

Задача. 1. Определить осадки слоя грунта, заключенного между водопроницаемыми прослойками, при действии сплошного равномерно распределенного давления, возрастающего в течение первого года по закону прямой от нуля до P (кПа) и далее остающейся постоянной. Дано: мощность слоя грунта $2h$ (м); коэффициент пористости e_1 , коэффициент сжимаемости $m_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ (кПа); коэффициент фильтрации $k = 0,35$ см/год $= 35 \cdot 10^{-4}$ м/год. Требуется построить кривую протекания осадок грунта во времени с учетом переменной нагрузки на грунт.

Исходные данные

$$P = 550 \quad \text{кПа}$$

$$h = \frac{16}{2} = 8 \quad \text{м}$$

$$e_1 = 0.7$$

$$m_0 = 2.6 \cdot 10^{-4} \quad \text{кПа}$$

$$k = 39 \cdot 10^{-4} \quad \frac{\text{м}}{\text{год}} \quad t' = 1 \quad \text{год}$$

$$\gamma_w = 9810 \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$$

Решение: Вычисляем вспомогательные показатели

$$\alpha = \frac{P}{t'} = 550 \quad \frac{\text{Па}}{\text{год}}$$

$$c_v = \frac{k(1+e_1)}{m_0 \cdot 9810} = \frac{39 \cdot 10^{-4} \cdot (1+0.7)}{2.6 \cdot 10^{-4} \cdot 9810} = 0.0026$$

$$m_v = \frac{m_0}{1+e_1} = \frac{2.6 \cdot 10^{-4}}{1+0.7} = 0.000153$$

$$M = \frac{\pi^2 \cdot c_v}{4h^2} = \frac{\pi^2 \cdot 0.0026}{4 \cdot 8^2} = 1.002 \cdot 10^{-4}$$

Эпюру давления на грунтовое основание (рис. 1) рассматривают как суммарное действие давлений (меняющихся по линейному закону) возрастающего от 0 до t и убывающего от t до t' . Для любого времени $t < t'$ осадка слоя грунта при двусторонней фильтрации поровой воды (вверх и вниз) будет определяться уравнением

$$s(t) = \frac{2 \cdot m_v \cdot \alpha \cdot h^3}{c_v \cdot \hat{e} \cdot h^2} \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot e^{-M \cdot \hat{e} \cdot t^2}$$

При $t > t'$ следует к интенсивности нагрузки, меняющейся по закону $p = \alpha t$, прибавить действие такой же нагрузки, но меняющейся по закону $p = \alpha(t - t')$. Тогда:

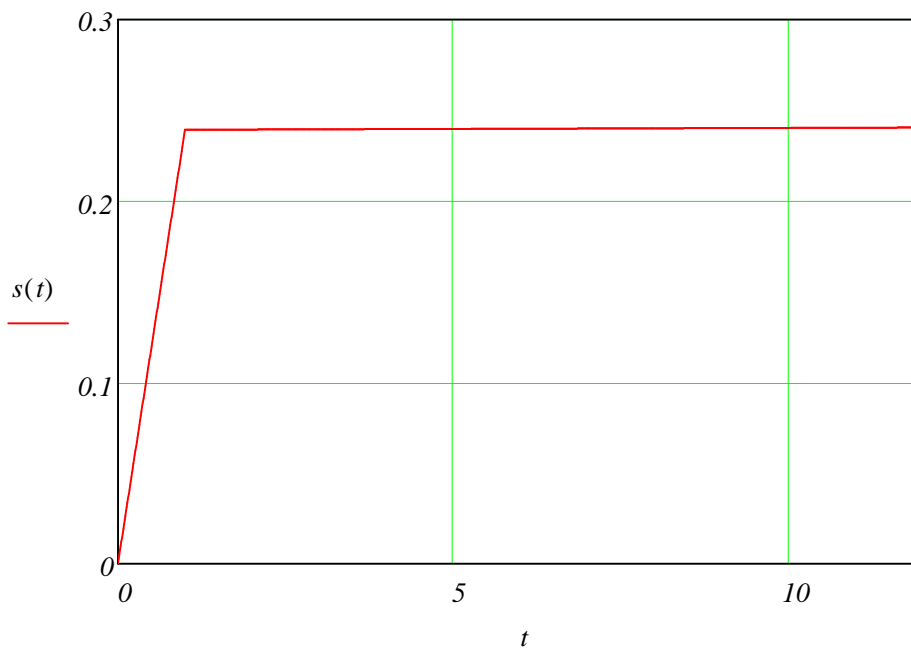
$$s'(t) = \frac{2 \cdot m_v \cdot \alpha \cdot h^3}{c_v \cdot \hat{e} \cdot h^2} \cdot \frac{1}{3} \cdot e^{-M \cdot \hat{e} \cdot t^2} + \frac{1}{3} \cdot e^{-M \cdot \hat{e} \cdot (t-t')^2}$$

