

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Методические указания к практическим занятиям

Составители: **С. А. Пьянков**
З. К. Азизов

Ульяновск
2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
1. Определение физико-механических характеристик и наименования грунтов.....	4
1.1. Определение физических свойств грунтов	4
1.2. Определение механических свойств грунтов.....	7
2. Определение глубины заложения фундамента.....	9
3. Определение размеров подошвы фундамента.....	10
4. Определение осадки фундамента методом послойного суммирования.....	15
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	23

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основной целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам на практических занятиях по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты».

Следует иметь в виду, что проектирование и устройство оснований и фундаментов является сложной комплексной задачей, решение которой требует рассмотрения многих факторов – анализа исходных данных по надфундаментной конструкции, инженерно-геологических условий строительной площадки, физических и механических характеристик слоёв грунта и т. д.

На практических занятиях студент должен закрепить теоретический материал, полученный на лекциях; научиться самостоятельно работать со СНиП, СП, справочной литературой, учебниками, ГОСТами и другим материалом.

Материал данных методических указаний найдет применение и при выполнении расчетной части курсового и дипломного проектов.

1. Определение физико-механических характеристик и наименования грунтов

Согласно заданию студент получает результаты лабораторных и полевых испытаний грунтов. По этим данным производится расчет и определение производных характеристик грунта, и дается оценка возможности использования каждого слоя грунта в качестве основания. Полученные результаты сводятся в таблицу согласно порядку залегания грунтов (прил. 9).

1.1. Определение физических свойств грунтов

Пример 1. Определить наименование песчаного грунта.

Дано: Гранулометрический состав фракций в пробе грунта (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Размер фракций, мм	Процентное содержание	Размер фракций, мм	Процентное содержание
> 2,0	5	0,10–0,05	10
2,0–0,50	20	0,05–0,005	4
0,50–0,25	32	< 0,005	1
0,25–0,10	28	–	–

Решение: Определение наименования песчаного грунта проводят в соответствии с табл. 4 [2, с. 18] или прил. 1. Для этого необходимо данные крупности частиц суммировать слева направо и сравнивать их каждый раз после очередного добавления сумм с соответствующими величинами процентного содержания частиц определенной крупности: 2; 0,5; 0,25; 0,1 мм.

В нашем примере частиц крупнее 2 мм – 5 %, а в соответствии с прил. 1 для песка гравелистого необходимо больше 25 %, значит песок не гравелистый.

Определяем суммарное количество частиц крупнее 0,5 мм:

$$5 + 20 = 25\% .$$

В соответствии с прил. 1 суммарное количество частиц крупнее 0,5 мм необходимо больше 50 %, а $25 < 50$, значит песок не крупный.

Суммарное количество частиц крупнее 0,25 мм:

$$5 + 20 + 32 = 57\% .$$

В соответствии с прил. 1 вес частиц крупнее 0,25 мм в нашем примере $57\% > 50\%$, то данный грунт по гранулометрическому составу относится к пескам средней крупности.

Пример 2. Определить коэффициент пористости и плотности песчаного грунта.

Дано: Песок средней крупности, удельный вес частиц грунта $\gamma_s = 26,6 \text{ кН/м}^3$; влажность грунта $W = 0,26$; удельный вес грунта $\gamma = 19,8 \text{ кН/м}^3$.

Решение: Коэффициент пористости грунта определяется по формуле

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma} \cdot (1 + W) - 1 = \frac{26,6}{19,8} \cdot (1 + 0,26) - 1 = 0,693 .$$

В соответствии с прил. 2 данный грунт – песок средней крупности, средней плотности т. к. $0,55 \leq e = 0,693 \leq 0,7$.

Пример 3. Определить степень влажности песчаного грунта.

Дано: Удельный вес частиц грунта $\gamma_s = 26,6 \text{ кН/м}^3$; влажность $W = 26\%$; коэффициент пористости $e = 0,69$; удельный вес воды $\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$.

Решение: Степень влажности S_r определяется по формуле

$$S_r = W \cdot \gamma_s / e \cdot \gamma_w = 0,26 \cdot 26,6 / 0,693 \cdot 10 = 0,998 .$$

В соответствии с прил. 3 данный песчаный грунт – насыщенный водой, т. к. $0,8 < S_r = 0,998 \leq 1$.

Пример 4. Определить вид и консистенцию глинистого грунта.

Дано: Естественная влажность $W = 0,23$; влажность на границе текучести $W_L = 0,28$; влажность на границе раскатывания $W_P = 0,18$.

Решение: Вид глинистого грунта определяется по числу пластичности по формуле

$$I_p = W_L - W_P = 0,28 - 0,18 = 0,10 .$$

Данный глинистый грунт в соответствии с прил. 4 является суглинком, так как $0,07 < I_p = 0,10 \leq 0,17$.

Консистенцию глинистого грунта определяем по показателю текучести I_L по формуле

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} = \frac{0,23 - 0,18}{0,28 - 0,18} = 0,50.$$

Данный суглинистый грунт в соответствии с прил. 5 является тугопластичным, т. к. $0,25 < I_L = 0,50 \leq 0,50$. Полное наименование глинистого грунта – суглинок тугопластичный.

Пример 5. Определить коэффициент пористости и степень влажности глинистого грунта.

Дано: Суглинок тугопластичный, удельный вес частиц грунта $\gamma_s = 26,8$ кН/м³; удельный вес грунта $\gamma = 20,0$ кН/м³, влажность грунта $W = 0,24$; удельный вес воды $\gamma_w = 10$ кН/м³.

Решение: Коэффициент пористости грунта определяется по формуле

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma} \cdot (1 + W) - 1 = \frac{26,8}{20,0} \cdot (1 + 0,24) - 1 = 0,662.$$

Данный грунт непросадочный, т. к. $0,8 \leq S_r = 0,96$.

$$S_r = (W \cdot \gamma_s) / (e \cdot \gamma_w) = (0,24 \cdot 26,8) / (0,668 \cdot 10,0) = 0,96.$$

Пример 6. Определить показатель просадочности I_{SS} грунта.

Дано: Степень влажности $S_r \leq 0,8$, коэффициент пористости природного сложения и влажности $e = 0,662$; число пластичности $I_p = 8$.

Коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести W_L и определяемый по формуле $e_L = (W_L \cdot \gamma_s) / \gamma_w$, при $\gamma_s = 26,8$ кН/м³, $\gamma_w = 10$ кН/м³ и $W_L = 0,28$ равен $e_L = 0,28 \cdot 26,8 / 10 = 0,75$.

