

УДК 624.131.522

## **ДЕФОРМАЦИИ ДВУХСЛОЙНОГО ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ КОРОТКИХ ЗАБИВНЫХ СВАЙ**

**Суходоев Ю.Ф.**

*Одесская государственная академия  
строительства и архитектуры,  
г. Одесса, Украина*

Представлены результаты натурных статических испытаний коротких забивных свай в намытом слое песка, подстилаемым лессом, с последующим вскрытием основания и замерами по-слойных деформаций. Полученные данные позволили возвести 5-ти этажное административное здание между существующими жилыми домами.

There have been submitted the results of field statical tests of short displacement piles in hydraulic fill layer of sand underlain by loess, followed by base opening and measurement of layered strain. The obtained data was sufficient to allow construction of a five-storied office building among apartment buildings already in place.

Административное здание по ул. Артиллерийской, 1, г. Одессе высотой в 5 этажей с техническим чердачным помещением и подвалом с ломанной формой в плане, позволяющей ему вписаться между уже существующими жилыми домами. Одна часть здания имеет размеры  $13,4 \times 33,2$  м, а другая –  $16,2 \times 19,4$  м.

Проектом были предусмотрены фундаменты на буронабивных сваях длиной 13 м с уширенной пятой.

Геологическое строение площадки следующие:  
 ИГЭ-1 – почвенно-растительный слой. Толщина 0,8 м;  
 ИГЭ-2 – лессовидный суглинок. Толщина 2,0 м;  
 ИГЭ-3 – лесс. Толщина 5,0 м;  
 ИГЭ-4 – лессовидный суглинок. Толщина 4,8 м;  
 ИГЭ-5 – лесс. Толщина 1,7 м;  
 ИГЭ-6 – суглинок светло-коричневый. Толщина 5,0 м;  
 ИГЭ-7 – глина красно-бурая. Толщина 6,7 м.  
 Возраст пород четвертичный.

Уровень грунтовых вод расположен на глубине 3,5 м от дневной поверхности. Физико-механические характеристики грунтов приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование показателей	Условные обозначения	Ед. изм.	Глубина отбора образцов ниже подошвы ростверка, м				
				0,00	-1,50	-5,50	-7,60	-9,50
1	Природная влажность	$W$		0,27	0,24	0,21	0,22	0,26
2	Влажность на границе текучести	$W_L$		0,27	0,26	0,31	0,35	0,30
3	Влажность на границе раскатывания	$W_p$		0,18	0,20	0,18	0,18	0,18
4	Показатель текучести	$I_L$		1,0	0,67	0,23	0,24	0,67
5	Коэффициент водонасыщения	$S_r$		0,78	0,93	0,95	0,95	0,96
6	Плотность частиц грунта	$\rho_s$	т/м <sup>3</sup>	2,66	2,67	2,68	2,69	2,67
7	Плотность грунта	$\rho$	т/м <sup>3</sup>	1,77	1,96	2,03	2,03	1,94
8	Коэффициент пористости	$e$		0,92	0,69	0,59	0,62	0,73
9	Угол внутреннего трения	$\varphi$	град.	–	17	20	19	16
10	Сцепление	$c$	кПа	–	0,08	0,29	0,36	0,06
11	Модуль деформации при давлении 0,2 МПа*	$E$	МПа	$\frac{6,0}{4,5}$	6,0	12,0	9,5	9,5
12	Относительная просадочность	$\varepsilon_{SL}$		0,054	0,01	0,03	0,003	0,01

\*В числителе – при естественной влажности, в знаменателе – в водонасыщенном состоянии.

По результатам статических испытаний опытного свайного фундамента СФ-3 из девяти пирамидальных свай длиной 2,0 м и площадью ростверка  $11,0 \text{ м}^2$  в пятне здания с замером послойных деформаций основания был разработан проект фундаментов на коротких забивных сваях длиной 2,0 м, размером в голове  $0,6 \times 0,6 \text{ м}$  и в подошве  $0,1 \times 0,1 \text{ м}$  [1, 3].

Сваи забивались в грунт сваебойным агрегатом с весом ударного молота 30 кН. Однако, в местах примыкания рассматриваемого здания к уже существующим с двух сторон жилых домов подобный метод устройства свайных фундаментов не применим. В этих условиях была предложена следующая технология.

Пирамидальные сваи не забивались в грунт, а подвешивались в траншеях и замывались послойно песком с уплотнением. При этом осуществлялся контроль плотности намываемого песка. Плотность песка составила  $1,60 \dots 1,62 \text{ т/м}^3$ . Чтобы исключить просадочные явления намыв песка осуществлялся захватками.

Для экспериментального обоснования применимости данного способа на опытном полигоне в слое песка (ИГЭ-3) были проведены статические испытания одиночных пирамидальных свай длиной 1,5 м. Две с низким ростверком и две – с высоким. Соответственно, толщина слоя песка в одном случае равнялась длине сваи, а в другом – 2 м.

Для замера деформаций в слое песка применялись плоские фиксаторы деформаций размером  $15 \times 40 \text{ мм}$  и толщиной 4 мм, устанавливаемые послойно в процессе намыва песка. Каждый ряд фиксаторов покрывался слоем глиняной пасты, чтобы исключить их выпадение при вскрытии основания.

Основание замачивалось за 5...7 суток до начала испытаний и продолжалось непрерывно до полной разгрузки опытных свай.

Вскрытие основания и замер остаточных деформаций проводились в зимних условиях, когда замерзшая в порах вода, создавая цементирующий эффект, повышала устойчивость вертикальной стенки слоя песка.

