

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ НОРМ ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

В. Білозір, к. т. н.

Львівський національний аграрний університет

<https://doi.org/10.31734/architecture2018.19.038>

Постановка проблеми. Зміни і доповнення, які періодично вносять у норми проектування несучих конструкцій, спрямовані на удосконалення методів розрахунку та конструювання, підвищення економічної ефективності та надійності, інтенсивніше впровадження у практику будівництва прогресивних конструктивно-технологічних вирішень. Це стосується також сталевібробетонних конструкцій, які поки що широко не використовують у нашій країні, проте з кожним роком усе ширше впроваджують у розвинутих країнах. Причина цього – не тільки недосконалість вітчизняних норм проектування, а й відмінні від прогресивних пропорції у структурі ціни продукції. Тому й знижені на 20 – 25% затрати праці на виготовлення сталевібробетонних конструкцій порівняно зі звичайними залізобетонними аналогами не спонукають наразі товаровиробників звертати увагу на цей факт. Така ситуація згодом мала би змінитися, тож удосконалення норм проектування на часі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Український стандарт щодо проектування сталевібробетонних конструкцій [1] має багато спільного з відповідними російськими нормами [2]. Перед набуттям чинності обидвома нормами проводили широкі дослідження сталевібробетону як матеріалу і конструкцій з нього в Україні та за кордоном [3–6]. Проте вказані норми проектування базуються на тому принципі, що сталевібробетон розглядають як різновид дисперсно-армованого бетону, властивості якого подібні до армоцементу. Фіброву арматуру приводять до дисперсної, і міцність на розтяг знаходять як добуток міцності фібри і коефіцієнтів орієнтації, зчеплення та ймовірності перетину фіброю розрахункової площини. Такий підхід вимагає експериментального вивчення питань зчеплення фібри з бетоном [7], експериментально-теоретичного обґрунтування мінімального коефіцієнта фібрового армування за об'ємом як сталевібро, так і іншими видами фібри [8].

Крім того, важливе використання ідеалізованих розрахункових епюр напружень, які б максимально відповідали дійсній роботі нормальних перерізів залізобетонних елементів. У нормах [1; 2] ці епюри прийняті прямокутними у стиснутій і розтягнутій зонах, що здебільшого не відповідає

реальній роботі елементів [9–12]. Особливу увагу необхідно звертати на прийняття адекватних розрахункових схем внутрішніх зусиль за розрахунку несучої здатності похилих перерізів. Вони у нормах [1; 2] прийняті хоча й різними, однак не відповідають даним, отриманим нами експериментально, оскільки не враховують впливу коефіцієнта повноти епюри напружень у фронті похилої тріщини, який залежить як від прольоту зрізу, так і від коефіцієнта фібрового армування за об'ємом [13].

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – розроблення пропозицій щодо внесення змін і доповнень у вітчизняні норми проектування [1] в частині вдосконалення методики розрахунку сталевібробетонних конструкцій за граничними станами і методів їх конструювання.

Виклад основного матеріалу. Українські та російські норми проектування сталевібробетонних конструкцій [1; 2] різняться від рекомендацій, розроблених у розвинутих країнах [14; 15] передусім тим, що у них не встановлені вимоги щодо деформативності сталевібробетону на спадній вітці деформування (рис. 1).

Німецькі вчені також пропонують брати до уваги спадну вітку деформування сталевібробетону [15]. І з боку RILEM (Міжнародна спілка лабораторій та експертів з будівельних матеріалів, систем і конструкцій) [14] рекомендується встановлювати як клас сталевібробетону на осьовий стиск, так і на розтяг. Так, наприклад, клас сталевібробетону C30/37 FL 2.0/1.5 означає, що циліндрична міцність бетону дорівнює 30, кубова – 37 МПа, міцність на розтяг за ширини розкриття тріщин 0,5 мм – 2 МПа, а за ширини розкриття 3,5 мм – 1,5 МПа (див. рис. 1). Результатом такого підходу є те, що для розрахунку несучої здатності згинальних елементів використовують повні ідеалізовані діаграми деформування сталевібробетону за розтягу і стиску (рис. 2) [14], що дає змогу виконувати розрахунок за деформаційним методом.

В українських та російських нормах проектування [1; 2] розрахункова епюра напружень прийнята прямокутною як у стиснутій, так і в розтягнутій зонах згинального елемента. Причому розрахункові опори сталевібробетону визначаються розрахунком. У цьому полягає принципова різниця вказаних норм від рекомендацій [14; 15].

Усе зазначене пояснює причину переоцінювання несучої здатності згинального сталевібробетонного елемента, розрахованого за вітчизняними нормами [1], що підтверджено як теоретично, так і експериментально [3; 4; 9; 11].