Решение. Показатель просадочности определяется по формуле

$$I_{SS} = (e_L - e) / (1 + e) = (0,75 - 0,66) / (1 + 0,66) = 0,05.$$

В соответствии с прил. 6 данный грунт относится к просадочным, т. к. $0,05 < 0,1$ при $I_p = 8 < 10$.

Пример 7. Определить удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды.

Дано: Коэффициент пористости грунта $e = 0,68$; удельный вес воды $\gamma_w = 10$ кН/м³; удельный вес грунта $\gamma_s = 26,5$ кН/м³.

Решение. Удельный вес грунта, находящегося ниже уровня подземных вод (УПВ), во взвешенном состоянии определяется по формуле

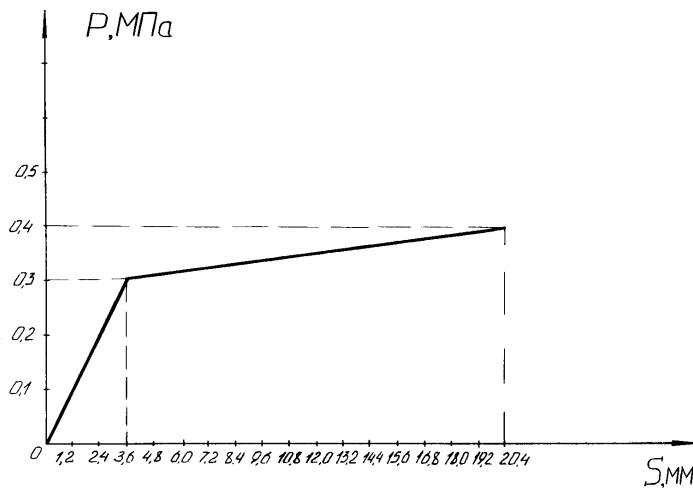
$$\gamma_{взв} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{26,5 - 10}{1 + 0,68} = 9,8 \text{ кН/м}^3.$$

1.2. Определение механических свойств грунтов

Пример 8. Определить модуль общей деформации E_0 по данным полевых испытаний методом пробной нагрузки.

Дано: Результаты испытания грунта пробной нагрузкой на табл. 1.2. и графике осадки штампа на рисунке 1.1. Грунт супесь. Глубина испытания 4 м.

Таблица 1.2



P, МПа	S, мм
0,00	0,00
0,05	0,60
0,10	1,20
0,15	1,80
0,20	2,40
0,30	3,60
0,40	20,00
0,50	50,00

Рис. 1.1. Зависимость осадки штампа от давления

Решение. Общий модуль деформации определяют по формуле

$$E_0 = W \cdot d \cdot (1 - \nu_0^2) \cdot \Delta p / \Delta s,$$

где W – коэффициент, принимаемый для круглых жестких штампов равным 0,8; d – диаметр штампа, принимаемый при испытании до глубины 5 м, равным 798 мм и 277 мм при глубине испытаний более 5 м; ν_0 – коэффициент общей относительной поперечной деформации грунта. Из таблицы прил. 7 для супеси $\nu_0 = 0,3$; Δp – приращение давления на штамп; Δs – приращение осадки штампа. Модуль деформации следует определять в интервале давлений 0,1÷0,2 МПа, тогда $\Delta p = 0,2 - 0,1 = 0,1$ МПа, $\Delta s = 2,4 - 1,2 = 1,2$ мм = 0,0012 м.

$E_0 = 0,8 \cdot 0,798 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot (0,1 / 0,0012) = 48,41$ МПа. Коэффициент относительной сжимаемости

$$m_v = \frac{\beta}{E_0} = \frac{0,74}{48,41} = 0,0153 \text{ МПа}^{-1}.$$

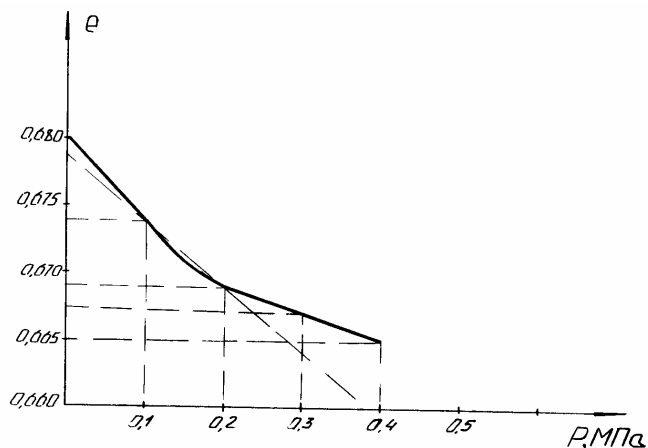
Данный грунт средней сжимаемости, т. к. $0,005 \leq m_v = 0,0153 < 0,05$.

Из таблицы прил. 7 $\beta = 0,74$.

Пример 9. Определить модуль общей деформации по результатам компрессионных испытаний.

Дано: Результаты компрессионных испытаний в табл. 1.3 и график компрессионной кривой на рис. 1.2. Грунт – глина.

Таблица 1.3



P, МПа	e
0,00	0,680
0,05	0,675
0,10	0,672
0,15	0,670
0,20	0,669
0,30	0,668
0,40	0,667
0,50	0,666

Рис. 1.2. Компрессионная кривая

Решение. Общий модуль деформации по компрессионным испытаниям определяют по формуле $E_0 = \beta \cdot m_k / m_v$, где $\beta = 0,43$; $m_k = 6$ – безразмерные коэффициенты, принимаемые из таблиц прил. 7 и 8; m_v – коэффициент относительной сжимаемости определяем по формуле $m_v = m_0 / (1 + e)$, где m_0 – коэффициент сжимаемости, определяемый по формуле

$$m_0 = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1}.$$

где e_1 , e_2 и P_2 , P_1 – соответственно, коэффициенты пористости и давления в пределах давлений $P = 0,1 \div 0,2$ МПа.

$$e_1 = 0,672; P_1 = 0,10 \text{ МПа}; e_2 = 0,669; P_2 = 0,02 \text{ МПа}.$$

$$m_0 = (0,672 - 0,669) / (0,2 - 0,1) = 0,03 \text{ МПа}^{-1};$$

$$m_v = 0,03 / (1 + 0,672) = 0,02 \text{ МПа}^{-1}.$$

$$E_0 = 0,43 \cdot 6 / 0,02 = 129 \text{ МПа}. \text{ Данный грунт средней сжимаемости.}$$

Пример 10. Определить по СНиП 2.02.01–83 – прочностные и деформативные характеристики пылевато-глинистого грунта.

