УДК 624.012.45

ЛАБОРАТОРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІБРОБЕТОНУ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН БАЛОК З ПОПЕРЕДНІМ ПОШКОДЖЕННЯМ

Войтович К.А., *студ. гр. ПЦБ-472*
Науковий керівник – **Корнеєва І.Б.,** *к.т.н., доцент (кафедра Опору матеріалів, Одеська державна академія будівництва та архітектури)*

Анотація. Для випробовування були взяти залізобетонні балки з різними видами пошкоджень, які залагодили сумішшю бетону з фіброю. Деформації відстежували за допомогою індикаторів годинникового типу. В процесі випробувань дані фіксували відразу після подачі навантаження. При проведенні випробувань виявили зменшення несучої здатності на 11% для пошкоджених балок. Проте за рахунок використання сталевої фібри руйнування не відбулося в залагоджених зонах.

Актуальність. Залізобетонні балки є важливим структурним елементом у сучасному будівництві і використовуються для підтримки та розподілу навантажень в будівлях. Балки забезпечують високий рівень стійкості та міцності, роблячи їх невід'ємною частиною будівельної інфраструктури.

У статті [1] проаналізовано вплив пошкоджень і дефектів залізобетонних елементів на їх міцність та деформативність. Ця тема потребує подальших експериментальних і теоретичних досліджень. Особливо актуальним є вивчення впливу пошкоджень згинаних залізобетонних елементів, отриманих за дії навантаження, оскільки в чинних нормах не до кінця розкрито таку можливість. Також слід зазначити, що в таких дослідженнях дуже важливе моделювання пошкоджень методом скінченних елементів.

Ціллю статті [2] є оцінка технічного стану пошкодженого залізобетонного згинального елемента, тобто визначення тієї залишкової несучої здатності, яку на даний момент експлуатації має дана конструкція. Моделювання роботи пошкодженої в процесі експлуатації залізобетонної балки таврового перерізу проводилося в «ПК Ліра 9.4» з використанням діаграм деформування бетону та арматури для визначення її залишкової несучої здатності.

Робота [3] присвячена аналізу можливих дефектів і пошкоджень залізобетонних балок, які викликають у таких елементах не передбачений розрахунком косий згин. Наведена методика та результати експериментальних досліджень залізобетонних балок із дефектами виготовлення й експлуатаційними пошкодженнями. З метою аналізу впливу на напружено-деформований стан залізобетонних згинальних елементів ендогенних та екзогенних факторів були виконанні експериментальні дослідження лабораторних зразків із дефектами та пошкодженнями, які моделюють роботу залізобетонних балок, що знаходяться в експлуатації. Здійсненні в рамках даної роботи дослідження свідчать про суттєвий вплив дефектів виготовлення й експлуатаційних пошкоджень залізобетонних балок на характер їх дійсної роботи під навантаженням.

Проведені автором дослідження [4] напружено-деформованого стану роботи та руйнування залізобетонних балок при згині з крученням показали, що в діючих нормативних документах та в авторських методиках розрахунку даних елементів існують суттєві розбіжності у розрахункових моделях та схемах. При дослідженнях було виявлено характер тріщиноутворення дослідних зразків-балок, ширини розкриття тріщин, як плоских нормальних, похилих, так і просторових; їх руйнування; вплив конструктивних чинників та факторів зовнішньої дії (крутний момент Т) на вказані параметри для вдосконалення існуючих і розробки нових розрахункових моделей.

Вивченням роботи балок з пошкодженнями займались також закордонні дослідники [5-7]. Та, незважаючи на великий обсяг робіт за даною тематикою, все ще відсутня загальна методика підсилення пошкоджених залізобетонних балок, тому лабораторне дослідження

впливу фібробетону на напружено-деформований стан балок з попереднім пошкодженням є актуальним.

Програмою випробувань передбачено дослідження двох серій балок: балки з первісним пошкодженням та подальшим ремонтом фібробетонною сумішшю та контрольна серія залізобетонних балок з такого самого бетону. Після набору 70% міцності для першої серії балок були зроблені різні види пошкоджень в розтягнутій та стиснутій зоні. Потім пошкодження були заповнені бетонною сумішшю з додаванням сталевої фібри.

