

ЧИСЕЛЬНІ РОЗРАХУНКИ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК

Сігало А. В.

Науковий консультант: к. т. н., доцент Петров А.М.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

м. Харків, Україна

В [1, 2] розроблено алгоритм підбору кількості жорстких упорів в сталобетонній балці. Для визначення кількості зазначених упорів потрібно визначити значення повздожньої сили в сталевій смузі. За наведеним алгоритмом проведено чисельний розрахунок сталобетонної балки.

Для прикладу, розглянутого в [1, 2] побудуємо епюру повздожніх сил, діючих на сталеву смугу. Схему балки наведено на рис.1. Розміри поперечного перерізу наведено на рис.2. Бетон відповідає класу В22,5, $E_b = 0,285 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$.

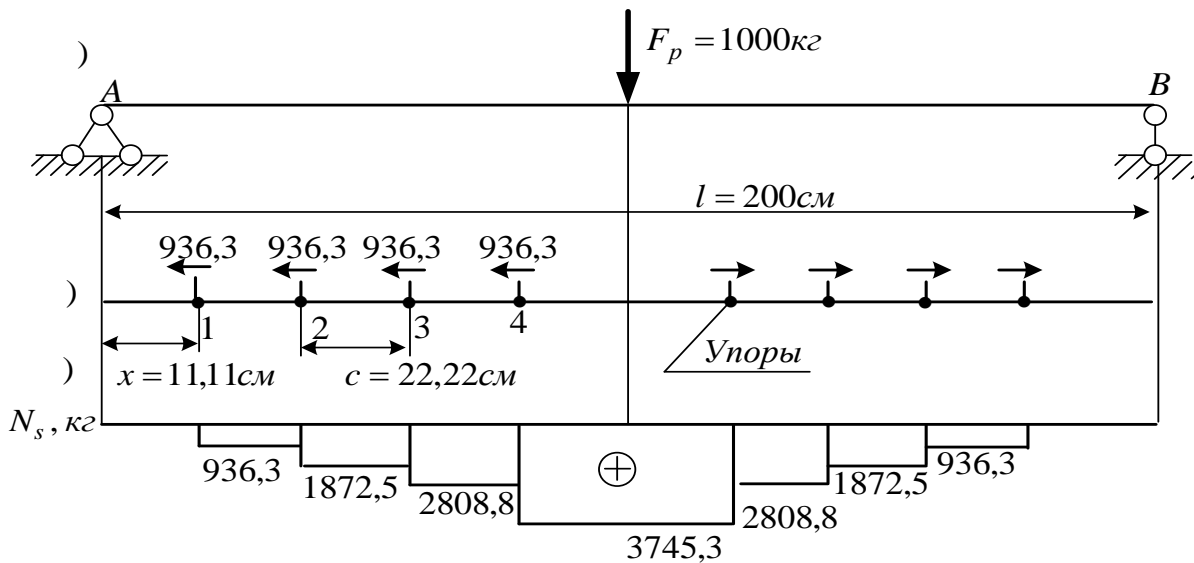


Рисунок 1 – Розташування упорів і епюра повздожніх сил в сталевій смузі

$$n = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2,1 \cdot 10^6}{0,285 \cdot 10^6} = 7,37; \quad E_s = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2;$$

$$\mu = \frac{A_s}{b \cdot h_0} = \frac{1,46}{7,3 \cdot 16,1} = 0,0124; \quad h_0 = h + \frac{\delta}{2} = 16 + \frac{0,2}{2} = 16,1 \text{ см}$$

Визначаємо нормативне навантаження

$$q'' = q^p \varphi_{b2} = \frac{8 \cdot q \cdot l_p^2 \cdot \varphi_{b2}}{8 \cdot l_p} = q_p \cdot l_p \cdot \varphi_{b2} = 5 \cdot 200 \cdot 2,798 = 2798,6 \text{ кг}$$

$$q'' = q^p \varphi_{b2} = q_p \cdot \varphi_{b2} = 5 \cdot 2,798 = 14 \text{ кг/см}$$

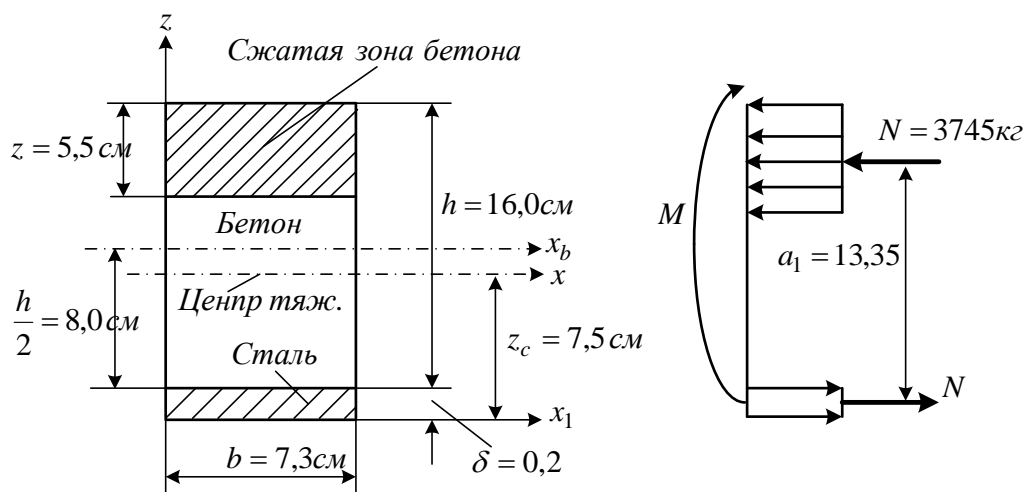


Рисунок 2 – Переріз сталобетонної балки

Далі визначаються геометричні характеристики поперечного перерізу сталобетонної балки.

