

В инженерных сооружениях, промышленных и гражданских зданиях широко применяют железобетонные фундаменты. Они бывают трех типов: отдельные — под каждой колонной; ленточные — под рядами колонн в одном или двух направлениях, а также под несущими стенами; сплошные — под всем сооружением. Фундаменты возводят чаще всего на естественных основаниях (они преимущественно и рассмотрены здесь), но в ряде случаев выполняют и на сваях. В последнем случае фундамент представляет собой группу свай, объединенную поверху распределительной железобетонной плитой — ростверком. Отдельные фундаменты устраивают при относительно небольших нагрузках и достаточно редком размещении колонн. Ленточные фундаменты под рядами колонн делают тогда, когда подошвы отдельных фундаментов близко подходят друг к другу, что обычно бывает при слабых грунтах и больших нагрузках. Целесообразно применять ленточные фундаменты при неоднородных грунтах и внешних нагрузках, различных по значению, так как они выравнивают неравномерные осадки основания. Если несущая способность ленточных фундаментов недостаточна или деформации основания под ними больше допустимых, то устраивают сплошные фундаменты. Они в еще большей мере выравнивают осадки основания. Эти фундаменты применяют при слабых и неоднородных грунтах, а также при значительных и неравномерно распределенных нагрузках. Стоимость фундаментов составляет 4...6 % общей стоимости здания. Тщательной проработкой конструкции фундаментов можно достичь ощутимого экономического эффекта. Для крупных сооружений конструкцию фундаментов выбирают из сопоставления стоимости, расхода материалов и трудовых затрат при различных вариантах конструктивных решений. По способу изготовления фундаменты бывают сборные и монолитные.

Центрально-нагруженные фундаменты. Необходимая площадь подошвы центрально-нагруженного фундамента (рис. 12.7) при предварительном расчете

$$A = ab = N_n / (R - \gamma_m d), \quad (12.2)$$

где N_n — нормативная сила, передаваемая фундаменту; d — глубина заложения фундамента; $\gamma_m = 20 \text{ кН/м}^3$ — усредненная нагрузка от веса 1 м^3 фундамента и грунта на его уступах.

Если нет особых требований, то центрально-нагруженные фундаменты делают квадратными в плане или близкими к этой форме.

Минимальную высоту фундамента с квадратной подошвой определяют условным расчетом его прочности на продавливание в предположении, что оно может происходить по поверхности пирамиды, боковые стороны которой начинаются у колонн и наклонены под углом 45° . Это условие выражается формулой (для тяжелых бетонов)

$$P \leq R_{bt} h_0 u_m, \quad (12.3)$$

где R_{bt} — расчетное сопротивление бетона при растяжении; $u_m = 2(h_c + b_c + 2h_0)$ — среднее арифметическое между периметрами

верхнего и нижнего оснований пирамиды продавливания в пределах полезной высоты фундамента h_0 .

Продавливающую силу принимают согласно расчету по первой группе предельных состояний на уровне верха фундамента за вычетом давления грунта по площади основания пирамиды продавливания:

$$P = N - A_1 p, \quad (12.4)$$

где $p = N/A_1$; $A_1 = (h_c + 2h_0)(b_c + 2h_0)$; N — расчетная сила.

В формуле (12.4) нагрузка от веса фундамента и грунта на нем не учитывается, так как он в работе фундамента на продавливание не участвует. Полезная высота фундамента может быть вычислена по приближенной формуле, выведенной на основании выражений (12.3) (12.4):

$$h_0 = -0,25(h_c + b_c) + 0,5 \sqrt{N/(R_{bt} + p)}. \quad (12.5)$$

Фундаменты с прямоугольной подошвой рассчитывают на продавливание также по условию (12.3), принимая

$$P = A_2 p; \quad u_m = 0,5(b_1 + b_2),$$

где A_2 — площадь части подошвы; b_1 и b_2 — соответственно верхняя и нижняя стороны одной грани пирамиды продавливания.