Определим осадки грунта в различные промежутки времени, например при $t=0.4$ года, 1 год, 2 года, 5 лет.

Осадка в стабилизированном состоянии при сплошной нагрузке:

$$s'' = 2\lambda \mu m_v \times P = 2 \times 8 \times 0.000153 \times 550 = 1.346 \quad \text{см}$$

На основании данных строится график протекания осадок во времени



тогда $s(0.4) = 0.096$

$$s(1) = 0.2391$$

$$s(2) = 0.239$$

$$s(5) = 0.24$$

Задача 2

Определить полную стабилизированную осадку фундамента с площадью подошвы $b \times l$ при давлении на грунт p , если коэффициент относительной сжимаемости грунта m_v , кПа и коэффициент относительной боковой деформации ν

$$b = 4 \quad \text{м}$$

$$l = 8 \quad \text{м}$$

$$p = 450 \times 10^3$$

$$m_v = \frac{4 \times 10^{-5}}{10^3}$$

$$\nu = 0.4$$

Решение: По таблице 1 при $\eta = \frac{l}{b} = 2$ и при $\nu = 0.4$ определяем $A\omega_m = 2.34$

тогда мощность эквивалентного слоя грунта

$$h_э = A\omega_m \cdot b = 2.34 \cdot 4 = 9.36 \text{ м}$$

Стабилизационная осадка фундамента заданных размеров с учетом бокового расширения грунта и всей сжатой зоны грунта под фундаментом

$$s = h_э \cdot m_v \cdot p = 9.36 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-5}}{10^3} \cdot 450 \cdot 10^3 = 0.168 \text{ см}$$

Задача 3. Определить добавочную осадку существующего фундамента с площадью подошвы $b \times l$ при возведении рядом нового фундамента с площадью подошвы 5×5 м и нагрузкой на грунт p , если грунт характеризуется коэффициентами m_v ; ν .

$$b = 4.5$$

$$l = 5$$

$$p = 280 \cdot 10^3$$

$$m_v = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{10^3}$$

$$\nu = 0.4$$

Невозможно продолжить расчет. Недостаточно графической информации.

Задача 4.

$$b = 6 \text{ м}$$

$$l = 5 \text{ м}$$

$$p = 290 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$m_v = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{10^3} \text{ Па}^{-1}$$

$$\nu = 0.4$$

$$k = 0.11 \frac{\text{см}}{\text{год}}$$

Решение: коэффициент $\eta = \frac{l}{b} = 0.833$ и $\nu = 0.4$ определяем $A\omega_m = 1.41$

мощность эквивалентного слоя грунта

$$h_э = A\omega_m \cdot b = 1.41 \cdot 6 = 8.46 \text{ м}$$

Полная стабилизационная осадка будет

$$s = h_0 \cdot n_v \cdot p = 8.46 \times \frac{2 \times 10^{-5}}{10^3} \times 290 \times 10^3 = 0.0491 \text{ м}$$

