

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ НАГРУЗКАМ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ НА ПРИЗМАТИЧЕСКИЕ СВАИ

Ткалич А. П. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.
Одесса)

Представлені методика та результати визначення опору ґрунтів як по бічній поверхні, так і під вістрям палі, в ґрунтових умовах Одеського регіону. Експериментально досліджена величина граничного навантаження на полю.

Статические испытания, предусмотренные нормативными документами, как правило, используются для подтверждения расчетных нагрузок на сваю [1;2]. Если они значительно превышают принятые в проекте - это приводит к удорожанию стоимости фундаментов, иногда до 25...30%.

Сопротивление грунтов основания висячей сваи состоит из трения по боковой поверхности и под ее острием. Учет фактических величин сопротивления грунтов способствует повышению достоверности метода расчета.

Экспериментальное обоснование этих величин, выполнено при проведении полевых испытаний свай на площадке строительства выставочно-торгового центра в г. Одессе.

Геологическое строение участка застройки, представлено водонасыщенными слоями лессовых суглинков и супеси, подстилаемых суглинком коричневым и глиной красно-бурой. Несущим слоем для двух испытанных призматических свай длиной 16,0 м., принят ИГЭ - 6.

Уровень подземных вод техногенного происхождения залегает на отметке 2,8 м. от дневной поверхности. Показатели строительных свойств грунтов основания сведены в таблицу № 1.

При забивке свай, под острием формируется уплотненное грунтовое ядро. При дальнейшем ее погружении, острие расклинивает ядро и уплотняет природный грунт основания (рис.1а). Его размеры не постоянны и зависят от характеристик грунтов основания. Результаты проведенных полевых исследований позволяют совместную деформацию сваи с грунтом основания условно подразделить на три этапа, которые возникают при приложении к ней возрастающей внешней нагрузки (рис.1б ... 1г) [3].

Таблица № 1

Показатели строительных свойств грунтов

Показатели грунтов	Инженерно - геологические элементы						
	2	3	4	5	6	7	8
ρ_s , г/см ³	2,70	2,67	2,70	2,69	2,72	2,73	2,74
ρ_d , г/см ³	1,45/1,51	1,48	1,57	1,49	1,57	1,58	1,51
w	0,21/0,24	0,29	0,26	0,28	0,23	0,23	0,24
S_r	0,65/0,8	0,96	0,96	0,92	0,86	0,88	0,82
E, МПа	6,5/4,5	3,0	8,0	4,5	14,0	15,0	14,0
φ , град	20	20	21	21	21	21	21
C, кПа	14	13	32	18	43	45	50

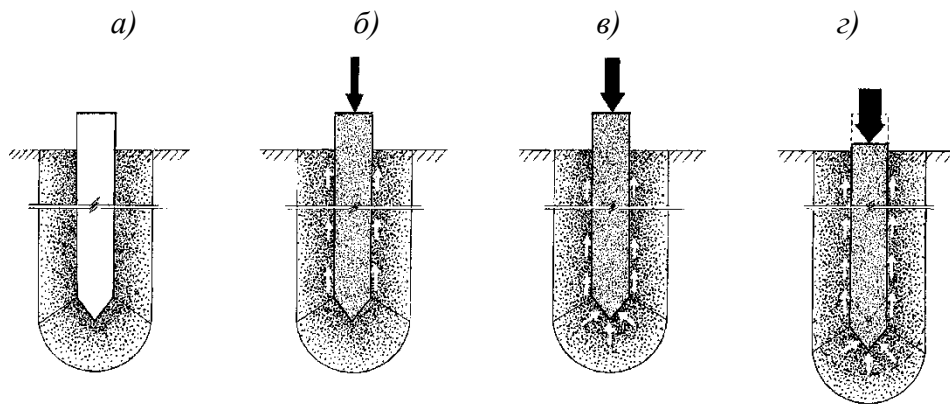


Рис. 1. Схема работы забивной сваи с грунтом основания

Первый (1.б) - возрастающая нагрузка вызывает последовательное сжатие ствола, одновременно на контакте свая – грунт возникает трение по боковой поверхности (P_f).
 Второй (1.в) - реализуется сопротивление уплотненного грунта ниже острия сваи (P_R).
 Третий (1.г) - сопротивление по боковой поверхности и под подошвой сваи исчерпано (F_U). Грунтовое ядро расклинивается перемещающимся острием сваи. Происходит формирование нового ядра, за счет уплотнения природного грунта. Испытания свай производились по методике циклически возрастающей нагрузки, позволяющей для каждой ступени измерить как полную осадку (S), так и ее остаточную (S_o) составляющую [3].