Дано: Грунт делювиального происхождения, число пластичности грунта $I_p = 0,10$, показатель текучести $I_L = 0,20$, коэффициент пористости $e = 0,45$.

Решение. По заданному числу пластичности $I_p = 0,10$ устанавливаем по прил. 4, что данный грунт относится к суглинкам.

По исходным данным: $I_L = 0,20$ и коэффициенту пористости $e = 0,45$ из табл. 2 прил. 1 [6] находим нормативное значение угла внутреннего трения $\varphi_n = 26$ град. и удельного сцепления грунта $C_n = 0,47$ МПа.

По табл. 3 прил. 1 [6] находим нормативное значение модуля деформации E_H .

При $I_L = 0,20$, $e = 0,45$, грунт – суглинок.

$$E_H = 34 \text{ МПа}.$$

Пример 11. Определить расчетное сопротивление R_0 грунта основания.

Дано: Число пластичности $I_p = 0,12$, показатель текучести $I_L = 0$, коэффициент пористости $e = 0,7$.

Решение. Данный грунт – суглинок, т. к. $I_p = 0,12 < 0,17$.

Расчетное сопротивление R_0 на данный грунт определим по прил. 11.

При $e = 0,7$; $I_L = 0$ для суглинка значение $R_0 = 250$ кПа.

При промежуточных значениях e , I_L расчетное сопротивление R_0 грунтов находим по интерполяции.

2. Определение глубины заложения фундамента

Глубину заложения фундаментов необходимо определять в соответствии с указаниями [2].

Пример 12. Определить минимально необходимую глубину заложения подошвы фундамента под наружную стену.

Дано: Место строительства – г. Ульяновск. Грунт – суглинок, $I_L = 0,31$, ширина фундамента 1,5 м, толщина стены 51 см.

Уровень подземных вод находится на глубине 4,5 м от поверхности земли, температура воздуха в помещении 20 °С. Пол на лагах по грунту.

Решение. Руководствуясь картой глубин промерзания [5], находим нормативную глубину промерзания $d_{fn} = 1,6$ м.

Вылет наружного ребра фундамента от внешней грани стены:

$d_f = (1,5 - 0,51)/2 = 0,495 < 0,5$ м. По табл. 1 [6] для здания с полами на лагах по грунту и $d_f < 0,5$ м принимаем $k_h = 0,6$ – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта определяется по формуле

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} = 0,6 \cdot 1,6 = 0,96 \approx 1,0 \text{ м.}$$

Расстояние от расчетной глубины промерзания до уровня подземных вод не менее 2 м должно быть

$$d_f + 2 \text{ м} = 1,0 + 2 = 3,0 \text{ м.}$$

Для нашего примера $d_w = 4,5 \text{ м} > d_f + 2 \text{ м} = 3,0 \text{ м}$.

В соответствии с табл. 2 [6] для суглинка с показателем текучести $I_L > 0,25$ и $d_w > d_f + 2$ глубина заложения подошвы фундамента должна быть не менее d_f , т. е. 1,0 м.

Пример 13. Определить глубину заложения подошвы фундамента под наружную колонну сечением 40 × 40 см. 7-этажного промышленного здания.

Дано. Место строительства – г. Казань. Здание без подвала, размер стакана под колонну 0,78 × 0,78 м, размер фундамента 2,7 × 2,4 м, среднесуточная температура внутри помещения 20 °С, грунт – суглинок, $I_L = 0,12$, уровень подземных вод 3,5 м.

Решение. В той же последовательности, как и в примере 12, определяем:

$$d_{fn} = 1,65 \text{ м};$$

$$d_f = (2,7 - 0,78)/2 = 0,96 > 0,5 \text{ м.}$$

$k_h = 0,65$ находим по интерполяции, расчетная глубина промерзания

$$d_f = 0,65 \cdot 1,65 = 1,07 \approx 1,1 \text{ м.},$$

$$d_w = 3,5 > d_f + 2 \text{ м} = 1,1 + 2 = 3,1 \text{ м.}$$

При $I_L = 0,12 < 0,25$ и $d_w > d_f + 2$ м глубина заложения подошвы фундамента должна быть не менее $0,5d_f$, т. е.

$$d_f = 1,1 \cdot 0,5 = 0,55 \approx 0,6 \text{ м.}$$

Из инженерно-геологических условий глубина заложения подошвы фундамента должна быть минимальной и в данном случае равна 0,6 м.

Из конструктивных особенностей здания глубина заложения фундамента будет (рис. 2.1):

$$d_f = h_n + h_c + h_3 + h_g = 0,20 + 0,4 + 0,05 + 0,3 = 0,95 \text{ м.}$$

Окончательно принимаем глубину заложения подошвы фундамента 0,95 м.

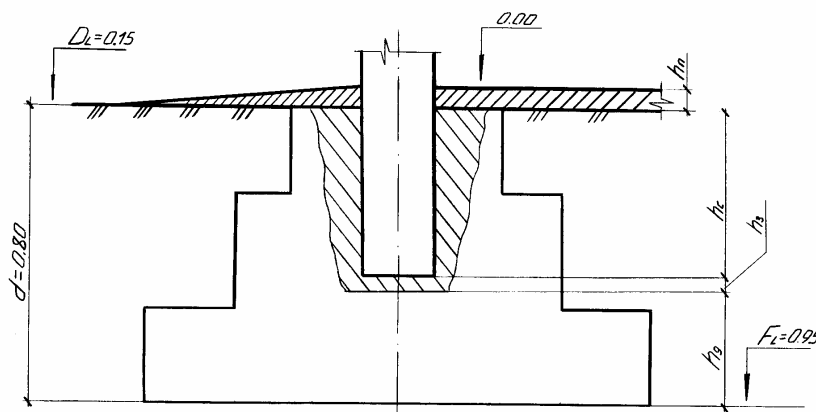


Рис. 2.1. Конструктивные особенности фундамента

3. Определение размеров подошвы фундамента

Пример 14. Определить ширину подошвы сборного ленточного фундамента мелкого заложения для жилого дома.

Дано: Расчетная нагрузка, приходящаяся на 1 м длины фундамента $N_{OII} = 195$ кН/м.

Основание фундамента – супесь с характеристиками: $\varphi = 20^\circ$, $C = 3$ кПа. Удельный вес бетона $\gamma_{бет} = 23$ кН/м³. Условно-расчетное сопротивление $R_0 = 220$ кПа. Среднее значение удельного веса фундамента и грунта на его уступах $\gamma_{cp} = 20$ кН/м³. Глубина заложения фундамента $d = 2,2$ м.

