

Лекция №44: «Конструирование и расчет ж/б пустотных плит, сплошных плит, опертых по 2-м, 3-м, 4-м сторонам»

Плитами называют элементы, у которых один размер (толщина) значительно меньше двух других.

Плиты по исполнению могут быть сборными, монолитными и сборно-монолитными, по статической схеме работы они различаются на однопролетные, многопролетные и консольные, по конструкции - сплошные, пустотные и ребристые.

Плиты могут опираться по двум сторонам, и тогда плита работает как балка, изгибаясь

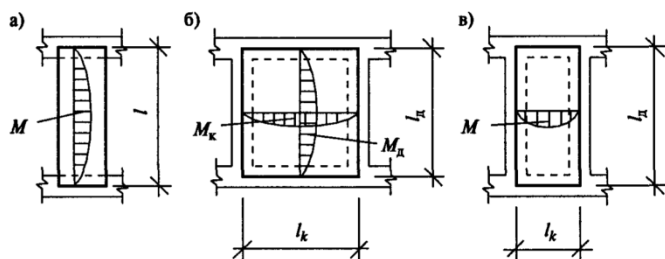


Рис. 7.45. Плиты:

а) плита, опертая по двум сторонам; б) плита, опертая по контуру, при $l_d/l_k < 2,0$ — работает в двух направлениях; в) плита, опертая по четырем сторонам, при $l_d/l_k \geq 2,0$ — работает в направлении короткого пролета

в одном направлении, такие плиты называют балочными (рис. 7.45, а). При опирании по трем или четырем сторонам плита работает в двух направлениях, такие плиты называют опертыми по контуру (рис. 7.45, б). Но если в таких плитах отношение длинного пролета плиты l_d к короткому пролету l_k , больше или равно 2 (несмотря на опирание по четырем

сторонам), плита работает в основном в направлении короткого пролета и рассматривается как балочная (рис. 7.45, в).

Сплошные однопролетные плиты выполняются, как правило, сборными и применяются для перекрытия небольших пролетов; например, ими могут перекрываться коридоры, лифтовые шахты, подпольные каналы, каналы теплотрасс и т.п. Вместе с тем сплошные плиты могут являться частью сборных железобетонных конструкций или входить в состав монолитных перекрытий, покрытий.

Проектируя плиты, стремятся максимально облегчить их сечение, что достигается уменьшением бетона в растянутой зоне. При этом если требуется гладкий потолок перекрытия, то выполняют пустотные плиты или ребристые плиты ребрами вверх; если не требуется гладкого потолка, выполняют ребристые плиты с ребрами, расположенными в нижней части. В растянутой зоне плит стремятся оставить минимально необходимое количество бетона, нужное для размещения растянутой арматуры и обеспечения прочности. Пустотные и ребристые плиты (панели) с ребрами вниз работают на изгиб как балки таврового сечения, а плиты сплошного сечения - как балки прямоугольного сечения.

«Расчет сплошных железобетонных плит»

Сплошные плиты, как уже отмечалось, рассчитываются как простые балки прямоугольного сечения с одиночным армированием. В случае если плита выполняется большого размера, для ее расчета условно вырезают полосу шириной 1 м и сбор нагрузок, расчет арматуры и проверка прочности наклонного сечения выполняются для этой полосы, а затем, при проектировании арматурной сетки, учитывают фактические размеры плиты.

Общий порядок расчета сплошных плит (без предварительного напряжения):

1. Определяют нагрузки на 1 погонный метр плиты (рис. 7.46).

