

УДК 624.012.25

МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КІЛЬЦЕВОГО ПЕРЕРІЗУ ЗІ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ПІД ОДНОРАЗОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Є. М. БАБИЧ¹, О. В. АНДРІЙЧУК²

¹ Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне;

² Луцький національний технічний університет

Експериментально досліджено міцність елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону за відсотка армування сталевими фібрами $\mu = 1,5$ та $2,5$ та залізобетону за короточасних одноразових навантажень. Проаналізовано характер тріщиноутворення та порівняно результати випроб.

Ключові слова: залізобетон, сталевібробетон, міцність, елемент кільцевого перерізу.

Кільцевий поперечний переріз мають різноманітні залізобетонні конструкції, зокрема напірні та безнапірні труби. Безнапірні давно конкурують з трубами з чавуну та сталі. Їх відносять до конструктивних елементів, які сприймають ударні, динамічні та температурні впливи і в яких напрямок головних розтягальних зусиль та характер утворення пластичних шарнірів невідомі або можуть мінятися під час експлуатації. Тому для використання та забезпечення роботи залізобетону в конструкціях водопровідних труб необхідні методи визначення його ударної міцності, морозотривкості та інших характеристик, які в свою чергу залежать від міцності на розтяг. Одне із рішень у цьому напрямку – застосування в конструкціях труб бетону з додаванням армувальних елементів у вигляді коротких сталевих відрізків завдовжки 30...50 mm (фібр). Комбінуючи жорсткі (і через це зі значними резервами міцності) волокна (фібри) з матрицею (бетоном), можна локалізувати небезпеку, пов'язану з крихким руйнуванням матриці, та досягнути суттєвої потенціальної міцності фібр на розтяг та підвищити їх модуль пружності. Зі сталевібробетону (СФБ) виготовляють різноманітні будівельні конструкції [1–7], в т.ч. аеродромні плити, хвилерізи, балки, бордюрні камені тощо.

Хоча технічна та економічна доцільність використання СФБ для виготовлення безнапірних труб у будівництві водогонів обґрунтована [8, 9], але роботу елементів кільцевого перерізу із нього висвітлено недостатньо. Тому дослідимо їх міцність за відсотка армування сталевими фібрами $\mu = 1,5$ та $2,5$ під короточасними одноразовими навантаженнями, а також порівняємо отримані результати з одержаними для типових елементів кільцевого перерізу, виготовлених зі звичайного важкого бетону, армованого сталевими стрижнями.

Методика випробувань. Щоб порівняти міцність елементів кільцевого перерізу зі СФБ за дії одноразових навантажень типових, виготовлених згідно з ГОСТ 6482-88 [10], випробовували дві серії зразків таких конструкцій: зовнішній діаметр елементів 380 mm, внутрішній 300 mm за товщини стінок 40 mm і висоти зразків 290 mm (перша серія) та 200 mm (друга) (рис. 1).

Для армування СФБ зразків використовували сталеві анкерні фібри діаметром 0,8 mm та довжиною 50 mm, виготовлені Українсько-Канадським СП ТОВ “Донбас Ліберті” (м. Харцизьк Донецької обл.). В першій серії відсоток вмісту

фібр у зразках становив 2,5% від об'єму елемента, а в другій 1,5%. Армували елементи із залізобетону зі спіралі з $\varnothing 4\text{BpI}$ з кроком 70 мм, яку намотували на дев'ять поздовжніх стрижнів $\varnothing 6\text{A240}$ згідно з ГОСТ 6482-88 [10] (рис. 1). Матеріали, технологія виготовлення дослідних зразків та методика їх випробів відома [11].