Решение. Определяем ориентировочную ширину подошвы фундамента $b = N_{OII}/(R_0 - \gamma_{cp} \cdot d) = 195/(220 - 20 \cdot 2,2) = 1,11$ м.; принимаем $b = 1,2$ м.

Определяем фактическое расчетное сопротивление грунта основания по формуле 7 СНиПа 2.02.01–83 [6], при отсутствии подвала $d_b = 0$.

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot [M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_g \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II}],$$

где $\gamma_{c1} = 1,1$; $\gamma_{c2} = 1,0$; $k = 1,0$, табл. 3 СНиП 2.02.01–83 [6]

$M_{\gamma} = 0,51$; $M_c = 5,66$; $M_g = 3,06$; $k_z = 1$ по табл. 4 [6] при $\varphi = 20^{\circ}$.

$$R = (1,1 \cdot 1,0 / 1,0) \cdot [0,51 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 18,0 + 3,06 \cdot 2,2 \cdot 18,0 + 5,66 \cdot 3] = 1,1 \cdot (11,02 + 121,2 + 16,98) = 164,12 \text{ кПа.}$$

При этом значении R найдем $b = 195 / (164 - 2,2 \cdot 2,0) = 1,63 \text{ м.}$

Ширина ближайших типовых блоков по ГОСТу 1,6 и 2,0 м. Примем $b = 1,6 \text{ м}$, тогда окончательно

$$R = (1,1 \cdot 1,0 / 1,0) \cdot [0,51 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 18,0 + 3,06 \cdot 2,2 \cdot 18,0 + 5,66 \cdot 3] = 1,1 \cdot (14,69 + 121,2 + 16,98) = 167 \text{ кПа.}$$

Исходя из условия $P_{II} \leq R$, конструируем фундамент (рис. 3.1),

где P_{II} – среднее давление по подошве фундамента в кПа;

$$P_{II} = (N_{oII} + N_{фII} + N_{грII}) / b \cdot \ell;$$

N_{oII} – расчетная нагрузка, действующая на обрест фундамента в кН;

$N_{фII}$ – расчетная нагрузка от веса фундамента в кН;

$N_{грII}$ – то же, от веса грунта, пола и других устройств над уступами фундамента в кН;

b, ℓ – соответственно, ширина и длина подошвы фундамента в м., в случае ленточного фундамента $\ell = 1 \text{ м.}$

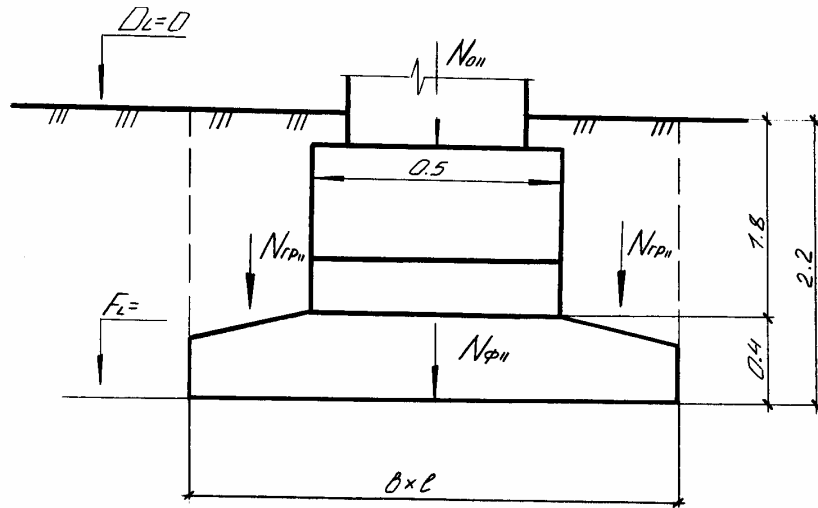


Рис. 3.1. Конструирование фундамента

$$N_{грII} = \gamma_f (\ell \cdot b \cdot d - V_{\phi}) \cdot \gamma,$$

где γ_f – коэффициент надежности по нагрузке, принимаем равным 1; ℓ, b – принятые размеры подошвы фундамента в м;

γ – удельный вес грунта обратной засыпки в кН/м³.

$$N_{грII} = [1,6 \cdot 2,2 \cdot 1 - (1,6 \cdot 0,4 + 1,8 \cdot 0,5)] \cdot 1 \cdot 18 = 35,64 \text{ кН.}$$

$$N_{фII} = V_{ф} \cdot \gamma_{бет} = 1,54 \cdot 23 = 35,42 \text{ кН.}$$

$$P_{II} = (195 + 35,42 + 35,64) / (1 \cdot 1,6) = 166,3 \text{ кПа.}$$

$P_{II} \leq R$ $166,3 < 167$. Условие удовлетворяется. Недонапряжение в основании составляет $0,5 \% < (5-7 \%)$.

Пример 15. Подобрать фундамент под центрально нагруженную колонну.

Дано: Вертикальная нагрузка $N_{oII} = 1550$ кН; глубина заложения фундамента $d = 2,2$ м.; подвала нет ($dv = 0$); грунтовые условия такие же, что и в примере 14.

Решение. Ориентировочная площадь подошвы квадратного фундамента $A = N_{oII} / (R_0 - \gamma_{cp} \cdot d) = 1550 / (220 - 20 \cdot 2,2) = 8,8 \text{ м}^2$.

$$b = \sqrt{A} = \sqrt{8,8} \approx 3$$

фактическое расчетное сопротивление грунта основания по формуле

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot [M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_g \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II}].$$

При $\gamma_{c1} = 1,1$; $\gamma_{c2} = 1,0$; $k = 1,0$; $M_{\gamma} = 0,51$; $M_c = 5,66$; $M_g = 3,06$ по табл. 4 [6] для грунта основания с углом внутреннего трения $\varphi = 20^\circ$.

$$R = (1,1 \cdot 1,0 / 1,0) \cdot [0,51 \cdot 1,3 \cdot 0,18,0 + 3,06 \cdot 2,2 \cdot 18,0 + 5,66 \cdot 3] = 1,1 \cdot (27,54 + 121,20 + 16,98) = 182,2 \text{ кПа.}$$

При этом значении R найдем

$$A = 1550 / (182,2 - 20 \cdot 2,2) = 11,2 \text{ м}^2.$$

$$b = \sqrt{A} = \sqrt{12,7} = 3,35 \approx 3,5 \text{ м.}$$

При $b = \ell = 3,5$ м.

