

ЗОНА УПЛОТНЕНИЯ ВОКРУГ КОРОТКИХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ

С.Н.Криштопа, В.Н.Николюк, И.А.Карпюк

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Многочисленными экспериментальными исследованиями установлено, что деформации грунта при погружении свай и последующей их работе под нагрузкой развиваются в ограниченном объеме. В процессе погружения свая создает значительное уплотнение окружающего грунта с вытеснением его в стороны и вверх. Уплотнение грунта происходит до того предела, при котором его боковое пассивное давление не уравновесится реактивным сопротивлением грунта.

Вследствии того, что, как правило, сопротивление грунта выпиранию в стороны значительно превосходит сопротивление грунта выпиранию вверх вокруг свай образуются криволинейные поверхности скольжения, по которым происходят сдвиги грунта. Для призматических коротких свай объем выпираемого вверх грунта иногда составляет 40...70% от объема погруженной части свай[1]. Наклонные грани пирамидальной свай создают эффект пригрузки, вследствие чего сопротивление грунта выпиранию вверх и его уплотнение увеличивается вплоть до верхних слоев грунта [2].

По этой причине удельная несущая способность пирамидальной свай выше, чем призматической.

По предложению А.А. Луга [3] различают четыре зоны деформации грунта вокруг свай. Первая зона представляет собой рубашку толщиной до 10мм из деформированного и весьма плотного грунта. Вторая зона имеет вид уплотненного грунтового слоя с переменной сохранностью структуры грунта. В этой зоне первоначальная структура грунта совершенно нарушена на контакте с первой и постепенно переходит к естественной структуре на грани с третьей зоной. В третьей зоне структура грунта сохраняется, но, иногда, наблюдается некоторое снижение его плотности и увеличение влажности из-за сдвигающих и небольших растягивающих напряжений. Четвертая зона характеризуется весьма небольшим нарушением первоначальных свойств грунта.

Установлено, что на работу одиночных свай существенное влияние

имеют первые две, а соседних свай - первые три зоны.

Выделим понятие активной зоны. Первоначально она формируется в виде зоны активного уплотнения грунта (вторая зона по А.А. Луга [3]) при погружении сваи и, затем, может развиваться за счет образования в ней и за ее пределами зоны деформации грунта под внешней нагрузкой.

Размеры уплотненной зоны зависят от объема погружаемых свай и их конфигурации. Уплотнение грунта уменьшает его деформативные свойства и имеет решающее влияние на несущую способность сваи, так как формирование зоны деформации под нагрузкой, которая определяет осадку сваи, происходит в искусственно улучшенном основании. Стабилизация осадки сваи наступает тогда, когда внутренние силы, наиболее полно проявляющие себя в пределах зоны деформации, уравновешивают внешнюю нагрузку.

Натурные исследования [4, 5] показали, что зона деформации развивается в уплотненном при погружении объеме грунта и при осадках 8...10см не выходит за пределы уплотненной зоны.

Если граница зоны деформации находится в пределах высоких значений плотности грунта, то осадка составляет небольшую величину (начальный прямолинейный участок графика $S=f(P_{св})$).

Когда же граница зоны деформации приближается к границе зоны уплотнения, где плотность грунта приближается к значениям таковой в естественном состоянии, - осадка значительно возрастает (последующий криволинейный участок графиков).

Анализ литературных источников [1-5] показал, что форма активной зоны, в первую очередь, зависит от вида сваи, а ее размеры приведены для связных глинистых грунтов.

В несвязных песчаных грунтах определение формы и размеров активной зоны в натуральных условиях затруднено. Имеются расплывчатые сведения о том, что диаметр активной зоны в песчаных грунтах по данным [3] колеблется в пределах 1,4...6,0 диаметров ствола сваи, по данным [6]- 6...10 диаметров. Для уточнения размеров активной зоны в песчаных грунтах были выполнены лабораторные исследования по методике, изложенной в работах [7,8] по полному трехфакторному, близкому по свойствам к D- оптимальному, трехуровневому плану типа B_3 .

Исходя из анализа априорной информации в качестве исследуемых факторов в первых двух сериях опытов выбраны: средняя крупность зерен песка $D=0,2;0,5;0,8$ мм (X1), его плотность $\rho_d=1,30; 1,45; 1,60$ т/м³ (X2) и влажность $\omega=0;3,5; 7,0\%$ (X3).