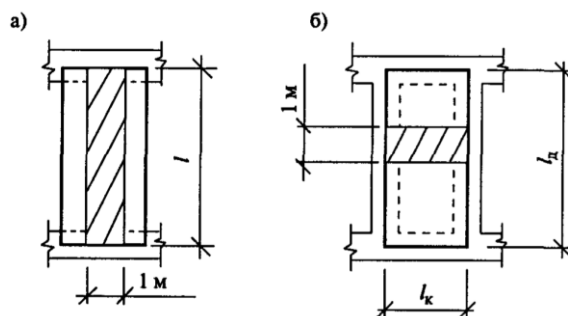


Рис. 7.46. Балочные плиты (условно для расчета вырезаем 1 метр плиты)

2. Определяют расчетный пролет плиты, строят расчетную схему, эпюры поперечных сил и моментов (аналогично расчету балок).

3. Задаются материалами и устанавливают их расчетные характеристики.

4. Принимают расчетное сечение плиты (рис. 7.47) и производят расчет прочности нормального сечения (определяют требуемую площадь рабочей арматуры).

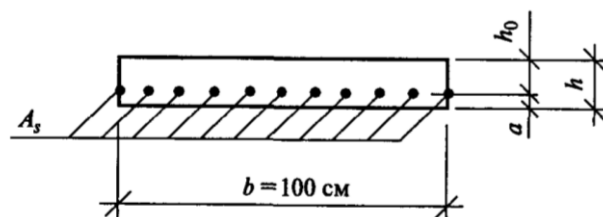


Рис. 7.47. Расчетное сечение плиты

5. Проверяют прочность наклонного сечения. При этом следует учитывать, что в сплошных плитах высотой менее 300 мм могут отсутствовать поперечные стержни.

6. Конструируют плиту.

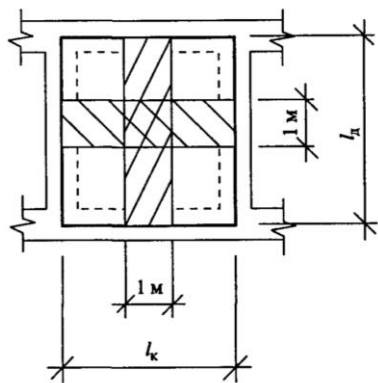


Рис. 7.48. К расчету плит, опертых по контуру

Расчет плит, опертых по контуру, производится аналогично расчету сплошных балочных плит, но изгибающие моменты и поперечные силы определяются для двух полос (в направлении длинного и короткого пролетов) и, соответственно, рассчитывается арматура для каждой полосы (рис. 7.48). Значения моментов и поперечных сил зависят от соотношения пролетов и схем опирания плит на стены, они находятся при помощи таблиц, приводимых в справочной литературе по расчету железобетонных конструкций.

Некоторые правила конструирования сплошных плит:

- толщина плиты зависит от нагрузки и размеров перекрываемого пролета, обычно составляет 100-250 мм. Для их изготовления применяют тяжелый бетон классов В7,5-В20. Плиты армируются плоскими сетками, выполняемыми из арматуры классов А240, А300, А400, В500;
- расстояние между осями рабочих стержней принимается не более 200 мм при $h \leq 150$ мм и не более $1,5h$ при $h > 150$ мм;
- между осями распределительной арматуры принимают расстояние не более 350 мм;
- площадь распределительной арматуры должна составлять не менее 10% от площади сечения рабочей арматуры;
- при работе плиты в двух направлениях рабочая арматура ставится также в двух направлениях;
- рабочие стержни арматуры должны заходить за грань опоры не менее чем на $5d$, где d - диаметр рабочей арматуры;
- в случае применения ячеистого бетона толщина плит выполняется 300 мм, их армирование отличается от армирования плит, выполненных из тяжелого бетона, обычно рабочая арматура является частью арматурных каркасов;
- для обеспечения прочности при транспортировании, монтаже, складировании сборных железобетонных плит производят соответствующий расчет и при необходимости ставят дополнительную арматуру, воспринимающую эти усилия.

Понятие о расчете и конструировании пустотных плит

Пустотные плиты (панели) перекрытий выполняются длиной от 3-9 м различной ширины, что обеспечивает их раскладку в различных по размерам перекрытиях. Высота пустотных плит чаще всего принимается 220 мм, пустоты круглого сечения диаметром 159 мм, минимальная толщина полок 25-30 мм.