Высота эквивалентной эпоры уплотняющих давлений по формуле

$$H = 2h$$

для определения осадок, соответствующих любому времени, предварительно вычисляем

$$c_v = \frac{k}{\gamma_w \cdot n_v} = \frac{0.11}{9810 \times \frac{2 \times 10^{-5}}{10^3}} = 560.7$$

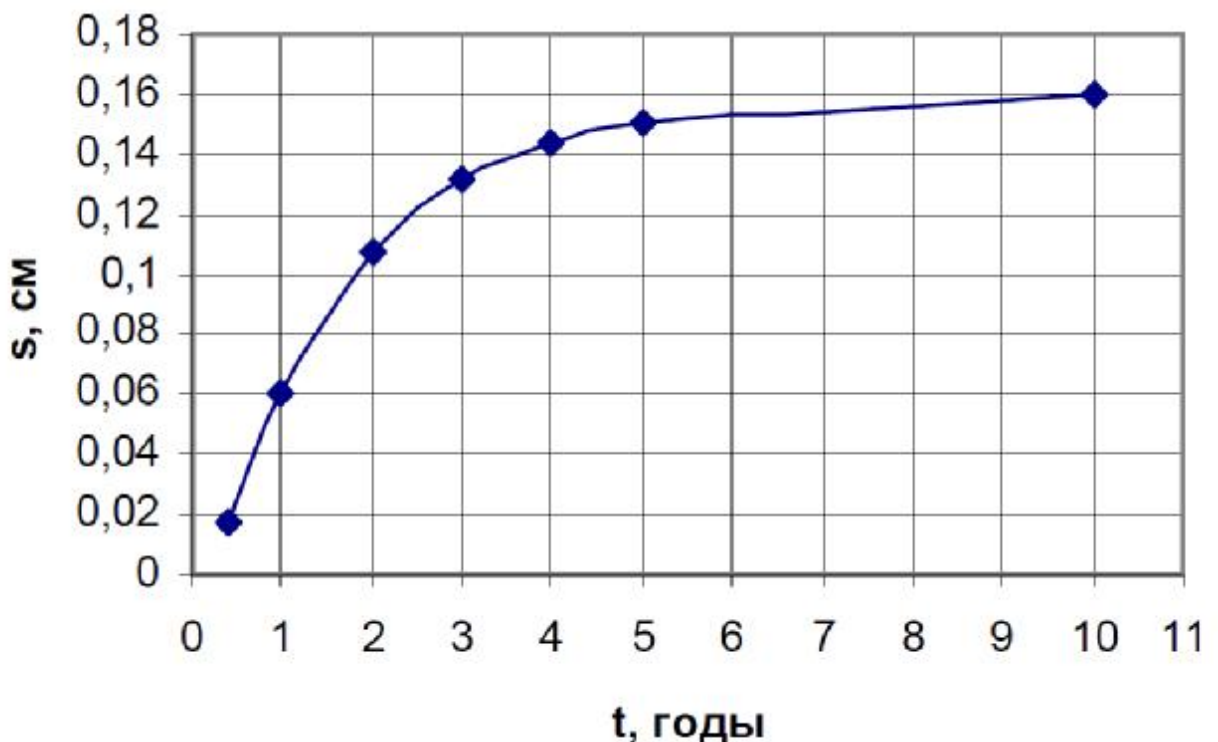
$$N = \frac{\pi^2 \cdot c_v}{4h_0} = \frac{\pi^2 \cdot 560.7}{4 \cdot 8.46} = 164.0$$

для первого года

$$s_t = h_0 \cdot n_v \cdot p \times \left[1 - \frac{16}{\pi^2} \times e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{c_v}{h_0^2} \cdot t} - \frac{2}{\pi} \times e^{-9N \frac{c_v}{h_0^2} \cdot t} + \frac{1}{9} \times e^{-\frac{9}{4} N \frac{c_v}{h_0^2} \cdot t} + \frac{2}{3\pi} \times e^{-9N \frac{c_v}{h_0^2} \cdot t} \right]$$

для последующих лет

$$s(t) = h_0 \cdot n_v \cdot p \times \left[1 - \frac{16}{\pi^2} \times e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{c_v}{h_0^2} \cdot t} - \frac{2}{\pi} \times e^{-9N \frac{c_v}{h_0^2} \cdot t} \right]$$



Задача 5.

