

Поддержание благоприятной климатической обстановки окружающей среды, с помощью оборудования для увлажнения и осушения воздуха, позволяет в перспективе многократно сэкономить средства, за счет хорошего здоровья людей, живущих или работающих в данных помещениях.

Чем обусловлена их необходимость?

Недостаток влажности воздуха в помещении может привести к появлению простудных заболеваний. Также это может способствовать увеличению восприимчивости к инфекциям и респираторным заболеваниям у человека. Очень часто можно наблюдать в помещениях с пониженной влажностью появление у людей шелушения кожи лица и рук, их огрубление. Это происходит чаще всего в зимний период времени, когда уровень влажности значительно меньше нормы.

При этом от такого фактора страдает не только человек. Цветы и многие комнатные растения также любят комфортные условия. Некоторые виды

особенно влаголюбивых растений приходится практически каждый день накрывать влажной тканью или марлей, опрыскивать или ставить рядом сосуд с водой. Все это довольно хлопотно и порой неэффективно. Именно для решения таких проблем созданы промышленные увлажнители.

Особенности современного оборудования

На сегодняшний день имеется большой ассортимент устройств известных брендов. Крупные компании-производители гарантируют высокое качество и предлагают оптимально низкие цены на свою продукцию.

Литература.

1. ГОСТ Р ЕН 13779-2007 Вентиляция в нежилых здания
2. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование
3. ГОСТ 22270—76 (СТ СЭВ 2145—80)
4. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96

РАЗМЕРЫ УШИРЕНИЯ ДЛЯ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С КОНИЧЕСКОЙ УШИРЕННОЙ ПЯТОЙ

Холодов С.П.

канд. техн. наук, доц

Преснов О.М.

канд. техн. наук, доц

Холодов В.С.

студент ИСИ СФУ

Сибирский федеральный университет,

660041, Россия, Красноярск, проспект Свободный, 79.

BROADENING SIZE FOR BORED PILES WITH CONICAL HEEL

Аннотация

Ранее было показано, что буронабивные сваи с уширенной пятой, выполненные по технологии ТИСЭ и работающие на выдергивание, имеющие радиус $R = R_{\text{опт}}$ уширенной полусферической части, имеют наибольшую удельную несущую способность.

Удельная несущая способность сваи ТИСЭ (несущая способность отнесенная к объему сваи, кН/м³) с ростом R вначале будет расти, достигая максимума, а затем снижаться, при больших значениях R .

При этом остаются неясными следующие вопросы:

Является ли отмеченная закономерность свойственной лишь конструкции свай ТИСЭ или характерна для всех свай с уширенной пятой?

Как влияет изменение формы уширения на $R_{\text{опт}}$?

Возможно ли увеличение удельной несущей способности сваи за счет выбора оптимальной формы уширения?

В работе рассматриваются эти вопросы на примере буронабивных свай с конической уширенной пятой,

Abstract

It was previously shown, that bored piles with wider heel, made by technology TISE and working on pulling, having a radius $R = R_{\text{opt}}$ wide hemispherical part have the highest specific bearing capacity.

The specific bearing capacity of the pile TISE (bearing capacity related to pile volume kn/m³) with growth R will grow first, peaking, and the decline for large values R .

However, the following questions remain unclear:

Is the noted pattern peculiar only to the construction of piles TISE or characteristic of all piles with a wider heel?

How does the change in the form of broadening affect R_{opt} ?

Is it possible to increase the specific bearing capacity of the pile due to the choice of the optimal form of broadening?

The paper discusses these issues by the example of bored piles with a conical wide heel.

Ключевые слова: свайные фундаменты, буронабивные сваи с уширением, буронабивных свай с уширенной пятой работающие на вертикальную нагрузку, оптимальные размеры уширения свай.

Keywords: pile foundations, bored piles with broadening, bored piles with a broadened fifth working on a vertical load, the optimal size of the broadening of the pile.

Состояние вопроса

Свайный фундамент является одним из наиболее эффективных видов фундаментов [1,2,3]. В сложных грунтовых и климатических условиях (большая глубина промерзания, воздействие сил морозного пучения и др.) преимущества его только возрастают [4,5,6,7].

Особое место по эффективности занимают фундаменты из буронабивных свай с уширенной пятой [8,9,10,11]..

Однако отдельные вопросы применения такого свайного фундамента остаются слабо изученными. К таким относятся вопросы рационального выбора размеров уширенной пяты буронабивной сваи для увеличения ее несущей способности

В работе [12] показано, что буронабивные сваи с уширенной пятой, выполненные по технологии ТИСЭ и имеющие радиус $R = R_{\text{опт}}$ уширенной части, имеют наибольшую удельную несущую способность.