Бетонна матриця виконана з бетонної суміші з розміром крупного заповнювача до 10 мм і водоцементним співвідношенням 0,5, що дозволяє коректне перемішування готової суміші з фіброю, використовується фібра з зігнутими кінцями з тимчасовим опором 1335 МПа, довжина волокна 50 мм, діаметр 1 мм [8].

Для проведення випробувань було запроектовано та виготовлено силовий стенд (рис. 1). Випробування балок проведені згідно з нормами [9-11]. Навантаження створюється за допомогою домкрата, який своєю нижньою площиною тисне на металеву балку, що розподіляє навантаження. Величина навантаження контролюється динамометром. Під час випробувань фіксувались значення навантажень та деформацій. Дані фіксувалися одразу після подачі ступеня навантаження та через 10-15 хв. після додання до конструкції навантаження, тобто витримки.

Рис. 1. Випробувальний стенд

Деформації вимірювались за допомогою індикаторів годинникового типу (рис. 2) з ціною поділки 0,01 мм та довжиною робочого стержня 24 см.

Рис. 2. Індикатор годинникового типу, закріплений на бічній площині балки

Випробування балок було проведено командою дослідників у лабораторії кафедри Опору матеріалів ОДАБА.

Виготовлено залізобетонні балки прямокутного перерізу розмірами 2000х200х120, випробування проводилися за двохопорною симетричною схемою (рис. 3).

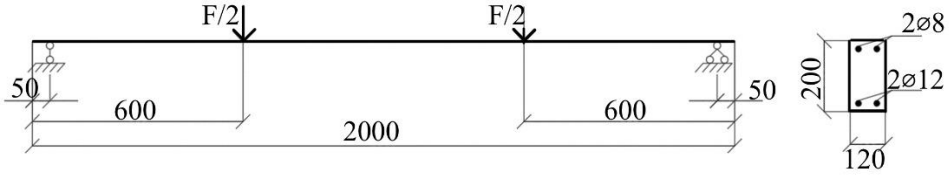

Рис. 3. Розрахункова схема

Армування балок наступне:

- нижня робоча арматура А400 ∅12 мм;
- верхня арматура А400 ∅8 мм;
- поперечна арматура А240 ∅6мм.

Для створення пошкодження запланованої форми перед бетонуванням в опалубку монтувався вкладиш, який після набору бетоном 70% міцності виймався з матеріалу, утворюючи таким чином порожнину, що заповнювалася фібробетоном зі вмістом фібри 2% за об'ємом.

За руйнівне приймали навантаження, що відповідає значному пришвидшенню зростання деформацій, що було зрозуміло по циферблатах індикаторів.

Розглянемо роботу індикатора, що розташований знизу бічної площини балки у зоні чистого згину однієї з залізобетонних балок. Графік залежності відносної поздовжньої деформації від навантаження зображено на рис. 4.