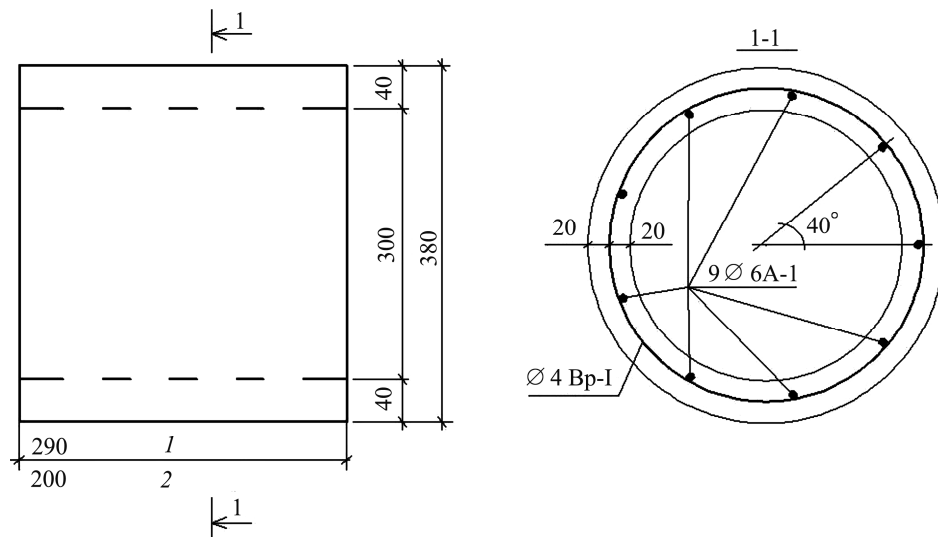


Рис. 1. Конструктивна схема дослідних елементів кільцевого перерізу, виготовлених із звичайного залізобетону за типовим армуванням: 1 – перша серія; 2 – друга.

Fig. 1. Constructive chart of the circular cut of examined elements made of ordinary reinforced concrete with typical reinforcing: 1 – first series; 2 – second.

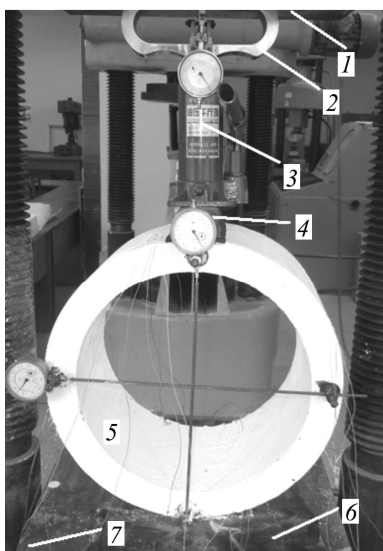


Рис. 2. Випробування елементів кільцевого перерізу: 1 – верхня опорна плита преса ПСУ-125; 2 – зразковий динамометр; 3 – домкрат; 4 – металева траверса; 5 – дослідний зразок; 6 – гумовий килим; 7 – нижня опорна плита преса.

Fig. 2. Testing of circular cut elements: 1 – upper bearing plate of the press PSU-125; 2 – standard dynamometer; 3 – jack; 4 – metal cross-piece; 5 – examined pattern of a circular cut; 6 – rubber mat; 7 – lower bearing plate of the press.

Для комплексного вивчення міцності елементів під одноразовим навантаженням виготовили три залізобетонні та три СФБ зразки. Перші довжиною $l = 300\text{ mm}$ маркували як 1ЗБК-1, 1ЗБК-2 і 1ЗБК-3, а завдовжки 200 mm – як 2ЗБК-1, 2ЗБК-2 та 2ЗБК-3, а другі відповідно – як 1СФБК-1, 1СФБК-2 і 1СФБК-3 та

2СФБК-1, 2СФБК-2 та 2СФБК-3.

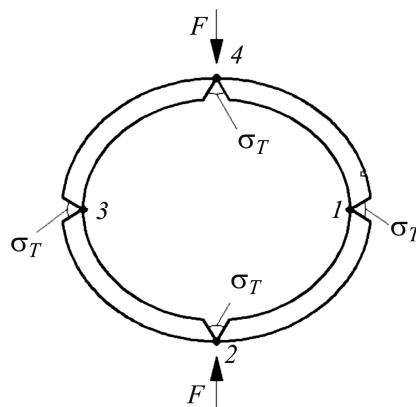
Роботу дослідних елементів кільцевого перерізу вивчали під гідравлічним пресом ПСУ-125, використовуючи схему випробування безнапірних труб [10] (рис. 2). Оскільки довжина зразків уздовж осі 290 mm (перша серія) та 200 mm (друга), то результати визначення навантаження силовимірювачем мали суттєву похибку. Тому прес застосовували як жорстку раму, а навантаження створювали гідравлічним домкратом потужністю 50 kN з вимірюванням зусилля зразковим динамометром (рис. 2), який заздалегідь протестували. Ціна однієї його поділки

