



УДК 624.137.5

Д.т.н., проф. А.В. Пилягин, МарГТУ, г. Йошкар-Ола

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЁТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ЗАГРУЖЕНИЯ

Основным расчётом оснований фундаментов зданий и сооружений является расчёт по второму предельному состоянию, т.е. по деформациям.

Данный расчёт базируется на теории линейно-деформируемой среды, применение которой допустимо, если зоны пластических деформаций в основании имеют незначительное развитие.

Таким образом, для выполнения расчёта по деформациям среднее давление по подошве фундаментов ограничивают величиной расчётного сопротивления оснований, определяемого по формуле (7) СНиП 2.02.01-83.

Формулу (7) СНиП 2.02.01-83 рекомендуют использовать при любой форме подошвы фундамента.

Данная методика определения расчётного сопротивления разработана для ленточных центрально нагруженных гибких фундаментов, расположенных на поверхности грунта, т.е. при отсутствии подвалов, и не учитывает:

- внецентренности приложения нагрузки и жёсткости фундаментов;
- формы подошвы фундаментов (квадрат, круг, кольцо, прямоугольник, прерывистые фундаменты, фундаменты с угловыми вырезами);
- одновременного воздействия горизонтальных и вертикальных нагрузок (подпорные стенки);
- взаимного влияния фундаментов в местах пересечения стен, в местах устройства осадочных швов и при наличии вблизи фундаментов складированных материалов;
- глубину развития зон пластических деформаций, не являющуюся функцией ширины подошвы фундамента, поэтому следует считать достаточно условным ограничение $z_{\max} = 0.25 \cdot b$ (b - ширина подошвы фундамента).

Кроме того, для зданий с подвалами указанная методика имеет следующие недостатки:

- горизонтальные и вертикальные напряжения от собственного веса грунта принимаются равными $s_x = s_z = g \cdot z$ (g - удельный вес грунта, z - допустимая глубина развития зон пластических деформаций), а касательные $t_{xz} = 0$. Указанные предпосылки справедливы только при горизонтальной поверхности грунта. При наличии подвала поверхность грунта будет в виде ломаного контура (контур котлована) с напряжениями $s_z \neq s_x$ и $t_{xz} \neq 0$;

- при глубине подвала $d_b > 2$ м. Нормы рекомендуют $d_b = 2$ м, что ведёт к завышению расчётного сопротивления грунта основания, а влияние боковой пригрузки от собственного веса грунта на величину расчётного сопротивления оснований будет зависеть от её соотношения с давлением по подошве фундаментов. Величина же пригрузки зависит не только от глубины котлована, но и от величины удельного веса грунта.

Довольно часто реальное напластование грунтов характеризуется наличием слабых подстилающих слоёв. В этом случае нормы СНиП 2.02.01-83 для возможности использования принципа линейной деформируемости грунта при расчёте оснований фундаментов по деформациям рекомендуют проводить проверку слабого слоя с соблюдением условия:

$$s_{zp} + s_{zg} \leq R_z,$$

где s_{zp} и s_{zg} - вертикальные напряжения на кровле слабого слоя грунта, соответственно, от внешней нагрузки и собственного веса грунта;

R_z - расчётное сопротивление слабого слоя грунта, вычисленное по формуле (7) СНиП 2.02.01-83 для условного фундамента шириной b_z .

Указанная методика вычисления R_z имеет следующие недостатки:

- фактически вычисляется расчётное сопротивление несущего (а не подстилающего) слоя грунта с использованием прочностных характеристик слабого слоя и увеличенной шириной подошвы ($b_z - b$);
- в расчёте используются коэффициенты M_g , M_g , M_c , полученные для несущего слоя;
- площадь условного фундамента b_z подбирается из условия, чтобы на кровле слабого слоя грунта сохранилось дополнительное напряжение s_{zp} , действующее от фундамента. Однако введение условия $b_z - b = \mathbf{1}_z - \mathbf{1}$ приводит к тому, что форма условного фундамента $\mathbf{1}_z / b_z$ отличается от формы $\mathbf{1} / b$ рассчитываемого фундамента.



Следовательно, напряжения от основного и условного фундамента ниже слабого слоя грунта будут различными;

- остаётся неопределённой глубина развития зон пластических деформаций в слабом слое грунта. При определённых условиях в слабом слое грунта может и не быть зон пластических деформаций при величине давления по подошве фундамента, определяемого расчётным сопротивлением несущего слоя. А при малой толщине слабого слоя грунта глубина развития зон пластических деформаций в нём будет меньше $z_{max} \leq 0.25 \cdot b$, так как она не должна превышать фактической толщины слабого слоя грунта.

