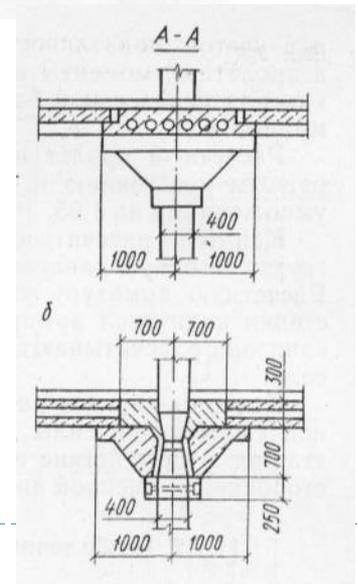
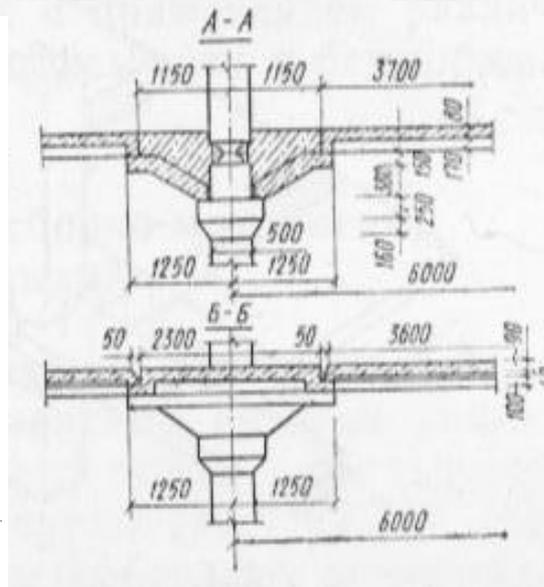
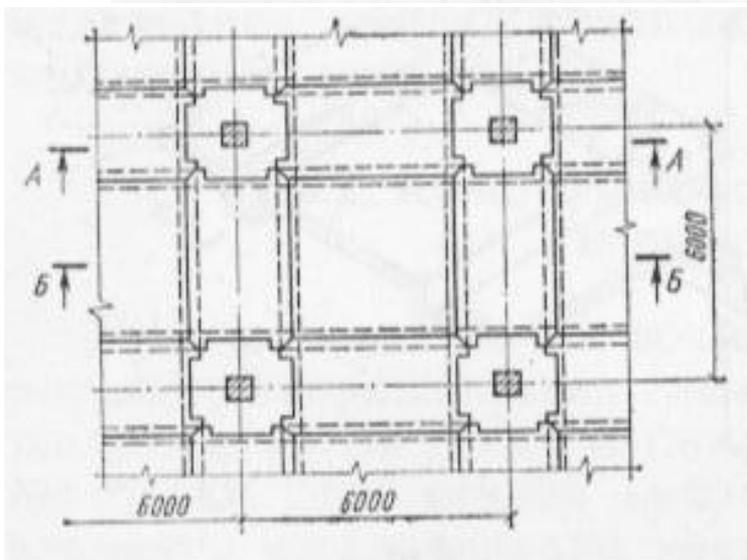
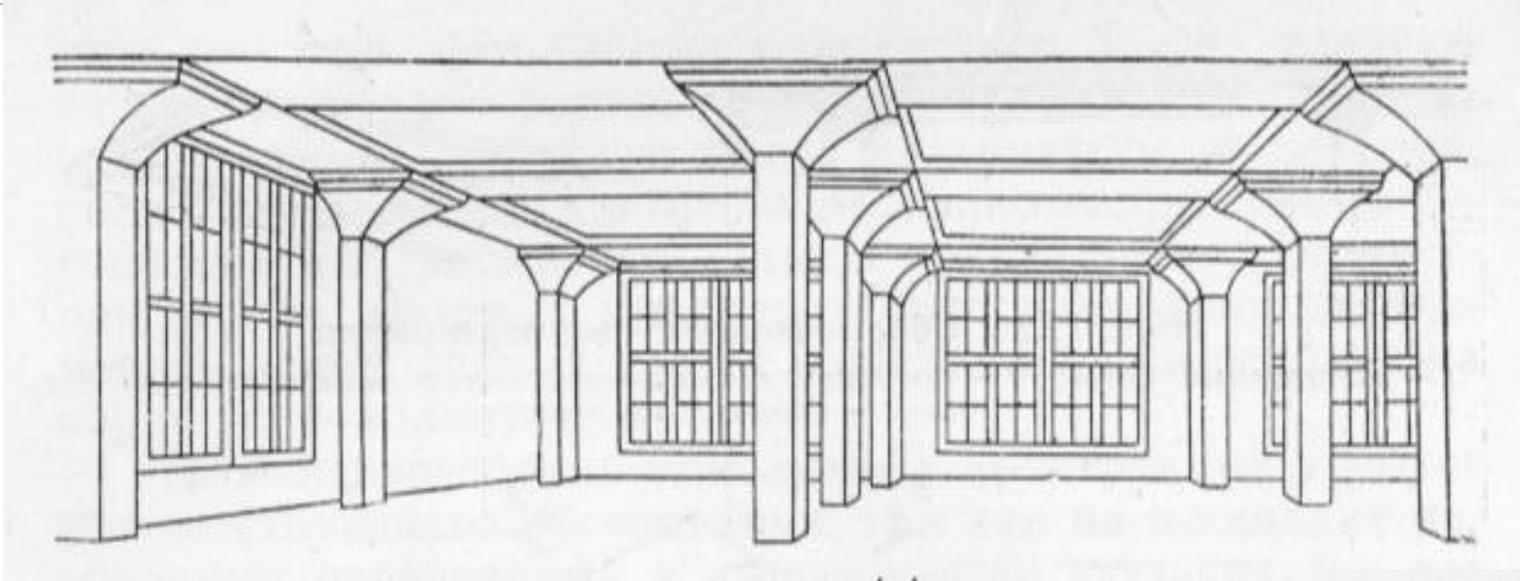