Полную высоту фундамента и размеры верхних ступеней назначают с учетом конструктивных требований, указанных выше. Внешние части фундамента под действием реактивного давления грунта снизу работают подобно изгибаемым консолям, заделанным в массиве фундамента. Их рассчитывают в сечениях: I—I — по грани колонны, II—II — по грани верхней ступени, III—III — по границе пирамиды продавливания.

Полезную высоту нижней ступени принимают такой, чтобы она отвечала условию прочности по поперечной силе без поперечного армирования в наклонном сечении, начинающемся в сечении III—III (на основании формул гл. 3). Для единицы ширины этого сечения

$$P_l = Q, \quad (12.6)$$

где на основании рис. 12.7 $l = 0,5(a - h_0 - 2h_0)$.

Кроме того, полезная высота нижней ступени должна быть проверена по прочности на продавливание по условию (12.3).

Армирование фундамента по подошве определяют расчетом на изгиб по нормальным сечениям I—I и II—II. Значение расчетных изгибающих моментов в этих сечениях

$$M_I = 0,125 p (a - h_0)^2 b; \quad M_{II} = 0,125 p (a - a_1)^2 b. \quad (12.7)$$

Сечение рабочей арматуры на всю ширину фундамента можно вычислить, принимая

$$A_{sI} = M_I / 0,9 h_0 R_s; \quad A_{sII} = M_{II} / 0,9 h_{0I} R_s. \quad (12.8)$$

Содержание арматуры в расчетном сечении должно обеспечивать минимально допустимый процент армирования в изгибаемых элементах.

При прямоугольной подошве сечение арматуры фундамента определяют расчетом в обоих направлениях.

Если в результате окончательного расчета основания фундамента согласно указаниям норм проектирования оснований предварительно принятые размеры подошвы необходимо изменить, конструкция фундамента должна быть откорректирована.

Внецентренно нагруженные фундаменты. Их целесообразно выполнять с прямоугольной подошвой, вытянутой в плоскости действия момента. Предварительно крайевые давления под подошвой фундамента (рис. 12.8, а) в случае одноосного внецентренного нагружения определяют в предположении линейного распределения давления по грунту в направлении действия момента по формулам:

$$p_{1,2} = N_{1nf} (1 \pm 6e/a) / ab, \quad (12.9)$$

при $e = M_{inf}/N_{inf} \leq a/6$;

$$p_1 = 2N_{inf}/bl = 2N_{inf}/3b (0,5a - e) \quad (12.10)$$

при $e = M_{inf}/N_{inf} > a/6 \dots$

В этих формулах

$$N_{inf} = N_n + \gamma_m dab; \quad M_{inf} = M_n + Q_n, \quad (12.11)$$

где N_n, M_n, Q_n —соответственно нормальная сила, изгибающий

момент и поперечная сила, действующие в колонне на уровне верха фундамента; N_{inf}, M_{inf} —соответственно сила и момент на уровне подошвы фундамента.

Согласно нормам, краевые давления на грунт не должны превышать $1,2R$, а среднее давление

$$p_m = N_{inf}/(a + b) \leq R.$$

Допустимая степень неравномерности краевых давлений зависит от характера конструкций, опирающихся на фундамент. В одноэтажных зданиях, оборудованных кранами грузоподъемностью более 75 т, и в открытых эстакадах по опыту

проектирования принимают $p_2 \geq 0,25p_1$ (рис. 12.8,б); в зданиях с кранами грузоподъемностью менее 75 т допустима эпюра давления по рис. 12.8, в; в бескрановых зданиях при расчете на дополнительные сочетания нагрузок возможна эпюра по

рис. 12.8, г с исключением из работы не более $1/4$ подошвы фундамента $(l \geq 3/4a)$

При подборе размеров подошвы фундаментов с учетом перечисленных условий можно использовать формулы, приведенные в табл. 12.1.

Конструкцию внецентренно нагруженного фундамента рассчитывают теми же приемами, что и центрально-загруженного. При этом расчете давление на грунт определяют от расчетных усилий без учета массы фундамента и засыпки на нем. Изгибающие моменты, действующие в консольных частях фундамента, можно вычислять, заменяя трапециевидные эпюры давления равновеликими прямоугольниками.