Автором разработана общая методика вычисления расчётного сопротивления оснований различных грунтов фундаментов при различных схемах загрузки и подсчитаны коэффициенты M_g, M_g, M_c [1].

Алгоритм вычисления коэффициентов M_g, M_g, M_c следующий:

Для принятой расчётной схемы загрузки фундамента на заданной максимальной глубине развития зон пластических деформаций вычисляются компоненты нормальных и касательных напряжений от всех видов одновременного нагружения (центральное, внецентренное, горизонтальное).

При вычислении расчётного сопротивления оснований зданий с подвалами необходимо при вычислении напряжений от собственного веса грунта (пригрузка с наружных сторон котлована) использовать расчётные схемы в виде полубесконечных нагрузок [2]:

$$s_z = \frac{g \cdot 4}{p} \cdot \left(\frac{p}{2} \cdot \frac{x \cdot z}{x^2 + z^2} \cdot \mathbf{marctg} \frac{x}{z} \right);$$

$$s_x = \frac{g \cdot 4}{p} \cdot \left(\frac{p}{2} \pm \frac{x \cdot z}{x^2 + z^2} \cdot \mathbf{marctg} \frac{x}{z} \right); \quad (2)$$

$$t_{xz} = \pm \frac{g \cdot 4}{p} \cdot \frac{z^2}{x^2 + z^2}.$$

При учёте пригрузки слева берутся верхние знаки выражения (2), справа – нижние.

Вычисленные компоненты напряжений затем подставляются в условие предельного равновесия в зависимости от того, решается плоская или пространственная задачи.

При решении плоских задач:

$$\sin j = \frac{\sqrt{(s_z - s_x)^2 + 4 \cdot t_{xz}^2}}{s_z + s_x + 2 \cdot g \cdot (d + z) + 2 \cdot c \cdot \mathbf{ctgj}}, \quad (3)$$

где s_x, s_z, t_{xz} - компоненты напряжений; g -

удельный вес грунта; d - глубина заложения подошвы фундамента; z - глубина развития зон пластических деформаций; c, j - сцепление и угол внутреннего трения грунта.

При решении пространственных задач:

$$\sin j = \frac{S_1 - S_3}{S_1 + S_3 + 2 \cdot g \cdot (d + z) + z \cdot c \cdot \mathbf{ctgj}}, \quad (4)$$

где S_1, S_3 - максимальное и минимальное главные напряжения.

Решая уравнения (3), (4), находим координаты x_{max} в плоской задаче и x_{max}, y_{max} в пространственной задаче, то есть координаты максимума развития зоны пластической деформации при заданной глубине их развития.

Компоненты нормальных и касательных напряжений, вычисленные при x_{max} и y_{max} , далее используются для вычисления давления по подошве фундаментов через коэффициенты M_g, M_g, M_c .

По указанной методике вычислены коэффициенты M_g, M_g, M_c для всех типов фундаментов и схем загрузки, наиболее часто встречаемые в практике проектирования фундаментов [3].

Выполненный анализ указывает на возможность повышения расчётного сопротивления: для фундаментов прямоугольной формы, жёстких фундаментов, прерывистых фундаментов при обоснованном выборе формы блоков и расстояния между ними и во многих других случаях. Кроме того, анализ показал на ошибочность использования методики СНиП для назначения расчётного сопротивления оснований плитных фундаментов больших размеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пилягин А.В. Определение расчётного сопротивления грунтов оснований различных типов фундаментов при различных схемах загрузки. Деп. в ВИНТИ. № 1810-1398. МарГТУ. Йошкар-Ола, 1998. - 157 с.
2. Пилягин А.В., Иванов В.В. Оценка напряжённого состояния оснований зданий с подвалами от собственного веса грунта. // Сб. Строительные конструкции и механика твёрдого деформируемого тела, Йошкар-Ола, 1998.
3. Пилягин А.В. Основания и фундаменты зданий и сооружений. ТСН 50-301-99 РМЭ. Йошкар-Ола. 1999.
4. Пилягин А.В., Сорочан Е.А. К вопросу определения расчётного сопротивления грунтов основания ленточных сплошных и прерывистых фундаментов. // Сб. трудов. НИИОСП. 1984, вып. 90.