Удельная несущая способность таких свай (несущая способность отнесенная к объему свай, кН/м^3) с ростом R вначале будет расти, достигая максимума, а затем снижаться, при больших значениях R .

В работе [12] также дана методика определения $R_{\text{опт}}$, позволяющая обеспечить максимальную удельную несущую способность таких свай.

При этом возникают следующие вопросы:

Является ли отмеченная закономерность удельной несущей способности свай от R уникальной, свойственной лишь конструкции свай, выполненных по технологии ТИСЭ, или характерна для всех свай с уширенной пятой?

Как влияет изменение формы уширения на $R_{\text{опт}}$?

Возможно ли увеличение удельной несущей способности свай за счет выбора оптимальной формы уширения (при неизменном $R = R_{\text{опт}}$)?

Для ответа на эти вопросы исследуем буронабивную сваю с уширенной пятой, выполненной в виде конуса.

Постановка задачи

Определим значение $R_{\text{опт}}$ (в приведенном ранее смысле) в зависимости от других параметров свай.

Объем цилиндрической части сваи $V_{\text{ц}}$ равен:

$$V_{\text{ц}} = \pi r^2 \ell,$$

где r - радиус скважины;

ℓ - длина сваи.

Объем конуса $V_{\text{к}}$ высотой H определится:

$$V_{\text{к}} = \pi R^2 H / 3$$

Объем усеченного конуса $V_{\text{ук}}$ высотой h определится:

$$\begin{aligned} V_{\text{ук}} &= \pi R^2 H / 3 - \pi r^2 \Delta h / 3 = \pi (R^2 H - r^2 \Delta h) / 3 = \pi \\ & (R^2 R / \text{tg } \alpha - r^2 r / \text{tg } \alpha) / 3 = \\ & = \pi (R^3 - r^3) / (3 \text{ tg } \alpha); \end{aligned}$$

где $H = R / \text{tg } \alpha$;

$\Delta h = r / \text{tg } \alpha$;

α - угол наклона образующей конуса к вертикали.

Учитывая, что объем центральной части уширения в пределах высоты $h = H - \Delta h$ входит в объем цилиндрической части сваи $V_{\text{ц}}$, его нужно вычесть из $V_{\text{ук}}$.

Тогда:

$$\begin{aligned} V_{\text{уш}} &= V_{\text{ук}} - \pi r^2 h = \pi (R^3 - r^3) / (3 \text{ tg } \alpha) - \pi r^2 (H - \\ & \Delta h) = \\ & = \pi (R^3 - r^3) / (3 \text{ tg } \alpha) - \pi r^2 (R / \text{tg } \alpha - r / \text{tg } \alpha) = \\ & = \pi (R^3 - r^3) / (3 \text{ tg } \alpha) - \pi r^2 (R - r) / \text{tg } \alpha = \\ & = \pi [(R^3 - r^3) / 3 - r^2 (R - r)] / \text{tg } \alpha. \end{aligned}$$

Таким образом, объем сваи с уширением $V_{\text{ушс}}$ равен:

$$V_{\text{ушс}} = V_{\text{ц}} + V_{\text{уш}} = \pi r^2 \ell + \pi [(R^3 - r^3) / 3 - r^2 (R - r)] / \text{tg } \alpha.$$

Объем сваи без уширения $V_{\text{с}}$ определится:

$$V_{\text{с}} = V_{\text{ц}} = \pi r^2 \ell.$$

Так как нас интересует насколько растёт объем сваи за счет уширения, введем показатель m .

$$\begin{aligned} m &= V_{\text{ушс}} / V_{\text{с}} = (V_{\text{ц}} + V_{\text{уш}}) / V_{\text{ц}} = \{ \pi r^2 \ell + \pi [(R^3 - \\ & r^3) / 3 - r^2 (R - r)] / \text{tg } \alpha \} / (\pi r^2 \ell) = \\ & = 1 + [(R^3 - r^3) / 3 - r^2 (R - r)] / (\text{tg } \alpha r^2 \ell) = 1 + a \\ & (R^3 / 3 - r^3 / 3 - r^2 R + r^3) = \\ & = 1 + a (R^3 / 3 - r^2 R + 2r^3 / 3) = 1 + c [R^3 / (3 r^2) - R + \\ & 2r / 3]. \end{aligned}$$

где $a = 1 / (\text{tg } \alpha r^2 \ell)$;

$c = 1 / (\ell \text{ tg } \alpha)$.