Разность между ними определяет упругую составляющую деформации (S_y). По данным определений S_y для каждой ступени нагрузки построен график зависимости $S_y=f(P)$, представляющий ломаную линию (рис. 2.).

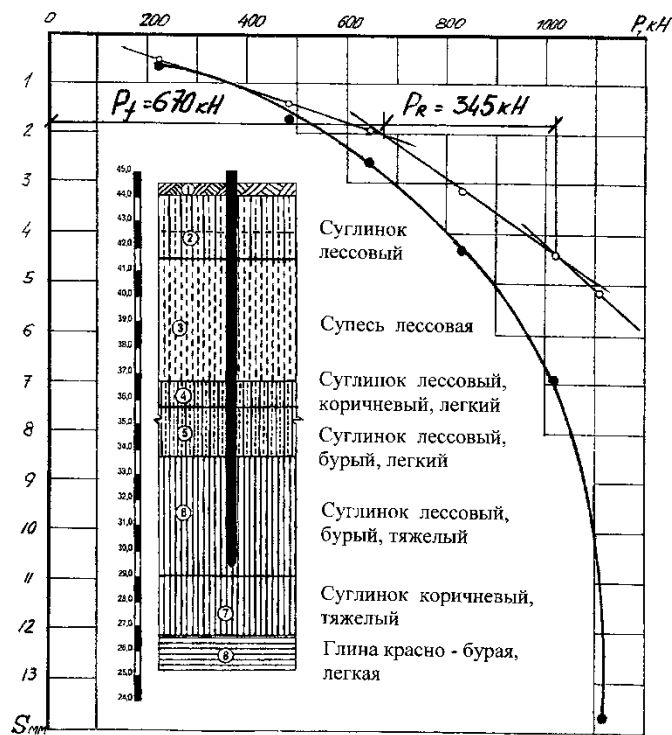


Рис. 2. Графики зависимости полной осадки S (●) и ее упругой S_y (○) составляющей от нагрузки для свай С-1

Точки перелома графика указывают на границы первого и второго этапов. Первая точка показывает величину предельной нагрузки, уравновешенной силами бокового трения ствола сваи ($P_f=670$ кН). По значению второй точки определяется предельная нагрузка на грунт основания под ее подошвой ($P_R = 1015 - 670 = 345$ кН).

На первом этапе развития деформаций (рис.1.б), можно определить длину сжатого участка сваи от каждой ступени нагрузки и величину бокового трения грунта [3].

Величина модуля упругости материала ствола (E_{σ}) колеблется в пределах $(2...3) \cdot 10^4$ МПа и зависит от многих факторов: класса, состава, условий твердения бетона, процента армирования и т.д. Его значения конкретны для каждой сваи, которую можно уточнить по зависимости:

$$E_{\sigma} = \sigma_{f,cp} \cdot l / s_y \quad (1)$$

где: $\sigma_{f,cp} = 0,5 P_f / A$ - среднее значение напряжения в поперечном сечении ствола; P_f - нагрузка соответствующая значениям сил трения по боковой поверхности (на границе первого этапа); A - площадь поперечного сечения; l - длина; s_y - величина упругой деформации ствола, при P_f .