Исходные данные

$$h_c = 6 \quad \text{м}$$

$$b_1 = 3 \quad \text{м}$$

$$l_1 = 3 \quad \text{м}$$

$$v = 0.4$$

Решение: Определяем коэффициент $\eta = \frac{l_1}{b_1} = 1$ и $\frac{h_c}{b_1} = 2$

получим $Aw_{mc} = 1.54$

тогда $A = \frac{(1-v)^2}{1-2\eta} = \frac{(1-0.4)^2}{1-2 \times 0.4} = 1.8 \quad \text{м}$

$$H = 2Aw_{mc} \times b = 2 \times 1.54 \times 6 = 36.96 \quad \text{м}$$

Задача 6

Определить полную стабилизированную осадку

фундамента, имеющего площадь подошвы 2×4 м, глубину заложения $d = 1,5$ м при внешнем давлении на грунт p и удельном весе природного грунта выше подошвы фундамента $\gamma = 18$ кН/м³, возводимого на трехслойной толще грунтов: 1-й слой супесь, толщина 1 м, коэффициент относительной сжимаемости $m_{v1} = 0,8 \times 10^{-4}$ кПа⁻¹, коэффициент фильтрации $k_1 = 1 \times 10^{-6}$ см/с = 30 см/год, коэффициент относительной боковой деформации $v_1 = 0,20$; 2-й слой суглинок, толщина 3 м, $m_{v2} = 1,2 \times 10^{-4}$ кПа⁻¹, $k_2 = 3 \times 10^{-8}$ см/с = 0,9 см/год, $v_2 = 0,30$; 3-й слой пластичная глина, толщина > 5 м, $m_{v3} = 1,5 \times 10^{-4}$ кПа⁻¹, $k_3 = 2 \times 10^{-9}$ см/с = 0,06 см/год и $v_3 = 0,35$.

при $p = 290 \quad \text{кПа}$

$$m_{v1} = 0,8 \times 10^{-4} \quad \text{кПа}^{-1}$$

$$k_1 = 30 \quad \frac{\text{см}}{\text{год}} \quad h_1 = 1$$

$$v_1 = 0.3$$

$$m_{v2} = 1,2 \times 10^{-4} \quad \text{кПа}^{-1}$$

$$k_2 = 0,9 \quad \frac{\text{см}}{\text{год}}$$

$$v_2 = 0.3 \quad h_2 = 3$$

$$m_{v3} = 1,5 \times 10^{-4} \quad \text{кПа}^{-1}$$

$$k_3 = 0.06 \frac{\text{см}}{\text{год}}$$

$$v_3 = 0.35$$

$$h_3 = 5$$

$$b_1 = 2$$

$$l_1 = 4$$

$$\gamma = 18 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$d = 1.5$$

Предварительно определяем толщину (мощность) активной зоны сжатия грунтов для рассматриваемого фундамента по формуле $H = 2h$. Задаемся средним значением коэффициента относительной боковой деформации грунтов. За неимением конкретных данных для рассматриваемого примера предварительно принимаем (в соответствии с аналогичными видами грунтов) $v = 0,30$. Тогда для рассматриваемого фундамента по табл. 1 при $\eta = l/b = 2$ находим $A_{\omega m} = 1,60$. Тогда мощность эквивалентного слоя $h_{\text{э}} = A_{\omega m} b = 3,2$ м.