Моделируемый песчаный грунт заданной планом крупности и

плотности послойно укладывали в сухом состоянии в лоток, а затем, также послойно, увлажняли расчетным количеством воды. В опытах с использованием сухого песка перед разборкой лотка его увлажняли для того, чтобы он не осыпался.

Горизонтальные фиксаторы по осям свай удерживались в неподвижном положении до и в процессе заполнения лотка песком с послойным его уплотнением с помощью натянутых стальных спиц. Бытовое давление величиной 0,03МПа было искусственно создано путем укладки сверху металлической пластины с пригрузом. Погружение моделей свай осуществляли с помощью специальных переставных винтового (первая серия опытов) и забивного (вторая серия) приспособлений с количеством ударов 100 ± 5 .

По форме активная зона состоит (см. рис. 1) из двух объемов: усеченного конуса по длине модели сваи с основанием у ее нижнего конца и полусферы под ним. После обработки экспериментальных данных первой и второй серий по методике [7] получены адекватные линейные математические модели для относительных диаметров активной зоны под нижними концами вдавливаемой и забивной моделей свай, соответственно:

$$\hat{Y}_{\frac{D_{H1}}{d}} = 3,90 + 0,30 X_2 \quad (1)$$

$$\hat{Y}_{\frac{D_{H2}}{d}} = 4,17 + 0,41 X_2, \quad (2)$$

из которых видно, что в отличие от плотности, ни крупность, ни влажность не оказывают существенного влияния на этот выходной параметр. С увеличением плотности песка от 1,3 до 1,6т/м³ относительный диаметр активной зоны под нижними концами вдавливаемой и забивной моделей свай увеличивается по отношению к средним значениям (см. рис. 2), соответственно, на 15 и 20%.

Вследствие дополнительного динамического уплотнения песчаного грунта при забивке свай D_{H2}/d увеличивается, в среднем, на 7% по отношению к D_{H1}/d . Относительные диаметры активной зоны, включающие в себя зоны выпора, в головах вдавливаемых и забивных моделей свай, соответственно, могут быть выражены следующими моделями:

$$\hat{Y}_{\frac{D_{B1}}{d}} = 2,72 + 0,22 X_1 + 0,27 X_2 \quad (3)$$

$$\hat{Y}_{\frac{D_{B2}}{d}} = 2,87 + 0,23 X_1 + 0,25 X_2 \quad (4)$$

Анализ этих моделей показывает, что на отношение D_B/d , кроме плотности, оказывает влияние и крупность песка. Так, относительные диаметры активной зоны в головах вдавливаемых и забивных моделей

свай увеличиваются (см. рис. 3) по сравнению со средними значениями, соответственно:

- с увеличением средней крупности песка от 0,2 до 0,8мм на 16%;
- с увеличением его плотности от 1,3 до 1,6т/м³ на 20 и 17%.

Диаметры активных зон под нижними концами вдавленных и забивных моделей свай больше диаметров этих зон в их головах, в среднем, на 43 и 45% соответственно.

Практический интерес представляют также объемы активных зон, отнесенные к объемам вдавленных, а также забивных моделей свай и подсчитанные с использованием вышеуказанных параметров. Математические модели указанных объемов имеют вид:

$$\hat{Y}_{V_{CB}}^I = 9,11 + 0,92 X_1 + 1,56 X_2 + 0,52 X_3 \quad (5)$$

$$\hat{Y}_{V_{CB}}^{V2} = 10,31 + 0,87 X_1 + 2,00 X_2 + 0,66 X_3 \quad (6)$$

По моделям (5) и (6) видно, что все три исследуемые факторы, в том числе и влажность, оказывают заметное влияние на формирование объемов активных зон песчаного грунта.

Относительные объемы активных зон песчаного грунта вдавленных и забивных моделей коротких призматических свай увеличиваются (см. рис. 4) по отношению к их средним значениям, соответственно: с увеличением плотности песка от 1,3 до 1,6т/м³ на 34 и 39%; с увеличением его средней крупности от 0,2 до 0,8мм на 20 и 17%; с увеличением его влажности от 0 до 7% на 11 и 13%.

Относительные объемы активных зон грунта забивных, в среднем, на 13% больше, чем вдавленных моделей свай.

Относительные объемы активных зон грунта забивных, в среднем, на 13% больше, чем вдавленных моделей свай.

Частичное наложение активных зон и зон влияния в некоторых опытах третьей серии привело к частичному снижению несущей способности (в среднем, на 8%) вдавливаемых моделей свай С-2, расположенных на контролируемом удалении от соседних предварительно нагруженных вертикальной вдавливающей нагрузкой моделей свай С-1, по сравнению с несущей способностью одиночной вдавленной модели свай.

