

**РОЗРАХУНОК СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ЗГИНАЛЬНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ЗА МІЦНІСТЮ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ**

**CALCULATION STEELFIBERCONCRETE BENDING
ELEMENTS BY THE STRENGTH OF NORMAL CROSS
SECTION**

Ужегов С.О., асистент, Ужегова О.А., к.т.н., доцент, Пасічник Р.В., к.т.н., доцент, Андрійчук О.В., к.т.н., доцент, Дробишинець С.Я., к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Uzhegov S.O., assistant, Uzhegova O.A., candidate of technical sciences, Pasichnyk R.V. candidate of technical sciences, Andriichuk O.V., candidate of technical sciences, Drobyshynets S.Y. candidate of technical sciences (Lutsk National Technical University, Lutsk)

У роботі досліджувалися нормальні перерізи згинальних сталевібробетонних елементів і наведені формули для визначення їх несучої здатності.

This article describes the steelfiberconcrete as material, the criteria of its reliability and usability with reference to the new state standard. The formula of steelfiberconcrete strength compressive is presented, and the tensile, depending on the possible destruction of a prototype: provided all pulling fiber in one case or only part of pulling fiber break and rest – in another case. In the article were researched normal cross-sections of bending steelfiberconcrete elements and presented the formulas for the determination of their bearing capacity based on deformation model.

Ключові слова: сталевібробетон, деформаційна модель, розрахунок, міцність.

Keywords: steelfiberconcrete, deformation model, calculation, strength.

Сталевібробетон – це композитний матеріал, що складається з бетонної матриці та хаотично розташованих у ній коротких сталевих фібр. Перевагою цього композиту перед бетоном і навіть

залізобетоном є висока питома міцність, підвищена міцність на розтяг, вища тріщиностійкість, підвищена морозостійкість, більша витривалість проти ударних та вібраційних навантажень, стійкість до дії підвищених температур, стійкість щодо стирання тощо [1, 2, 3]. Сталефібробетон відноситься до дисперсно армованих матеріалів, проектування яких означене новим нормативним документом – ДСТУ-Н Б В.2.6-XX: 20XX [4].

Застосування сталефібробетону дозволяє суттєво інтенсифікувати виробничі процеси у будівництві, знизити трудозатрати на арматурні роботи, сумістити технологічні операції з приготування суміші та армування, збільшити довговічність конструкцій, знизити експлуатаційні витрати.

Для забезпечення вимог безпеки конструкції зі сталефібробетону повинні мати такі початкові властивості, щоб з необхідним ступенем надійності для різних розрахункових ситуацій у процесі будівництва і експлуатації будівель та споруд була виключена можливість руйнування будь-якого характеру або порушення експлуатаційної придатності [4].

Для забезпечення вимог експлуатаційної придатності сталефібробетонні конструкції повинні мати такі початкові властивості, щоб з належним ступенем надійності для різних розрахункових впливів не утворювалися або надмірно не розкривалися тріщини, а також не виникали надмірні переміщення, коливання та інші пошкодження, які ускладнюють нормальну експлуатацію (порушення вимог комфорту щодо перебування людей, до зовнішнього вигляду конструкції, технологічних вимог за умов нормальної роботи обладнання, механізмів, конструктивних вимог щодо спільної роботи елементів та інших вимог, встановлених для проектування) [4].

При проектуванні сталефібробетонних елементів конструктор повинен гарантувати їх надійність, безпеку, експлуатаційну придатність, довговічність за рахунок виконання: вимог до бетону та його складових; вимог до сталевих фібри; вимог до розрахунків конструкцій; технологічних вимог; вимог щодо експлуатації; вимог щодо межі вогнестійкості конструкцій.

Сталефібробетон – порівняно новий матеріал, тривають експериментальні й теоретичні дослідження з вивчення його фізико-механічних характеристик, надійності, довговічності, розробляють методи розрахунку. Цей композитний матеріал

досліджували відомі вчені і науковці: Д.С.Аболіньш, Є.М. Бабич, А.Я.Барашиков, В.В.Білозір, Г.В.Гетун, О.П.Кричевський, А.Н.Куліков, Є.Ф.Лисенко, Ф.Н.Рабінович, А.В.Сопільняк, О.П.Сунак, Р.О.Ейзеншмідт, Д.П.Ромуальді, Р.Н.Свемі, Д.І.Ханант та інші.

