

DOI: 10.12737/article_590878fac6b715.36064577

Черныш А.С., канд. техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАБИВНОЙ СВАИ ПО ПРОЧНОСТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ГРУНТА

gkadastr@mail.ru

Оценка несущей способности свай – актуальная задача современного фундаментостроения. Полевые методы оценки несущей способности свай являются дорогостоящей и не всегда выполнимой задачей. Существующая методика расчета несущей способности свай предполагает использование показателя консистенции I_L для определения сил сопротивления со стороны грунта. При одинаковых показателях консистенции грунты могут иметь различные показатели прочности. В статье рассматривается возможность использования прочностных характеристик грунта для более точной оценки несущей способности свай. Особенно актуально решение для буронабивных свай.

Ключевые слова: свая, буронабивная свая с уширением, удельное сцепление, коэффициент внутреннего трения, сопротивление грунта.

Сопротивление грунта по боковой поверхности ствола буровой сваи f формируется за счет горизонтальных радиальных напряжения P , возникающих вокруг ствола при изготовлении свай, и дополнительных напряжений P' , появляющихся при её загрузке. Это сопротивление для каждого слоя грунта, прорезаемого свайей, может быть вычислено, с учетом его линейной зависимости от давления (вплоть до развития сдвиговых осадок), по закону Кулона с использованием прочностных характеристик грунта:

$$f = (P + P')tg\varphi + c \quad (1)$$

где φ – угол внутреннего трения; c – сцепление грунта.

Грунты как естественноисторические образования обычно обладают анизотропией. Изучению этого свойства посвятили свои работы Л.И. Корженко (1963), Ж.Е. Рогаткина (1967), В.В. Лушников, П.Д. Вулис (1972) и др.

Испытания на сдвиг по вертикали для практических целей не выполняются и приборы для таких испытаний отсутствуют. О. Н. Жидков и др. [1] предложено использовать для постепенного сдвига видоизмененный прессиометр, эластичная оболочка которого окружается снаружи жесткими металлическими кольцами. Эти кольца врезаются в грунт при расширении камеры. После создания в камере определенного давления вытяжным домкратом производится сдвиг рабочего органа. Для чистого сдвига необходимо устраивать круговую канавку для исключения влияния лобового сопротивления. Опыты проводятся не менее трех раз. Строится график зависимости τ от P_1 и определяется с и φ для слоя грунта в котором проводились опыты. Эти значения прочностных характеристик используются в расчете по формуле (1), в свою очередь от него все и зависит. Имеет место «са-

мовозбуждение» работы боковой поверхности под нагрузкой.

В работе Г.П. Таланова и П.П. Лычева [2] сделана попытка определения этих дополнительных напряжений. Однако трение грунта по длине ствола принято убывающим до нуля, на основании чего получен ошибочный (результат) вывод о действии напряжений P' только в верхней части сваи. В последующей работе Г.П. Таланова и др. [3] распределение трения принято возрастающим по закону треугольника и параболы. Произвольность выбора закономерностей, а также то, что распределенное по поверхности трение приведено к сосредоточенным силам, действующим по оси сваи, позволяет рассматривать результаты этой работы лишь как ориентировочные.

Нами ствол разбивался по длине на участки, равные диаметру сваи, и обозначим часть сопротивления грунта за счет сцепления и давление P через f_0 ,

$$f_0 = Ptg\varphi + c \quad (2)$$

Учитывая, что при бетонировании сваи в устье скважины устанавливается обсадная труба высотой около 1м, это нарушает необходимый контакт бетона с грунтом, примем, что в пределах двух верхних участков f_0 меняется от полного своего значения до нуля у поверхности. Тогда на первом участке среднее сопротивление грунта по боковой поверхности:

$$f_i = 0,25f_0 + 0,5P'tg\varphi_i \quad (3)$$

и дополнительное давление на нижней его границе:

$$P'_i = \alpha_i f_i \quad (4)$$

где α_i – коэффициент, принимаемый по табл. (3).

С учетом (4) формула (3) примет вид:

$$f_1 = \frac{0,5f_0}{2 - \alpha_1 \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (5)$$

на втором участке

$$f_2 = \frac{1,5f_0(\alpha_1 + \alpha_2)f_1 \operatorname{tg} \varphi_2}{2 - \alpha_1 \operatorname{tg} \varphi_2} \quad (6)$$

для третьего и любого n-го участка имеем:

$$f_n = \frac{2f_0 + \operatorname{tg} \varphi_n \sum_{i=1}^n f_{n-1}(\alpha_1 + \alpha_{n+1})}{2 - \alpha_1 \operatorname{tg} \varphi_n} \quad (6)$$

Расчеты, произведенные по формуле (6), показывают, что давление Р' незначительно (менее, чем на 5%) увеличивает сопротивление грунта по боковой поверхности и его влиянием можно пренебречь, что идет в запас несущей способности свай.

Приближенное определение дополнительных напряжений может быть выполнено по формуле

$$P' = f_{\text{оср}} \sum \alpha_i \quad (7)$$

где $f_{\text{оср}}$ – осредненное сопротивление грунта по боковой поверхности свай, подсчитанное без учёта Р; $\sum \alpha_i$ – сумма коэффициентов α_i табл. 1.

