

Кочкар'єв Д.В., к.т.н., доц., 0000-0002-4525-7315, dim7@ukr.net  
 Національний університет водного господарства та природокористування  
 Галінська Т.О., к.т.н., доц., 0000-0002-6138-2757, galinska@i.ua  
 Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

## РОЗРАХУНОК НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА ФІБРОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Анотація.** Розглянуті основні положення розрахунку нормальних перерізів залізобетонних та фібробетонних згинальних елементів. В статті представлені силові та деформаційні методи розрахунку залізобетонних та фібробетонних елементів прямокутного поперечного перерізу. Деформаційна модель розрахунку залізобетонних та фібробетонних елементів представлено у рамках методу розрахункових опорів перерізу. Даний метод дає можливість з єдиних методологічних позицій виконувати розрахунки залізобетонних та фібробетонних елементів: підбирати армування та визначати несучу здатність. Запропонована деформаційна модель для розрахунку фібробетонних елементів ґрунтується на загальноприйнятих передумовах. Приймається справедливою гіпотеза плоских перерізів. Діаграма деформування стиснутого бетону описується нелінійною функцією із встановленими параметричними точками. Розподіл напружень у розтягнутому бетоні приймається прямокутним із відповідними коефіцієнтами, які приймаються залежно від виду діаграми деформування. Визначення несучої здатності фібробетонних елементів відбувається за екстремальним деформаційним критерієм. Основним безрозмірним модифікатором виступає механічний коефіцієнт армування. За розробленою методикою виконані приклади розрахунку залізобетонних, фібробетонних елементів та фібробетонних елементів із поздовжнім армуванням. Показано можливість варіантного проектування залізобетонних та фібробетонних елементів.

**Ключові слова:** залізобетонні елементи, фібробетонні елементи, згинальні елементи, балки, міцність, напруження, деформаційна модель.

Kochkarev D.V. orcid:0000-0002-4525-7315, dim7@ukr.net  
 National University of Water and Environmental Engineering, Department Urban  
 building and development  
 Galinska T.A. orcid:0000-0002-6138-2757, galinska@i.ua  
 Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

## NORMAL SECTIONS CALCULATION OF BENDING REINFORCED CONCRETE AND FIBER CONCRETE ELEMENTS

**Abstract.** The basic positions of the calculation of normal sections of reinforced concrete and fiber concrete bending elements are considered. The paper presents power and deformation methods for calculating reinforced concrete and fiber concrete elements of a rectangular cross section. The deformation model of the calculation of reinforced concrete and fiber concrete elements is presented in the framework of the sectional design resistance method. This method makes it possible, from a single methodological point of view, to perform calculations of reinforced concrete and fiber concrete elements: to select reinforcement and to determine the bearing capacity. The proposed deformation model for calculating fiber concrete elements is based on generally accepted prerequisites. A fair hypothesis of plane cross sections is accepted. The deformation diagram of compressed concrete is described by a nonlinear function with established parametric points. Distribution of stresses in a stretched concrete is taken in rectangular with corresponding coefficients, which are taken depending on the type of deformation diagram. Determination of the bearing capacity of fibrobone elements occurs by extreme deformation criterion. The main dimensionless modifier is the mechanical coefficient of reinforcement. According to the developed method, examples of calculations of reinforced concrete, fiber concrete elements

and fiber of concrete elements with longitudinal reinforcement are executed. The possibility of variant designing of reinforced concrete and fiber concrete elements is shown.

**Keywords:** reinforced concrete elements, fibro concrete elements, bending elements, beams, strength, stress, deformation model.

Розрахунок залізобетонних та фіробетонних елементів виконують за допомогою силових або деформаційних моделей розрахунку. Силкові моделі розрахунку згинальних елементів передбачають силові критерії руйнування матеріалів – досягнення граничних значень напружень у бетоні стиснутої зони та робочій арматурі. У деформаційних моделях розрахунку обмежуються граничні деформації матеріалів, за умови не перевищення граничних напружень. Розрахунок на основі деформаційних моделей зумовлює необхідність описання діаграм деформування матеріалів. У більшості розрахункових моделей для арматури приймають діаграму Прандтля. Робота бетону стиснутої зони може бути описана цілою низкою діаграм. Використання нелінійних діаграм деформування бетону передбачає отримання максимуму на діаграмі стану роботи елемента. Саме тому для його пошуку виникає необхідність застосування екстремального критерію, та пошук максимально можливих деформацій стиснутого бетону, які їй відповідають цьому максимуму. Як наслідок цього, відбувається порушення рівноваги між внутрішніми та зовнішніми силовими факторами, що й призводить до руйнування елемента. Використання двох або трьох лінійних діаграм деформування стиснутого бетону призводить до відсутності максимуму несучої здатності на діаграмі стану елемента. У таку випадку несучу здатність визначають за значень максимально можливих деформацій бетону, як матеріалу.

Для залізобетонних елементів вплив розтягнутої зони бетону настільки мізерний, що їм нехтують. Натомість, значним впливом розтягнутої зони фіробетонних елементів нехтувати не можна. Загальний вигляд діаграм деформування розтягнутої зони бетону може бути доволі складним. Тому для спрощення його описують трьох лінійними функціями.