Пустотные плиты могут опираться на стены, балки, ригели. Опирание выполняют на две опоры и, следовательно, пустотная плита рассчитывается как простая балка (рис. 7.49).

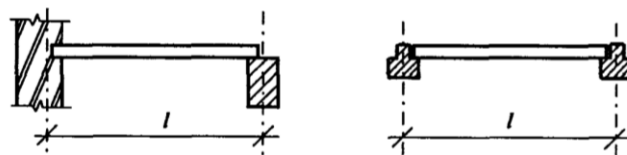


Рис. 7.49. Опирание плит на стены, ригели

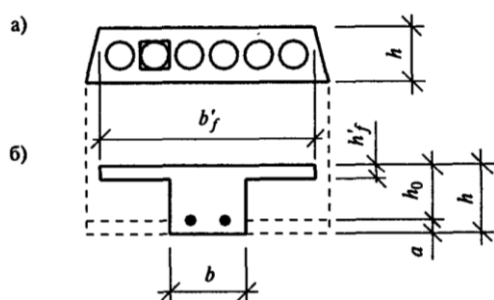


Рис. 7.50. Сечения плиты:
а) фактическое сечение; б) расчетное сечение

Фактическое сечение плиты при расчетах по первой группе предельных состояний заменяется на тавровое сечение, в котором бетон между пустотами условно собран в ребро (считается, что растянутая полка плиты в работе не участвует вследствие образования в ней трещин). Круглые отверстия при определении ширины ребра b заменяются на квадраты (рис 7.50).

Пустотные плиты пролетом 3-4,5 м обычно выполняются без предварительного напряжения арматуры, а плиты больших пролетов - с предварительным напряжением.

В случае выполнения продольной арматуры предварительно напряженной она для упрочнения бетона на участках передачи напряжения (участки вблизи опор) окружается

арматурными сетками. Прочность наклонных сечений обеспечивают каркасы на опорных участках плиты длиной $\frac{1}{4} l$, поставленные через два отверстия. В верхней части сечения плиты устанавливается сетка, воспринимающая монтажные и транспортные нагрузки (рис. 7.51). Возможны и другие конструкции пустотных плит.

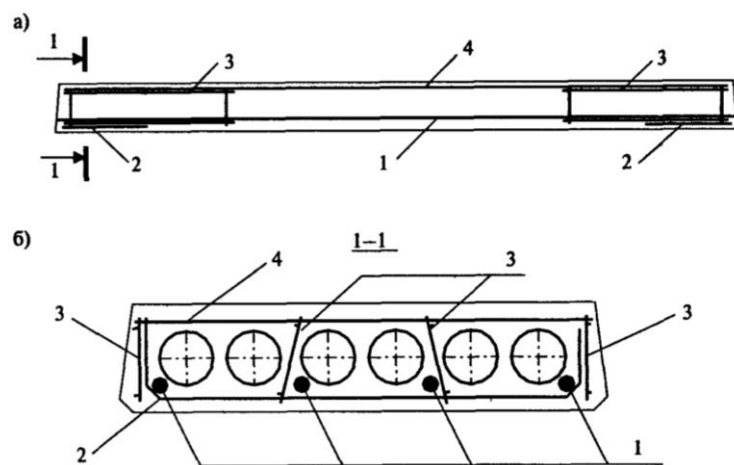


Рис. 7.51. Армирование предварительно напряженной пустотной плиты перекрытия: а) продольный разрез плиты; б) поперечный разрез плиты; 1 — предварительно напряженная арматура; 2 — сетка, окружающая предварительно напряженную арматуру на участках передачи напряжения; 3 — каркасы; 4 — монтажная сетка

Понятие о расчете и конструировании ребристых плит

Ребристые плиты ребрами вниз применяются в промышленном и гражданском строительстве, когда не требуется ровный потолок. Такие плиты экономичны по расходу бетона, так как в них максимально удален бетон растянутой зоны. Пролеты принимаются от 6 до 12 м, шириной от 0,9 до 3,0 м. Могут выполняться предварительно напряженные и без предварительного напряжения арматуры.