В плоскости замера деформаций отбирались образцы грунта для определения плотности.

По результатам замеров перемещений фиксаторов были определены границы зон остаточных деформаций (рис. 1).

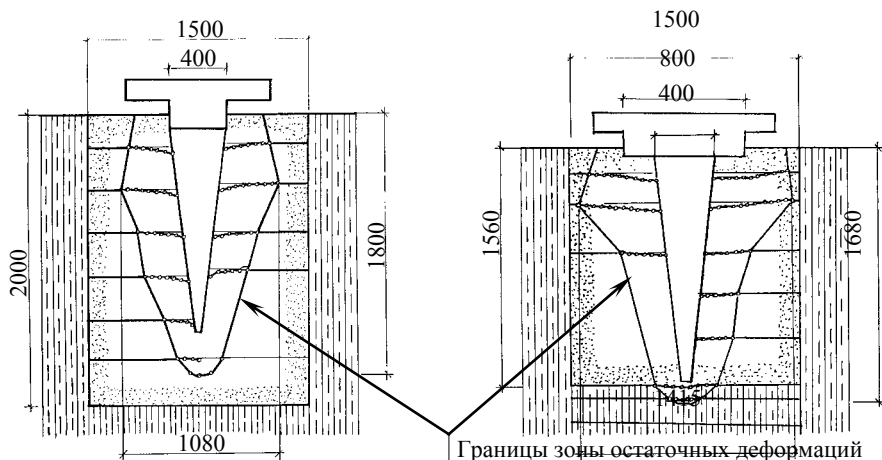


Рис. 1. Результаты испытаний одиночной сваи С-7 с высоким ростверком и одиночной сваи С-8 с низким ростверком

Применение песчаных подушек позволяет ограничить развитие деформаций в наиболее напряженной зоне под подошвой фундаментов. Песчаные подушки исключают развитие деформаций в подстилающем слое лесса при соблюдении следующих условий:

1. Давление по подошве песчаной подушки не должно превышать структурную прочность подстилающего грунта.
2. Плотность сухого грунта песчаной подушки должна быть не менее  $1,60 \text{ т/м}^3$ .

Значение структурной прочности принимается равным напряжению на нижней границе зоны необратимых деформаций. Оно равно сумме напряжений от давления, передаваемого фундаментом, и собственного веса грунта в пределах зоны деформации.

С повышением влажности значение структурной прочности лессовых грунтов снижается. В водонасыщенных грунтах ее значение равно начальному просадочному давлению. При снижении структурной прочности увеличиваются размеры объема зоны деформации.

Структурная прочность лесса ниже подошвы подушки на участке испытаний –  $70...75 \text{ кПа}$ . От напряжений по подошве песчаной подушки, превышающих структурную прочность (начальное просадочное давление), развиваются деформации в подстилающем лессе.

При меньших напряжениях деформаций ниже подошвы подушки не зафиксировано [2].

Результаты статических испытаний показали, что низкий рост-верк значительно повышает несущую способность свай (рис. 2), а песчаная подушка, созданная намывом, исключает влияние возводимых фундаментов на расположенные рядом здания (рис. 3).

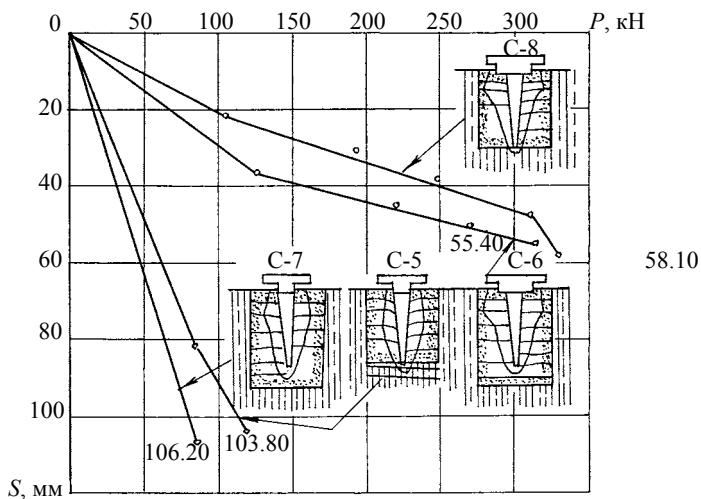


Рис. 2. Графики  $P = f(S)$



Рис. 3. Административное здание в г. Одессе по ул. Артиллерийской, 1

## **Выводы**

1. Выполненные исследования показали, что в процессе осадки свай деформации, возникающие в слое песка, остаются в пределах намытого слоя.

2. За время эксплуатации здания, возведенного на фундаментах из коротких пирамидальных свай в намытом слое песка, с 1972 года по настоящее время деформаций в расположенных рядом с ним жилых домах не зафиксировано.

## **Литература**

1. Экспериментальные исследования формирования объема зоны деформации в основании фундаментов из пирамидальных свай / В.Н. Голубков [и др.] // Основания и фундаменты. – Киев : Будівель-ник. – 1976. – Вып. 9. – С. 25–30.

2. Тугаенко, Ю.Ф. Развитие деформаций в основаниях фундаментов, способы их ограничения и методы оценки / Ю.Ф. Тугаенко. – Одесса : Астропринт, 2003. – С. 118–121.

3. Тугаенко, Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай, свайных фундаментов / Ю.Ф. Тугаенко. – Одесса : Астропринт, 2008. – 216 с.