Розташування центру ваги перерізу визначимо так:

$$z_c = \frac{S_{x1}}{A} = \frac{n \cdot \delta^2 + h(h + 2\delta)}{2(h + \delta \cdot n)} = \frac{7,37 \cdot 0,2^2 + 16(16 + 2 \cdot 0,2)}{2(16 + 0,2 \cdot 7,37)} = 7,5 \text{ см}$$

Далі визначається приведений осьовий момент інерції сталобетонної балки

$$J_{red.} = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \left(\frac{h}{2} - z_c \right)^2 + \frac{n \cdot b \cdot \delta^3}{12} + n \cdot b \cdot \delta \left(z_c - \frac{\delta}{2} \right)^2 =$$

$$= \frac{7,3 \cdot 16^3}{12} + 7,3 \cdot 16 \left(\frac{16}{2} - 7,5 \right)^2 + \frac{7,37 \cdot 7,3 \cdot 0,2^3}{12} + 7,37 \cdot 7,3 \cdot 0,2 \left(7,5 - \frac{0,2}{2} \right)^2 =$$

$$= 2491,7 + 29,2 + 0,04 + 589,2 = 3110,2 \text{ см}^4$$

Приведена жорсткість визначається як:

$$B = \varphi_{b1} E_b I_{red} = 0,85 \cdot 0,285 \cdot 10^6 \cdot 3110,2 = 753,44 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{см}^2$$

Відносна висота стиснутої зони бетону та коефіцієнт A_1

$$\xi = \frac{z}{h_0} = \frac{5,5}{16,1} = 0,3416$$

$$A_1 = \frac{q^n}{3B} \left(z_c - \frac{\delta}{2} \right) E_s \cdot A_s = \frac{14}{3 \cdot 753,44 \cdot 10^6} \left(7,5 - \frac{0,2}{2} \right) 2,1 \cdot 10^6 \cdot 1,46 = 21,068 \text{ кг/см}$$

Крок жорстких упорів дорівнює

$$c = 2(h - z) = 2(16 - 5,5) = 21 \text{ см}$$

Кількість жорстких упорів визначено як

$$n = \frac{l - c}{2c} = \frac{200 - 21}{2 \cdot 21} = 4,3 \approx 4$$

Тому, що кількість жорстких упорів має мати ціле значення, приймаємо $n = 4$.

Далі уточнюємо крок упорів і визначаємо довжину нульової ділянки

$$c = \frac{l}{2n + 1} = \frac{200}{2 \cdot 4 + 1} = 22,22 \text{ см} \quad x = \frac{c}{2} = \frac{22,22}{2} = 11,11 \text{ см}$$

Зусилля, що сприймають жорсткі упори визначимо так:

$$T = (c + 2x)A_l = (22,22 + 2 \cdot 11,11) \cdot 21,068 = 936,3 \text{ кг}$$

Далі визначимо максимальну поздовжню силу, яка діє на смугу всередині балки, визначену через кути повороту перерізів

$$N^n = [2nc - c + 2x]A_l = (2 \cdot 4 \cdot 22,22 - 22,22 + 2 \cdot 11,11) \cdot 21,068 = 3745,0 \text{ кг}$$

Після цього визначаємо поздовжню силу, що діє на сталеву смугу від розрахункового навантаження

$$N^p = \frac{M^p}{a_1} = \frac{q^p l_p^2}{8a_1} = \frac{10 \cdot 200^2}{8 \cdot 13,35} = 3745,3 \text{ кг}, \text{ де } a_1 = h_0 - \frac{z}{2} = 16,1 - \frac{5,5}{2} = 13,35 \text{ см}.$$

Визначимо поздовжні сили на ділянках балки

Ділянка 1-2

$$N_{1-2} = \frac{F^n(x_2 + x_1)}{4 \cdot B} \left(z_c - \frac{\delta}{2} \right) \cdot E_s \cdot A_s = \frac{2798,6(33,33 + 11,11)}{4 \cdot 753,44 \cdot 10^6} \left(7,5 - \frac{0,2}{2} \right) 2,1 \cdot 10^6 \cdot 1,46 = 936,3 \text{ кг}$$

Ділянка 2-3

$$N_{2-3} = A_l(x_3 + x_2) = 21,068(55,55 + 33,33) = 1872,5 \text{ кг}$$

Ділянка 3-4

$$N_{3-4} = A_l(x_4 + x_3) = 21,068(77,77 + 55,55) = 2808,8 \text{ кг}$$

Ділянка 4 - $l/2$

$$N_{4-l/2} = A_l(x_{l/2} + x) = 21,068(100,0 + 77,77) = 3745,3 \text{ кг}$$

Список літератури

1. A. Petrov, M. Pavliuchenkov, A.Nanka, A. Paliy. Construction of an algorithm for the selection of rigid stops in steel-concrete beams// Estern-european journal of enterprise technologies – № 7(97) - 2019 – pp. 43-48

2. A. Petrov, A. Paliy, M. Pavliuchenkov, H. Tsyhanenko, N. Khobot, I. Vysochin, O. Yurchenko, O. Ovcharenko, D. Sopov, A. Paliy. Construction of an algorithm for the selection of rigid stops in steel concrete beams under the action of a distributed load// Estern-european journal of enterprise technologies – № 7(105) - 2020 – pp. 27-35