

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

Железобетонные конструкции

Проверка трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов. Определение ширины раскрытия трещин.

Осуществить следующие этапы

1. Определение геометрических характеристик сечения;
2. Нахождение момента трещинообразования;
3. Определение ширины раскрытия трещины от внешней нагрузки;

Краткие теоретические сведения.

Целью работы является формирование навыков расчета железобетонных конструкций по второй группе предельных состояний

Расчет по второй группе предельных состояний ведется на действие нормативных нагрузок и с учетом нормативных сопротивлений материалов.

Расчет трещиностойкости.

Момент образования трещин с учетом неупругих деформаций

$$M_{crc} = R_{bt.ser} \cdot W_{pl} \pm N \cdot e_x$$

W_{pl} – упругопластический момент сопротивления приведенного сечения для крайнего волокна бетона, $W_{pl}=W_{red}$ ψ , ψ – коэффициент, учитывающий влияние неупругих деформаций бетона растянутой зоны, для прямоугольных и тавровых с полкой в сжатой зоне сечений $\psi = 1,75$; e_x – расстояние от точки приложения продольной силы N до верхней ядровой точки.

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y_t}$$

I_{red} - момент инерции приведенного сечения относительно центра тяжести; y_t – расстояние от крайнего волокна бетона до центра тяжести приведенного сечения.

Пример 1.

Балка прямоугольного сечения без преднапряжения с параметрами: $h= 50$ см; $b= 20$ см; бетон класса В20, $R_b= 11,5$ МПа; $R_{bt}= 0,9$ МПа; $R_{bt.ser}= 1,35$ МПа = $0,135$ кН/см², арматура 2Ø25 А500, $A_s = 9,82$ см². (Рис 6.1) Определить момент образования трещин M_{crc} . Изгибающий момент от внешних нагрузок $M = 135$ кН·м.

Решение:

y_t – расстояние от крайнего растянутого волокна бетона до центра тяжести приведенного сечения

$$y_t = \frac{S_{red}}{A_{red}}$$

$$A_{red} = A_b + \alpha A_s = 20 \cdot 50 + 7,27 \cdot 9,82 = 1000 + 71,4 = 1071,4 \text{ см}^2$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2 \cdot 10^5}{27,5 \cdot 10^3} = 7,27$$

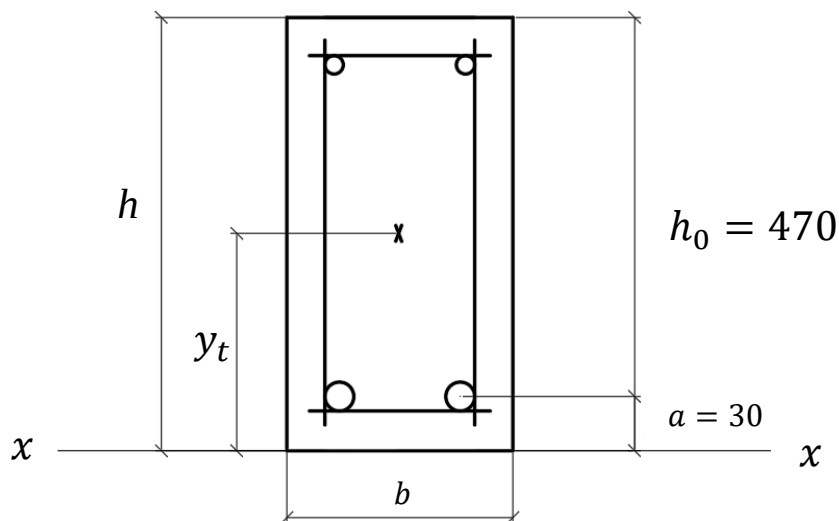


Рис. 1. Сечение, к примеру №1.

