

ДЕФОРМАЦИИ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА ВОКРУГ ВДАВЛЕННЫХ И ЗАБИВНЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ

Карпюк И.А., к.т.н., доц.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

Многочисленными экспериментальными исследованиями установлено, что деформации грунта при погружении свай и последующей их работе под нагрузкой развиваются в ограниченном объеме.

В процессе погружения свая любой формы 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.

В следствие того, что, как правило, сопротивление грунта выпиранию в стороны значительно превосходит сопротивление грунта выпиранию вверх вокруг сваи 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 сваи [1]. Наклонные грани пирамидальной сваи создают эффект пригружения, в следствие чего сопротивление грунта выпиранию вверх и его уплотнение увеличивается вплоть до верхних слоев грунта [2]. По этой причине удельная несущая способность пирамидальной сваи выше, чем призматической.

По предложению А.А. Луга [3] различают четыре зоны деформации грунта вокруг сваи. 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 свай, 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 В₃.

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:

$$\hat{Y}_{d}^{D\omega 1} = 3,90 + 0,30 X_2 \quad (1)$$

$$\hat{Y}_{d}^{D\omega 2} = 4,17 + 0,41 X_2 \quad (2)$$

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:

$$\hat{Y}_{d}^{D\omega 1} = 2,72 + 0,22 X_1 + 0,27 X_2 \quad (3)$$

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

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:

$$\hat{Y}_{\frac{V_1}{V_{CB}}} = 9,11 + 0,92 X_1 + 1,56 X_2 + 0,52 X_3 \quad (5)$$

$$\hat{Y}_{\frac{V_2}{V_{CB}}} = 10,31 + 0,87 X_1 + 2,00 X_2 + 0,66 X_3 \quad (6)$$

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.

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.

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.

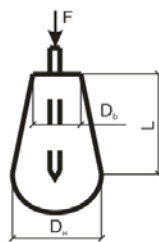


Рис. 1

Форма активной зоны песчаного грунта вокруг модели призматической сваи

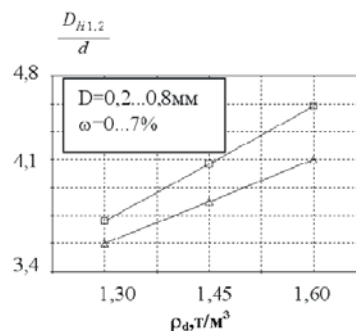


Рис. 2

Влияние плотности песка на относительный диаметр активной зоны под концом вдавливаемой (□) и забивной (△) моделей свай

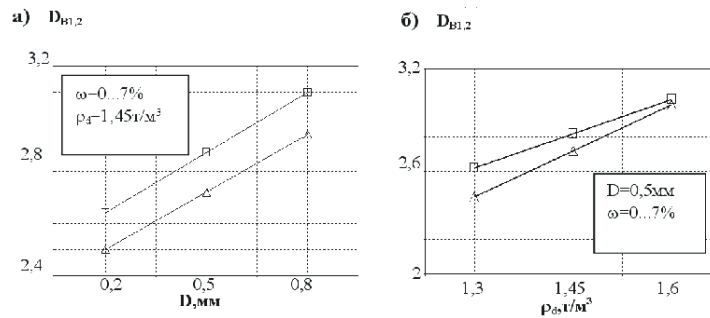


Рис.3 Зависимость относительного диаметра активной зоны в голове вдавливаемой (\triangle) и забивной (\square) моделей свай от крупности песка (а) и его плотности (б).

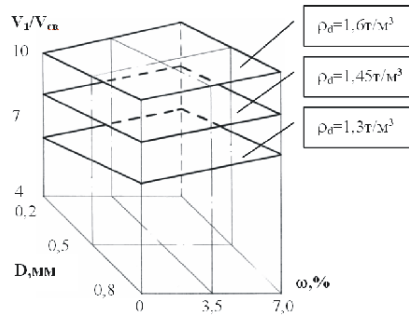


Рис. 4
Влияние исследуемых факторов на относительный объем активной зоны уплотнения грунта вокруг вдавливаемой модели свай.

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

ВЫВОДЫ

1. Размеры активной зоны песчаного грунта существенно зависят от плотности и крупности грунта, а также способа погружения свай.
2. Объем уплотненной зоны грунта забивной свай в среднем на 13% превышает объем уплотненной зоны вдавленной свай.
3. Осадка свай существенно увеличивается при приближении зоны деформации околосвайного грунта к зоне его уплотнения.

SUMMARY

Sizes and form of the active area of sandy soil, formed by pressing or hammering in the models of prismatic piles with subsequent their lading by the vertical static pressing loading, 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 биклинарных 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.