

**СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИСПЫТАНИЯ СТУПЕНЧАТОЙ ВДАВЛИВАЮЩЕЙ
НАГРУЗКОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗАБИВНЫХ СВАЙ
В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ, ПРОВЕДЕННЫХ
С ЗАМАЧИВАНИЕМ И БЕЗ ЗАМАЧИВАНИЯ**

Пивонос В.М., Пивонос В.В., Пивонос М.В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
г. Одесса, Украина

АННОТАЦИЯ: Наведено результати досліджень вдавлюючим ступеневим навантаженням натурних забивних залізобетонних паль в лесових грунтах з замочуванням і без замочування. Результати дозволяють проектувати пальові основи у подібних ґрунтових умовах на значно ефективному рівні.

АННОТАЦИЯ: Приведены результаты полевых испытаний вдавливающей ступенчатой нагрузкой натурных забивных железобетонных свай в лессовых грунтах с замачиванием и без замачивания. Результаты позволяют проектировать свайные основания в аналогичных грунтовых условиях на более эффективном уровне.

ABSTRACT: Results of field test results of full-scale load speed pressed precast concrete piles in loess soil, carried out with the soaking and without soaking are presented. The results allow to design pile foundations in similar ground conditions on a more efficient level.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: анализ, результаты испытаний, забивные сваи, лессовые грунты, замачивание.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство на просадочных и обводненных глинистых грунтах имеет свои специфические особенности в части подготовки и устройства оснований и фундаментов. Изучение процессов формирования осадок свайных фундаментов в таких грунтах при сопоставлении результатов испытаний ступенчатыми нагрузками в грунтах природной влажности и замоченных позволяет выявить определенные закономерности и отличия в развитии деформаций. В статье приведены результаты сопоставительного анализа развития деформаций грунтов свайного основания из одиночных забивных призматических железобетонных свай в грунтах естественной влажности и водонасыщенных.

Значительный объем информации по изучению деформаций свайных оснований в различных грунтовых условиях представлен в работах [1 - 4]. В этих работах анализируются грунтовые условия, конструктивные особенности свай и свайных фундаментов, выявляются составляющие, формирующие несущую способность свай в зависимости от условий нагружения, конструктивных особенностей свай, свайных фундаментов и оснований.

В материалах опубликованных работ представлен значительный объем исследований, в дополнение к которым необходимы детальные исследования развития осадок свай для одинаковых грунтовых условий в состоянии природной влажности и в замоченном состоянии.

Цель исследований – выполнение полевых испытаний одиночных свай в глинистых просадочных грунтах в условиях природной влажности и замоченном состоянии для дальнейшего анализа полученных результатов, которые позволят эффективно проектировать свайные основания для сооружений в определенных грунтовых условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Полевые испытания без замачивания и замачиванием забивных железобетонных призматических свай ступенчатой вдавливающей нагрузкой выполнялись на участке, в геологическом строении которого выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

ИГЭ-1 почвенно-растительный слой, темно-серый с включениями остатков растений ($sol Q_{IV}$), мощность 0,30 м;

ИГЭ-2 верхнечетвертичные отложения, суглинок серовато-коричневый, средней плотности, твердый, с включениями щебня, просадочный ($rg Q_{III}$), мощность 8,0 м;

ИГЭ-3 позднеюрские отложения, суглинок серовато-коричневый, средней плотности, полутвердый, с включениями щебня, I_3 , пройденная мощность 7,7 м.

Простирание слоев – согласованное. Погружение свай выполнялось забивкой трубчатым дизель-молотом с отметки дна котлована, находящейся в пределах толщи слоя ИГЭ-2 на глубине 2,2 м. Призматические сваи длиной 10 м погружались на глубину 9,5 м от отметки дна котлована, с заглублением в слой ИГЭ-3 на 3,7 м. Грунты ИГЭ-2 характеризуются просадочными свойствами (II-ой тип грунтовых условий по просадочности, по данным изысканий). Грунтовые воды в ходе изысканий не выявлены.

Средние характеристики грунтов:

грунт ИГЭ-2 природного сложения $\rho_s = 2,69$ г/см³; $\rho = 1,90$ г/см³; $w = 0,132$; $e = 0,604$; $I_L = -0,13$; $E = 10$ МПа; $S_r = 0,59$.

грунт ИГЭ-2 замоченный $\rho = 2,05$ г/см³; $w = 0,22$; $P_{sl} = 0,025$; ε_{sl} при $P = 0,3$ МПа – 0,168; $\varphi = 14^\circ$; $c = 0,04$ МПа.

грунт ИГЭ-3 природного сложения $\rho_s = 2,68$ г/см³; $\rho = 1,98$ г/см³; $w = 0,154$; $e = 0,560$; $I_L = 0,07$; $S_r = 0,74$.

грунт ИГЭ-3 замоченный $\rho = 2,07$ г/см³; $w = 0,20$; $\varphi = 19^\circ$; $c = 0,04$ МПа.

Устройство свай и замачивание грунта в ходе испытаний выполнялись в строгом соответствии с [1] п.п. 6.8; 6.9 – 6.11. При этом была достигнута средняя степень водонасыщения $S_r = 0,88...0,95$. Показатель консистенции I_L грунта ИГЭ-2 изменился до 0,50...0,70, I_L грунта ИГЭ-3 до 0,42.

По данным исследований [2] установлено, что в замоченных глинистых грунтах на шестой день после «отдыха» распределение общей нагрузки происходит в соотношении: 35 % - на острие, 65 % - на боковую поверхность. На 45-й день нагрузка, воспринимаемая острием, возросла на 10 %. Аналогичных исследований нами не выполнялось.

