

- бие/В.В. Савйовский.-Х.: Издательство «Лидер», 2014.-256 с.
2. <http://westergasfabriek.nl>
 3. <http://architektur.mapolismagazin.com/nox-maison-folie-lille>
 4. <http://www.bstu.by/uploads/vestnik/1/2012>
 5. Реконструкция зданий и сооружений/А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф.

- Гончаренко, В.Б. Гончаров; Под ред.А.Л. Шагина: Учеб. пособие для срoит. спец. Вузов. - М.: Высш. шк., 1991. - 352 с.: ил.
6. Табунщиков Ю. А. и др. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий.- АВОК №5/2009.

УДК 69.059

Избаш М. Ю., Казимагомедов Ф. И.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТРУБОБЕТОННИХ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КВАДРАТНОГО ПЕРЕРІЗУ

З розвитком будівельної індустрії, в світ виходять все нові конструкції, матеріали та їх комбінації, які служать задля ефективного і раціонального звe-дення будівель та споруд. Деякі з даних конструкцій не вписуються в класичні канони будівельних розрахунків та проектування. Однією з таких конструкцій є труботон. Під труботоном розуміють конструкцію, яка складається зі сталевої труби, заповненої бетоном. Бетон за рахунок об'ємного-напруженого стану всередині труби сприймає напругу, що значно перевищують призову міцність, що призводить до економії стали і бетону. Труботону притаманні властивості як металевих, так і залізобетонних конструкцій

Як і в сталевих конструкціях, у труботоні нейтральна вісь практично не змінює своє положення, при цьому несуча здатність даної конструкції не вичерпується при досягненні межі текучості в крайніх волокнах. Як і в залізобетоні, в розтягнутій зоні бетон умовно не працює.

Згідно ДСТУ Б В.2.6-156: 2010 [1] згинальні залізобетонні елементи розраховуються за нормальними перерізами. Для балки з подвійним армуванням формула має вигляд

$$\frac{bf_{cd}}{S} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \gamma^{k+1} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} - N = 0,$$

$$\frac{bf_{cd}}{S} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \gamma^{k+1} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} (x_1 - z_{si}) - M = 0.$$

Запропоновано і доведено, що застосування методу наведених перерізів є досить точним. За даним методом можна отримати формули, які досить наближені до формул розрахунку несучою здатності сталевих згинальних елементів. Розрахунок сталевих конструкцій виконувався згідно ДБН В.2.6163:2010 «Сталеві конструкції» [2] за формулою

$$\frac{M}{W_{n,min} R_y \gamma_c} \leq 1,$$

На сьогоднішній день розвивається і широко застосовується новий напрямок в будівництві - сталезалізобетон. Труботонні конструкції за своєю суттю є сталезалізобетонними, отже, при розрахунку необхідно посилатися на рекомендації ДБН В.2.6.-160:2010 «Сталезалізобетонні конструкції» [3].

При розрахунку трубо бетонних згинальних елементів слід враховувати два основні фактори:

1. Робота бетону на розтяг істотно не впливає на несучу здатність конструкції в цілому, отже, її можна не враховувати.

2. Бетон в умовах обмеженого простору має значно більші міцнісні показники, ніж при звичайних умовах. Поведінка бетону в умовах обмеженого простору досконально не вивчена, не дивлячись на десятки досліджень. Прийнято вважати,

що розрахунковий опір бетону в трубобетоні

$$f_{cd}^* = \eta f_{cd},$$

де η – коефіцієнт ефективності роботи бетону в трубобетоні.

Коефіцієнт η отримано експериментальним шляхом [4]. Ефективність роботи бетону в трубі складає 1,2-1,4 при згині. При стисненні даний коефіцієнт більше.

