

**БУРОНАБИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ
ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**PILE FOUNDATIONS
FOR THE CONSTRUCTION
OF TEXTILE ENTERPRISE SHOPPING CENTERS**

*V.V. LEDENEV, CHU THI HOANG ANH
V.V. LEDENEV, CHU THI HOANG ANH*

(Тамбовский государственный технический университет)
(Tambov State Technical University)
Email: kzis@nnn.tstu.ru, chuhoanganh2607@yahoo.com

Приведены функции влияния для нормальных и касательных контактных напряжений, мгновенных центров вращения, перемещений фундаментов. Даны методы расчета буронабивных фундаментов по двум группам предельных состояний. Рассмотрен характер деформирования грунтового основания.

Results of influence function for normal and tangential contact stresses, instantaneous center of rotation, foundation displacement. Given the methods of calculation of pile foundations, based on two groups of limit states. Consider the character of the deformation of ground.

Ключевые слова: буронабивной фундамент, контактные напряжения, несущая способность, перемещения, предельные состояния.

Keywords: pile foundation, contact stress, bearing capacity, displacement, limited state.

Буронабивные фундаменты изготавливают в условиях строительной площадки. В пробуренные скважины, очищенные от разрыхленного грунта, опускают арматурные каркасы и заполняют методом вертикально поднимаемой трубы литым бетоном. Для защиты скважин от обрушения грунта используют обсадные трубы или тиксотропные растворы (метод "стена в грунте"). В прочных глинистых грунтах при длине фундаментов до 3 м обычно укладку бетона ведут без защиты стенок скважин от обрушения. Буронабивные фундаменты используют для восприятия нагрузок от нескольких тонн до нескольких тысяч тонн (буронабивные сваи). Эффективность их можно повысить устройством уширения и консолей.

На фундаменты в общем случае действует плоская система сил. Ее можно пред-

ставить действием внецентренной наклонной силы P с углом наклона к вертикали δ и эксцентриситетом e . Пусть глубина заложения фундамента h , диаметр $d = 2R$. Относительное заглубление $\lambda = h/d$; относительный эксцентриситет силы $e_0 = e/R$. Перемещения фундамента представим в виде вращения вокруг мгновенных осей с относительными координатами $\bar{x}_c = x_c/R = u/(iR)$; $\bar{z}_c = z_c/h = s/(ih)$.

Закономерности распределения нормальных и касательных контактных напряжений установили на основе анализа экспериментальных данных с тензомоделью $d = 40$ см, $h = 150$ см. Боковая поверхность состояла из восьми элементов, прикрепленных к стальному каркасу, а подошва – из одного элемента. С помощью протариро-

ванных трубок измеряли нормальные и касательные контактные напряжения.

Характер распределения контактных напряжений [3], [4]. Примем аппроксимирующую функцию для нормальных напряжений по боковой поверхности в виде:

$$\sigma_x(z) = az^2 + bz + c,$$

тогда

$$\sigma_x(z) = az^2 - (0,62a + 0,98)z + (-0,09a + 0,43), \quad (1)$$

$$\sigma_{x(z)\max} = -0,1861a + 0,1262 - 0,2401/a, \quad (2)$$

$$z_c = 0,31 + 0,48/a \pm \sqrt{D}/2a,$$

$$\tau_\alpha(z) = \sigma_x(\alpha) \sin \alpha = [az^2 - (0,62a + 0,98)z - 0,98a + 0,43] \sin \alpha \cos^{2k} \alpha, \quad (4)$$

где α – угол отклонения элементарной площадки от оси x (рис. 1 – эпюры контактных

где $a = -1,06P^{0,723}e_0^{0,71}$; $D = 0,7444a^2 - 0,5048a + 0,9604 \geq 0$ для всех a ; z – вертикальная ось с началом на уровне поверхности.

При линейном законе распределения нормальных напряжений по подошве:

$$\sigma_z(x) = \frac{F}{\pi R^2} \left(1 + \frac{4e_0}{R} \right). \quad (3)$$

Касательные напряжения по боковой поверхности при $z = \text{const}$ представим в виде:

напряжений).

Касательные напряжения по подошве:

$$\tau_{\Pi} = \frac{P \sin \delta - B [ah^3/3 - (0,62a + 0,98)h^2/2 + (-0,98a + 0,43)h]}{\pi R^2}, \quad (5)$$

где $a = -1,06P^{0,723}e_0^{0,71}$ и $B = \frac{(2k-1)(2k-3)(2k-5)x_3 \dots x_3}{2k(2k-2)(2k-4)x_2 \dots x_2} \pi$ ($k=1,2$).

Если трение по боковой поверхности $f = \text{const}$, то:

$$\iint \sigma_z(x) dA = (fP \cos \delta - P \sin \delta) / (f^2 - 1),$$

$$\iint \sigma_x(z) d\Pi = (fP \sin \delta - P \cos \delta) / (f^2 - 1),$$

где A, Π – площади поперечного сечения и боковой поверхности тела фундамента.