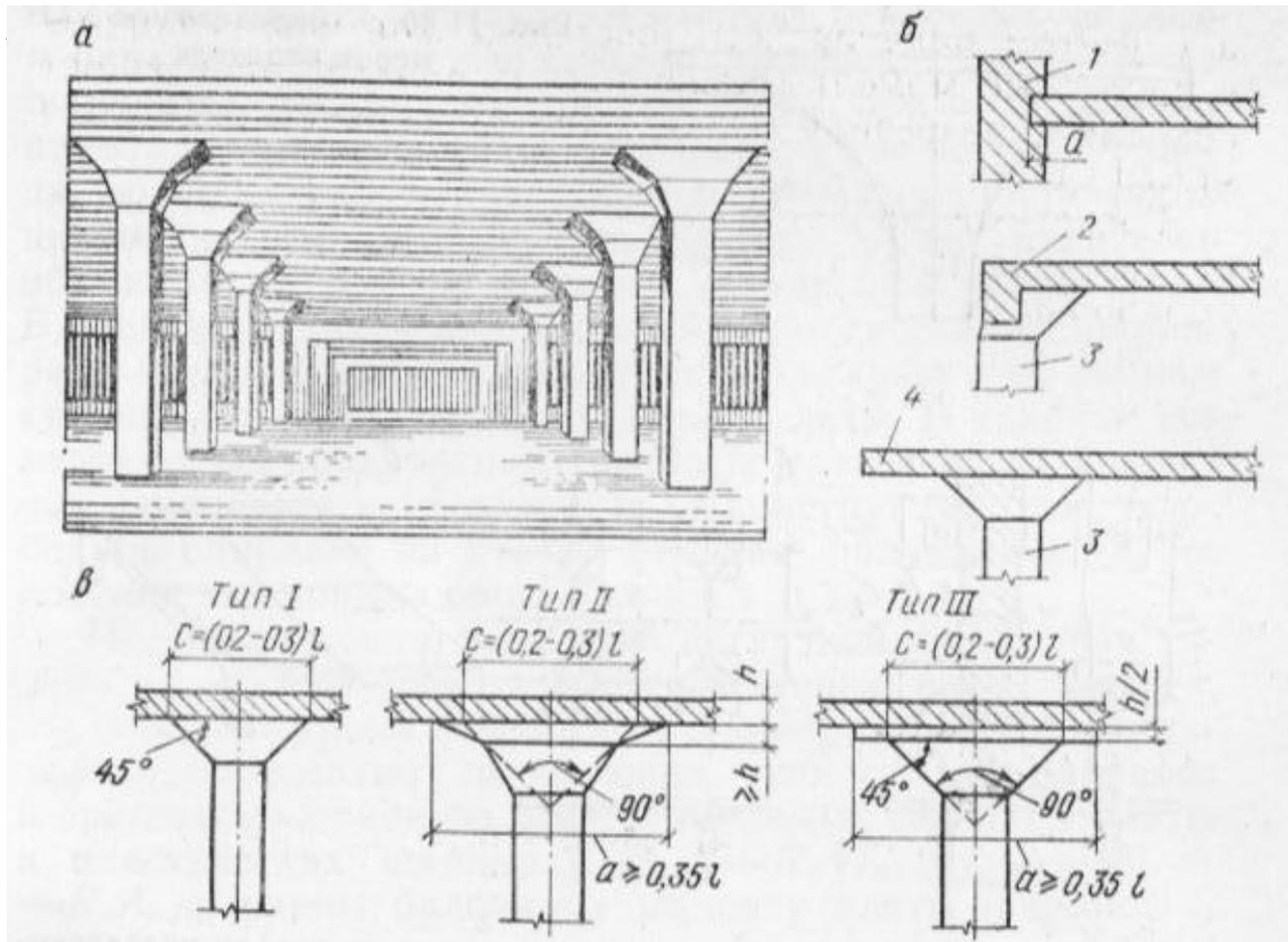


Безбалочные перекрытия

Сборное безбалочное перекрытие с ребристыми и пустотными плитами



Монолитное безбалочное перекрытие



- А – общий вид; б – варианты опирания по наружному контуру здания;
- 1 – стена; 2 – обвязка; 3 – крайняя колонна; 4 – консоль

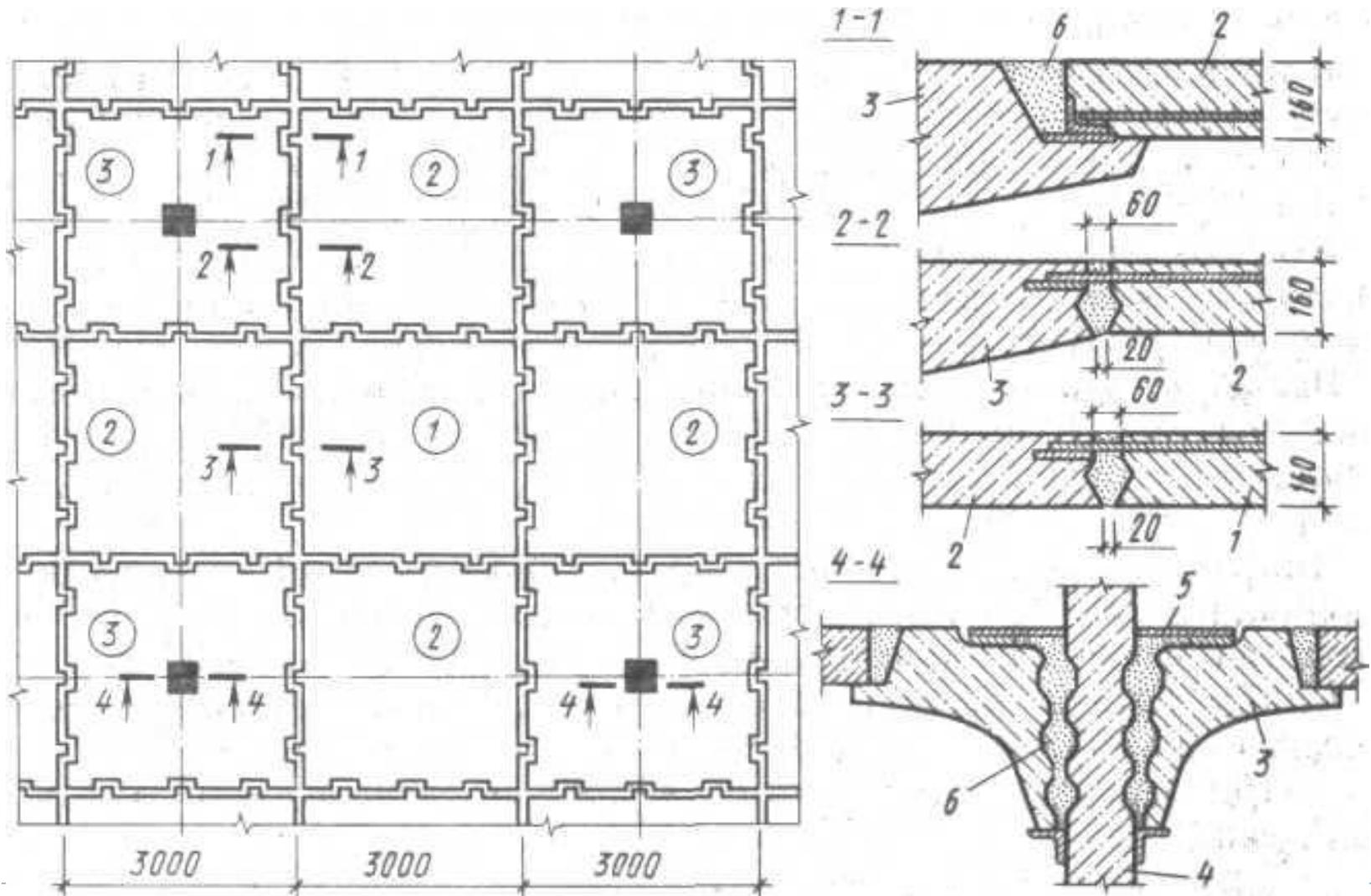
Области применения:

- Здания, где требуются гладкие потолки по условиям проветривания (холодильники, склады для продуктов и пр.);
- Многоэтажные здания с сеткой колонн 6х6 м и большими временными нагрузками (более 10 кПа);
- В помещениях с агрессивными средами.



Сборное безбалочное перекрытие

1- пролетная плита; 2 – межколонная плита; 3 – капитель; 4 – колонна; 5 – закладная деталь; 6 – бетон замоноличивания



Конструктивные требования

Соотношение сторон

$$l_1 / l_2 = 1 \dots 1,5$$
$$1 \geq l_{кр} / l_{ср} \geq 4/3$$

Пролет плит

$$l = 4 \dots 6 \text{ м}$$

Толщина плиты

$$h_f \geq \frac{1}{35} \cdot l_2 \quad \text{и}$$
$$h_f = \left(\frac{1}{25} \div \frac{1}{35} \right) \cdot l_2$$

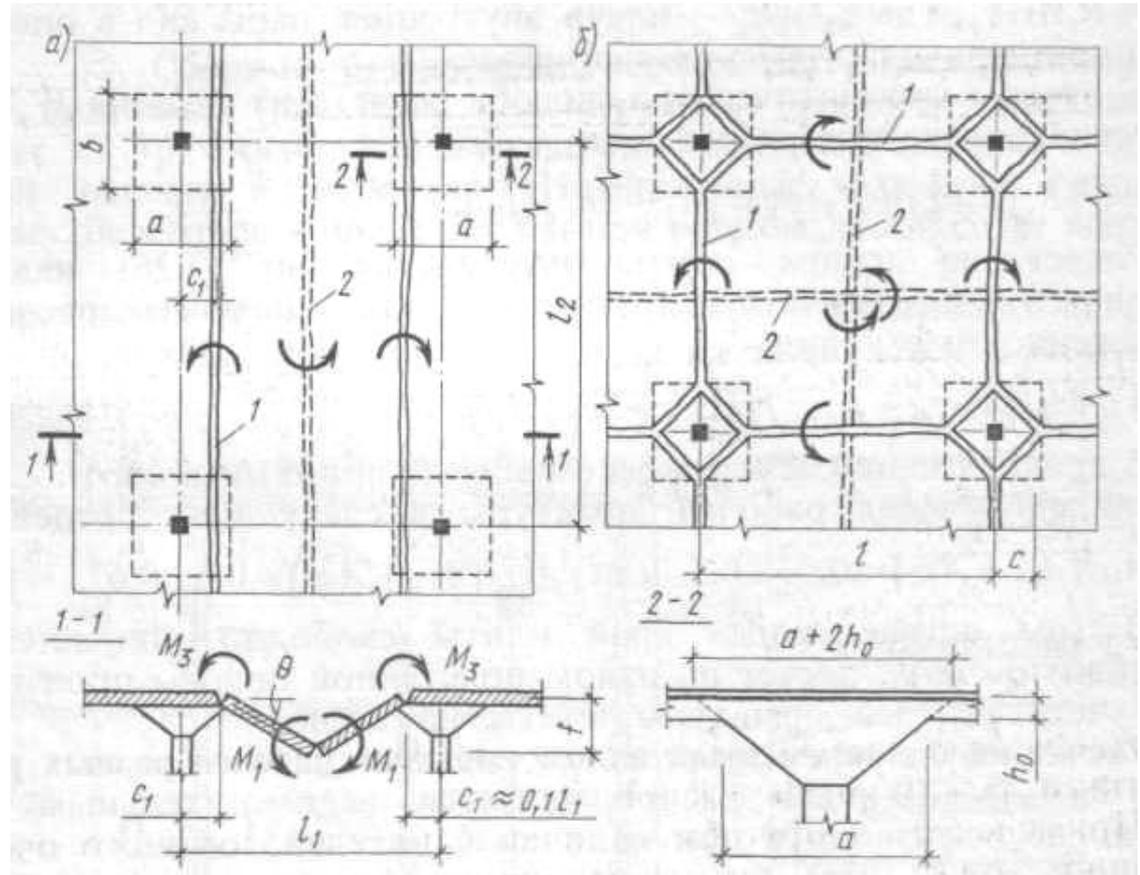


Схема образования пластических шарниров в монолитном безбалочном перекрытии

а - при **полосовой** нагрузке

б – при **сплошном** загрузении

- 1 – раскрытие трещин сверху
- 2 – раскрытие трещин снизу



Расчет на полосовую нагрузку

Условие предельного равновесия:

$$W_a = W_M$$

W_a – работа внешних сил; W_M – работа внутренних сил.