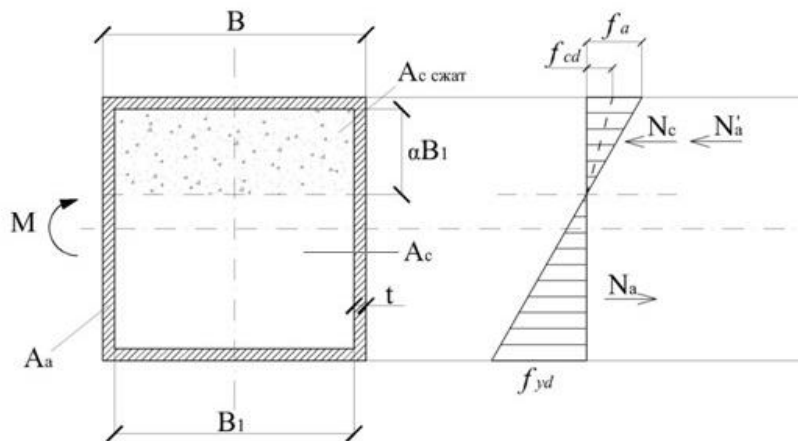


Рис. 1. Розрахункова схема згинального трубобетонного елемента при трикутній епюрі напруження

Умови рівноваги $\sum X = 0$,

$$N_a = N'_a + N_c.$$

Визначимо через α відношення стиснутої зони бетону до загальної площі бетону поперечного перерізу

$$\alpha = \frac{A_{c\text{сжат}}}{A_c},$$

тоді висота стиснутої зони бетону дорівнює

$$x = \alpha B_1, \quad (1)$$

Зусилля, яке сприймає розтягнута зона згинального елемента

$$N_a = \frac{A_a}{4} f_{yd} + (1 - \alpha) \frac{A_a}{4} R f_{yd} = \frac{f_{yd} A_a}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$$

Зусилля, яке сприймається стислою зоною труби

$$N'_a = \frac{A_a}{4} f_a + \frac{\alpha}{4} A_a f_a = \frac{A_a f_a}{4} (1 - \alpha).$$

Визначимо f_a через f_{yd} , використовуючи гіпотезу плоских перерізів

Тоді

$$N'_a = \frac{A_a f_{yd}}{4} \alpha \frac{1 + \alpha}{1 - \alpha}.$$

При розгляді напружено-деформованого стану згинального трубобетонного елемента приймаємо, що епюра в стислій і розтягнутій зоні трикутна. Бетон в розтягнутій зоні не працює. Дотримується гіпотеза плоских перерізів (рис. 1).

В якості граничної умови несучої здатності приймаємо досягнення поздовжніх напружень в одному з крайніх волокон значення границі текучості f_{yd} .

Визначимо зусилля, яке сприймається бетоном, в припущенні, що епюра напружень в бетоні в стислій зоні трикутна

$$N_c = 0.5 f_{cd} A_{c\text{сжат}} = 0.5 f_{cd} B_1^2.$$

Виразимо f_{cd} через f_a , використовуючи умову спільної деформації бетону та стали, тоді $f_{cd} = \frac{E_c}{E_a} f_a$.

$$N_b = 0.5 f_a A_c \frac{E_c}{E_a} = 0.5 \alpha^2 \frac{f_{yd}}{1 - \alpha} A_c \frac{E_c}{E_a},$$

Умовне рівняння рівноваги $\sum X = 0$ запишемо так

$$0.5 f_{yd} A_a (1 - \alpha) = 0.25 \alpha f_{yd} A_a \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha} + 0.5 f_{yd} A_c \frac{E_c}{E_a}.$$

Після перетворень отримаємо

$$\frac{A_c}{A_a} \alpha^2 \frac{E_c}{E_a} + 2\alpha - 1 = 0.$$

Після вирішення квадратного рівняння отримаємо формулу для визначення відносної висоти стиснутої зони

$$\alpha = \frac{\mu \sqrt{1 + \frac{n}{\mu}} - 1}{n} \quad (2)$$

де: $\mu = \frac{A_a}{A_c}$ - коефіцієнт армування, $n = \frac{E_a}{E_c}$ - співвідношення модулів пружності бетону та сталі.

