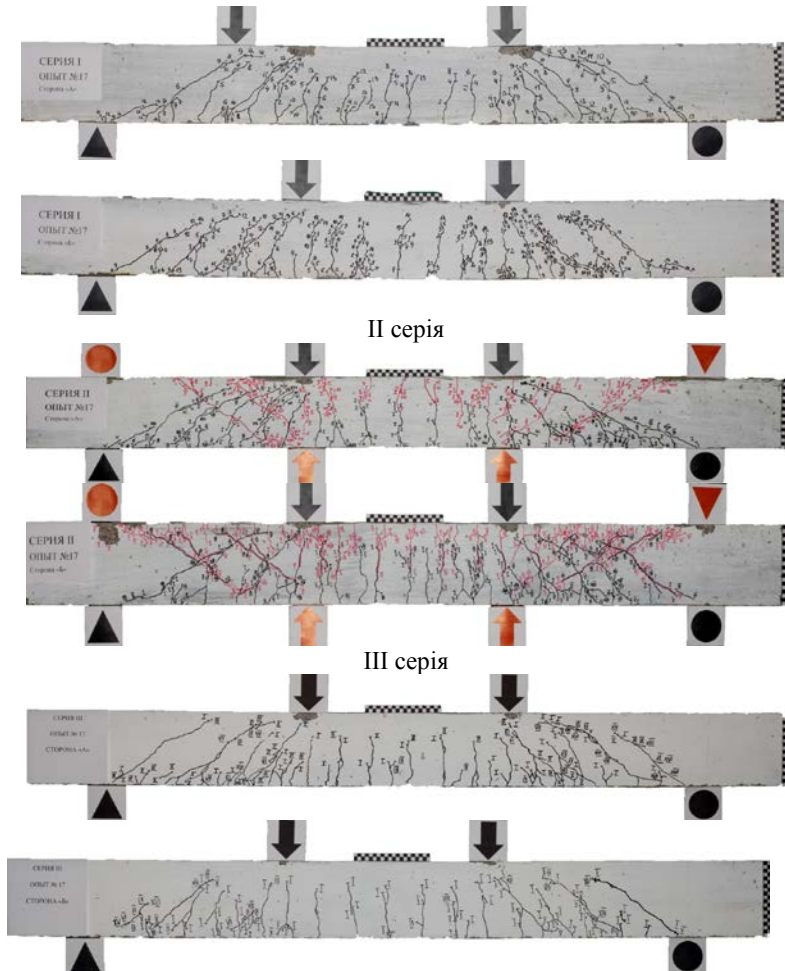
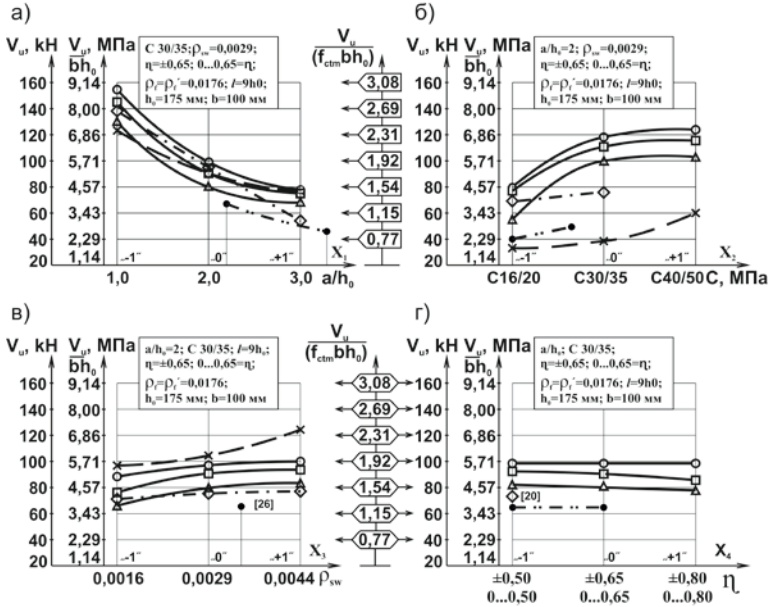


Рис. 1. Механізм утворення нормальних, похилих і перехресних тріщин на бічних поверхнях дослідних балок I, II і III серій з поділом їх на окремі блоки перед руйнуванням з великими прольотами зрізу

Вплив конструктивних чинників, а також факторів зовнішнього впливу на міцність приопорних ділянок дослідних елементів у перших трьох серіях, а також за даними Залєсова О.С. і Климова Ю.А., Ярошевич Н.М. й Корнійчука О.І. представлений на рис. 2.

Як видно з рис. 3, ширина розкриття похилих тріщин на приопорних ділянках дослідних балок при знакозмінному малоцикловому

навантаженні має значно більшу величину порівняно з одноразовим статичним або знакопостійним небагатоповторним навантаженням.