Работа внешних сил

равна произведению равномерно распределенной нагрузки на объем треугольной призмы

$$W_a = qV$$

q – равномерно распределенная нагрузка;

V – объем треугольной призмы деформирования плиты в предельном равновесии;

$$V = f \cdot l_2 \cdot (l_1 - 2c_1) / 2$$

f – прогиб плиты;

l_1 – расчетный пролет плиты;

l_2 – ширина плиты;

c_1 – вылет капители или половина высоты сечения колонны.

$$W_a = q \cdot f \cdot l_2 \cdot (l_1 - 2c_1) / 2$$

Работа внутренних сил

равна произведению внутренних моментов на соответствующие углы поворота

$$W_M = 2M_I \varphi l_2 + M_1 2\varphi l_2 = 2\varphi l_2 (M_I + M_1)$$

φ - угол поворота плиты

$$\varphi = \operatorname{tg} \varphi = f / (l_1 / 2 - c_1) \text{ или } f = 0,5\varphi(l_1 - 2c_1),$$

тогда

$$W_q = q \cdot f \cdot l_2 \cdot (l_1 - 2c_1) / 2 = q 0,5\varphi(l_1 - 2c_1) l_2 (l_1 - 2c_1) / 2$$

Подставляем значения в $W_q = W_M$

$$q 0,5\varphi(l_1 - 2c_1) l_2 (l_1 - 2c_1) / 2 = 2\varphi l_2 (M_I + M_1)$$

или

$$q(l_1 - 2c_1)^2 = 8(M_I + M_1)$$

Задаваясь отношением $M_I/M_1 = 1 \dots 2$ или в среднем $M_I/M_1 = 1,5$, получают

$$M_I = q(l_1 - 2c_1)^2 / 20$$

Принимая $M = 0,9 A_s R_s h$ можно непосредственно определить площадь арматуры

- пролетной $A_{sI} = q(l_1 - 2c_1)^2 / 18 R_s h$
- опорной $A_{sI} = 1,5 A_{sI}$

Вдоль стороны l_2 , аналогично

$$q(l_2 - 2c_2)^2 = 8(M_{II} + M_2)$$

$$M_2 = q(l_2 - 2c_2)^2 / 20$$

- пролетной $A_{s2} = q(l_2 - 2c_2)^2 / 18 R_s h$
- опорной $A_{sII} = 1,5 A_{s2}$



Расчет на сплошное загрузжение

Условие прочности

$$M \leq M_u$$

M – изгибающий момент от внешних нагрузок: M_u – предельный момент внутренних сил.

Предельная нагрузка на четверть панели

$$N_u = \frac{1}{4} q l_1 l_2$$

Расстояние от опорного ГШ до ц.т. нагрузки

$$z = \left(\frac{l_1}{4} - c_1 + \frac{l_2}{4} - c_2 \right) \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Момент внешней нагрузки относительно ГШ:

$$M_q = N_q z = \frac{q l_1 l_2}{4} \left(\frac{l_1}{4} + \frac{l_2}{4} - c_1 - c_2 \right) \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Дополнительный момент, действующий на угловой треугольник

$$M_d = \frac{q(c_1 + c_2)^2}{2} \cdot \frac{(c_1 + c_2)}{3\sqrt{2}} = \frac{q(c_1 + c_2)^3}{6\sqrt{2}}$$

Суммарный момент внешних сил

$$M = M_q + M_d = \frac{q}{\sqrt{2}} \left\{ \frac{l_1 l_2}{4} \left[\frac{l_1 + l_2}{4} - (c_1 + c_2) \right] + \frac{(c_1 + c_2)^3}{6} \right\}$$

Момент внутренних сил, действующих в ГШ по контуру, относительно опорного ГШ

$$M_u = \frac{R_s}{2\sqrt{2}} [(A_I + A_{II})z + (A_1 + A_2)z]$$

Условие прочности записывается

$$\frac{q}{\sqrt{2}} \left\{ \frac{l_1 l_2}{4} \left[\frac{l_1 + l_2}{4} - (c_1 + c_2) \right] + \frac{(c_1 + c_2)^3}{6} \right\} \leq$$