Таким чином, знаючи коефіцієнт α , можна визначити висоту стиснутої зони бетонного ядра.

Як було показано, труботетонні згинальні конструкції квадратного перерізу можна розрахувати за формулою

$$M = W_n f_{yd} \gamma_c,$$

Відомі формули моментів інерції простих перерізів (квадрат, прямокутник, коло ...), в нашому випадку переріз є складним. Розіб'ємо наш переріз на квадратну трубу I (довжиною грані B і товщиною стінки t) і стислу частину бетону II (шириною B_1 , і висотою x).

Для визначення моменту інерції складного перерізу необхідно знайти центр ваги даного перерізу. Далі, через цей центр проведемо додаткову вісь (y , x_1^* рис.2), положення осі ординат збігається з існуючою віссю. Для визначення положення центра ваги складного перерізу знайдемо координати центрів ваги перерізу I і II. Схема розташувань центрів ваги перерізу приведена на рис. 2.

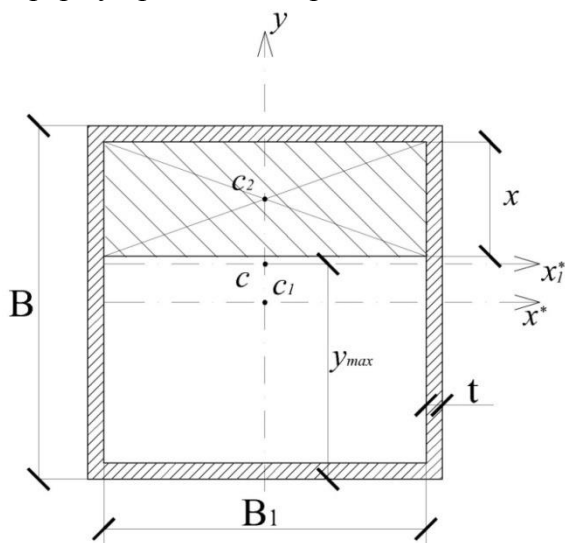


Рис. 2. Положення центрів ваги складного перерізу

Координати центра ваги складного перерізу визначаються за формулою

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2},$$

де A_1, A_2 - площі I та II фігури відповідно, y_1, y_2 - відстань від осі x до центра ваги I та II фігури відповідно,

$$A_1 = B^2 - B_1^2,$$

$$A_2 = B_1 x,$$

$$y_1 = 0,$$

$$y_2 = \frac{1}{2} B_1 - \frac{1}{2} x.$$

Знайдемо центр ваги складеного перерізу

$$y_c = \frac{(\frac{1}{2} B_1 - \frac{1}{2} x) B_1 x}{B^2 - B_1^2 + B_1 x} = \frac{(B_1 - x) B_1 x}{2(B^2 - B_1^2 + B_1 x)}.$$

Для спрощення формули введемо значення $S_t = B^2 - B_1^2 + B_1 x$ - площа робочого перерізу. Тоді

$$y_c = \frac{(B_1 - x) B_1 x}{2 S_t} \quad (3)$$

Через точку y_c проведемо додаткову вісь x_1^* . Таким чином, маємо вісь (y, x_1^*) з точкою відліку в центрі ваги нашого перерізу.

Момент інерції повного перерізу дорівнює сумі моментів інерції I та II фігури щодо осі повного перерізу

$$I_y = I_1 + I_2.$$

Момент інерції сталеві труби (I фігура)

$$I_1 = I_1^* + a_1^2 A_1,$$

де I_1^* - момент інерції I фігури відносно власної осі, a_1 - відстань від осі x_1^* до центра ваги фігури I,

$$I_1^* = \frac{B^4 - B_1^4}{12},$$

$$a_1 = y_c,$$

$$I_1 = \frac{B^4 - B_1^4}{12} + \left(\frac{(B_1 - x) B_1 x}{2 S_t} \right) A_1.$$