При росте R несущая способность сваи на выдергивание (в дальнейшем несущая способность сваи) также растёт.

Несущая способность сваи без уширения $F_{dс}$ по (7.14) [13] будет равна:

$$F_{dс} = \gamma_c 2 \pi r \gamma_{cf} f \ell,$$

где f - расчетное сопротивление грунта по боковой поверхности ствола сваи, кПа;

• ввиду малой длины сваи может быть принято постоянным.

Для свай с уширением несущая способность $F_{d_{уш}}$ определится:

$$F_{d_{уш}} = \gamma_c 2 \pi R \gamma_{cf} f \ell.$$

Введем показатель K , равный отношению несущих способностей.

$$K = F_{d_{уш}} / F_{d_c} = \gamma_c 2 \pi R \gamma_{cf} f \ell / (\gamma_c 2 \pi r \gamma_{cf} f \ell) = R/r.$$

Показателем эффективности применения уширения (как отмечено ранее) будет отношение удельной несущей способности сваи с уширением к этому же показателю для цилиндрической. То есть отношение прироста несущей способности K приросту объема сваи m (т.е. стоимости).

В таблице приведены значения K/m в зависимости от радиуса уширения R при значениях $\ell = 1,0$ м и $r = 0,1$ м.

Таблица

$R, м$	m	K	K/m
0,10	0,99	1,0	1,010
0,15	1,049	1,5	1,429
0,20	1,23	2,0	1,626
0,25	1,58	2,5	1,582
0,30	2,15	3,0	1,395
0,35	2,98	3,5	1,174
0,40	4,12	4,0	0,971

Из рассмотрения таблицы можно видеть зависимость предполагаемую ранее. Удельная несущая способность сваи с уширением растет с ростом R от 1,0 до 1,626 (при $R = 0,20$ м), а затем падает до 1,0 и менее по сравнению с цилиндрической формой (что совершенно недопустимо на практике).

Методика решения задачи

Для эффективного применения уширения необходимо назначать R , дающий максимальное значение показателя K/m (отношение удельных несущих способностей свай с уширением к цилиндрической).

Для определения $R_{опт}$ необходимо взять производную от K/m по R , приравнять ее нулю и из этого выражения найти $R = R_{опт}$.

$$K/m = (R/r) / [1 + a (R^3/3 - r^2R + 2r^3/3)]. \quad (1)$$

Решение уравнения третьей степени, полученного после дифференцирования, весьма громоздко. Поэтому найдем $R_{опт}$ для обратной величины m/K (минимальный прирост объема сваи на 1 кН несущей способности).

$$\begin{aligned} m/K &= [1 + c (R^3/3 - r^2) - R + 2r/3] / (R/r) = r/R + \\ &+ c [R^2/(3r) - r + 2r^2/3R] = \\ &= r/R + c R^2/(3r) - c r + c 2r^2/(3R); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (m/K)' &= [r/R + c R^2/(3r) - c r + c 2r^2/(3R)]' = - \\ &= -r/R^2 + 2cR/(3r) - c 2r^2/(3R^2) = \\ &= (-c 2r^2/3 - r)/R^2 + 2cR/(3r) = 2cR/(3r) - (c 2r^2/3 + r)/R^2. \end{aligned}$$

Отсюда:

$$\begin{aligned} 2cR/(3r) - (c 2r^2/3 + r)/R^2 &= 0; \\ 2cR/(3r) &= (c 2r^2/3 + r)/R^2; \\ 2cR^3 &= 3r (c 2r^2/3 + r); \\ R^3 &= 3r^2(c 2r/3 + 1)/2c = r^2(2r + 3/c)/2; \\ R^3 &= r^2(2r + 3/c)/2; \end{aligned}$$

$$R = R_{опт} = [r^2(2r + 3/c)/2]^{1/3};$$

Учитывая, что $c = 1/(\ell \operatorname{tg} \alpha)$,

$$R_{опт} = [r^2(2r + 3\ell \operatorname{tg} \alpha)/2]^{1/3}; \quad (2)$$

Для значений приведенных в таблице $R_{опт}$ равно:

$$R_{опт} = [0,1^2(2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 1,0 \cdot 0,577)/2]^{1/3} = 0,213 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} K/m &= (R/r) / [1 + a (R^3/3 - r^2R + 2r^3/3)] = 2,13 / (1 + \\ &+ 173,2 (0,213^3/3 - 0,213 \cdot 0,01 + 0,002/3)) \\ &= 1,6343 \end{aligned}$$

Удельная несущая способность такой сваи на выдергивание будет в 1,6343 раза выше, чем у цилиндрической.