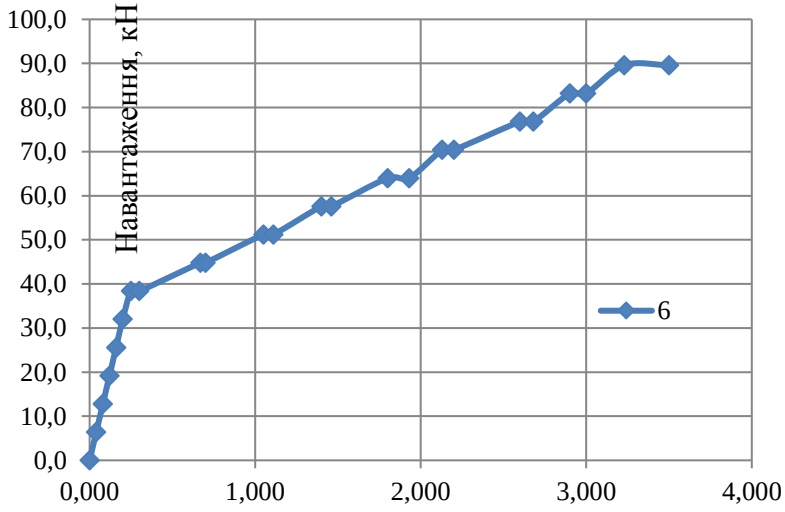

Рис. 4. Графік залежності відносної поздовжньої деформації від навантаження

До початку тріщиноутворення графік має лінійний вид та різко нахиляється вправо за появи першої тріщини, відносні деформації на рівні $0{,}3\cdot10^{-4}$ при навантаженні 38 кН. До першої тріщини за час витримки деформації не змінювалися, тому на графіку до 38 кН значенню кожного ступеню навантаження відповідає одне значення деформації, але з початком тріщиноутворення за 10-15 хвилин витримки деформація зростає і значенню кожного ступеню навантаження відповідає два значення деформації. Після початку тріщиноутворення графік стає більш пологім, бо додавання навантаження окрім продовження деформування спричиняє появу нових тріщин та розкриття вже існуючих. Кінцеві середні значення відносних деформацій становлять $3{,}5\cdot10^{-4}$ для залізобетонних балок та $3{,}1\cdot10^{-4}$ для пошкоджених.

В процесі лабораторних випробувань була визначена несуча здатність залізобетонних балок з пошкодженнями, що заліковані фібробетоном, та контрольної серії залізобетонних балок. Її середнє значення становить 87 кН та 98 кН відповідно для пошкоджених балок та

непошкоджених. Зафіксовано зменшення несучої здатності на 11% для пошкоджених балок. Але попри сподівання, руйнування пошкоджених балок не відбулося ані по зоні фібробетону ані по контакту матеріалів, незважаючи на зменшення несучої здатності.

Руйнування всіх балок обох серій відбувалося за однаковою схемою: по похилим перерізам у приопорній зоні.

В процесі випробувань велися спостереження за процесом тріщиноутворення. У зонах, що були підсилені фібробетоном, тріщини майже не утворювалися.

Висновки та результати. В процесі лабораторних випробувань визначена несуча здатність залізобетонних балок з пошкодженнями, що заліковані фібробетоном, вона становить 87 кН, та контрольної серії залізобетонних балок - 98 кН. Зафіксовано зменшення несучої здатності на 11% для пошкоджених балок. Руйнування всіх балок відбувалося за однаковою схемою: по похилим перерізам у приопорній зоні. У зонах, що були підсилені фібробетоном, тріщини майже не утворювалися.

Література:

1. Клименко Є.В., Чернєва О.С., Довгань О.Д. Вплив факторів пошкоджених таврових балок на величину їх руйнівного навантаження. Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк. 2013. № 43. С. 94-97.
2. Клименко Е.В. Остаточная несущая способность поврежденных железобетонных балок таврового профиля. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2014. Вип. 54. С. 159-163.
3. Воскобійник О.П., Кітаєв О.О., Макаренко Я.В., Бугаєнко Є.С. Експериментальні дослідження залізобетонних балок з дефектами та пошкодженнями, які викликають косий згин. Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво, 2011. 1. 87-92.
4. Петров, О. М. (2015). Тріщиноутворення та характер руйнування залізобетонних елементів при згині з крученням. Будівельні конструкції, 82, 507-518.
5. Ning Zhuang, Honghan Dong, Da Chen, Yeming Ma.Experimental Study of Aged and Seriously Damaged RC Beams Strengthened Using CFRP Composites. October 2018. Advances in Materials Science and Engineering 2018(6):1-9.
6. JIN Liu, SU Xiao, DU Xiuli. Дрібномасштабний імітаційний аналіз пошкоджень при згині та розмірних ефектів у залізобетонних балках[J]. Engineering Mechanics, 2018,35(10): 27-36.
7. Gaber, M. R., & Al-Baghdadi, H. A. (2020). Response of Damaged Reinforced Concrete Beams Strengthened with NSM CFRP Strips. Key Engineering Materials, 857, 3-9.
8. Неутов С.П., Корнеєва І.Б. Влияние стальной фибры на прочностные и деформативные свойства фибробетона / С.П. Неутов., І.Б. Корнеєва // Вісник ОДАБА. Одеса, 2019. №76-С. 63-70.
9. Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Введен с 1995-11-16]. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. - IV, 30 с. – (Національний стандарт України).
10. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6- 98:2009. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. – (Конструкції будинків і споруд. Державні будівельні норми України).
11. ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016 Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону. Чинний від 2017-04-011. Київ, УкрНДНЦ, 2017. 32 с.