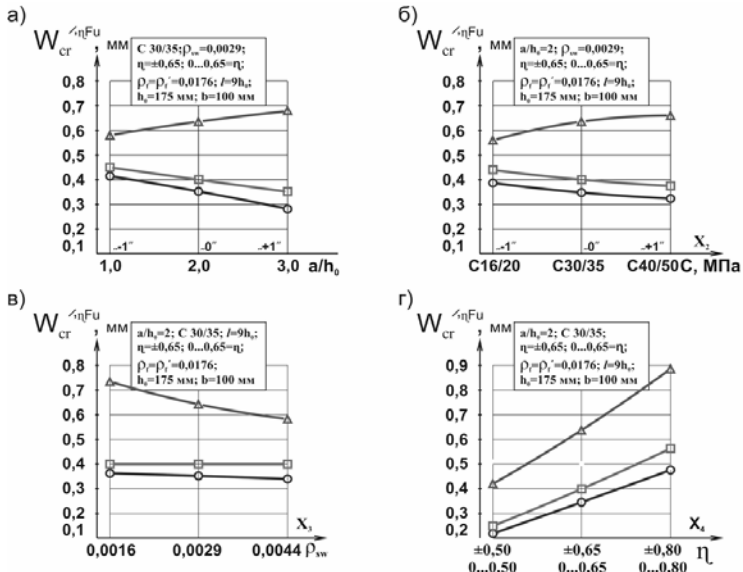
- — дані одноразового статичного навантаження (серія I);
- △ — дані знакозмінного малоциклового навантаження (серія II);
- — дані знакопостійного небагатоповторного навантаження (серія III);
- × — дані О.С. Залесова і Ю.А. Климова;
- ◇ — дані Н.М. Ярошевич;
- — дані О.І. Корнійчука.

Рис. 2. Вплив конструктивних чинників (прольоту зрізу (а), класу бетону (б), кількості поперечної арматури (в), а також рівнів і режимів навантаження (г) + (а, б, в) на міцність припорних ділянок дослідних балок

Що стосується максимальної ширини розкриття нормальних тріщин в зоні чистого згину, то вона майже однакова в дослідних зразках-балках-близнюках перших трьох серій і в однаковій степені залежить від дослідних факторів. З ускладненням режимів небагатоповторного навантаження довжина проєкції небезпечної похилої тріщини на поздовжню вісь балки зменшується.

Аналіз даних показує, що з ускладненням режимів небагатоповторного навантаження кут нахилу небезпечної похилої тріщини до поздовжньої осі

елемента збільшується, особливо, при повторному знакопостійному навантаженні.



- — дані одноразового статичного навантаження (серія I);
- △ — дані знакозмінного малоциклового навантаження (серія II);
- — дані знакопостійного небагатоповторного навантаження (серія III)

Рис. 3. Вплив конструктивних чинників (прольоту зрізу (а), класу бетону (б), кількості поперечної арматури (в), а також рівнів і режимів навантаження (г) + (а, б, в) на максимальну ширину розкриття похилих тріщин на приопорних ділянках дослідних балок

Віддаль між нормальними тріщинами в зоні чистого згину мало залежить від режимів навантаження та співвідношення конструктивних чинників.

Віддаль між похилими тріщинами на приопорних ділянках у дослідних зразках-балках, підданих знакопостійному навантаженню, є значно меншою від аналогічної віддалі у дослідних елементах перших двох серій.

Вплив конструктивних чинників та режимів навантаження на відносні деформації розтягнутої арматури майже однаковий у зразках перших трьох серій. Їх (деформацій) абсолютна величина перед руйнуванням суттєво збільшується, не змінюючи характеру впливу.

Конструктивні чинники та фактори зовнішньої дії майже однаково впливають на прогини дослідних зразків-балок при малоповторному циклічному навантаженні.

Висновки

1. Завдяки прийнятій методології отримані нові експериментальні дані та суттєво уточнені фізичні моделі роботи приопорних та інших ділянок дослідних елементів аж до їх руйнування з урахуванням дії зазначеного навантаження високих рівнів, в результаті чого вперше визначений системний синергетичний вплив на тріщиностійкість, деформативність та міцність дослідних зразків-балок величини прольоту зрізу a/h_0 , класу бетону C , коефіцієнта поперечного армування ρ_{sw} , рівня знакозмінного та знакопостійного навантаження η .

2. Розкриті особливості напружено-деформованого стану дослідних зразків-балок, що зазнають малоциклового знакозмінного та знакопостійного навантаження високих рівнів. Вперше встановлена залежність характеру і виду руйнування їхніх приопорних ділянок від відповідного співвідношення конструктивних чинників та факторів зовнішнього впливу. Систематизовані відомі та виявлені нові схеми руйнування цих елементів при дії вказаного навантаження.

3. Встановлено, що малоциклове знакозмінне та знакопостійне навантаження високих рівнів не тільки зменшує несучу здатність дослідних зразків до 20% та їх тріщиностійкість, суттєво збільшує ширину розкриття нормальних і, особливо, похилих тріщин, величину прогинів до 35%, а й змінює характер їх руйнування порівняно з одноразовим пропорційно зростаючим навантаженням.