Проверяем принятое значение V рассматриваемой активной зоны сжатия грунтов (до глубины 6,4 м) как средневзвешенную величину по формуле:

$$V_m = \frac{v_1 \times h_1 + v_2 \times h_2 + v_3 \times h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{0.3 + 0.3 \times 3 + 0.35 \times 5}{1 + 3 + 5} = 0.328$$

Для определения среднего приведенного коэффициента относительной сжимаемости m_{vm} определим расстояния от середины каждого слоя сжимаемой толщи грунтов до глубины $H = 2h_{\text{э}}$

$$A_{\omega m} = 1.6$$

$$h_{\text{э}} = A_{\omega m} \times b = 1.6 \times 6 = 9.6$$

$$H = 2h_{\text{э}} = 2 \times 9.6 = 19.2$$

$$z_1 = H - 0.5 = 18.7$$

$$z_2 = H - 1.5 = 17.7$$

$$z_3 = \frac{H - 4}{2} = 7.6$$

тогда имеем

$$m_{vm} = \frac{h_1 \times n_{v1} \times z_1 + h_2 \times n_{v2} \times z_2 + h_3 \times n_{v3} \times z_3}{2h_{\text{э}}^2} = \frac{0.8 \times 10^{-4} \times 18.7 + 3 \times 1.2 \times 10^{-4} \times 17.7 + 5 \times 1.5 \times 10^{-4} \times 7.6}{2 \times 9.6^2}$$

$$m_{vm} = 7.361 \cdot 10^{-5}$$

Стабилизированная осадка рассматриваемого фундамента на трехслойной толще грунтов от действия внешнего добавочного (сверх природного) давления $p_0 = p - \gamma d$ кПа будет:

$$s = h_3 \gamma_{vm} \rho$$

Определим изменение осадок толщи грунтов по инженерному методу эквивалентного слоя в различные промежутки времени от начала загрузки (например, через 1 год, 2 года, 6 лет и 10 лет).

Предварительно вычисляем:

$$k_m = \frac{H}{\frac{h_1}{k_1} + \frac{h_2}{k_2} + \frac{h_3}{k_3}} = \frac{19.2}{\frac{1}{30} + \frac{3}{0.9} + \frac{5}{0.06}} = 0.221$$

$$c_v = \frac{k_m}{\gamma_{vm}} = \frac{0.221}{18 \times 0.000073611} = 167.0$$

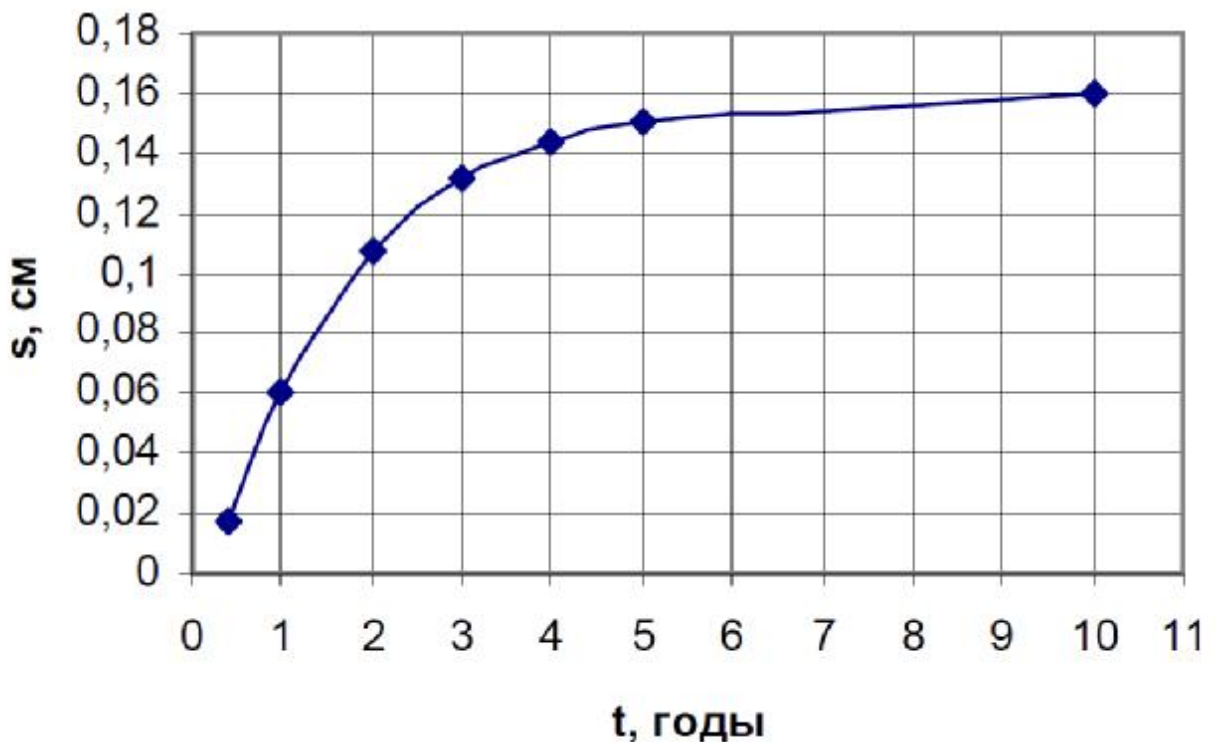
$$N = \frac{\pi^2 c_v}{4 h_3^2} = \frac{\pi^2 \times 167.0}{4 \times 9.6^2} = 4.47$$