В наших опытах вокруг испытываемых свай устраивались по 4 анкерных сваи, которые погружались на ту же глубину на расстоянии 5d от испытываемых свай, что в определенной степени снижало их влияние на испытываемые сваи, если бы расстояние было 3d.

Испытание в грунтах природной влажности выполнялось после восьми суток «отдыха». «Отдых» замачиваемой сваи составил 2 недели. Ступени нагрузок с условной стабилизацией принимались по 100 кН, с доведением предельной нагрузки до 1000 кН.

Развитие осадок свай до ступени 400 кН включительно, до проявления сдвиговой осадки [4], происходило практически одинаково (разница составляла 0,02...0,03 мм), и в целом для сваи в грунте природной влажности при нагрузке 400 кН осадка составила 28 % от величины полной

осадки на последней ступени, а для сваи в водонасыщенном грунте составила 16 % соответственно. После ступени 400 кН у сваи в замоченном грунте начался заметный прирост осадки по отношению к осадкам сваи в грунте с природной влажностью у которой прирост осадки до ступени в 600 кН, до проявления сдвиговой осадки, проходил по зависимости близко к линейной. Прирост осадок сваи в замоченном грунте по отношению к осадкам первой сваи составил на ступенях нагрузок: 500 кН – 7 %; 600 кН – 13 %; 700 кН – 15 %; 800 кН – 21 %; 900 кН – 41 %; 1000 кН – 44 %.

При ступенчатой разгрузке свай, после условной стабилизации на последней ступени, у первой сваи на всех ступенях нагрузки наблюдались упругие деформации. Остаточная деформация после полной разгрузки для этой сваи составила 43 % от полной осадки. При разгрузке второй сваи упругой отдачи не наблюдалось до величины нагрузки 400 кН, после этого за последующие две ступени разгрузки до 0 кН (которые проходили практически по линейной зависимости), остаточная деформация (осадка) составила 30 % от величины полной. В работе [3] за осадку подошвы сваи предлагается принимать величину остаточной составляющей осадки (пренебрегая остаточной деформацией ствола сваи, в виду ее малости).

Испытания показали, что на первых четырёх ступенях нагрузки до 400 кН включительно, независимо от консистенции грунта свайного основания, осадки складывались одинаковыми. Это предполагает, что происходила реализация сопротивления грунта по боковой поверхности и острию свай, которое для первой сваи в отличие от второй проявлялось до ступени нагрузки 600 кН включительно. Таким образом, первая свая реализовывала полное сопротивление нагрузке боковой поверхностью и острием до ступени 600 кН, а вторая - до ступени 400 кН. В дальнейшем, с момента проявления сдвиговой осадки начался заметный рост осадок, причем у второй сваи более значительный.

Разгрузка первой сваи сопровождалась на всем этапе упругой отдачей (от 1000 кН - до 0 кН). Разгрузка второй сваи характеризуется упругой отдачей только на этапе (от 400 кН – до 0 кН), что позволяет сделать вывод о том, что первая свая, находящаяся в грунте природной влажности, на этапе разгрузки работала как нижним концом, так и боковой поверхностью, вторая свая до нагрузки 400 кН находилась в стабилизированном состоянии, только после уменьшения нагрузки (от 400 кН – до 0 кН) проявилась упругая отдача, то есть свая сработала нижним концом и боковой поверхностью. В целом, полная осадка второй сваи в 1,8 раза больше первой, аналогично, остаточная осадка тоже в 1,5 раза больше.

Дальнейшее изучение несущей способности свай в замоченных грунтах во времени позволит установить резервы несущей способности их

за счет тиксотропного упрочнения, либо уменьшения несущей способности свай из-за влияния минералогического состава грунтов, их реологических особенностей, а также влияния геотехнических и техногенных факторов.

ВЫВОДЫ

1. Сравнение результатов испытаний призматических забивных одиночных свай, прорезающих просадочные глинистые грунты, показывает возможное развитие осадок в свайном основании проектируемых и строящихся зданий.

2. Увеличенное значение осадки сваи в замоченном грунте до выявленных ее конечных значений может быть принято за предельное значение осадки проектируемого сооружения с учетом реологических свойств грунтов.

3. Полученные данные могут использоваться для разработки новых расчетных схем при расчете по деформациям свайных оснований сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грунты. Методи польових випробувань палями: ДСТУ Б В.2.1-1-95 (ГОСТ 5686-94). – [Чинний від 1996-04-01]. - К.: Укрархбудінформ. – 1996. – 57 с.
2. Бартоломей А.А. Прогноз осадок свайных фундаментов / Бартоломей А.А., Омельчак И.М., Юшков Б.С., под ред. А.А. Бартоломея. – М.: Стройиздат, 1994. – 384 с.
3. Ю.Ф. Тугаенко. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай и свайных фундаментов: монография / Ю.Ф. Тугаенко. - Одесса: Астропринт, 2008. – 216 с. Рос. мовою.
4. Лессовые породы как основания зданий и сооружений / [В.П. Ананьев, Я.Д. Гильман и др.]. -. Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1976. - 216 с.

REFERENCES

1. Soils. Methods field test piles. DSTU B V.2.1-95 (GOST 5686-94). - K.: Ukrarhbudinform. – 1997. – 57 p.
2. Bartolomey A., Omelchak I., Ushkov B. (1994). Forecast sediment pile foundation edited by Bartolomey A. – M.: Stroyizdat. – 384 p.
3. U. Tugaenko. Processes of soil deformation in the foundation footing, piles and pile foundations: monograph. - Odessa: Astroprint, 2008. – 216 p. Russian language.
4. V. Ananiev, Y. Gilman, V. Korobkin, U. Dejin, L. Peredelskiy. Loess rocks as bases of buildings and structures. Edition of Rostov University. Rostov-na-Donu, 1976. - 216 p.

Статья поступила в редакцию 14.07.2016 г.