

Расчет плиты перекрытия (расчет межэтажного перекрытия на прогиб)

1. Исходные данные

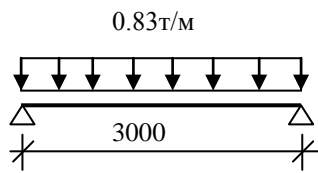
- Размеры здания в плане 6х6 м с шагом поперечных стен не более 3-х метров
- Толщина плиты перекрытия – 160 мм
- Рабочая высота сечения перекрытия со стальной арматурой - $h_0 = 13\text{см}^2$
с арматурой из углепластика - $h_0 = 14\text{см}^2$
- Материал конструкций – бетон марки В 20
 $R_b = 117\text{кг/см}^2$, $R_{\text{бтн}} = 14.3\text{кг/см}^2$ $E_b = 3.1 \cdot 10^5 \text{кг/см}^2$
- Класс стальной арматуры – А-500С
 $R_s = 4500\text{кг/см}^2$, $E_a = 2.0 \cdot 10^6 \text{кг/см}^2$
- Класс арматуры из стеклопластика – АКП-СП
 $R_s = 12\,000\text{кг/см}^2$, $E_a = 5.5 \cdot 10^5 \text{кг/см}^2$

2. Сбор нагрузок

№ п.п.	Конструкция	Формула подсчета	Нагрузки кг/м ²		
	2-й этаж				
1.	Плита перекрытия (160)	$q = 0.16\text{м} \cdot 2.7\text{т/м}^3 = 0.432\text{т/м}^2$ *	432	1.1	475
2.	Ц.-п. стяжка(30)	$q = 0.03\text{м} \cdot 1.8\text{т/м}^3 = 0.054\text{т/м}^2$	54	1.1	60
3.	Керамическая плитка		27	1.1	30
4.	Вес перегородок		50	1,3	65
5.	Полезная нагрузка		150	1,3	200
	ИТОГО				830

						Расчет межэтажного перекрытия на прогиб	<i>Лист</i>
							1.1
<i>Изм.</i>	<i>Кол.уч</i>	<i>Лист</i>	<i>№док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

3. Расчет плиты перекрытия по деформациям на прогиб при использовании стальной арматуры



а. Подбор сечения арматуры

Определяем максимальный момент

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{0.83 \text{ тн/м} \cdot (3 \text{ м})^2}{8} = 0.93 \text{ тн} \cdot \text{м}$$

Определяем коэффициент A_0 при $b=1(\text{м})$:

$$A_0 = \frac{M \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 R_b \cdot \gamma_{b2}} = \frac{93\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{100 \text{ см} \cdot (13 \text{ см})^2 \cdot 117 \text{ кг/см}^2 \cdot 1} = 0.045 \Rightarrow \eta = 0.975.$$

Площадь сечения арматуры класса А-500С:

$$A_s = \frac{M \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{93\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.975 \cdot 13 \text{ см} \cdot 4500 \text{ кг/см}^2} = 1.55 (\text{см}^2)$$

Принимаем основную в нижней зоне армирования из $\varnothing 8$ А-500С с шагом 200 ($A_s=2.51 \text{ см}^2$)

						Расчет межэтажного перекрытия на прогиб	Лист
							1.2
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

в. Расчет плиты по деформациям (на прогиб):

Постоянная нагрузка на перекрытие - 0.63тн/м²

Временная нагрузка на перекрытие – 0.2тн/м²

Максимальный момент от действия длительных нагрузок:

$$M_{дл} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{0.63 \text{ тн/м} \cdot (3 \text{ м})^2}{8} = 0.71 \text{ тн} \cdot \text{м}$$

Максимальный момент от действия кратковременных нагрузок:

$$M_{кр} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{0.2 \text{ тн/м} \cdot (3 \text{ м})^2}{8} = 0.22 \text{ тн} \cdot \text{м}$$

Коэффициент, учитывающий вид нагрузки и схему загрузки

S=5/48 – для балок с постоянной равномерно распределенной нагрузкой (табл. 31, «Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона»).

$\gamma' = \gamma = 0$ (табл. 29 «Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона»)

Коэффициент для определения. $k_{1кр}; k_{1дл}; k_{2дл}$

$$\mu_n = \frac{F_a}{b \cdot h_0} \cdot \frac{E_a}{E_b} = \frac{2.51 \text{ см}^2}{100 \text{ см} \cdot 13 \text{ см}} \cdot \frac{2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2}{3.1 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2} = 0,012$$