Summary

The article is devoted to study of the influence of cyclic alternating loading and low cycle load of constant sign on bearing capacity of span reinforced concrete elements taking into account the change of structural factors of specimens and factors of external action.

1. Бабич Є.М. Робота і розрахунок несучої здатності згинальних залізобетонних елементів таврового профілю при дії повторних навантажень [Текст] / Є.М. Бабич, П.С. Гомон, С.В. Філіпчук. - Рівне – 2012: В-цтво НУВГП, Вип. 25. 2012. – 108с. 2. Масюк Г.Х. Напружено - деформований стан похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів, що зазнають дії малоциклового знакозмінного навантаження [Текст] / Г.Х. Масюк, О.І. Корнійчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. Наук. праць. – Рівне: В-цтво НУВГП, 2008. – Вип. 17. – С. 204-211. 3. Дорофеев В.С. Прочность, трещиностойкость и деформативность неразрезных железобетонных балок [Текст] / В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, Е.Н. Крантовская. – Одесса: Эвен, 2010. – 175 с.: ил. – ISBN 978-966-8169-42-7. 4. Дорофеев В.С. Прочность, трещиностойкость, и деформативность

предварительно напряжённых тавровых железобетонных элементов [Текст] / В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, Ф.Р. Карпюк. – Одесса: Эвен, 2010. – 223 с.: ил. – ISBN 978-966-8169-43-4. 5. Дорофеев В.С. Прочность, деформативность и трещиностойкость приопорных участков внецентренно растянутых и сжатых железобетонных балок [Текст] / В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, Н.Н. Петров. – Одесса: Эвен, 2011. – 183 с. граф. – ISBN 978-966-8169-49-9. 6. Dorofeev V. Their capacity steel cross-section eccentrically shrink or stretch beams / V. Dorofeev, V. Karpyuk, N. Petrov // Materials of 18 Conference «Theoretical Foundations of Civil Engineering», Polish – Ukrainian - Lithuanian Transactions – Warsaw, September, 2010. – P. 345-352. 7. Карпенко Н.И. О построении более совершенной модели деформирования железобетона с трещинами при плоском напряжённом состоянии [Текст] / Н.И. Карпенко, С.Н. Карпенко // Бетон и железобетон – пути развития (05.09 – 09.09.2002): мат-лы II^й Всерос. междунаrod. Конф. По бетону и железобетону. – М., 2005. – С. 431-444. 8. Карпюк В.М. Розрахунок залізобетонного стержня у загальному випадку напружено-деформованого стану [Текст] / В.М. Карпюк, О.М. Петров, М.М. Петров // Комунальне господарство міст. Наук.-техн. зб. Харківської національної академії міського господарства. – Харків: ХНАМГ, 2012. – Вип. 105. Серія: технічні науки та архітектури. – С. 83-99. 9. Карпюк В.М. Розрахункові моделі силового опору прогінних залізобетонних конструкцій у загальному випадку напруженого стану (монографія) [Текст] / В.М. Карпюк. – Одеса: ОДАБА, 2014. – 352 с. зіл. – ISBN № 978-617-7195-08-4. 10. Гомон П.С. Робота згинальних залізобетонних елементів таврового перерізу за дії повторного навантаження [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Гомон Петро Святославович. НУ «Львівська політехніка». – Львів, 2013. – 20 с. 11. Заречанський О.О. Особливості роботи стиснуто-зігнутих залізобетонних елементів при одноразових і повторних малоциклових навантаженнях [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Заречанський Олег Олегович. НУ «Львівська політехніка». – Львів, 2008. – 20 с. 12. Зінчук М.С. Міцність та деформативність залізобетонних згинальних елементів за малоциклових навантажень в умовах підвищених температур [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Зінчук Микола Степанович. НУ «Львівська політехніка». – Львів, 2008. – 18 с. 13. Карапетян С.Х. Міцність і стійкість позацентровано стиснутих залізобетонних стержнів в умовах небагаторазово повторних навантажень [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Карапетян Сьмбат Хачатурович. ДП НДУБК. – Київ, 2009. – 20 с. 14. Корнійчук О.І. Міцність та тріщиностійкість похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів при дії малоциклових знакозмінних навантаженнях [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Корнійчук Олександр Іванович. Полт НТУ імені Юрія Кондратюка. – Полтава, 2009. – 21 с. 15. Карпюк В.М. Методика експериментальних досліджень напружено-деформованого стану приопорних часток залізобетонних балок при малоцикловому навантаженні [Текст] / В. М. Карпюк, Е. І. Албу, Ю. А. Сєміна, А. К. Кицак // (28.11.2013) Ст. мат-в V Республ. научно-техн. конф. — Бендеры: Бендерский ПФ ГОУ «ПГУ им. Т. Г. Шевченка». — С. 3-10.