Нормальные напряжения по боковой поверхности:

$$\sigma_x(z) = az^2 - (0,62a + 0,98)z + (-0,09a + 0,43), \quad (6)$$

$$\text{где } a = \frac{\left[\frac{(fP \sin \delta - P \cos \delta)}{(f^2 - 1)B} + 0,49h^2 - 0,43h \right]}{(h^3/3 - 0,31h^2 - 0,98h)},$$

h – глубина заложения фундамента.

Нормальные напряжения по подошве:

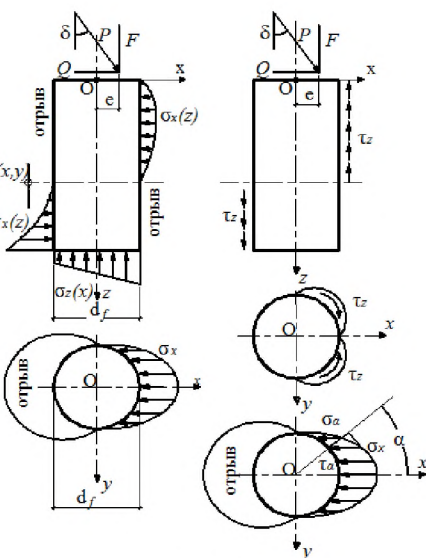


Рис. 1

$$\sigma_z(x) = \sigma_z(0) + \sigma_z(0) \frac{4e_0 x}{R} = \sigma_z(0) \left(1 + 4e_0 \frac{x}{R} \right) = (fP \cos \delta - P \sin \delta) \left(1 + 4e_0 \frac{x}{R} \right) / (f^2 - 1) \pi R^2. \quad (7)$$

С учетом трения по боковой поверхности и по подошве касательные напряжения по подошве:

$$\tau_{\pi} = f\sigma_z(x) = \frac{(fP\cos\delta - P\sin\delta)}{(f^2 - 1)\pi R^2} \left(1 + 4e_0 \frac{x}{R}\right). \quad (8)$$

Несущая способность буронабивных фундаментов по грунту основания при произвольном приложении наклонной силы [2].

Пусть силы P_1 и P_2 находятся в плоскости, проходящей через ось фундамента (рис. 2 – эпюры напряжений: а) – общий вид фундамента; б) – продольный разрез; в) – эпюра нормальных напряжений по контуру поперечного сечения для силы P_1 ; г) – плоскости действия сил).

Угол между плоскостями действия сил γ , точки приложения сил $O_1(e_1, \gamma_1, 0)$ и $O_2(e_2, \gamma_2, 0)$. Вводятся следующие допущения:

- нормальные напряжения по подошве фундамента принимаются распределенными по линейному закону;
- трение по боковой поверхности постоянно по глубине;
- закон распределения нормальных напряжений в горизонтальной плоскости является функцией $\cos\alpha$:

$$\sigma_x(\alpha) = \sigma_x(z)\cos^{2k}\alpha; \quad k = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$\sigma_{\alpha\gamma} = (a_1 z^2 - (0,62a_1 + 0,98)z - 0,98a_1 + 0,43)\cos^3\alpha + (a_2 z^2 - (0,62a_2 + 0,98)z - 0,98a_2 + 0,43)\cos^3(\alpha - \gamma), \quad (9)$$

$$\tau_{\alpha\gamma} = (a_1 z^2 - (0,62a_1 + 0,98)z - 0,98a_1 + 0,43)\sin\alpha\cos^2\alpha + (a_2 z^2 - (0,62a_2 + 0,98)z - 0,98a_2 + 0,43)\sin(\alpha - \gamma)\cos^2(\alpha - \gamma), \quad (10)$$

$$\tau_{z\gamma} = f[a_1 z^2 - (0,62a_1 + 0,98)z - 0,98a_1 + 0,43]\cos^2\alpha + f[a_2 z^2 - (0,62a_2 + 0,98)z - 0,98a_2 + 0,43]\cos^2(\alpha - \gamma), \quad (11)$$

$$\sigma_{z\gamma} = \frac{P_1(f\cos\delta_1 - \sin\delta_1)}{(f^2 - 1)\pi R^2}(1 + 4e_1\cos\alpha) + \frac{P_2(f\cos\delta_2 - \sin\delta_2)}{(f^2 - 1)\pi R^2}(1 + 4e_2\cos(\alpha - \gamma)), \quad (12)$$

$$\tau_{\pi\gamma} = f\frac{P_1(f\cos\delta_1 - \sin\delta_1)}{(f^2 - 1)\pi R^2}(1 + 4e_1\cos\alpha) + f\frac{P_2(f\cos\delta_2 - \sin\delta_2)}{(f^2 - 1)\pi R^2}(1 + 4e_2\cos(\alpha - \gamma)), \quad (13)$$

где $a_i = \left[\frac{-2P_i}{(f^2 - 1)} + 0,49h(h - 0,88) \right] / 0,33h(h^2 - 0,94h - 2,97)$.