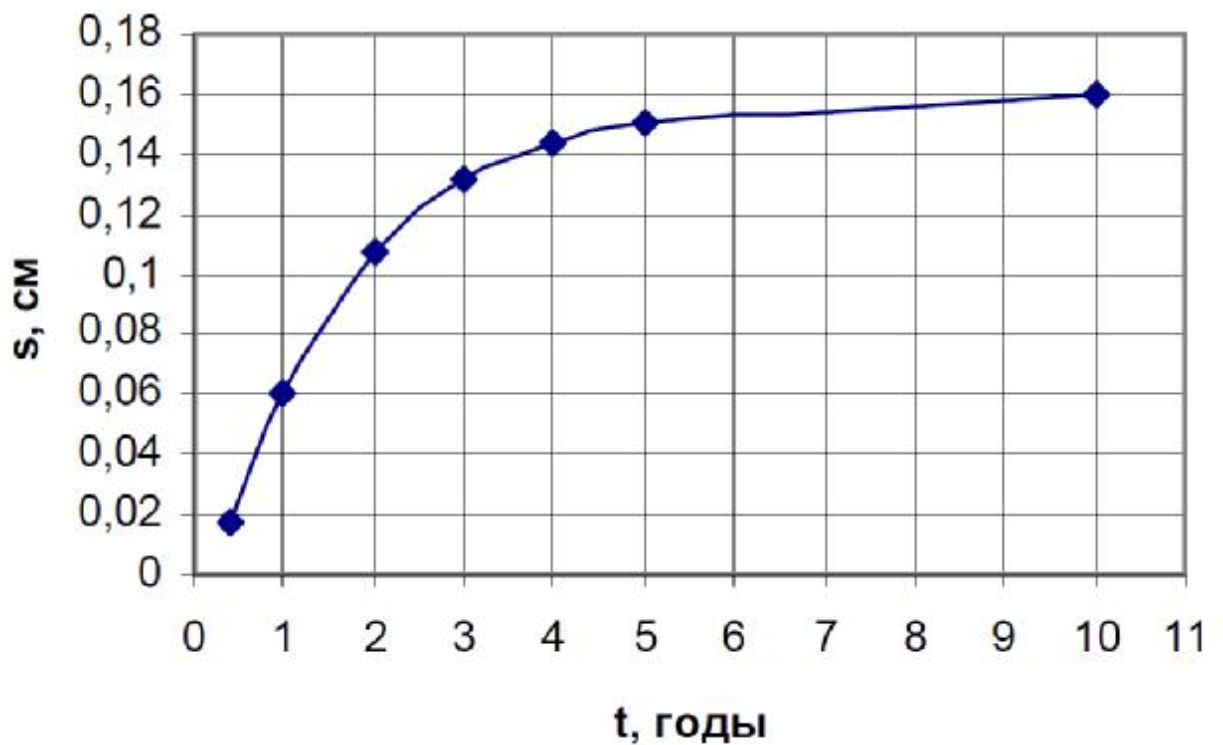
для первого года

$$s_t = h_3 \gamma_{vm} \rho \left[1 - \frac{16}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 c_v t}{4 h_3^2}} - \frac{2}{\pi} e^{-N t} + \frac{1}{9} e^{-\frac{2}{9} N t} + \frac{2}{3 \pi} e^{-\frac{4}{9} N t} - \dots \right]$$

для последующих лет

$$s(t) = h_3 \gamma_{vm} \rho \left[1 - \frac{16}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 c_v t}{4 h_3^2}} - \frac{2}{\pi} e^{-N t} + \frac{1}{9} e^{-\frac{2}{9} N t} + \frac{2}{3 \pi} e^{-\frac{4}{9} N t} - \dots \right]$$





Задача 7

Требуется определить по методу эквивалентного слоя грунта стабилизированную осадку группы из четырех свай (площадь сечения 35х35 см) с учетом глубины приложения нагрузки и изменения модуля деформации грунта в результате его уплотнения при забивке свай. Вертикальная нагрузка $N_p = 1600$ кН, глубина забивки свай 9,5 м, расстояние между сваями 1,05 м, Грунт полутвердый суглинок, характеризуемый следующими показателями: ν ; угол внутреннего трения $\varphi = 26^\circ$, модуль общей деформации по результатам пробного испытания свай статической нагрузкой $E' = 1 \cdot 10^5$ кПа; модуль общей деформации грунта по результатам лабораторных испытаний $E = 2,5 \cdot 10^4$ кПа; p_s

Исходные данные

$$p_s = 29 \text{ кПа}$$

$$\nu = 0.4$$