Выводы

1. Для свай с уширенной пятой, выполненной в виде конуса, работающих на выдергивание, размер уширения определяет удельную несущую способность всей конструкции.

2. Для обеспечения максимальной удельной несущей способности свай радиус уширения должен приниматься по выражению (2).

3. Зависимость удельной несущей способности свай от R уширения, с наличием экстремума, не зависит от формы уширения и характерна для всех свай с уширенной пятой.

4. Влияние изменения формы уширения на $R_{опт}$ незначительно.

5. В работе предложена методика выбора оптимальной формы конического уширения за счет изменения угла наклона образующей конуса.

Литература

1. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.- М.: Минрегион России ОАО «НИЦ «Строительство», 2010.

2. ВСН 165-85. Устройство свайных фундаментов мостов (из буровых свай). – М.: Минтрансстрой СССР, 1985.
3. Сотников С. Н., Симагин В.Г., Вершинин В.П. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений. Опыт строительства в условиях Северо-Запада СССР, Стройиздат, 1986.
4. Невзоров А.Л. Фундаменты на сезоннопромерзающих грунтах. – М.: Изд. АСВ, ISBN 5-93093-031-7, 2000.
5. Рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов на пучинистых грунтах. – М.: ЦНИИЭПсельстрой, 1989.
6. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов. – М.: ПНИИИС, 1986.
7. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Минрегион России НИИСФ РААСН, 2012.
8. ВСН 5-71 Временные указания по устройству коротких буронабивных бетонных и бутобетонных свай для малоэтажных сельских зданий. – М.: Минсельстрой СССР, 1971
9. ВСН 506-88 Проектирование и устройство грунтовых анкеров. – М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1989.
10. Механика грунтов, основания и фундаменты. Под ред. С. Б. Ухова, - М.: Высшая школа, 2004.
11. Смородинов М.И., Федоров Б.С. Устройство фундаментов и конструкций способом «стена в грунте». М., 1976.
12. Выбор размеров уширения для буронабивных свай с уширенной пятой. Холодов С. П., Преснов О. М., Серватинский В. В. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. Вып. 51(70), ISSN 1994-0351, с. 44-48, 2018.
13. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты.- М.: Минрегион России ОАО «ЦПП», 2010.

References

1. SP 22.13330.2011. Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij.- М.: Minregion Rossii ОАО «NICz «Stroitel'stvo», 2010.
2. VSN 165-85. Ustrojstvo svajny`x fundamentov mostov (iz burovy`x svaj). – М.: Mintransstroj SSSR, 1985.
3. Sotnikov S. N., Simagin V.G., Vershinin V.P. Proektirovanie i vozvedenie fundamentov vblizi sushhestvuyushhix sooruzhenij. Opy`t stroitel'stva v usloviyax Severo-Zapada SSSR, Strojizdat, 1986.
4. Nevzorov A.L. Fundamenty` na sezonnopromerzayushhix gruntax. – М.: Izd. ASV, ISBN 5-93093-031-7, 2000.
5. Rekomendacii po proektirovaniyu i ustrojstvu svajny`x fundamentov na puchinisty`x gruntax. – М.: CzNIIЕ`Psel`stroj, 1989.
6. Rekomendacii po uchetu i preduprezhdeniyu deformacij i sil moroznogo pucheniya gruntov. – М.: PNIIS, 1986.
7. SP 131.13330.2012. Stroitel`naya klimatologiya. – М.: Minregion Rossii NIISF RAASN, 2012.
8. VSN 5-71 Vremenny`e ukazaniya po ustrojstvu korotkix buronabivny`x betonny`x i butobetonny`x svaj dlya maloe`tazhny`x sel'skix zdaniy. – М.: Minsel`stroj SSSR, 1971
9. VSN 506-88 Proektirovanie i ustrojstvo gruntovy`x ankerov. – М.: Minmontazhspeczstroj SSSR, 1989.
10. Mexanika gruntov, osnovaniya i fundamenty`. Pod red. S. B. Uxova, - М.: Vy`sshaya shkola, 2004.
11. Smorodinov M.I., Fedorov B.S. Ustrojstvo fundamentov i konstrukcij sposobom «stena v grunte». М., 1976.
12. Vy`bor razmerov ushireniya dlya buronabivny`x svaj s ushirennoj pyatoj. Xolodov S. P., Presnov O. M., Servatinskij V. V. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arxitekturo-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arxitektura. Vy`p. 51(70), ISSN 1994-0351, s. 44-48, 2018.
13. SP 24.13330.2011. Svajny`e fundamenty`.- М.: Minregion Rossii ОАО «CzPP», 2