Розрахунок конструкцій зі сталефібробетону слід виконувати за граничними станами, як правило, з урахуванням класу відповідальності будівель і споруд та категорій відповідальності конструктивних елементів згідно з ДБН В.1.2-14 та ДСТУ Б В.2.6-156, мінливості властивостей матеріалів, навантажень та впливів, геометричних характеристик, строку експлуатації і умов роботи конструкцій.

Розрахунок конструкцій зі сталефібробетону повинен гарантувати необхідний ступінь надійності від досягнення граничних станів на стадіях виготовлення, транспортування, зведення і експлуатації.

Надійність конструкцій зі сталефібробетону при проектуванні забезпечується розрахунками із застосуванням розрахункових значень навантажень і впливів, розрахункових значень характеристик матеріалів, що визначаються за допомогою часткових коефіцієнтів надійності до відповідних характеристичних значень з урахуванням ступеня відповідальності будівель і споруд.

Характеристичні значення навантажень і впливів, коефіцієнтів сполучень, коефіцієнтів надійності за навантаженнями приймають згідно з ДБН В.1.2-2, а коефіцієнти відповідальності відповідно до ДБН В.2.2-14.

Розрахунок сталефібробетонних конструкцій виконують на основі розрахункових ситуацій, які характеризуються розрахунковою схемою (моделлю) конструкції та відповідними до ситуації сполученнями навантажень і впливів, включаючи вплив навколишнього середовища.

Несучу здатність сталефібробетонних елементів на дію згинальних моментів та поздовжніх сил визначають, виходячи з таких передумов:

– для розрахункового перерізу вважається справедливою гіпотеза про лінійний розподіл деформацій по його висоті;

– зв'язок між напруженнями та деформаціями сталефібробетону приймається у вигляді діаграми як на рис. 6.1 у держстандарті [4, п.6.2.5].

За критерій вичерпання несучої здатності фібробетонного перерізу приймається руйнування розтягнутого фібробетону при досягненні фібровими деформаціями граничних значень

$$\varepsilon_{ctu} = -1,8f_{ctd}/E_{cd}.$$

Розрахунок виконується за нелінійною деформаційною методикою, сутність якої полягає у тому, що ураховується приріст не зусиль (дій), а деформацій у перерізі.

Розрахунковий опір сталеві фібробетону на стиск f_{cd} приймається рівним розрахунковому опору бетону матриці.

Розрахунковий опір сталеві фібробетону на розтяг f_{ctd} визначають залежно від класу бетону матриці за міцністю на стиск, форми і розмірів перерізу елемента, а також від типу використаної фібри.

Міцність сталеві фібробетону при стиску визначають за формулою:

$$f_{sfb} = f_{cd} + k_n^2 \varphi_f \mu_{fv} f_f, \quad (1)$$

де f_{cd} – опір бетону матриці на осьовий стиск; k_n – коефіцієнт, що враховує роботу фібр у перерізі, перпендикулярному до зовнішнього стискуючого навантаження; φ_f – коефіцієнт ефективності фібрового армування; μ_{fv} – коефіцієнт об'ємного фібрового армування; f_f – опір фібр розтягу.

Міцність сталеві фібробетону при розтягу залежить від можливого варіанту руйнування дослідного зразка – в одному випадку всі фібри висмикуються, а в іншому – частина висмикується, інші рвуться. Тому застосовують різні розрахункові формули:

в першому випадку, при $l_{f,an} > l_f/2$ міцність сталеві фібробетону на розтяг визначають за формулою:

$$f_{sfb,t} = m_2 f_{cd} [(k_{02} \mu_{fv} l_f) / (4 \eta d_f) + 0,08 - 5,5 \mu_{fv}], \quad (2)$$

а в другому випадку, при $l_{f,an} < l_f/2$ міцність сталеві фібробетону на розтяг визначають за формулою:

$$f_{sfb,t} = m_1 [(k_{02} \mu_{fv} l_f) / (1 - l_{f,an} / l_f) + f_{cd} (0,08 - 5,5 \mu_{fv})], \quad (3)$$

де $l_{f,an}$ – мінімальна довжина анкерування фібр у бетоні, що відповідає їх обриву при висмикуванні, мм, і обчислюється за формулою:

$$l_{f,an} = (\eta d_f f_f) / f_{cd};$$

m_1 – коефіцієнт, що приймається рівним 1,1 для фібр з анкерами

і рівним 1,0 для фібр без анкерів;

m_2 – коефіцієнт умов роботи фібр, становить 1,2;

d_f – діаметр фібр, мм; l_f – довжина фібр, мм;

k_{02} – коефіцієнт орієнтації фібр відносно напрямку головних розтягувальних напружень;

η – характеристика зчеплення фібр з бетоном.