50 N, що дає можливість визначати навантаження із високою точністю. Появу тріщин та ширину їх розкриття відстежували та вимірювали мікроскопом МПБ-3 з ціною поділки 0,02 mm.

Результати випроб. У зразках 1ЗБК першу тріщину зафіксували за навантаження $F = 6 \text{ kN}$ ($a_{crc} = 0,2 \text{ mm}$), а їх кількість активно зростала за $F = 7 \text{ kN}$ ($a_{crc} = 1 \text{ mm}$) (рис. 3).

Рис. 3. Схема розміщення тріщин в елементах кільцевого перерізу: 1–4 – зони їх розвитку.

Fig. 3. Scheme of arrangement of the cracks in the elements with a circular cut: 1–4 – areas of their development.



У зразках 1СФБК тріщини виявили за навантаження 14 kN ($a_{crc} = 0,14 \text{ mm}$), яке вдвічі перевищує відповідне, коли їх помітили в зразках 1ЗБК. За $F = 15 \text{ kN}$ ширина розкриття тріщин ($a_{crc} = 0,26 \text{ mm}$) у десять разів менша, ніж для залізобетонних ($a_{crc} = 2,95 \text{ mm}$). У зразках 2ЗБК першу тріщину зафіксували при $F = 4 \text{ kN}$ ($a_{crc} = 0,4 \text{ mm}$), а тріщиноутворення активно проявлялося під навантаженням 5 kN ($a_{crc} = 0,38 \text{ mm}$). У зразках 2СФБК тріщини виявили за $F = 8 \text{ kN}$ ($a_{crc} = 0,05 \text{ mm}$), тобто під навантаженням, що вдвічі перевищує відповідне, коли відкрилися тріщини в зразках 1ЗБК. Зразки ще витримали навантаження до 8,85 kN, але до 9 kN (навантаження, за якого слід вимірювати ширину розкриття тріщин) елементи втрачали несучу здатність і руйнувалися. Тріщини у всіх типових елементах перерізу, виготовлених із залізобетону, практично прямолінійні з чіткими берегами (рис. 4a), і зразки руйнувалися саме по них (рис. 4b).

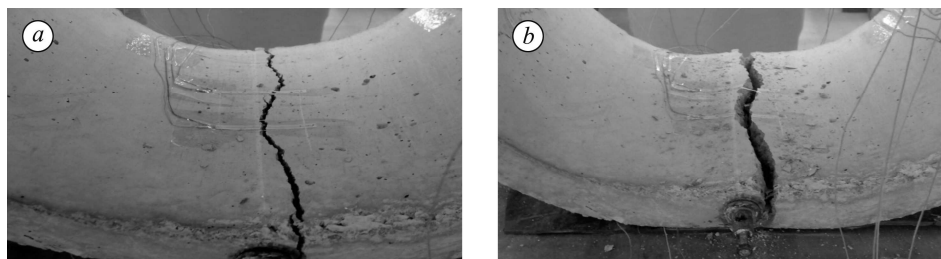


Рис. 4. Практично прямолінійна тріщина з чіткими берегами в зразку 1ЗБК-1 у зоні 2 (a) (див. рис. 3) і повне його руйнування (b).

Fig. 4. Practically rectilinear crack with clear edges in the pattern 1RCC-1 in zone 2 (a) (see Fig. 3) and its complete fracture (b).

Рис. 5. Тріщина з вираженою плетінчастістю в сталевібробетонному зразку в зоні 3 (див. рис. 3).

Fig. 5. Crack with a distinct weaving character in steel fiber concrete pattern in zone 3 (see Fig. 3).