$$\leq \frac{R_s}{2\sqrt{2}} [(A_I + A_{II})z + (A_1 + A_2)z]$$

При $c_1 = c_2$

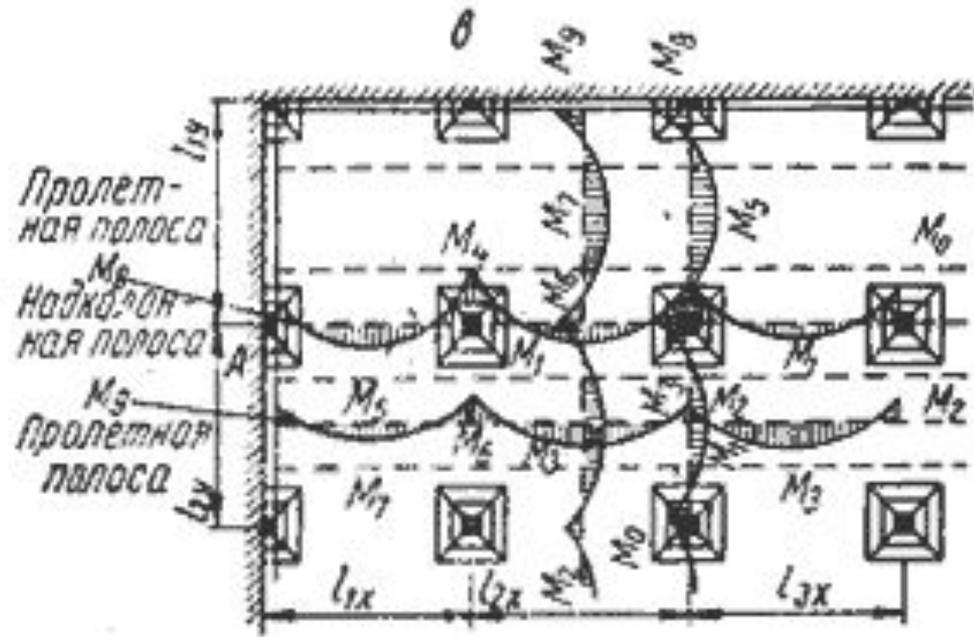
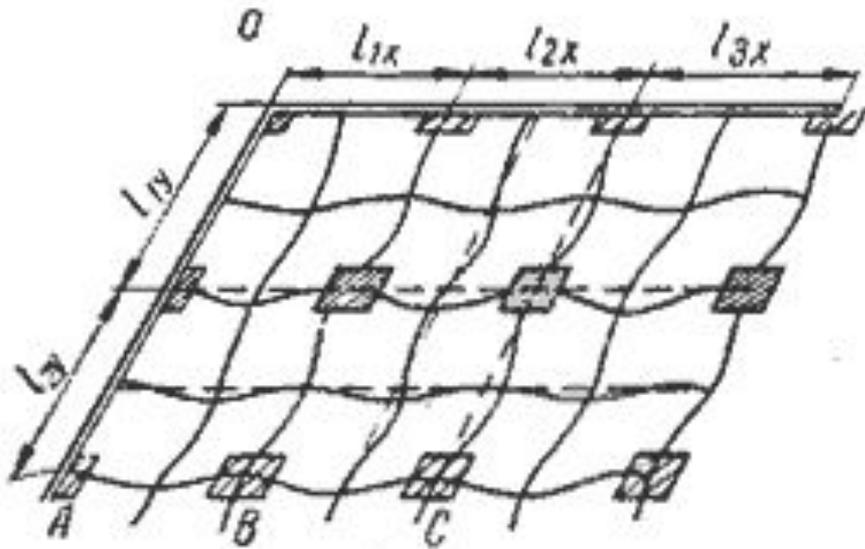
$$\frac{q l_1 l_2}{8} \left(\frac{l_1 + l_2}{2} - 2c + \frac{4}{3} \cdot \frac{c^3}{l_1 l_2} \right) \leq \frac{R_s}{2} [(A_I + A_{II})z + (A_1 + A_2)z]$$

При квадратной в плане плите ($l_1 = l_2 = l$)

$$\frac{q l^3}{8} \left(1 - 2 \frac{c}{l} + \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{c}{l} \right)^3 \right) \leq R_s z [A_I + A_1]$$

Инструкция ЦНИИПСа 1933 года, авторы А.А.Гвоздев и В.И. Мурашев

Надколонная полоса	Опорный момент	$M_1 = 0,5M_0$
	Пролетный момент	$M_2 = 0,2M_0$
Пролетная полоса	Опорный момент	$M_3 = 0,15M_0$
	Пролетный момент	$M_4 = 0,15M_0$
Итого	$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = M_0$	

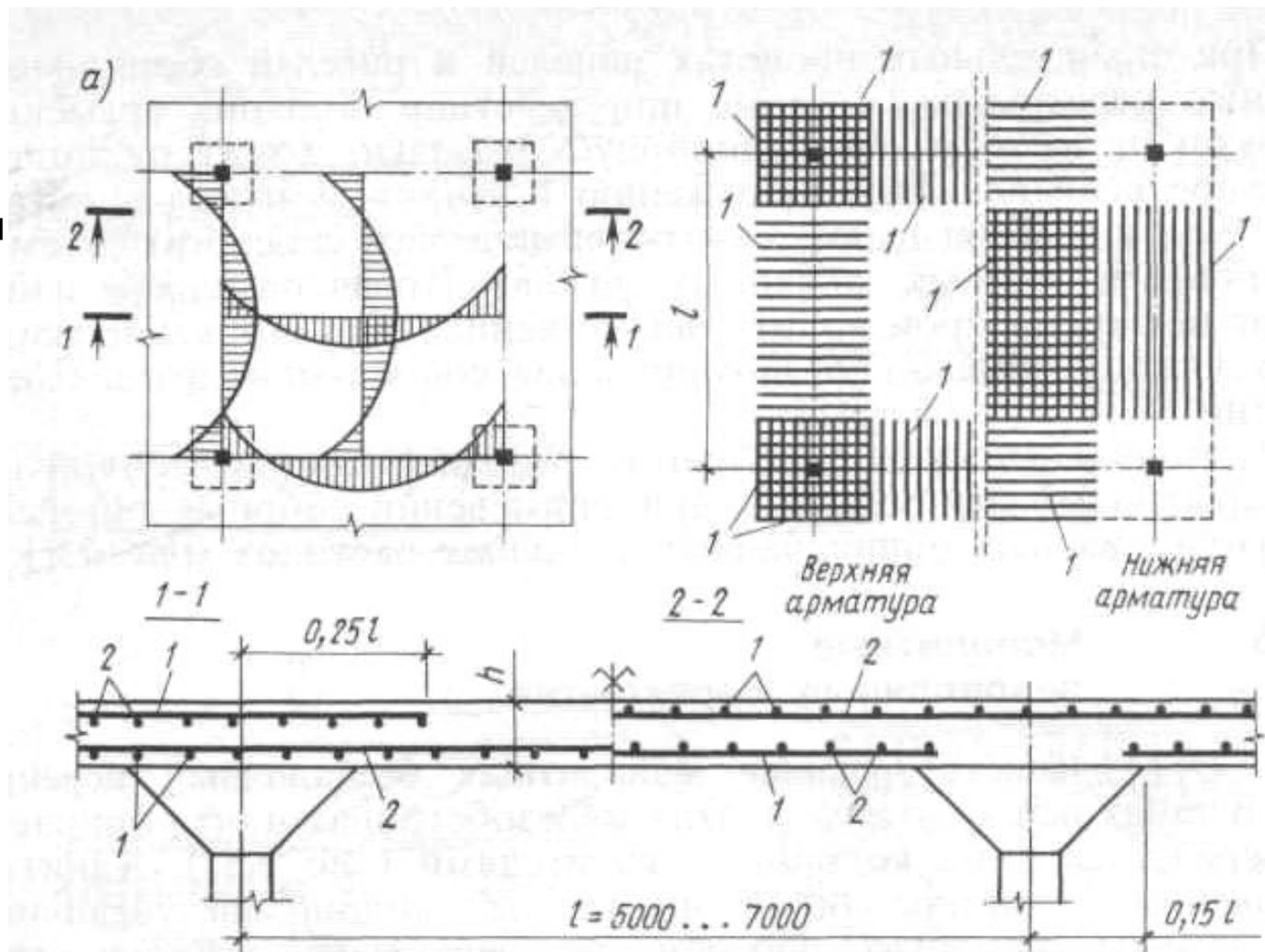


Для квадратной панели балочный момент $M_0 = 1/8 WL(1-2c/3L)(1-2c/3L)$.