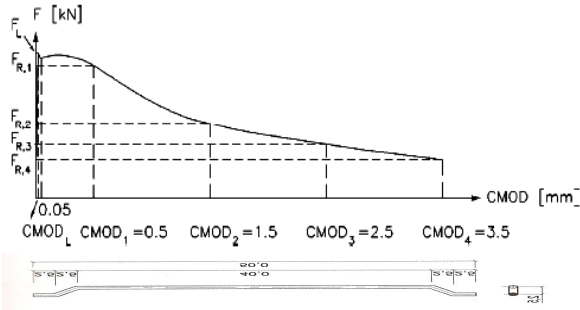


Рис. 1. Діаграма деформування сталевібробетону за згинання сталевібробетонних призм в осях “навантаження – ширина розкриття тріщини” [14]

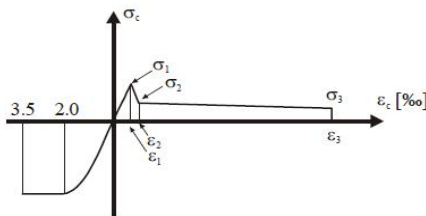


Рис. 2. Іdealізовані діаграми деформування сталевібробетону за розтягу і стиску [14]

Підходи щодо розрахунку несучої здатності похилих перерізів сталевібробетонних елементів за вітчизняними нормами [1] та зарубіжними рекомендаціями [14] подібні: враховується робота бетону над похилою тріщиною на зріз, поперечної та фібрової арматури у фронті похилої тріщини, нагельний ефект поздовжньої арматури. Однак доданки розрахункової формули у вітчизняних нормах [1] і зарубіжних рекомендаціях [14] різняться за структурою, тому це питання потребує додаткових досліджень.

Розрахунок за граничними станами другої групи доцільно проводити також із використанням деформаційного методу [9 –12; 14; 15], як прогресивнішого порівняно з прийнятим у нормах [1; 2].

Істотним недоліком українських норм [1] порівняно з російськими [2] є те, що у них немає методики розрахунку попередньо напружених конструкцій, адже попереднє напруження дає змогу радикально підвищити тріщиностійкість, що з позиції забезпечення корозійної стійкості сталевібробетонних елементів надзвичайно важливо. Відсутня така методика і в зарубіжних рекомендаціях [14; 15], які поки що не є нормаами проектування.

Важливе також залучення в майбутньому до розробки поправок у вітчизняних нормах науковців, які мають досвід проектування сталевібро-

бетонних конструкцій і відповідні публікації у вітчизняних та зарубіжних наукових виданнях [3 – 7; 9 – 13], а не лише знаних фахівців у галузі звичайного залізобетону.

Висновки. До українських норм проектування сталевібробетонних конструкцій [1] доцільно внести зміни і доповнення з урахуванням вітчизняного досвіду експериментально-теоретичних досліджень та досвіду зарубіжних учених [14; 15]:

- передбачити класи сталевібробетону, які характеризувалися б не тільки кубовою та циліндричною міцністю, а й залишковою міцністю на розтяг за ширини розкриття тріщин 0,5 і 3,5 мм;
- передбачити у нормах прийняття експериментально обґрунтованих іdealізованих діаграм деформування сталевібробетону за розтягу і стиску для всіх типів фібри вітчизняного виробництва;
- перейти на деформаційну методику розрахунку конструкцій за граничними станами першої і другої груп;
- внести пропозиції щодо розрахунку і проектування попередньо напружених комбіновано армованих сталевібробетонних конструкцій.

Бібліографічний список

1. ДСТУ-Н Б. В. 2. 6-78:2009. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій. [Чинний від 2010-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 43 с.
2. СП 52-104-2006. Сталевібробетонные конструкции. [Действ. от 2006-01-09]. Москва: ФГУП НИЦ “Строительство”, 2007. 73 с.
3. Білозір В. В. Образование и раскрытие трещин в нормальных сечениях изгибаемых сталевібробетонных элементов на фибре из листа: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1991. 164 с.
4. Bilosir W., Krapfenbauer R., Bölskey E. Festigkeit und Rissfestigkeit der Stahlfaserbetonbiegeelemente mit Fasern aus Blechabfällen. *Österreichische Ingenieur-und Architekten- Zeitschrift*. 1995. Jg.140, Nr. 2. S. 38–53.
5. Білозір В. В. Оптимізація епюри матеріалів залізобетонних та сталевібробетонних двохсхилих балкових конструкцій. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”: теорія і практика будівництва*. 2002. № 441. С. 24–27.
6. Білозір В. В. Оптимізація конструктивних параметрів згинальних елементів з шаром сталевібробетону. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”: теорія і практика будівництва*. 2004. № 495. С. 16–19.
7. Білозір В., Височенко А. Визначення необхідної довжини анкерування фібри в бетоні. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2013. № 14. С. 64–70.
8. Білозір В., Білозір В. Обґрунтування параметрів фібрового армування з використаного поліетилентерефталату. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2016. № 17. С. 66–71.