Тріщини в СФБ зразках мали нечіткі контури та виражену плетінчастість (рис. 5). У певній частині зони 3 (див. рис. 3) чітко видно, як основне русло

тріщини неначе розтікається на кілька дрібних прямолінійно направлених потоків.

Перші видимі тріщини в зразках 1СФБК та 2СФБК здебільш виникали за один–два кроки навантаження від руйнівних зусиль, а в зразках 1ЗБК та 2ЗБК – за навантажень, що рівні 0,3...0,4 для максимальної несучої здатності перерізу, або 0,5 від експериментального середнього руйнівного навантаження (F_u), коли ширина розкриття тріщин $a_{cr,c} = 2$ mm (згідно з відомим критерієм [5]) найбільша.

ВИСНОВКИ

Сталефібробетонні елементи кільцевого перерізу за показниками міцності під одноразовими навантаженнями мають суттєві переваги проти аналогічних залізобетонних. Тріщини в дослідних зразках (сталефібробетонних і залізобетонних) виникали тільки в діаметральних горизонтальному та вертикальному перерізах – у зонах з максимальними згинальними моментами, але мали різний характер зародження. У типових елементах вони були практично прямолінійні, з чіткими берегами і зразки руйнувалися саме по них, а в сталефібробетонних мали нечіткі контури та виражену плетінчастість, і перші видимі тріщини тут з'являлися за один–два кроки навантаження від руйнівних зусиль, а в зразках із залізобетону – за навантажень, рівних 0,3...0,4 від максимальної несучої здатності перерізу.

РЕЗЮМЕ. Експериментально изучена прочность элементов кольцевого сечения из сталефибробетона при проценте армирования стальными фибрами $\mu = 1,5$ и $2,5$ и типичных элементов из железобетона при кратковременных одноразовых нагрузках. Описан характер образования трещин и сравнены результаты исследования.

SUMMARY. Strength of a circular cut elements made of reinforced concrete is proved experimentally for the percentage of reinforcement by steel fibers $\mu = 1.5$ and 2.5 under short-time singular loadings. The process of crack formation is described and the research results are compared.

1. *Застосування сталефібробетону в дорожньому будівництві* / Є. М. Бабич, О. В. Андрійчук, С. О. Ужегов, І. В. Шаповал // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк, 2015. – Вип. 4. – С. 3–9.
2. *Бабич Є. М., Андрійчук О. В., Ясюк І. М.* Використання сталефібробетону для дорожньо-транспортних споруд // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 54. – С. 33–41.
3. *Андрійчук О. В., Ясюк І. М.* Виготовлення придорожніх лотків водовідводу зі сталефібробетону // Наук. нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2014. – Вип. 45. – С. 7–14.
4. *Андрійчук О. В., Ясюк І. М.* Методика експериментального дослідження дисперсно-армованих придорожніх лотків водовідведення // Вісник Одеськ. нац. академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОНАБА, 2015. – Вип. 58. – С. 11–18.
5. *Андрійчук О. В., Ясюк І. М.* Дослідження міцнісних характеристик сталефібробетонних лотків водовідведення // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2015. – Вип. 31. – С. 371–378.
6. *Андрійчук О. В., Бабич Є. М.* Сталефібробетонні безнапірні труби. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2012. – 150 с.
7. *Бабич Є. М., Андрійчук О. В.* Проектування та виготовлення безнапірних труб із сталефібробетону. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – 32 с.
8. *Бабич Є. М., Андрійчук О. В.* Дослідження роботи сталефібробетонних елементів кільцевого перетину при одноразовому і повторному навантаженні // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 19. – С. 82–90.
9. *Бабич Є. М., Андрійчук О. В.* Про доцільність використання сталефібробетону для виготовлення безнапірних труб // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 18. – С. 119–126.
10. *ГОСТ 6482-88.* Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия. – М.: 1988.
11. *Андрійчук О. В.* Методика експериментальних досліджень роботи елементів кільцевого перерізу зі сталефібробетону при повторних навантаженнях // Наук. нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2010. – Вип. 28. – С. 24–27.

Одержано 17.12.2013