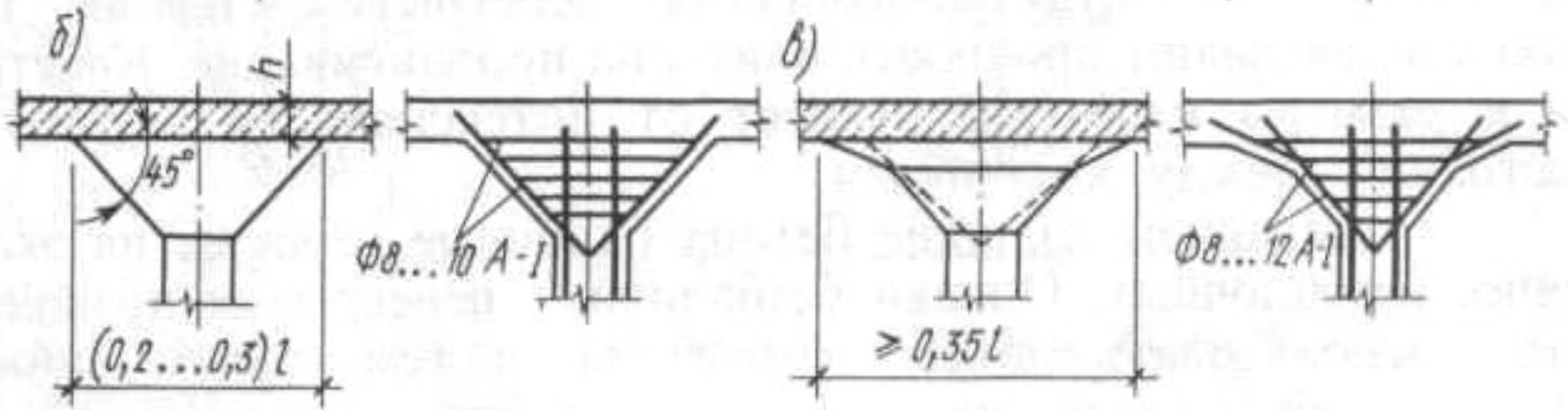
W – суммарная нагрузка на плиту L – пролет плиты, c – вылет капители

Эпюра изгибающих моментов и армирование монолитных безбалочных перекрытий

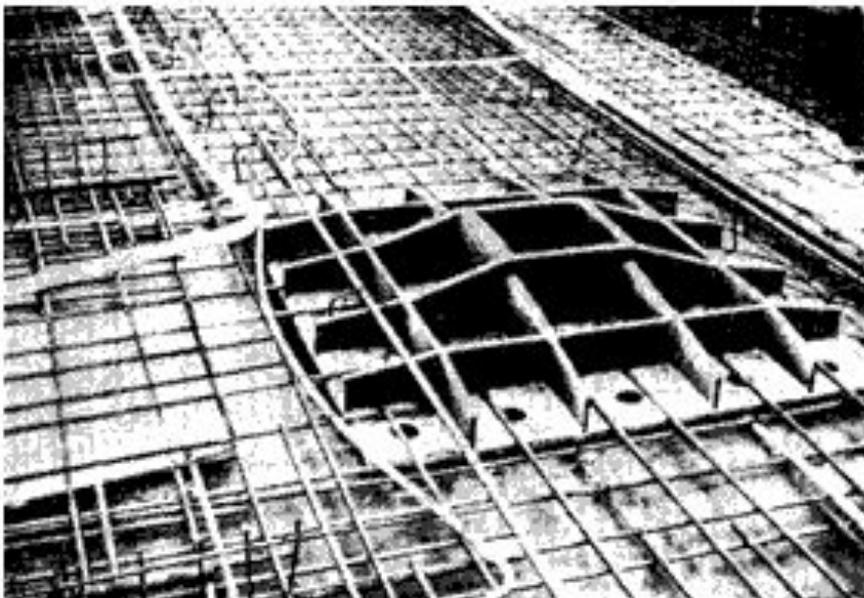
- 1 – рабочая арматура;
- 2 – конструктивная арматура