Общие данные

$$a = 0.35 \text{ м}$$

$$b = 0.35 \text{ м}$$

$$N_p = 1600 \text{ кН}$$

$$d = 9.5 \text{ м}$$

$$l = 1.05 \text{ м}$$

$$\varphi = 26^\circ$$

$$E' = 10^5 \text{ кПа}$$

$$E = 2.5 \times 10^4 \text{ кПа}$$

$$a = b = 4 \times d + \frac{2 \times \Delta g(\varphi)}{4}$$

Тогда дополнительное давление на уровне нижних концов свай по условной подошве с учетом веса свай и ростверка $p = 134$ кПа.

По Табл. 3 находим в зависимости от ν , $n = \frac{a}{b} = 1$ и $m = \frac{b}{l} = 0.333$.

Коэффициент эквивалентного слоя

$$A_1 = \frac{1 - \nu}{1 - \nu - 2\nu^2} = \frac{1 - 0.4}{1 - 0.4 - 2 \times 0.4^2} = 2.14 \quad \boxed{K_0 = 0.517}$$

$$\beta = \frac{1}{A_1} = \frac{1}{2.14} = 0.467$$

Мощность эквивалентного слоя

$$h_3 = A_1 \times K_0 \times b = 2.14 \times 0.517 \times 0.35 = 0.387$$

Мощность активной зоны

$$h_{1a} = \frac{2 \times h_3 \times (p - p_s)}{p} = \frac{2 \times 0.387 \times (134 - 29)}{134} = 0.606 \text{ м}$$

Значение модуля общей деформации

$$E_m = \frac{h_{1a}}{2 \times \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i \times \delta_i}{E_i}} \quad E_m = 10^5 \text{ кПа}$$

Конечная стабилизирующая осадка

$$s = \frac{h_{1a} \times \beta \times p}{2 \times E_m} = \frac{0.606 \times 0.467 \times 134}{2 \times 10^5} = 0.00019 \text{ м}$$