$$k_{1кр} = 0.64; k_{1дл} = 0.43; k_{2дл} = 0.10$$

Кривизна оси при одновременном действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} &= \frac{1}{E_a \cdot F_a \cdot h_0^2} \cdot \left(\frac{M_{кр}}{k_{1кр}} + \frac{M_{дл} - k_{2дл} \cdot b \cdot h^2 \cdot R_{бтн}}{k_{1дл}} \right) = \frac{1}{2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2 \cdot 2.51 \text{ см}^2 \cdot 13^2 \text{ см}^2} \cdot \\ &\cdot \left(\frac{22 \ 000 \text{ кг} \cdot \text{см}}{0,64} + \frac{71 \ 000 \text{ кг} \cdot \text{см} - 0.1 \cdot 100 \text{ см} \cdot 16^2 \text{ см}^2 \cdot 14.3 \text{ кг/см}^2}{0,43} \right) = \\ &= \frac{1}{848 \ 380 \ 000} \cdot \left(34 \ 375 + \frac{71 \ 000 - 36 \ 608}{0.43} \right) = 0.000135 \frac{1}{\text{см}} = 13.5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \end{aligned}$$

Максимальный прогиб в середине пролета составляет:

$$f_m = \frac{1}{\rho} \cdot S \cdot l^2 = 13.5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \cdot \frac{5}{48} \cdot 300^2 \text{ см}^2 = 1.27 \text{ см}$$

$$f_{пред} = \frac{1}{200} = \frac{300 \text{ см}}{200} = 1.5 \text{ см}$$

$f_m = 1,27 \text{ см} < f_{пред} = 1.5 \text{ см}$, **условие выполнено, следовательно, принятое армирование верно (Ø8 А-500С с шагом 200).**

						Расчет межэтажного перекрытия на прогиб	Лист
							1.3
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата		

4. Расчет плиты перекрытия по деформациям на прогиб при использовании стеклопластиковой композитной арматуры (АКП-СП)

Нагрузки на плиту и расчетную схему примем аналогично.
 Расчет производим сразу по деформациям для нескольких вариантов армирования.
 Исходные данные и характеристики материалов представлены в исходных данных

а. Для арматуры АКП-СП Ø 14, шаг 200:

$$A_s = 7.69 \text{ см}^2$$

Коэффициент для определения. $k_{1кр}$; $k_{1дл}$; $k_{2дл}$

$$\mu_n = \frac{F_a}{b \cdot h_0} \cdot \frac{E_a}{E_b} = \frac{7.69 \text{ см}^2}{100 \text{ см} \cdot 14 \text{ см}} \cdot \frac{550\,000 \text{ кг/см}^2}{3.1 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2} = 0.0098$$

$$k_{1кр} = 0.64; k_{1дл} = 0.43; k_{2дл} = 0.10$$

Кривизна оси при одновременном действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} &= \frac{1}{E_a \cdot F_a \cdot h_0^2} \cdot \left(\frac{M_{кр}}{k_{1кр}} + \frac{M_{дл} - k_{2дл} \cdot b \cdot h^2 \cdot R_{btm}}{k_{1дл}} \right) = \frac{1}{5.5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 \cdot 7.69 \text{ см}^2 \cdot 14^2 \text{ см}^2} \cdot \\ &\cdot \left(\frac{22\,000 \text{ кг} \cdot \text{см}}{0.64} + \frac{71\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} - 0.1 \cdot 100 \text{ см} \cdot 16^2 \text{ см}^2 \cdot 14.3 \text{ кг/см}^2}{0.43} \right) = \\ &= \frac{1}{828\,982\,000} \cdot \left(34\,375 + \frac{71\,000 - 36\,608}{0.43} \right) = 0.000138 \frac{1}{\text{см}} = 13.8 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \end{aligned}$$

Максимальный прогиб в середине пролета составляет:

$$f_m = \frac{1}{\rho} \cdot S \cdot l^2 = 13.8 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \cdot \frac{5}{48} \cdot 300^2 \text{ см}^2 = 1.29 \text{ см}$$

$$f_{пред} = \frac{1}{200} = \frac{300 \text{ см}}{200} = 1.5 \text{ см}$$

$f_m = 1.29 \text{ см} < f_{пред} = 1.5 \text{ см}$, условие выполнено, следовательно, принятое армирование верно (Ø14 АКП-СП с шагом 200).

						Расчет межэтажного перекрытия на прогиб	Лист
							1.4
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата		

в. Для арматуры АКП-СП Ø 10, шаг 100:

$$A_s = 7.86 \text{ см}^2$$

Коэффициент для определения. $k_{1кр}; k_{1дл}; k_{2дл}$

$$\mu_n = \frac{F_a}{b \cdot h_0} \cdot \frac{E_a}{E_б} = \frac{7.86 \text{ см}^2}{100 \text{ см} \cdot 14 \text{ см}} \cdot \frac{550\,000 \text{ кг/см}^2}{3.1 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2} = 0.01$$