Значение коэффициентов α_i получены в результате решения уравнений Р. Миндлина [4] на ЭВМ. Коэффициент α_i учитывает действие силы трения в пределах ближайшего к рассматриваемому сечению участка высотой d

Таблица 1

Значение коэффициента $\sum \alpha_i$

z	Значение μ				
	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3
2d	0,0704	0,0579	0,0470	0,0143	0,0151
3d	0,0864	0,0738	0,0470	0,0285	0,0243
4d	0,0957	0,0831	0,0542	0,0373	0,0274
5d	0,1013	0,0887	0,0597	0,0427	0,0296
6d	0,1048	0,0924	0,0634	0,0464	0,0319
7d	0,1074	0,0950	0,0660	0,0489	0,0336
8d	0,1094	0,0968	0,0679	0,0508	0,0350
9d	0,1166	0,0983	0,0693	0,0522	0,0360
10d	0,1169	0,0993	0,0704	0,0533	0,0368
11d	0,1126	0,1002	0,0713	0,0542	0,0376
12d	0,1133	0,1010	0,0721	0,0550	0,0383
13d	0,1139	0,1016	0,0727	0,0556	0,0388
14d	0,1144	0,1021	0,0733	0,0561	0,0393
15d	0,1148	0,1026	0,0737	0,0566	0,0397
16d	0,1152	0,1030	0,0742	0,0570	0,0401
17d	0,1156	0,1035	0,0745	0,0573	0,0404
18d	0,1159	0,1036	0,0748	0,0577	0,0407
19d	0,1161	0,1039	0,0751	0,0580	0,0410
20d	0,1164	0,1042	0,0754	0,0582	0,0412

Таблица 2

Величины сдвиговых осадок $S_{\text{сдв}}$ для забивных свай

Сопротивление грунта по боковой поверхности свай проявляется полностью только при определенном перемещении ствола сдвиговой осадке [5]. В табл. 2 приведены величины сдвиговых осадок для различных грунтов

Для практического использования на основании данных табл. 2 и значений $S_{\text{сдв}}$, имеющих в литературе, можно рекомендовать определение $S_{\text{сдв}}$ в зависимости от показателя консистенции грунта – I_L и числа пластичности – I_P по формуле:

$$S_{\text{сдв}} = 0,5 + 10I_L I_P, \text{ см} \quad (8)$$

Наименование грунтов	$S_{\text{сдв}}$, см
1. Песок мелкий средней плотности	0,5
2. Супесь при $I_L < 0,5$	0,6
3. Супесь при $I_L \geq 0,5$	0,7
4. Суглинок при $I_L < 0,5$	0,8
5. Суглинок при $I_L \geq 0,5$	1,5
6. Суглинок ленточный при $I_L \geq 0,5$	1,8
7. Глина ленточная при $I_L < 0,5$	2,2
8. Глина ленточная при $I_L \geq 0,5$	2,5

Для буронабивных свай за счет меньшего нормального давления на грунт и отсутствия начального искривления слоев, возникающих при забивке, сдвиговые осадки будут несколько меньше, чем для забивных. При перемещении сваи на величину S , меньше $S_{сдв}$, сопротивление грунта сдвигу разовьется не полностью и составит:

$$f' = f \cdot \frac{S}{S_{сдв}} \quad (9)$$

Сопротивление грунта сдвигу по боковой поверхности сваи выше уширения в глинистых грунтах учитывается полностью, а в песчаных – только выше воображаемого усеченного конуса, угол наклона образующая у которого составляет со стволом $0,5\varphi$, а диаметр основания равен диаметру уширения. Сопротивление грунта сдвигу может учитываться также в пределах вертикальной плоскости уширения и по боковой поверхности части ствола, расположенной ниже уширенной пяты.

Сопротивление сваи за счет работы её боковой поверхности составляет

$$F_{о.п.} = \sum_{i=1}^n u_i l_i f_i, \quad (10)$$

где u_i и l_i – соответственно периметр и высота отдельных вертикальных участков ствола сваи

или её уширения; f_i – сопротивление грунта по боковой поверхности сваи, определяемого по (1) с использованием его прочностных характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жидков О.Н., Лушников В.В., Швец В.Б., Черкашин П.В. Прочностные испытания грунтов в скважинах установкой (прессиометром) поступательного сдвига. В кн.: Материалы совещания «прессиометрические методы исследований грунтов». Свердловск, 1971.
2. Таланов Г.П., Лычев П.Л. Расчет величины сопротивления грунтов по боковой поверхности буронабивных свай. В кн. Основания и фундаменты, вып. 8. Киев, Будівельник, 1975.
3. Таланов Г.П., Осадчин В.Т., Трегубов В.Н. О влиянии коэффициента Пуассона на величину сопротивления грунта по боковой поверхности буронабивных свай. В кн.: Специальные строительные работы. Труды ВНИИТС. Л., 1976.
4. Mindlin R. Force at point in the interior of a semi-infinite solid. Physics, 1936.
5. Далматов Б.И., Лапшин Ф.К. Несущая способность висячих свай в грунтовых условиях Ленинграда. В кн.: Несущая способность свай в слабых грунтах. ЛДНТП, Л., Ч.2. 1966.

Chernysh A.S.

DETERMINATION OF SOIL RESISTANCE ON THE SIDE SURFACE OF THE PILE ACCORDING TO THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE SOIL

Evaluation of the bearing capacity of piles is an actual task of modern foundation engineering. Field methods for estimating the bearing capacity of piles are expensive and not always feasible. The existing technique for calculating the bearing capacity of piles involves using the consistency index I_l to determine the forces of resistance from the ground. With the same consistency indices, soils can have different strength parameters. The article considers the possibility of using the strength characteristics of the soil for a more accurate assessment of the bearing capacity of piles. The solution for bored piles is especially topical.

Key words: pile, bored pile with broadening, specific cohesion, coefficient of internal friction, soil resistance/

Черныш Александр Сергеевич, кандидат технических наук, зав. кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: gkadastr@mail.ru