

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

Железобетонные конструкции

Определение прогибов изгибаемого железобетонного элемента и их сопоставление с предельными значениями по второй группе предельных состояний.

Методические указания к выполнению задания.

Осуществить следующие этапы

1. Определение прогиба ЖБ балки

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 элементов по прогибам.

Прогиб изгибаемых свободно опертых железобетонных элементов определяют по формуле

$$f = s \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{\max} \cdot l_0^2$$

s – коэффициент, зависящий от расчетной схемы:

$s = \frac{5}{48}$ - при равномерно распределенной нагрузке в балке;

$s = \frac{1}{4}$ – в консоли;

$\left(\frac{1}{r}\right)_{\max}$ – полная кривизна в сечении с наибольшим изгибающим моментом.

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{D}$$

M – изгибающий момент от внешней нормативной нагрузки;

D – изгибная жесткость приведенного поперечного сечения

$$D = E_{b1} \cdot I_{red}$$

E_{b1} –модуль деформации сжатого бетона, определяемый в зависимости от продолжительности действия нагрузки;

I_{red} – момент инерции приведенного сечения относительно его центра тяжести.

При отсутствии трещин I_{red} определяется по формуле

$$I_{red} = I + I_s \alpha + I'_s \alpha$$

I_s, I'_s – момент инерции соответственно растянутой и сжатой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$$I_s = A_s(h_0 - y_c)^2$$

$$I'_s = A'_s(y_c - a')^2$$

α – коэффициент приведения арматуры к бетону:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{b1}}$$

y_c – расстояние от наиболее сжатого волокна бетона до центра приведенного поперечного сечения элемента.

При непродолжительном действии нагрузки

$$E_{b1} = 0,85 \cdot E_b$$

При продолжительном действии нагрузки

$$E_{b1} = E_{bt} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b.cr}}$$

где $\varphi_{b.cr}$ - принимают по таблице 5.5 (СП 63.13330)

При наличии трещин жесткость допускается определять по формуле

$$D = E_{s.red} \cdot A_s \cdot z \cdot (h_0 - x_m)$$

z – плечо внутренней пары сил, для элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечения допускается принимать равным $0,8 \cdot h_0$.

$E_{s.red}$ – приведенный модуль деформации растянутой арматуры, определяемый с учетом влияния работы растянутого бетона между трещинами

$$E_{s.red} = \frac{E_s}{\Psi_s}$$

Допускается принимать $\Psi_s = 1$ в первом приближении.

x_m – средняя высота сжатой зоны для прямоугольных сечений только с растянутой арматурой определяют по формуле:

$$x_m = h_0 \cdot \left(\sqrt{(\mu_s \cdot \alpha_{s2})^2 + 2\mu_s \alpha_{s2}} - \mu_s \alpha_{s2} \right)$$

α_{s2} – коэффициент приведения растянутой арматуры к бетону

$$\alpha_{s2} = \frac{E_{s.red}}{E_{b.red}}$$

$E_{b.red}$ – приведенный модуль деформации сжатого бетона

$$\alpha_{s2} = \frac{R_b}{\varepsilon_{bt.red}}$$

$\varepsilon_{bt.red}$ – относительная деформация бетона, принимаемая при непродолжительном действии нагрузки равной 0,0015;

При продолжительном, по таблице 5.6 (СП 63.13330).

Пример 3.

Рассчитаем прогиб от длительного действия постоянной и длительной нагрузки в балке из примера 2. Момент от длительных и постоянных нагрузок примем как $0,8 \cdot M_n = 117,4 \cdot 0,8 = 93,92 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

В соответствии с формулой 6.6, прогиб:

$$f = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2$$

Кривизна определяется по формуле 6.7

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{D}$$

Изгибную жесткость будем определять с учетом наличия трещин :

$$D = E_{s.red} \cdot A_s \cdot z \cdot (h_0 - x_m)$$

$E_{s.red}$ принимаем равным $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;

A_s в нашем примере = $9,82 \text{ см}^2$ (2Ø25 A500);

z принимаем = $0,8 \cdot h_0 = 0,8 \cdot 47 = 37,6 \text{ см}$;

x_m определим по формуле 6.14, для чего сначала подсчитаем μ_s и α_{s2}

$$\mu_s = \frac{A_s}{6 \cdot h_0} = \frac{9,82}{20 \cdot 47} = 0,01$$

$$\alpha_{s2} = \frac{E_{s.red}}{E_{b.red}} = \frac{200000}{5357,1} = 37,33$$

$$E_{b.red} = \frac{R_{b.red}}{\varepsilon_{b1.red}} = \frac{15}{0,0028} = 52577,1 \text{ МПа}$$

$\varepsilon_{b1.red}$ - определяется по таблице 5.6 (3), при продолжительном действии нагрузки и при средней влажности воздуха окружающей среды $40\% < W < 75\%$,
 $\varepsilon_{b1.red} = 0,0028$

$$f = \frac{5 \cdot 9392}{48 \cdot 14990,8 \cdot 10^4} \cdot 600^2 = 2,35 \text{ см}$$

$$\text{Допустимый прогиб } f_{ult} = \frac{1}{300} \cdot l = \frac{600}{200} = 3 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} x_m &= h_0 \cdot \left(\sqrt{(\mu_s \cdot \alpha_{s2})^2 + 2\mu_s \alpha_{s2}} - \mu_s \alpha_{s2} \right) \\ &= 47 \cdot \left(\sqrt{(0,01 \cdot 37,33)^2 + 2 \cdot 0,001 \cdot 37,33} - 0,001 \cdot 37,33 \right) \\ &= 47 \cdot (\sqrt{0,139 + 0,747} - 0,3733) = 47 \cdot (0,941 - 0,3733) = 26,69 \text{ см} \\ D &= E_{s.red} \cdot A_s \cdot z \cdot (h_0 - x_m) = 2 \cdot 10^4 \cdot 9,82 \cdot 37,6(47 - 26,7) \\ &= 14990,8 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2 \end{aligned}$$

Условие удовлетворяется, изгибная жесткость балки достаточна.