$$k_{1кр} = 0.64; k_{1дл} = 0.43; k_{2дл} = 0.10$$

Кривизна оси при одновременном действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} &= \frac{1}{E_a \cdot F_a \cdot h_0^2} \cdot \left(\frac{M_{кр}}{k_{1кр}} + \frac{M_{дл} - k_{2дл} \cdot b \cdot h^2 \cdot R_{бт}}{k_{1дл}} \right) = \frac{1}{5.5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 \cdot 7.86 \text{ см}^2 \cdot 14^2 \text{ см}^2} \cdot \\ &\cdot \left(\frac{22\,000 \text{ кг} \cdot \text{см}}{0.64} + \frac{71\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} - 0.1 \cdot 100 \text{ см} \cdot 16^2 \text{ см}^2 \cdot 14.3 \text{ кг/см}^2}{0.43} \right) = \\ &= \frac{1}{847\,308\,000} \cdot \left(34\,375 + \frac{71\,000 - 36\,608}{0.43} \right) = 0.000135 \frac{1}{\text{см}} = 13.5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \end{aligned}$$

Максимальный прогиб в середине пролета составляет:

$$f_m = \frac{1}{\rho} \cdot S \cdot l^2 = 13.5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \cdot \frac{5}{48} \cdot 300^2 \text{ см}^2 = 1.27 \text{ см}$$

$$f_{пред} = \frac{1}{200} = \frac{300 \text{ см}}{200} = 1.5 \text{ см}$$

$f_m = 1.27 \text{ см} < f_{пред} = 1.5 \text{ см}$, **условие выполнено, следовательно, принятое армирование верно (Ø10 АКП-СП с шагом 100).**

						Расчет межэтажного перекрытия на прогиб	<i>Лист</i>
							1.5
<i>Изм.</i>	<i>Кол.уч</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

с. Для арматуры АКП-СП Ø 8, шаг 100:

$$A_s = 5.05 \text{ см}^2$$

Коэффициент для определения. $k_{1кр}; k_{1дл}; k_{2дл}$

$$\mu_n = \frac{F_a}{b \cdot h_0} \cdot \frac{E_a}{E_b} = \frac{5.05 \text{ см}^2}{100 \text{ см} \cdot 14 \text{ см}} \cdot \frac{550\,000 \text{ кг/см}^2}{3.1 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2} = 0.0064$$

$$k_{1кр} = 0.64; k_{1дл} = 0.43; k_{2дл} = 0.10$$

Кривизна оси при одновременном действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} &= \frac{1}{E_a \cdot F_a \cdot h_0^2} \cdot \left(\frac{M_{кр}}{k_{1кр}} + \frac{M_{дл} - k_{2дл} \cdot b \cdot h^2 \cdot R_{bm}}{k_{1дл}} \right) = \frac{1}{5.5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 \cdot 5.02 \text{ см}^2 \cdot 14^2 \text{ см}^2} \cdot \\ &\cdot \left(\frac{22\,000 \text{ кг} \cdot \text{см}}{0.64} + \frac{71\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} - 0.1 \cdot 100 \text{ см} \cdot 16^2 \text{ см}^2 \cdot 14.3 \text{ кг/см}^2}{0.43} \right) = \\ &= \frac{1}{541\,156\,000} \cdot \left(34\,375 + \frac{71\,000 - 36\,608}{0.43} \right) = 0.00021 \frac{1}{\text{см}} = 21 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \end{aligned}$$

Максимальный прогиб в середине пролета составляет:

$$f_m = \frac{1}{\rho} \cdot S \cdot l^2 = 21 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}} \cdot \frac{5}{48} \cdot 300^2 \text{ см}^2 = 2 \text{ см}$$

$$f_{пред} = \frac{1}{200} = \frac{300 \text{ см}}{200} = 1.5 \text{ см}$$

$f_m = 2 \text{ см} > f_{пред} = 1.5 \text{ см}$, **условие не выполнено, следовательно, принятое армирование не верно (Ø8 АКП-СП с шагом 100).**

						Расчет межэтажного перекрытия на прогиб	<i>Лист</i>
							1.6
<i>Изм.</i>	<i>Кол.уч</i>	<i>Лист</i>	<i>№док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

5. Вывод

- Армирование плиты межэтажного перекрытия с пролетами не более 3-х метров при использовании стальной арматуры может быть принято $\varnothing 8$ А-500С с шагом 200
- Армирование плиты межэтажного перекрытия с такими же пролетами при использовании арматуры из стеклопластика может быть принято несколько вариантов:
 $\varnothing 14$ АКП-СП с шагом 200
 $\varnothing 10$ АКП-СП с шагом 100
- При использовании в качестве армирования сетки из $\varnothing 8$ АКП-СП даже с шагом 100, максимальный прогиб плиты больше предельного, следовательно, данное армирование не приемлемо.

Сравнение вариантов армирования

Класс арматуры	Диаметр арм.	Шаг арматуры	As	Прогиб, см	Предельный прогиб, см
А-500С	8	200	2.51	1.27	1.5
АКП-СП	14	200	7.69	1.29	
	10	100	7.86	1.30	
	8	100	5.05	2.00	

						Расчет межэтажного перекрытия на прогиб	Лист
							1.7
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		