S_{red} относительно оси x - x , рис. 5.8

$$S_{red} = b \cdot h \cdot \frac{h}{2} + \alpha \cdot A_s \cdot a = 20 \cdot 50 \cdot \frac{50}{2} + 7,27 \cdot 9,82 \cdot 3 = 25000 + 214,2 \\ = 25214,2 \text{ см}^3$$

$$y_t = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{25214,2}{1071,4} = 23,5 \text{ см}$$

Момент инерции приведенного сечения относительно центра тяжести сечения:

$$I_{red} = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} - y_t \right)^2 + \alpha \cdot A_s \cdot (y_t - a)^2 \\ = \frac{20 \cdot 50^3}{12} + 20 \cdot 50 \cdot \left(\frac{h}{2} - 23,5 \right)^2 + 7,27 \cdot 9,82 \cdot (23,5 - 3)^2 \\ = 208333,3 + 2250 + 30002,24 = 240585,5 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления относительно крайнего растянутого волокна

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y_t} = \frac{240585,5}{23,5} = 10237,68 \text{ см}^3$$

Момент образования трещин для балки без преднапряжения согласно формуле 1

$$M_{crc} = R_{bt.ser} \cdot W_{pl} = 0,135 \cdot 10237,68 \cdot 1,75 = 2418,5 \text{ кН} \cdot \text{см} = 24,19 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Если внешний момент $M \leq M_{crc}$, то трещин не будет.

Если внешний момент $M > M_{crc}$, то необходимо определить ширину раскрытия трещин α_{crc} .

Расчет ширины раскрытия трещин.

Определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{crc}} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \Psi_s \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot l_s$$

σ_s – напряжение в продольной растянутой арматуре в нормальном сечении с трещиной; l_s – базовое расстояние между нормальными трещинами; Ψ_s – коэффициент, учитывающий неравномерное распределение деформаций в растянутой арматуре между трещинами; φ_1 – коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки: 1,0 – при непродолжительном действии нагрузки, 1,4 – при продолжительном действии нагрузки; φ_2 – коэффициент, учитывающий профиль продольной арматуры, принимаемый равным: 0,5 – периодического профиля, 0,8 – для гладкой арматуры; φ_3 – коэффициент, учитывающий характер нагружения принимаемый равным: 1,0 – для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов, 1,2 – для растянутых элементов.

Значение напряжения σ_s в растянутой арматуре изгибаемых элементов допускается определять по формуле

$$\sigma_s = \frac{M}{Z_s \cdot A_s}$$

Z_s – плечо внутренней пары $= h_0 - \frac{x}{3}$ и допускается принимать равным $0,8h_0$.

L_s – базовое расстояние между трещинами определяется по формуле.

$$L_s = 0,5 \cdot \frac{A_{bt}}{A_s} \cdot d_s \geq 10d_s; 10 \text{ см}$$

И не более $40d_s$ и 40 см.

A_{bt} – площадь сечения растянутого бетона, высота растянутой зоны должна быть не менее $2a$ и не более $0,5h$.

Пример 2.

Рассчитаем ширину раскрытия трещин для балки из примера №1. Полный расчетный момент $M = 135 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Решение:

В примере №1 мы нашли $M_{crc} = 24,19 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Внешний нормативный момент можем приблизительно принять как

$$M_n = \frac{M}{1,15} = \frac{135}{1,15} = 117,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Чтобы определить α_{crc} по формуле (3) предварительно определим напряжение в растянутой арматуре по (4)

$$\sigma_s = \frac{M}{Z_s \cdot A_s} = \frac{11740}{0,8 \cdot 47 \cdot 9,82} = 31,8 \text{ кН/см}^2 = 318 \text{ МПа}$$

$$\sigma_s = 318 \text{ МПа} < R_{s.ser} = 560 \text{ МПа}$$

Напряжения в арматуре не превышают предела текучести. Базовое расстояние l_s определим по формуле:

$$l_s = 0,5 \cdot \frac{A_{bt}}{A_s} \cdot d_s$$

A_{bt} – площадь растянутой зоны сечения

$$A_{bt} = y_b \cdot b = 23,5 \cdot 20 = 470 \text{ см}^2$$

$$l_s = 0,5 \cdot \frac{470}{9,82} \cdot 2,5 = 59,8 \text{ см} > 40 \text{ см} = l_{s \max}$$

Принимаем $l_s = 40 \text{ см}$

Определим α_{crc} – ширину раскрытия трещин от непродолжительного действия всей нагрузки

$$\begin{aligned} \alpha_{crc2} &= \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot l_s = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \frac{3,8}{2 \cdot 10^5} \cdot 40 = 0,0318 \text{ см} \\ &= 0,318 \text{ мм} < 0,4 \text{ мм} \end{aligned}$$

Предельно допустимая ширина раскрытия трещин $\alpha_{\text{crc.ult}}$ при непродолжительной нагрузке принимается 0,4 мм

$$\alpha_{\text{crc2}} < \alpha_{\text{crc.ult}}$$

Условие выполняется.