

Машумба П. (5 курс, каф. СКиМ), Белов В.В., д.т.н., проф.

БЛОЧНО-КОНТАКТНАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕТРЕЩИНОСТОЙКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ РАБОТЫ ПОПЕРЕЧНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ

В изгибаемых железобетонных элементах в общем случае развиваются нормальные трещины. Опыты показывают, что в зоне постоянного изгибаемого момента появляется регулярная система поперечных трещин. Исходя из циклической симметрии относительно сечений с трещинами, в качестве расчетной схемы принимается половина блока между соседними трещинами длиной $L = 0,5 L_{crс}$, где $L_{crс}$ - расстояние между трещинами (рис. 1).

Под действием нагрузки на контакте продольной арматуры и бетона возникают касательные напряжения сцепления арматуры с бетоном. Распределение этих касательных напряжений принимается линейным по длине блока.

$$\tau_{сш} = \tau_0 \frac{x}{L},$$

где τ_0 - амплитудное значение.

При этом максимально возможное напряжение τ_0 не должно превышать прочности бетона на срез $\tau_0 \leq 2Rbt$, где Rbt - прочность бетона при осевом растяжении.

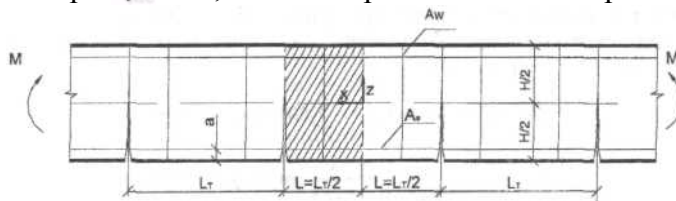


Рис. 1. Характер трещинообразования в балке

Поперечная арматура рассматривается как полубесконечная балка на упругом основании.

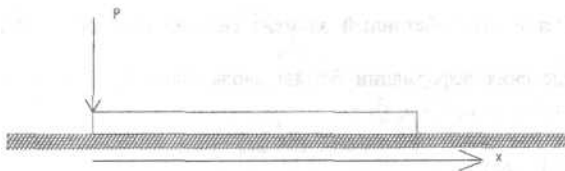


Рис. 2. Расчётная схема. Полубесконечная балка на упругом основании

Для определения жесткости при смещении продольной арматуры Gw_i в i -ой поперечной связи используем уравнение прогибов:

$$y(x) = e^{-\beta x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) \quad (1)$$

где C_1 и C_2 - это произвольные постоянные, определяемые из краевых условий. В нашем случае угол поворота хомута в точке сварного соединения с продольной арматурой равен нулю

$$y'(x) = 0; \text{ при } x = 0,$$

поперечная сила в этом сопряжении:

$$y''(x) = \frac{-P}{4\beta^3 EJ}; \text{ при } x = 0.$$

Решение уравнения (1) дает:

$$G_{wj} = \frac{D_w^4 \sqrt{\pi k^3 E_s}}{2}$$

где D_w - диаметр хомутов; E_s - модуль упругости арматуры; $k = \frac{127\sqrt{Rb}}{d_w^3}$ - переменный

коэффициент постели основания; d_w - диаметр продольной арматуры; Rb - расчетное сопротивление бетона. Эмпирический коэффициент

$$\omega(x) = 2.12 \text{ при } \frac{Q(x)}{Q_1} \leq 0.4$$

$$\omega(x) = 0.544 + 0.026 \operatorname{ch}\left(8 \frac{Q(x)}{Q_1} - 0.4\right) \text{ при } \frac{Q(x)}{Q_1} > 0.4$$

$$\text{и } Q_1 = 0.2 d_w^2 R_w \sqrt{Rb} \left[\sqrt{1 + \frac{Rb}{0.0249 R_s}} - 1 \right], \text{ [кН]}.$$

Вообще говоря, значение G_{wj} изменяется по длине блока, но с точностью, необходимой для инженерного решения, можно принять эту величину неизменной.

Из условия равновесия продольной арматуры в блоке длиной $0 \leq X \leq L$ с n поперечными связями записываются соотношения продольного усилия и осевой деформации продольной арматуры. При $X = l$, имеем:

$$N_s = N_0 + k n d_s \tau_0 \frac{L}{2} + \sum_{j=1}^n G_{wj} (U_{sj} - U_{bt, j})$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_0 + 2 \frac{\tau_0}{E_s d_s} L + \frac{1}{E_s A_s} G_{wj} (U_{sj} - U_{bt, j})$$

$$U_s = \varepsilon_0 L + \frac{\tau_0}{3 E_s d_s} L^2 + \frac{1}{E_s A_s} \sum_{j=1}^n (U_{sj} - U_{bt, j}) (\lambda L + (n-1) S_w) \quad (2)$$

где k - число продольных стержней; A_s - площадь поперечного сечения продольной арматуры; $(U_{sj} - U_{bt, j})$ - относительное смещение арматуры и бетона в j -ой поперечной связи.

Рассматривается железобетонный элемент сечения $B \times H$ при действии изгибающего момента M .

Для распределения деформации бетона вдоль блока предлагаем интерполяционный полином: $\varepsilon(x) = a_1 + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 x^3$.

В сечении с трещиной предлагаем квадратичное изменение напряжения по высоте сечения $\sigma = \varepsilon_b E_b (1 - \gamma \varepsilon_b)$.

В этих сечениях записываются уравнения равновесия продольного усилия и момента. В центральном сечении и сечении с трещиной имеем условия совместности деформации и перемещения соответственно.

Решая эту систему можно оценить деформацию и прочность изгибаемого железобетонного элемента. Проведены численные эксперименты, и полученные результаты хорошо согласуются с опытными данными.