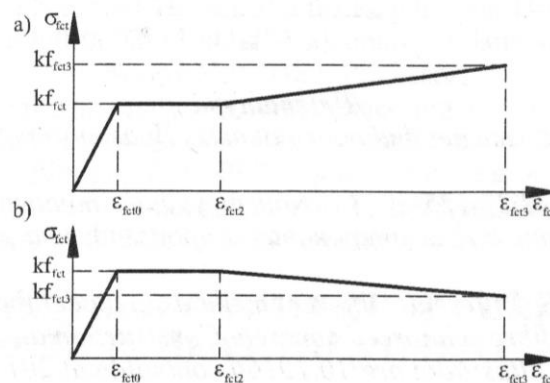


Рисунок 1 – Діаграми деформування розтягнутого фіробетону бетону

Залізобетонні та фібро бетонні елементи також, можна розраховувати методом розрахункових опорів залізобетону. Суть даного методу полягає у відділенні геометричних параметрів від фізико-механічних. Геометрична характеристика визначається за параметрами бетонного або фіробетонного елемента у відповідності із напружено-деформованим станом. Для згину це буде – момент опору. Залежність виду діаграми бетону або фібро бетону та її параметричних точок від міцності, дає змогу вводити поняття механічного проценту армування  $\omega$ . На основі деформаційної моделі, з використанням основних загально прийнятих гіпотез, не складно отримати розрахункову характеристику опору залізобетону та фібро бетону – розрахунковий опір. При цьому вплив розтягнутої зони враховується за допомогою підвищеного механічного проценту армування  $\omega$ . Такий підхід дає можливість з єдиних позицій виконувати розрахунок композитних матеріалів, з урахуванням впливу розтягнутої зони. Точність даного методу повністю відповідає сучасним деформаційним моделям, а його універсальність та простота дозволяє рекомендувати його для широкого використання при розрахунку та проектуванні залізобетонних та фібро бетонних елементів.

**Висновки.** Запропоновано розрахунок залізобетонних та фібробетонних елементів з єдиних методологічних позицій методом розрахункових опорів залізобетону та фібробетону. Методика враховує особливості роботи перерізи згинальних залізобетонних та фібробетонних елементів під навантаженням. Результаті проведених теоретичних досліджень вдалося розробити узагальнену моделю розрахунку залізобетонних та фібробетонних елементів. У загальному випадку умов міцності нормальних перерізів залізобетонних та фібробетонних елементів має вигляд

$$\dot{I}_{Ad} \leq W_c f_z,$$

де  $f_z$  – розрахунковий опір перерізу:

- для залізобетонних елементів

$$f_z = k_z f_c;$$

- для фібробетонних елементів

$$f_z = \left( k_z - 3 \frac{f_{fct} k_{\eta_t}}{f_{fc} + f_{fct} k_{\eta_t}} \right) (f_{fc} + f_{fct} k_{\eta_t}).$$

Значення параметру  $k_z$  приймається залежно від механічного коефіцієнта армування за таблицею 1. Механічний коефіцієнт армування  $\omega$  визначається за формулами:

- для залізобетонних елементів

$$\omega = \frac{\rho_f f_{sd}}{f_{cd}};$$

- для фібробетонних елементів без поздовжнього армування

$$\omega = \frac{f_{fct} k_{\eta_t}}{f_{fc} + f_{fct} k_{\eta_t}};$$

- для фібробетонних елементів із поздовжнім армуванням

$$\omega = \frac{\rho_f f_{yd} + f_{fct} k_{\eta_t} \frac{h}{d}}{f_{fc} + f_{fct} k_{\eta_t}}.$$

### Література

1. СП Конструкции и изделия фибробетонные. Правила проектирования. Москва. 2012. – 155 с.
2. СТО НОСТРОЙ 2.27.125-2013. Конструкции транспортных тоннелей и фибробетона. Правила проектирования и производства работ Москва. – 2012. – 117 с.
3. Soetens T, Matthys S Different Different methods to model the post-cracking behaviour of hooked-end steel fibre reinforced concrete Construction and Building Materials 2014. vol: 73 pp: 458-471 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.093>
4. Rombach G.A. Finite-element Design of Concrete Structures: Practical problems and their solutions, Second edition. ICE Publishing. 2011. - 350p.
5. J.K. Wight, J.G MacGregor . Reinforced Concrete: mechanics and design, New Jersey Upper Saddle River, (2009).
6. J.C. McCormac, J.K. Nelson. Design of Reinforced Concrete. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, (2006).
7. ENV 1992-1. Eurokode- 2. Design of concrete structure. Part 1, General rules and rule for buildings, GEN, 1993.
8. EN 14651:2005+A1:2007 Test method for metallic fiber concrete. Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual).
9. EN 14845-2:2006 Test methods for fibers in concrete. Effect on concrete.
10. Kochkarev D. Calculation methodology of reinforced concrete elements based on calculated resistance of reinforced concrete / D. Kochkarev, T. Galinska // Matec Web of Conferences 116, 02020 (2017); Materials science, engineering and chemistry Transbud–2017, Kharkiv, Ukraine, April 19–21, 2017. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711602020>