$$R = 1,1 \cdot (0,51 \cdot 1,3 \cdot 3,5 \cdot 18,0 + 121,2 + 18,98) = 187,4 \text{ кПа.}$$

Исходя из условия $P_{II} < R$, конструируем фундамент

$$P_{II} = (N_{oII} + N_{фII} + N_{грII}) / b \cdot \ell$$

(обозначения см. пример 14).

$$N_{грII} = [3,5 \cdot 3,5 \cdot 2,2 - (3,5 \cdot 3,5 \cdot 0,4 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,8)] \cdot 1 \cdot 18 = 344,7 \text{ кН.}$$

$$N_{фII} = V_{ф} \cdot \gamma_{бет} = 7,8 \cdot 23 = 179,4 \text{ кПа.}$$

$$P_{II} = (1550 + 179,4 + 344,7) / (3,5 \cdot 3,5) = 169,3 \text{ кПа.}$$

$$P_{II} \leq R \quad 169,3 < 187,4.$$

Условие выполнено. Недонапряжение в основании составляет $9,6 \% < 10 \%$.

Пример 16. Произвести проверку слабого подстилающего слоя по п. 2.48 [6].

Дано: На глубине $z = 2,1$ м от подошвы фундамента и ниже залегает текучепластичный суглинок со следующими характеристиками: $\varphi = 12$ град, $C = 11$ кПа, $\gamma_{слII} = 17,3$ кН/м³;

найденные экспериментально: $N_{oII} = 1550$ кН; $d = 2,2$ м;

$$\gamma_{II} = \gamma'_{II} = 18,0 \text{ кН/м}^3; P_{II} = 169,3 \text{ кПа}; b = \ell = 3,5 \text{ м.}$$

Решение. Находим дополнительное вертикальное напряжение от собственного веса грунта на кровлю слабого грунта:

$$\sigma_{zg} = \sum_1^n \gamma_i \cdot h_i = 18,0 \cdot 2,2 + 18,0 \cdot 2,1 = 77,4 \text{ кПа}.$$

То же от нагрузки на фундамент:

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot (P_{II} - \gamma_{II} \cdot d_n).$$

Для квадратной подошвы фундамента $\eta = \ell/b = 3,5/3,5 = 1$ при $\xi = 2 \cdot z/b = 2 \cdot 2,1/3,5 = 1,2$

по таблице прил. 10 найдем $\alpha = 0,606$.

$$\sigma_{zp} = 0,606 \cdot (169,3 - 18,0 \cdot 2,2) = 78,6 \text{ кПа}.$$

На кровлю слабого слоя приходится давление

$$\sigma_{zII} = 77,4 + 78,6 = 156 \text{ кПа}.$$

Площадь подошвы условного фундамента $A_z = N_{OII} / \sigma_{zp}$

$$A_z = 1550/78,6 = 19,72 \text{ м}^2; b_y = \ell_y = \sqrt{19,72} = 4,4 \text{ м}.$$

Расчет сопротивления слабого грунта для условного фундамента

$$R_z = \frac{\gamma_c}{k} \cdot [M_\gamma \cdot k_z \cdot b_z \cdot \gamma_{II} + M_g \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II}],$$

где γ_c – коэффициент условий работы, $\gamma_c = 1$.

$$d_1 = d + z = 2,2 + 2,1 = 4,3 \text{ м}.$$

Остальные значения приняты по табл. 4 [6] при $\varphi = 11$ град и при $k_z = 1$;
 $M_\gamma = 0,21$; $M_g = 1,83$; $M_c = 4,29$.

$$R_z = 1/1 \cdot (0,21 \cdot 1 \cdot 4,3 \cdot 17,5 + 1,83 \cdot 4,3 \cdot 18 + 4,29 \cdot 11) = 204,6 \text{ кПа}.$$

Условие $\sigma_{zII} < R_z$ удовлетворено. $156 < 204,6$.

Пример 17. Определить размеры подошвы внецентренно нагруженного фундамента.

Дано. Вертикальная нагрузка $N_{OII} = 1550$ кН и момент 450 кН·м.

Глубина заложения фундамента $d = 2,2$ м.

Подвала нет, $d_v = 0$. Угол внутреннего трения грунта $\varphi = 20^\circ$; $C = 13$ кПа.

Решение. Определяем ориентировочно размеры подошвы фундамента как для центрально нагруженного $A_\phi = 8,8 \text{ м}^2$ (см. пример 15). Так как на фундамент еще действует момент, увеличиваем A_ϕ на 20 %. $A_\phi = 10,5 \text{ м}^2$. При соотношении $b/\ell = 0,6$ получим

$$b = \sqrt{(10,5 \cdot 0,6)} = 2,51 \text{ м}; \ell = 2,51/0,6 = 4,1 \text{ м}.$$

Назначаем размеры подошвы фундамента $b \cdot \ell = 2,5 \cdot 4 \text{ м}^2$. Эксцентриситет, создаваемый моментом:

$$e = M_{OII} / N_{OII} = 450 / 1550 = 0,29 \text{ м}.$$

$$\text{Значение } 0,033b = 0,033 \cdot 4,0 = 0,132 \text{ м}.$$

Условие $e = 0,29 \text{ м} > 0,033b = 0,132$ показывает, что данный фундамент необходимо рассчитать как внецентренно сжатый.

Определяем расчетное сопротивление основания для $b = 2,5$ м по формуле 7 [6].

При $\gamma_{c1} = 1,1$; $\gamma_{c2} = 1,0$; $k = 1,0$; $M_\gamma = 0,51$; $M_g = 3,06$; $M_c = 5,66$ по табл. 4 [6] для грунта основания с углом внутреннего трения $\varphi = 20$ град.

$$R = (1,1 \cdot 1/1) \cdot [0,51 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 18,0 + 3,06 \cdot 2,2 \cdot 18,0 + 5,66 \cdot 13] = 264,75 \text{ кПа.}$$

Максимальное краевое давление под подошвой фундамента не должно превышать $1,2 \cdot R$, т. е. 317,7 кПа.

Согласно п. 2.49 СНиПа 02.02.01–83 [6] произведем проверку условий: $P \leq R$; $P_{\max} \leq 1,2 R$; $P_{\min} \geq 0$.