Выводы

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что установлено влияние исследуемых факторов на относительные размеры активной зоны несвязного грунта. По ширине ствола короткой призматической сваи или ее объему в зависимости от крупности, плотности, влажности песчаного грунта и способа ее

погружения по приведенным выше зависимостям после замены в них кодированных переменных на натуральные можно прогнозировать величину нижнего и верхнего диаметров, а также объем активной зоны, отражающей реальную несущую способность свай.

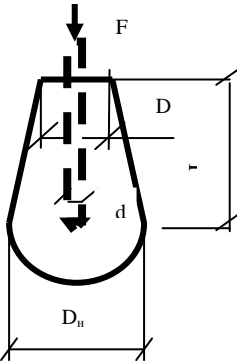


Рис. 1 Форма активной зоны песчаного грунта вокруг модели призматической сваи.

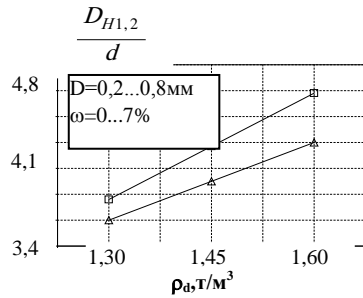


Рис.2 Влияние плотности песка на относительный диаметр активной зоны под нижним концом вдавливаемой (\triangle) и забивной (\square) моделей свай

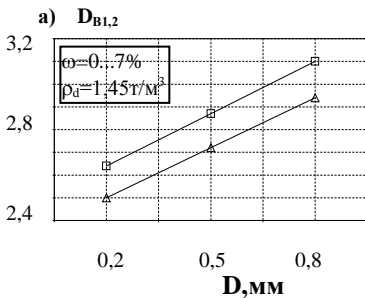


Рис. 3. Зависимость относительного диаметра активной зоны в голове вдавливаемой (\triangle) и забивной (\square) моделей свай от крупности песка (а) и его плотности (б)

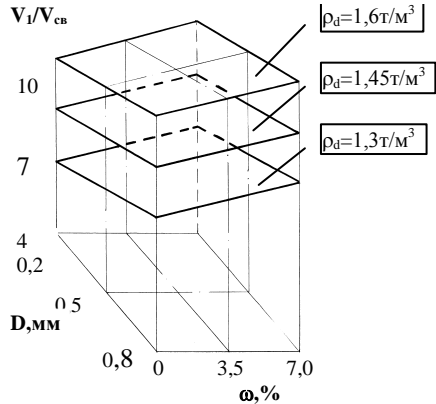


Рис.4 Влияние исследуемых факторов на относительный объем активной зоны уплотнения грунта вокруг вдавливаемой модели свай.

(Для забивной $\frac{V_2}{V_{CB}} = 1.132 \frac{V_1}{V_{CB}}$)

Summary

Sizes and form of the active zone of sandy soil, formed by pressing or hammering in the models of prismatic piles with their subsequent lading a vertical static pressing load, are examined.

Литература

1. Васильев Б. Д. Основания и фундаменты, Военмориздат. 1945.- С.63-66.
2. Голубков В.Н., Тугаенко Ю.Ф., Шеховцов В.С. Полевые испытания зоны деформаций в лессовых основаниях. Известия вузов. Строительство и архитектура. 1963, №4.-С.8.
3. Цытович Н.А. и др. Основания и фундаменты. - М.:Госстройиздат. 1959.-С.208,209.
4. Колесников Л.И.,Синявский В.Н. Некоторые результаты исследования пирамидальных свай в сильнопросадочных грунтах. Свайные фундаменты в просадочных грунтах. Изд-во Киевского университета. 1970.С.67-70.
5. Новский А.В. Экспериментальные исследования совместной работы козловых и биклиарных свай. Основания и фундаменты. Киев. - 1974, вып.7.-С.73-76.
6. Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Геотехническое сопровождение рекомендации городов. -М.: Изд-во АСВ, 1999. -С.231.
7. Карпюк И.А. Новский А.В. Использование математической теории планирования эксперимента в исследовании несущей способности свай и их взаимодействия с окружающим грунтом. Сбо.рник трудов 4-ой Украинской научно-технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению. - Киев, 2000.-С.430-433.
8. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. -2-е изд., испр. и доп.-М.: Финансы и статика, 1981.-С.118.