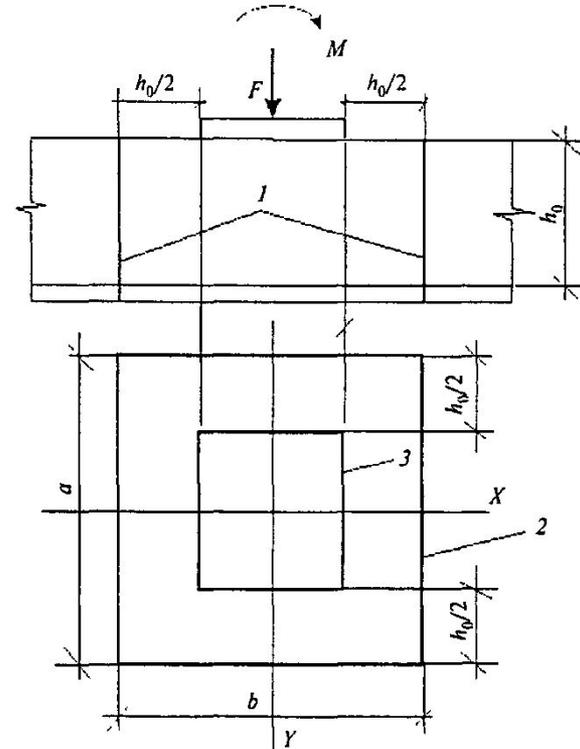
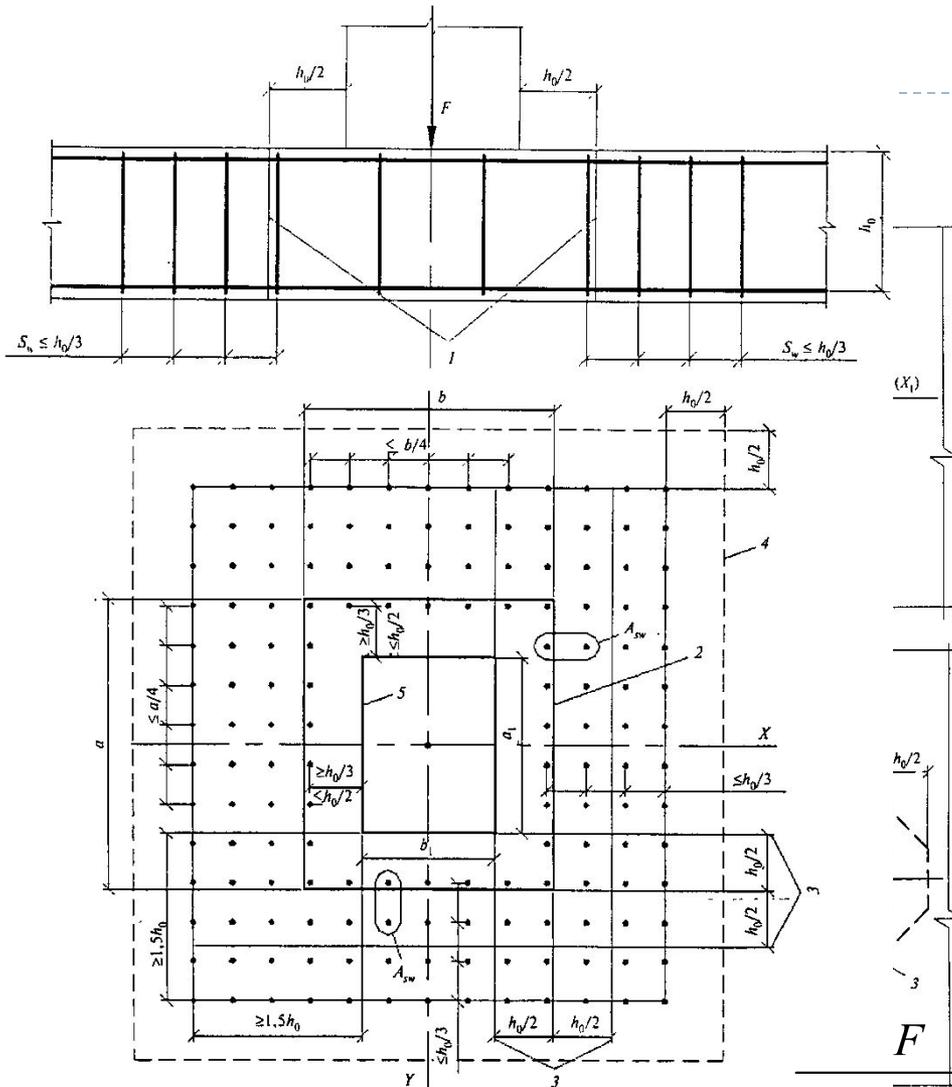
Армирование капителей монолитного безбалочного перекрытия



Металлическая скрытая капитель



Расчет на продавливание по СП52-101-2003



$$\frac{F}{F_{b,ult} + F_{sw,ult}} + \frac{M_x}{M_{bx,ult} + M_{sw,x,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult} + M_{sw,y,ult}} \leq 1,$$

Расчет элементов с поперечной арматурой на продавливание при действии сосредоточенной силы производят из условия

$$F \leq F_{b,ult} + F_{sw,ult},$$

$F_{b,ult}$ - предельное усилие, воспринимаемое бетоном.

$$F_{b,ult} = R_{bt} A_b,$$

$$A_b = u h_0,$$

$$u = 2(h_c + b_c + 2h_0)$$

$F_{sw,ult}$ - предельное усилие, воспринимаемое поперечной арматурой при продавливании;

$$F_{sw,ult} = 0,8 q_{sw} u,$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w};$$

Должно соблюдаться условие

$$F_{sw,ult} \leq F_{b,ult}$$

Поперечную арматуру учитывают в расчете при

$$0,25 F_{b,ult} \leq F_{sw,ult}$$

Конструктивные требования к поперечной арматуре в зоне продавливания

- Поперечную арматуру в плитах в зоне продавливания в направлении, перпендикулярном сторонам расчетного контура, устанавливают с шагом не более $(1/3)h_0$ и не более 300 мм. Стержни, ближайшие к контуру грузовой площади, располагают не ближе $(1/3)h_0$ и не далее $(1/2)h_0$ от этого контура. При этом ширина зоны постановки поперечной арматуры (от контура грузовой площади) должна быть не менее $(1/5)h_0$.
- Расстояния между стержнями поперечной арматуры в направлении, параллельном сторонам расчетного контура, принимают не более $1/4$ длины соответствующей стороны расчетного контура $(1/4)a$ и $(1/4)b$



Конструктивное решение сборного безбалочного перекрытия с треугольными в плане панелями