Аналогічно знаходимо момент інерції

$$I_2 = I_2^* + a_2^2 A_2,$$

$$I_2^* = \frac{B_1^3 x}{12},$$

$$a_2 = \frac{1}{2}(B_1 - x) - \frac{B_1 - x}{2S_t} =$$

$$= \frac{S_t(B_1 - x) - (B_1 - x)}{2S_t} = \frac{(B_1 - x)(S_t - 1)}{2S_t},$$

$$I_2 = \frac{B_1^3 x}{12} + \left(\frac{(B_1 - x)(S_t - 1)}{2S_t} \right)^2 A_2.$$

Момент інерції складного перетину дорівнюватиме

$$I_y = \frac{S_t^2 (B^4 - B_1^4) + 3(B_1 - x)^2 + A_1^3}{12S_t^2} +$$

$$+ \frac{S_t^2 B_1^3 x + 3(B_1 - x)^2 (S_t - 1)^2 A_2}{12S_t^2}. \quad (4)$$

Визначимо осьовий момент опору поперечного перерізу

$$W_n = \frac{S_t^2 (B^4 - B_1^4) + 3(B_1 - x)^2 + A_1^3}{6S_t((B_1 - x)A_2 + S_t B)} +$$

$$+ \frac{S_t^2 B_1^3 x + 3(B_1 - x)^2 (S_t - 1)^2 A_2}{6S_t((B_1 - x)A_2 + S_t B)}. \quad (5)$$

Знаючи значення моменту опору, можна розрахувати згинаючий момент, що сприймається перерізом

$$M = W_n f_{yd} \gamma_c.$$

Висновок: Представлена методика розрахунку несучої здатності трубобетонних елементів квадратного перерізу що працюють на згин, вона розроблена з використанням класичних гіпотез та сучасних

рекомендацій щодо розрахунку і проектування залізобетонних, сталевих та сталезалізобетонних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування: ДБН В.2.6-98:2009.-К.: Мінрегіонбуд України, 2010.- 75с.
2. Сталеві конструкції норми проектування, виготовлення і монтажу: ДБН В.2.6-163:2010. -К.: Мінрегіонбуд України, 2010.- 132с.
3. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-160:2010.-К.: Мінрегіонбуд України, 2010.- 81с.
4. Лукша Л.К. Основы расчета прочности трубобетона / Л.К. Лукша, В.И. Ефименко // Сталезалізобетонні конструкції. Зб. наук. праць. – Кривой рог, 2000. – Вып.4. – С. 60-69.
5. Стороженко Л.И. Изгибаемые трубобетонные конструкции/ Л.И. Стороженко, В.И. Ефименко, П.И. Плахотный. – К.: Будівельник, 1993. – 104с.
6. Стороженко Л.И. Расчет трубобетонных конструкций / Л.И. Стороженко, П.И. Плахотный, А.Я. Черный. – К.: Будівельник, 1991.-120 с.
7. Казімагомедов Ф.І. Ефективні трубобетонні згинальні елементи : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Ф.І. Казімагомедов.- Х., 2015.- 23с.

УДК69.059.2

Избаш М.Ю., Крутова Н.А.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ СТЕН СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕВАТОРОВ

Введение. В настоящее время в Украине насчитывается более 1200 объектов, которые предназначены для хранения и сушки зерновых, общая емкость специализированных хранилищ составляет 46,5 млн т. В среднем в нашей стране ежегодно собирают не менее 50 млн т зерновых, что как минимум на 7,5% больше, чем имеющиеся емкости хранилищ. Элеваторных мощностей не хватает по многим причи-

нам, одной из которых является их техническое состояние. Большинство силосных сооружений были построены в советское время, поэтому они имеют высокую степень износа и не могут работать на полную мощность. Учитывая новые правила EN 1504 «Защита бетона», большинство железобетонных силосов, построенных до 1990 г., требуют усиления.