Найдем давление под подошвой фундамента по формуле

$$P_{II} = N_{OII} / (b \cdot \ell) + \gamma_{II} \cdot d = 1550 / (2,5 \cdot 4,0) + 22 \cdot 2,2 = 203,4 \text{ кПа} < 264,75 \text{ кПа.}$$

Нагрузка в плоскости подошвы

$$N_{II} = 1550 + 2,5 \cdot 4,0 \cdot 22 \cdot 2,2 = 2034 \text{ кН.}$$

$$\text{Эксцентриситет } e = 450 / 2034 = 0,22 \text{ см.}$$

Найдем максимальное и минимальное краевые давления под подошвой фундамента при внецентренном загрузении по формулам:

$$P_{\max/\min} = \frac{N_{II}}{A_0} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{\ell} \right).$$

$$P_{\max II} = 2034/10 \cdot (1 + 6 \cdot 0,22/4,0) = 270,5 \text{ кПа;}$$

$$P_{\min II} = 2034/10 \cdot (1 - 6 \cdot 0,22/4,0) = 136,3 \text{ кПа.}$$

Проверяем выполнение условий

$$P_{\max} = 270,5 < 1,2 \cdot R = 317,7 \text{ кПа; } P_{\min} = 136,3 > 0;$$

$$P = 2034 / 10 = 203,4 < R = 264,75 \text{ кПа.}$$

Условия выполняются.

Пример 18. Определение размеров подошвы фундамента при наличии подвала.

Дано. Грунт основания суглинок с характеристиками:

$$\varphi = 20^\circ; C_{II} = 13 \text{ кПа; } \gamma = 18 \text{ кН/м}^3; R_0 = 250 \text{ кПа.}$$

$$\text{Первый слой грунта: } h_1 = 1,2 \text{ м; } \gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3.$$

$$\text{Второй слой грунта: } h_2 = 2,2 \text{ м; } \gamma_2 = 19 \text{ кН/м}^3.$$

Нагрузка в плоскости обреза фундамента на 1 м длины стены 240 кН/м.

Эксцентриситет нагрузки в плоскости надподвального перекрытия $e = 0$.

Высота подпорной стенки с учетом фиктивного слоя

$$L = d + h_{пр} = 3,4 + 0,6 = 4,0 \text{ м.}$$

Среднее значение угла сдвига обратной засыпки $\varphi = 30^\circ$ (рис. 3.2).

Решение. Средневзвешенный удельный вес грунта в пределах глубины заложения составляет:

$$\gamma_2 = (18 \cdot 1,2 + 19 \cdot 2,2) / (1,2 + 2,2) = 18,65 \text{ кН/м}^3.$$

Определяем ориентировочную ширину подошвы как для центрально нагруженного фундамента по формуле

$b = N_{OII} / (R_0 - \gamma_{cp} \cdot d) = 240 / (250 - 18,65 \cdot 3,4) = 1,22 \text{ м.}$ Принимаем ближайшее значение для сборных блоков по [3].

$b = 1,4 \text{ м,}$ при $\gamma_{c1} = 1,1$; $\gamma_{c2} = 1,0$; $k = 1,0$; $M_\gamma = 0,51$; $M_g = 3,06$; $M_c = 5,66$.
Определяем расчетное сопротивление грунта по формуле 7 [6].

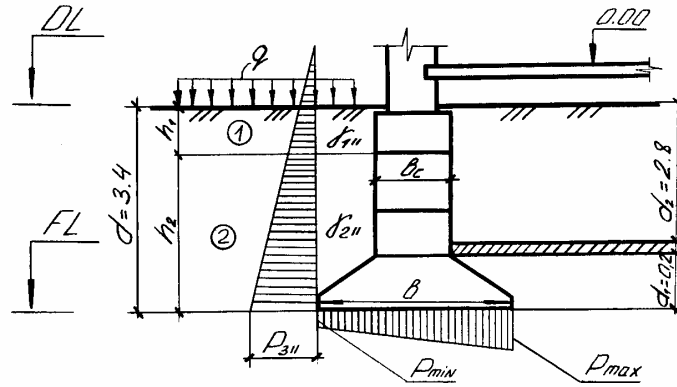


Рис. 3.2. Расчетная схема фундамента

$$R = (1,1 \cdot 1/1) \cdot [0,51 \cdot 1 \cdot 1,4 + 18 + 3,06 \cdot 0,6 \cdot 1,9 + (3,06 - 1) \cdot 2,8 \cdot 1,9 + 5,66 \cdot 1,3] = 235,3 \text{ кПа.}$$

Давление на подпорную стенку у подошвы фундамента

$$P_{3II} = \gamma'_{II} \cdot L \cdot \text{tg}^2 \cdot (45 - \varphi/2) = 18,65 \cdot 4 \cdot \text{tg}^2 \cdot (45 - 30/2) = 24,83 \text{ кПа.}$$

Усилия, действующие в плоскости подошвы фундамента:

$$\text{от фундамента: } N_{фII} = (0,5 \cdot 2,8 + 0,6 \cdot 1,4) \cdot 1,23 = 51,52 \text{ кН;}$$

$$\text{от веса грунта на уступах фундамента: } N_{грII} = (d - d_1) \cdot \gamma'_{II} \cdot 1 \cdot (b - b_c)/2 = (3,4 - 0,6) \cdot 18,5 \cdot 1 \cdot (1,4 - 0,5)/2 = 33,6 \text{ кН.}$$

Момент в плоскости подошвы

$$M_{AII} = \frac{P_3 \cdot \ell^2}{15} \cdot \frac{N_{0II} \cdot \ell_0}{2} - N_{грII} \cdot \ell_1 = \frac{24,83 \cdot 4^2}{15} - \frac{240 \cdot 0}{2} - 33,6 \cdot 0,47 = 10,69$$

кН·м;

$$N_{II} = N_{0II} + N_{фII} + N_{грII} = 240 + 51,52 + 33,6 = 325,12 \text{ кН;}$$

$$e = 10,69/325,12 = 0,0329 \text{ м;}$$

$$P_{\max/\min} = \frac{N_{II}}{A_{\Phi}} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{b} \right).$$

$$P_{\max} = 325/1,4 \cdot (1 + 6 \cdot 0,033/1,4) = 264,6 \text{ кПа;}$$

$$P_{\min II} = 199,6 \text{ кПа} > 0;$$

$$P_{\max II} = 264,6 < 1,2 \cdot R = 1,2 \cdot 235,3 = 282,4 < R = 325,12$$

$$P_{ср II} = 325,12/1,4 \cdot 1 = 232 < 235,3 \text{ кПа.}$$

Все условия удовлетворены.

4. Определение осадки фундамента методом послойного суммирования

Пример 19. Определить осадку фундамента.