9. Білозір В. В. Деформаційний метод розрахунку згинальних сталевібробетонних елементів. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка": теорія і практика будівництва*. 2012. № 742. С. 18–24.

10. Білозір В. Деформаційний метод розрахунку прогинів залізобетонних балок за тривалої дії навантаження. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2014. № 15. С. 61–68.

11. Kinash R., Bilozir V. Deformational calculation method of bearing capability of fiber-concrete steel bending elements. *Czasopismo Techniczne* (Technical Transactions: Architecture). 2014. I. 8- A (15). № 111. P. 49–58.

12. Білозір В. Вплив низхідної вітки діаграми деформування сталевібробетону за розтягу на несучу

здатність балок. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2015. № 16. С. 60–64.

13. Білозір В. Утворення і розкриття похилих тріщин комбіновано армованих сталевібробетонних згинальних елементів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2017. № 118. С. 40–47.

14. RILEM TC 162-TDF. Test and design methods for steel fibre reinforced concrete. *Materials and Structures*. 2003. Vol. 36. P. 560–567.

15. Heek P., Mark P. Querschnittsbemessung von Stahlfaserbetonbauteilen. *Die Fachzeitschrift für den Betonbau*. 2013. № 10. S. 388–389.

Білозір В.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ НОРМ ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

В українських та російських нормах епюри напружень прийняті прямокутними у стиснутій та розтягнутій зонах згинального елемента. Окрім того, теоретичний опір сталевібробетону визначають обчисленням. Це основна відмінність між цими нормами і нормами розвинутих країн. Усе це пояснює причину переоцінювання несучої здатності сталевібробетонних згинальних елементів, обчисленої за вітчизняними нормами, що підтверджено як теоретично, так і експериментально.

Істотним недоліком українських норм порівняно з російськими є те, що у них немає методики розрахунку попередньо напружених конструкцій, адже попереднє напруження дає змогу радикально підвищити тріщиностійкість, що з позиції забезпечення корозійної стійкості сталевібробетонних елементів надзвичайно важливо. Відсутня така методика і в зарубіжних рекомендаціях, які поки що не є нормами проектування. До українських норм проектування сталевібробетонних конструкцій доцільно внести зміни і доповнення з урахуванням вітчизняного досвіду експериментально-теоретичних досліджень та досвіду зарубіжних учених: передбачити класи сталевібробетону з характерними не тільки кубовою та циліндричною міцністю, а й залишковою міцністю на розтяг за ширини розкриття тріщин 0,5 і 3,5 мм; і стиску для всіх типів фібри вітчизняного виробництва; перейти на деформаційну методику розрахунку конструкцій за граничними станами першої і другої груп; внести пропозиції щодо розрахунку, передбачити у нормах прийняття експериментально обгрунтованих ідеалізованих діаграм деформування сталевібробетону за розтягу і проектування попередньо напружених комбіновано армованих сталевібробетонних конструкцій.

Ключові слова: сталевібробетон, розрахунок, граничні стани, діаграми деформування, норми проектування.

Bilozir V.

PROPOSALS FOR IMPROVING THE UKRAINIAN CONSTRUCTION NORMS OF STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

In the Ukrainian and Russian construction norms, the diagram of tension is taken rectangular in compressed and extended zones of the bending element. Moreover, the theoretical resistance of steel fiber reinforced concrete are determined by calculation. This is the fundamental difference between these norms from the norms of developed countries. All the above explains the reason for reassessing the bearing capacity of the bending steel fiber reinforced concrete element, calculated according to domestic norms, which is confirmed both theoretically and experimentally.

An essential disadvantage of Ukrainian norms in comparison with Russian is that they do not have a method for calculating pre-stressed structures, because the prestress gives rise to a radical increase crack resistance, which is extremely important from the point of view of ensuring corrosion resistance of steel fiber reinforced concrete elements. There is no such methodology in foreign recommendations, which are not yet design standards. It is advisable to make changes and additions to Ukrainian construction norms of steel fiber reinforced concrete structures taking into account the domestic experience of experimental-theoretical researches and experience of foreign scientists: to provide classes of steel-reinforced concrete which would be characterized not only by cube and cylindrical strength but also by the residual tensile strength for crack widths of 0.5 mm and 3.5 mm; to provide in the norms making experimentally justified idealized diagrams of deformation of steel fiber reinforced concrete under tension and compression for all types of fibers; transition to the deformation method of calculating the constructions at the boundary states of the first and second groups; to provide proposals for the calculation and construction of pre-stressed combined reinforced steel fiber reinforced concrete constructions.

Key words: steel fiber reinforced concrete, calculation, limit state design, diagrams of deformation, construction norms.

Стаття надійшла 02.02.2018.