При расчете ребристых плит с ребрами вниз (рис. 7.52, 7.53), фактическое сечение плиты заменяется на тавровое. Поперечные ребра плиты также рассматриваются как элементы таврового сечения.

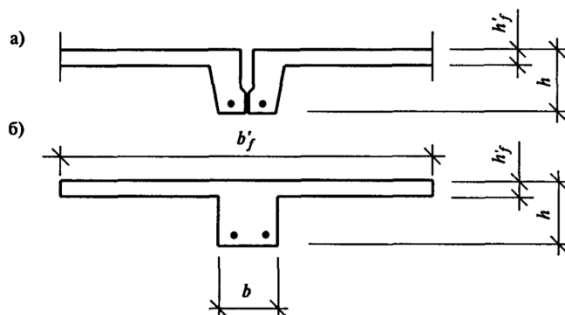


Рис. 7.52. Сечения продольного ребра: а) фактическое; б) расчетное

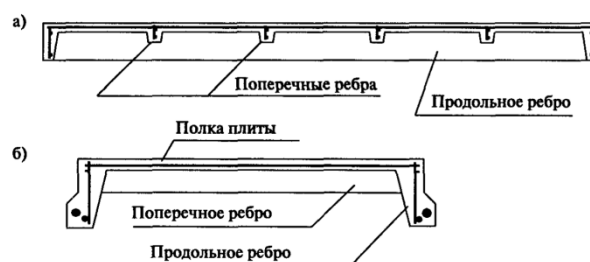


Рис. 7.53. Ребристая плита: а) продольный разрез; б) поперечный разрез

Для продольных и поперечных ребер выполняются расчеты арматуры и прочности наклонных сечений по формулам элементов таврового сечения. Полка плиты рассчитывается как плита, защемленная в продольных и поперечных ребрах (опертая по контуру или балочная).

Ребристая плита, выполненная ребрами вверх (рис. 7.54), применяется в качестве распорных плит между колоннами перекрытия каркасного здания. Обеспечивает ровный потолок и возможность пропуска вентиляционных коробов, труб и другого оборудования через тонкую нижнюю полку, которая позволяет выполнять в ней отверстия. Продольные

ребра плиты рассчитываются как элемент прямоугольного сечения, так как полка такой плиты оказывается в растянутой зоне и выключается из работы при изгибе плиты. Полка плиты рассчитывается отдельно как сплошная плита, защемленная в ребрах.



Рис. 7.54. Поперечное сечение ребристой плиты с ребрами вверх

Понятие о расчете и конструировании монолитных ребристых перекрытий

Существует несколько конструкций монолитных ребристых перекрытий. Наиболее экономичны монолитные ребристые перекрытия с балочными плитами. Их применяют в промышленных и гражданских зданиях при нестандартных размерах перекрываемого помещения и значительных нагрузках, которые не могут воспринять сборные плиты перекрытий.

Монолитные ребристые перекрытия состоят из плит, главных и второстепенных балок (рис. 7.55), которые бетонируются вместе и представляют собой единую конструкцию. Главные и второстепенные балки могут располагаться вдоль и поперек перекрываемого помещения. Главные балки несут наибольшую нагрузку, их пролет принимается 6-8 м, высота ($1/8-1/15$) пролета. Второстепенные балки располагаются с шагом 1,7-2,7 м, пролетом 6-8 м, высотой ($1/12-1/20$) пролета. Ширина балок принимается (0,3-0,5) высоты. Плиты ребристого балочного перекрытия выполняются толщиной 40-100 мм в зависимости от нагрузок.