Дано. Размеры подошвы фундамента $b \cdot \ell = 3 \cdot 4$ м. Глубина заложения от природного рельефа 1,4 м. Основание фундамента сложено на супеси $h_1 = 2,18$ м; $E_0 = 4,84$ МПа; $\gamma_{III} = 18$ кН/м³.

Подстилаемый слой – песок средней крупности $h_2 = 3,98$ м; $\gamma_{2II} = 17,7$ кН/м³; $E_0 = 48,41$ МПа. Уровень подземных вод на глубине 4,50 м от рельефа. Среднее давление под подошвой фундамента $P_{cp} = 0,128$ МПа.

Вертикальное напряжение на глубине заложения фундамента $\sigma_{zg} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 = 0,018 \cdot 0,4 + 0,02 \cdot 1,0 = 0,0272$ МПа.

Решение. Последовательность расчета осадки методом послойного суммирования приведена в [2, 3].

Определяем напряжение от собственного веса грунта (природного или бытового) по формуле

$$\sigma_{zg} = \sum_1^n \gamma_i \cdot h_i,$$

где n – число слоев грунта в пределах глубины z ; γ_i – удельный вес грунта i -го слоя, кН/м³; h_i – толщина или мощность этого слоя, м.

1. На поверхности земли $\sigma_{zg} = 0$; $0,2 \sigma_{zg} = 0$.

2. На контакте 1 и 2 слоя $\sigma_{zg1} = 0,018 \cdot 0,4 = 0,0072$ МПа.

3. На контакте 2 и 3 слоя $0,2 \sigma_{zg1} = 0,00144$ МПа.

$\sigma_{zg2} = 0,0072 + 0,02 \cdot 2,18 = 0,0508$ МПа; $0,2 \sigma_{zg2} = 0,01016$ МПа.

4. На уровне грунтовых вод

$\sigma_{zg3} = 0,0508 + 0,0198 \cdot 1,77 = 0,0858$ МПа; $0,2 \cdot \sigma_{zg3} = 0,01717$ МПа.

5. По подошве 3 слоя с учетом взвешивающего действия воды

$\sigma_{zg4} = 0,0858 + \frac{0,0198 - 0,01}{1 + 0,693} \cdot 2,21 = 0,0986$ МПа. $0,2 \cdot \sigma_{zg4} = 0,01972$ МПа.

По полученным значениям строим эпюры (рис. 4.1).

Определяем дополнительное давление от нагрузок

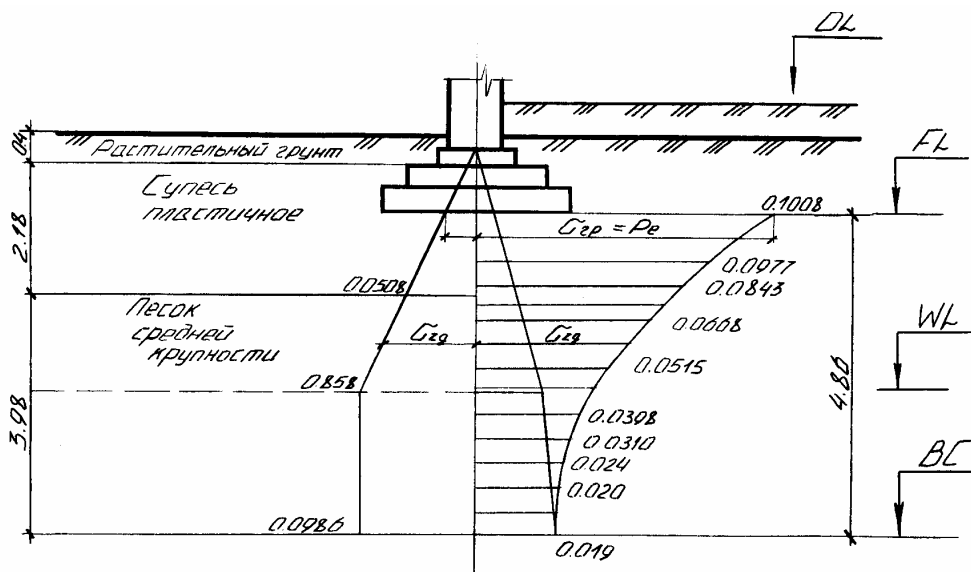


Рис. 4.1. Эпюры дополнительных напряжений

$P_0 = P_{cp} - \sigma_{zg0} = 0,128 - 0,0272 = 0,1008$ МПа; соотношение $\eta = \ell/b = 4/3,0 = 1,3$

зададимся соотношением $\xi = 0,4$, тогда высота элементарного слоя грунта $z_i = (\xi \cdot b)/2 = 0,4 \cdot 3/2 = 0,6$ м.

Нижняя граница сжимаемой толщи соответствует $H = 4,86$ м при $\sigma_{zp} < 0,2\sigma_{zgi}$ $0,0196 = 0,0196$. Результаты сводим в табл. 4.1.

Осадку фундамента определяем по формуле [6]

$$S = \beta \cdot \sum_1^n \frac{\sigma_{zpi} + \sigma_{zp(i+1)}}{2} \cdot \frac{h_{oi}}{E_{oi}} = \frac{0,8}{4,84} \cdot \left(\frac{0,1 + 0,0977}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,0977 + 0,0847}{2} \cdot 0,58 \right) +$$

$$+ \frac{0,8}{48,41} \cdot \left(\frac{0,0847 + 0,0843}{2} \cdot 0,02 + \frac{0,0843 + 0,0668}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,0668 + 0,0515}{2} \cdot 0,6 + \right.$$

$$\left. + \frac{0,0515 + 0,0398}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,0398 + 0,031}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,031 + 0,0247}{2} \cdot 0,6 + \right.$$

$$\left. + \frac{0,0247 + 0,02}{2} \cdot 0,6 + \frac{0,02 + 0,0196}{2} \cdot 0,06 \right) =$$

$$= 0,0213 \text{ м} = 2,13 \text{ см.}$$

Таблица 4.1

Грунт	Глубина от поверхности	Мощность слоя, м	E, МПа	Z, м	$\xi=2z/b$	α	$\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0$
растительный	0,4	0,4	—	—	—	—	—
супесь в пластичном состоянии	2,58	2,18	4,84	0,00	0,000	1,000	0,1008
				0,60	0,400	0,969	0,0977
песок средней крупности	4,35	1,77	48,41	1,18	0,787	0,840	0,0847
				1,20	0,800	0,836	0,0843
				1,80	1,200	0,663	0,0668
				2,40	1,600	0,540	0,0515
песок средней плотности, насыщенный водой	6,56	2,21	48,41	2,95	1,967	0,405	0,0408
				3,00	2,000	0,395	0,0398
				3,60	2,400	0,308	0,0310
				4,20	2,800	0,245	0,0247
				4,80	3,200	0,198	0,0200
5,16	3,440	0,176	0,0178				

$$S_u = 8 \text{ см} > S = 2,13 \text{ см,}$$

S_u – предельно допустимая осадка по прил. 4 [6].