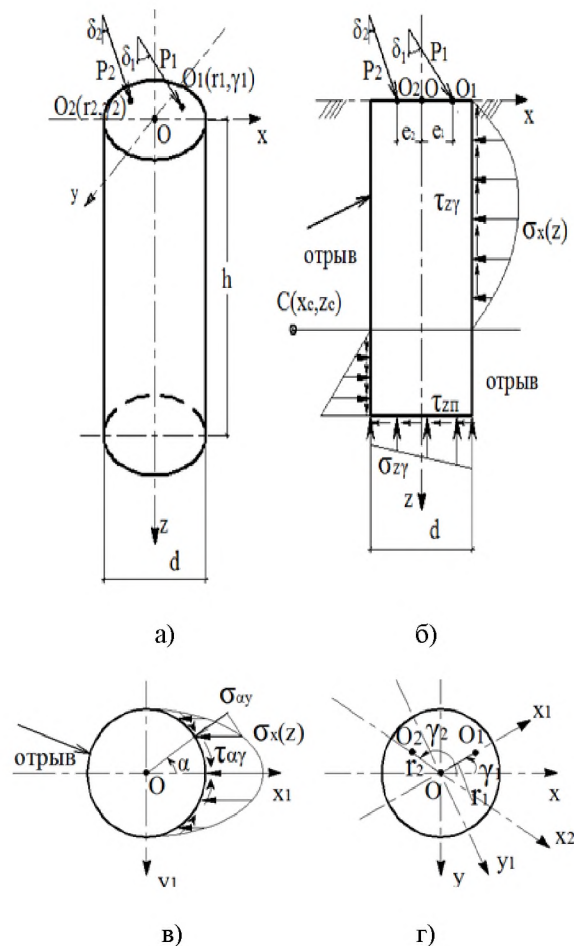


Рис. 2

Напряжения в каждой точке равны сумме от действия каждой силы, то есть

Если сила P_1 не находится ни в одной из плоскостей, проходящих через ось фундамента, то

$$P = P_1(\delta, e),$$

$$P' = 2P \sin \delta \sin(\gamma/2);$$

$$M = P' e \cos(\gamma/2) = 2P \sin \delta \sin(\gamma/2) e \cos(\gamma/2).$$

В [4] приведены формулы для определения $\sigma_a, \tau_a, \sigma_z, \tau_z, \tau_{II}$. Несущую способность фундамента определяем из условия:

$$\sigma_{\alpha, \max} \leq R_u; \sigma_{z, \max} \leq R_h, \quad (14)$$

где R_u – расчетное горизонтальное сопротивление грунта; $R_u = \xi R_h, \xi < 1$; R_h – расчетное вертикальное сопротивление грунта под подошвой по СП 22.13330.2011.

Расчет буронабивных фундаментов с учетом взаимного влияния близко расположенных фундаментов приведен в [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Леденев В.В., Тью Тхи Хоанг Ань. Взаимное влияние близко расположенных фундаментов // Вопросы современной науки и практики. – Тамбов: Университет им. В.И. Вернадского. – 2016, № 2(60). С.61...68.

2. Леденев В.В., Тью Тхи Хоанг Ань. Несущая способность буронабивных фундаментов при произвольном приложении наклонной силы // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2010, № 1(17). С.46...52.

3. Леденев В.В., Тью Тхи Хоанг Ань. Расчет несущей способности буронабивных фундаментов // Вестник ТГТУ. – 2007. Том 13, №3. С.802...807.

4. Леденев В.В., Тью Тхи Хоанг Ань. Расчет буронабивных фундаментов. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2015.

REFERENCES

1. Ledenev V.V., T'ju Thi Hoang An'. Vзаимное влияние близко расположенных фундаментов // Вопросы современной науки и практики. – Тамбов: Университет им. В.И. Вернадского. – 2016, № 2(60). С.61...68.

2. Ledenev V.V., T'ju Thi Hoang An'. Nesushhaja sposobnost' buronabivnyh fundamentov pri proizvol'nom prilozhenii naklonnoj sily // Nauchnyj vestnik VGASU. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2010, № 1(17). S.46...52.

3. Ledenev V.V., T'ju Thi Hoang An'. Raschet nesushhej sposobnosti buronabivnyh fundamentov // Vestnik TGTU. – 2007. Tom 13, №3. S.802...807.

4. Ledenev V.V., T'ju Thi Hoang An'. Raschet buronabivnyh fundamentov. Tambov: Izd-vo TGTU, 2015.

Рекомендована кафедрой конструкций зданий и сооружений. Поступила 01.06.16.