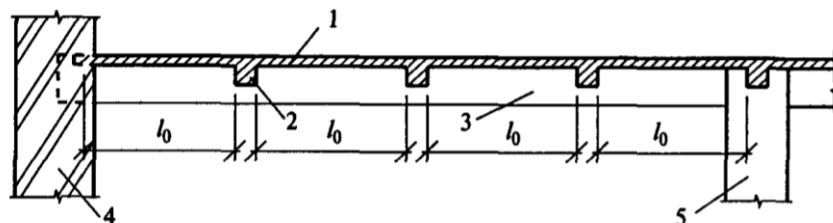


Рис. 7.55. Конструктивная схема монолитного перекрытия:
1 — плита; 2 — второстепенная балка; 3 — главная балка;
4 — стена; 5 — колонна.

Перекрытие выполняется из бетона классов В15-В20 и армируется сетками и каркасами из арматуры классов В500, А240, А300, А400.

Все элементы перекрытия: плита, второстепенные балки, главные балки - работают как единая конструкция, но расчет элементов производят отдельно. Плита, монолитно связанная с балками перекрытия, работает в зависимости от соотношения пролетов (длинного l_d и короткого l_k). При соотношении l_d / l_k плита балочная и работает в одном направлении, изгибаясь в направлении короткого пролета. При соотношении $l_d / l_k < 2$ плита работает в двух направлениях.

При расчете балочных плит изгибающий момент в первом пролете и на первой промежуточной опоре определяется по формуле:

$$M_1 = q l_0^2 / 11;$$

в средних пролетах и на средних опорах

$$M_2 = ql_0^2 / 16.$$

Расчетный пролет плиты принимается равным расстоянию в свету между второстепенными балками, а при опирании на стену - расстоянию от центра опоры на стене до ребра второстепенной балки.

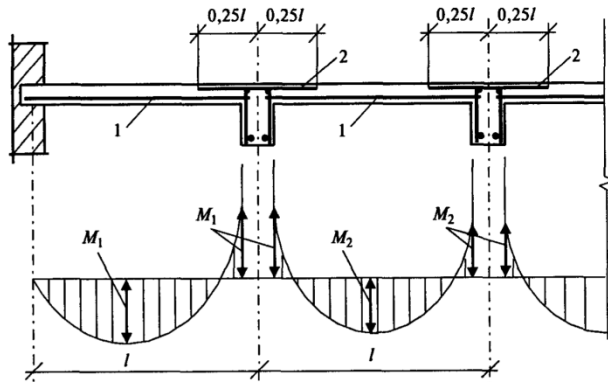


Рис. 7.56. Эпюра моментов и армирование плиты ребристого перекрытия:
1 — арматурные сетки в пролете плиты;
2 — арматурные сетки над второстепенными балками

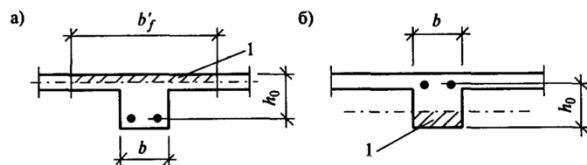


Рис. 7.57. Расчетные сечения балок: а) в пролете (тавровое);
б) вблизи опор (прямоугольное); 1 — сжатая зона бетона

Армируются плиты рулонными или плоскими сетками (рис. 7.56), при армировании учитывается характер распределения эпюры моментов.

Балки армируются каркасами с учетом того, что в местах опирания балок, так же как и в плитах, возникают опорные моменты, а в пролете пролетные моменты. Второстепенные балки и главные балки в пролете рассчитываются как балки таврового сечения; около опор, где изгибающий момент меняет знак, расчетное сечение принимается прямоугольным, так как полка оказывается в растянутой зоне (рис. 7.57).

При расчете второстепенные балки рассчитываются на равномерно распределенные нагрузки, а главные балки - на сосредоточенные нагрузки от реакций второстепенных балок.

Детальный расчет и подробное армирование монолитного ребристого перекрытия в данном курсе не рассматриваются.