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Виды песчаных грунтов по гранулометрическому составу

Вид грунта	Размер частиц, мм крупнее	Содержание в массе сухого грунта, %
Песок: гравелистый	> 2	> 25
крупный	> 0,5	> 50
средней крупности	> 0,25	> 50
мелкий	> 0,1	≥ 75
пылеватый	> 0,1	< 75

Приложение 2

Вид песчаных грунтов по плотности при коэффициенте пористости

Песок	Степень плотности песка		
	плотный	средней плотности	рыхлый
Гравелистый, крупный, средней крупности	< 0,55	0,55...0,70	> 0,70
Мелкий	< 0,60	0,60...0,75	> 0,75
Пылеватый	< 0,60	0,60...0,8	> 0,80

Приложение 3

Разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов по степени влажности

Грунт	Степень влажности
Маловлажные	$0 < S_r \leq 0,5$
Влажные	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенные водой	$0,8 < S_r \leq 1$

Приложение 4

Типы глинистых грунтов по числу пластичности

Наименование типов	Число пластичности
Супесь	$0,01 \leq I_p \leq 0,07$
Суглинок	$0,07 < I_p \leq 0,17$
Глина	$I_p > 0,17$

Приложение 5

Разновидности глинистых грунтов по показателю текучести

Наименование грунтов	Консистенция
Супеси:	
твердые	$I_L < 0$
пластичные	$0 \leq I_L \leq 1$
текучие	$I_L > 1$
Суглинки и глины:	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,5$
мягкопластичные	$0,5 < I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1$
текучие	$I_L > 1$

Приложение 6

Значения показателей просадочности

Число пластичности I_p	$1 \leq I_p < 10$	$10 \leq I_p < 14$	$14 \leq I_p < 22$
Показатель I_{ss}	0,10	0,17	0,24

Приложение 7

Значение v_0 и β для различных грунтов

Грунт	v_0	β	Грунт	v_0	β
Крупнообломочные	0,27	0,80	Суглинки	0,35	0,62
Пески и супеси	0,30	0,74	Глины	0,41	0,43

Приложение 8

Значения коэффициентов m_k для различных грунтов

Вид грунта	Значения коэффициентов m_k при коэффициенте пористости e , равном						
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	4	4	3,5	3	2	—	—
Суглинки	4	4	4,5	4	3	2,5	2
Глины	—	—	6	6	5,5	5	4,5

Сводная таблица характеристик грунтов (пример)

№ инж. геол. элем.	Глубина подошвы слоя от поверхности земли	Наименование грунта	Физические							Механические								
			основные			дополнительные		производные		индексационные				деформационные		прочностные		
			γ_s , кН/м ³	γ_{II} кН/м ³	W %	W _L %	W _P %	γ_d , кН/м ³	e, –	I _p , %	I _L , %	S _r , –	I _{ss}	m _v , МПа ⁻¹	E _a МПа	φ _{II} , град	C _{II} кПа	R _o , кПа
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
1	0,2	Растительный слой	–	13,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	3,1	Суглинок полутвердый	27,1	18,4	25	31	18	15,7	0,71	13	11	0,75	–	–	19,0	17	50	240
3	6,7	Супесь пластичная, средней сжимаемости	26,8	19,0	15	19	12	16,5	0,662	7	43	0,6	0,09	0,05	14,5	26	6	236
4	8,3	Глина полутвердая, средней сжимаемости	27,4	20,0	27	41	23	15,7	0,74	18	22	1,0	–	0,07	6,15	22	5	380

Значение коэффициента α

$\zeta = 2z / b$	Коэффициент α для фундаментов							
	круглых	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l / b$, равным						ленточных ($\eta \geq 10$)
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230	0,258
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085	0,132
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079	0,126
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074	0,122
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

Расчетные сопротивления R_0 крупнообломочных грунтов

Крупнообломочные грунты	Значения R_0 , МПа
Галечниковые (щебенистые) с заполнителем: песчаным;	600
глинистым при показателе текучести: $I_L \leq 0,5$	450
$0,5 < I_L \leq 0,75$	400
Гравийные (дресвяные) с заполнителем: песчаным;	500
глинистым при показателе текучести: $I_L \leq 0,5$	400
$0,5 < I_L \leq 0,75$	350

Расчетные сопротивления R_0 песков

Пески	Значения R_0 , кПа, в зависимости от плотности сложения песков	
	плотные	средней плотности
Крупные	600	500
Средней крупности	500	400
Мелкие:		
маловлажные	400	300
влажные и насыщенные водой	300	200
Пылеватые:		
маловлажные	300	250
влажные	200	150
насыщенные водой	150	100

Расчетные сопротивления R_0 глинистых (непросадочных) грунтов

Глинистые грунты	Коэффициент пористости e	Значения R_0 , кПа, при показателе текучести грунта	
		$I_L = 0$	$I_L = 1$
Супеси	0,5	300	200
	0,7	250	150
Суглинки	0,5	350	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глины	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Далматов Б. И. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений: учебное пособие для вузов / Б. И. Далматов. – М.: Высшая школа, 2002.
2. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01–83). – М.: Стройиздат, 1986.
3. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под. общ. ред. Е. А. Сорочана, Ю. Г. Трофименко. – М. : Стройиздат, 1985.
4. СНиП 2.01.07–85. Нагрузки и воздействия. – М.: Стройиздат, 1986.
5. СНиП 2.01.01–82. Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат, 1983.
6. СНиП 2.02.01–83. Основания зданий и сооружений. – М: Стройиздат, 1985.
7. СП50-101–2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: ГП ЦПП, 2005.
8. Малышев М. В. Механика грунтов. Основания и фундаменты / М. В. Малышев, Г. Г. Болдырев. – М.: АСВ, 2001.

Учебное издание

МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Методические указания к практическим занятиям

Составители: **ПЬЯНКОВ** Сергей Анатольевич

АЗИЗОВ Загид Керимович

Редактор О. С. Бычкова

Подписано в печать 16.06.2008. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 1,14. Тираж 100 экз.

Ульяновский государственный технический университет

432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32

Типография УлГТУ. 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32