Розглянемо розрахункову схему нормального перерізу згинального сталевібробетонного елемента (рис. 1), де покажемо внутрішні зусилля, напруження на межі граничного стану і відповідні деформації.

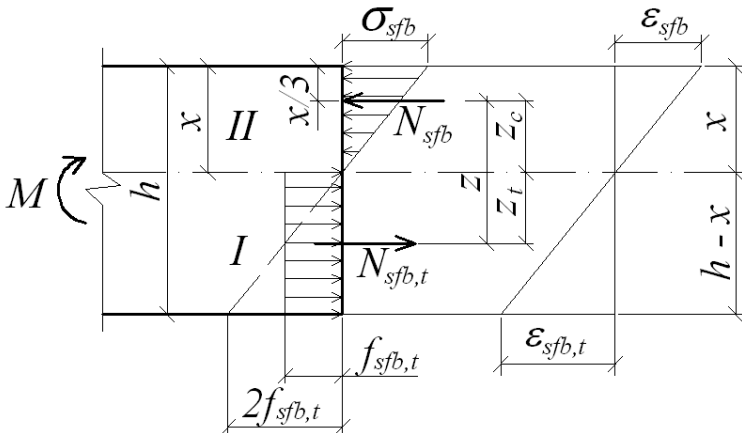


Рис. 1. Розрахункова схема нормального перерізу сталевібробетонного згинального елемента

У перерізі виникає внутрішня пара сил:

$$N_{sfb} = N_{sfb,t}; \quad (4)$$

у нижній розтягнутій частині перерізу (I) виникає сила (b – ширина перерізу):

$$N_{sfb,t} = (h - x) b f_{sfb,t}; \quad (5)$$

у стиснутій частині перерізу (II) виникає стискуюче зусилля:

$$N_{sfb} = 0,5 b x \sigma_{sfb}. \quad (6)$$

Якщо прирівняти праві частини виразів (5) і (6), то отримаємо:

$$0,5bx\sigma_{sfb} = (h - x)bf_{sfb,t}; \quad (7)$$

звідки можна визначити напруження у стиснутій частині перерізу:

$$\sigma_{sfb} = 2(h - x)f_{sfb,t}/x. \quad (8)$$

Максимальний згинальний момент, який здатен сприйняти елемент можна записати відносно осі, що проходить через центр розтягнутої частини перерізу:

$$M_I = N_{sfb} z, \quad (9)$$

або через центр стиснутої частини перерізу:

$$M_{II} = N_{sfb,t} z, \quad (10)$$

тут z – плече внутрішньої пари сил (рис.1), яке становить

$$z = z_c + z_t, \quad (11)$$

$$\text{де } z_t = \frac{h - x}{2}; \quad z_c = \frac{2}{3}x.$$

Якщо підставити у рівняння (9) значення (6), (8) з урахуванням (11), то несуча здатність перерізу становитиме:

$$\begin{aligned} M = M_I = N_{sfb} z &= \frac{1}{2}bx\sigma_{sfb}z = \frac{1}{2}bx \frac{2(h - x)f_{sfb,t}}{x} \left(\frac{h - x}{2} + \frac{2}{3}x \right) = \\ &= f_{sfb,t}b(h - x) \left[\frac{h - x}{2} + \frac{2}{3}x \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

Висоту стиснутої зони x визначають з умови рівноваги (7).

Наведені залежності застосовують за умови настання граничного стану. Якщо навантаження не досягають граничних значень, то слід скористатися не фізичною моделлю, а дійсними діаграмами деформування сталевібробетону.

1. Сунак О.П., Сунак П.О. Оцінювання надійності сталевібробетонних елементів. Монографія. – Луцьк: ЛДТУ, 2001. – 142 с.
2. Бабич Є.М., Дробишинець С.Я. Робота і розрахунок згинальних сталевібробетонних елементів. Монографія. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – 194 с.
3. Андрійчук О.В., Бабич Є.М. Сталевібробетонні безнапірні труби. Монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2012. – 150 с.
4. ДСТУ- Н Б В.2.6-XX: 20XX. Конструкції будинків і споруд. Дисперсноармовані залізобетонні конструкції. Настанова з проектування та виконання робіт. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 49 с.