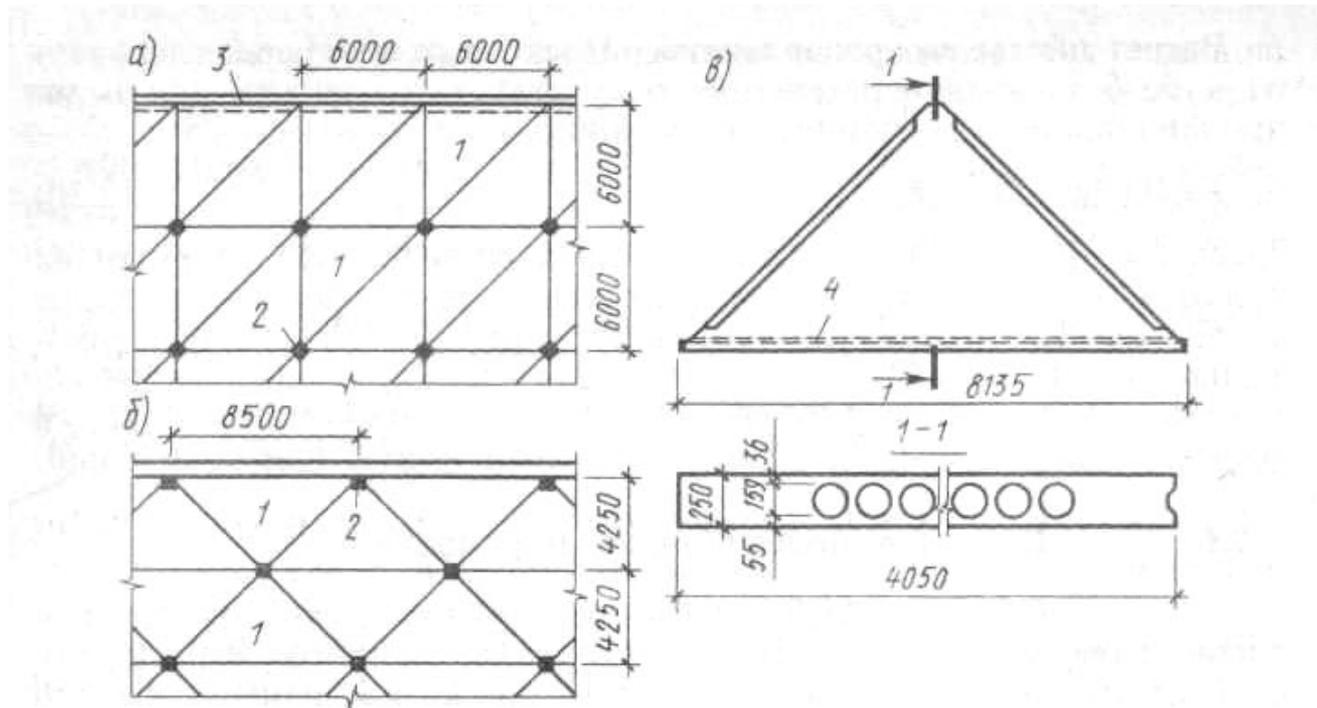
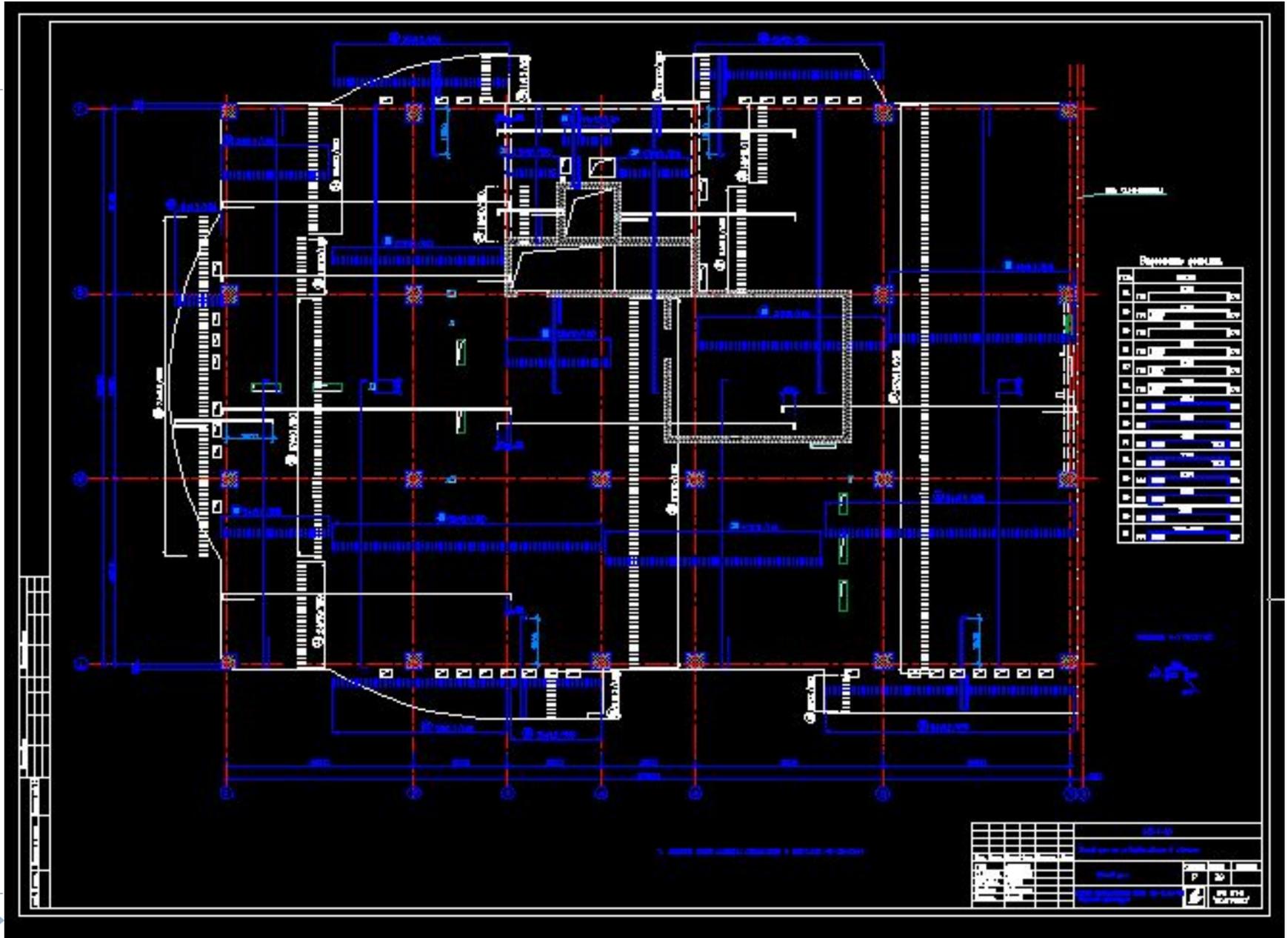


Рис. 2.16. Конструктивное решение сборного безбалочного перекрытия с треугольными в плане панелями:

1 — панель; 2 — колонна; 3 — стена; 4 — напрягаемая арматура

1 - плита; 2 – колонна; 3 - стена; 4 – напрягаемая арматура

Пример проекта монолитного безбалочного перекрытия



Монолитный безбалочный каркас.

Жилой дом индивидуальной планировки расположенный на ул.Ярославского.



Система «Куб».
Сборный безбалочный каркас со
скрытой капиталью