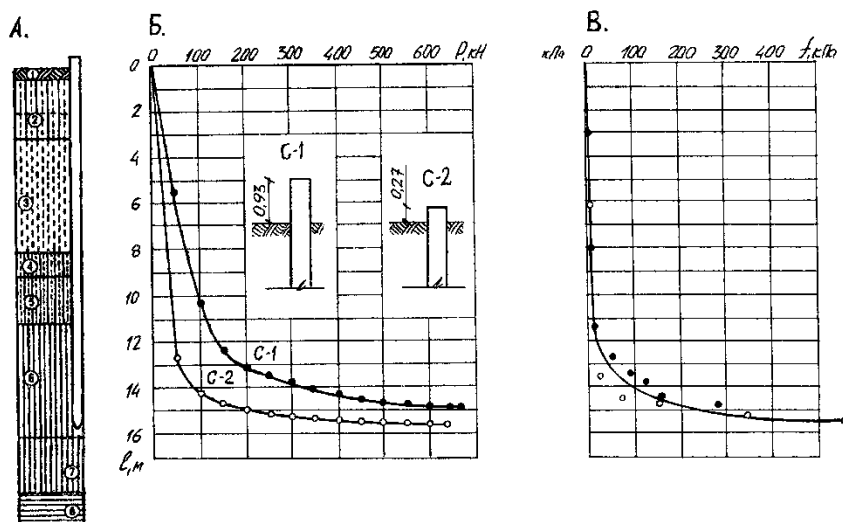


Рис. 3. Развитие напряжений в стволе свай и трения по их боковой поверхности от внешней нагрузки.

А. Геологическая колонка грунтов основания с высотным расположением подошвы свай;

Б. Графики зависимости: развития упругих деформаций в стволе свай от внешней нагрузки;

Б. Средняя величина бокового трения грунта по глубине.

Длина сжатого участка сваи от каждой ступени нагрузки равна:

$$l_i = s_{y,i} \cdot E_{\sigma} / \sigma_{f,cp,i} \quad (2)$$

где: $s_{y,i}$ - упругая часть деформации ствола (фрагмента), при i - той ступени нагрузки; E_{σ} - модуль упругости; $\sigma_{f,cp,i} = 0,5 \cdot P_i / d^2$ - среднее значение напряжений в поперечном сечении, при i - той ступени нагрузки; P_i - нагрузка данной ступени; $d^2 = (A)$ - площадь поперечного сечения; 0,5 - коэффициент, учитывающий треугольную форму эпюры развития напряжений.

Для напряженного (сжатого) участка длины сваи определяются силы бокового трения по зависимости:

$$\Delta f_i = \Delta P_{f,i} / \Delta A_{f,i} \quad (3)$$

где: $\Delta P_{f,i}$ - нагрузка, приходящаяся на сжатый, i - тый участок ствола; $\Delta A_{f,i}$ - площадь боковой поверхности i - го участка фрагмента длины ($\Delta l_{f,i}$).

Результаты расчетов при $P_{f,i}$ приведены в таблице № 2 а длины сжимаемых участков и сил бокового трения от нагрузки на рис.3.

На втором этапе (рис.1.в), нарастание деформаций происходит в уплотненном грунтовом ядре, в пределах нагрузок и упругих составляющих от полной осадки: для С-1, $P = 670...1015$ кН ($P_R=345$ кН); $S_{f,y} ... S_{R,y} = 1,99 ... 4,44$ мм и С-2, $P = 640...965$ кН ($P_R=325$ кН); $S_{f,y} ... S_{R,y} = 2,04 ... 4,53$ мм. Величина уплотнения грунтов максимальна возле грани сваи и уменьшается по криволинейному закону, и на границе соответствует структурной прочности природного грунта [4;5].

Таблица № 2.

Величины расчетных показателей при P_f

№ сваи	P_f , кН	$\sigma_{f, cp}$, МПа	s_y , см	E_{σ} , МПа	l_f , м	A_f , м ²	f_{cp} , кПа
С-1	670	2,73	0,199	21950	15,07	21,09	31,77
С-2	640	2,61	0,204	20470	15,73	22,02	29,06

На третьем этапе (рис.1.г), при превышении предельной нагрузки (F_U), приращение осадки к приращению нагрузки значительно увеличивается, развитие деформации происходит в природном грунте. Предельная нагрузка на сваю численно равна сумме сопротивления грунта по боковой поверхности и под ее острием ($F_U = P_f + P_R$). После наступления «срыва» сваи, прекращается подкачка гидравлического домкрата, происходит падение давления масла в нем до величины, которая численно уравнивается с трением грунтов основания. Для достоверности значения F_U этот процесс повторяют два - три раза (табл. № 3).

Таблица № 3

Показатели сопротивления грунтов основания забивных свай

№ сваи	P_f , кН	P_R , кН	s , мм	$s_{R,y}$, мм	F_U , кН	Литер. источн.
231	730	370	11,76	4,19	1100	Ильичевск [6]
77	1100	300	7,59	4,87	1400	
124	510	290	8,16	3,56	800	Одесса [7]
129	530	270	7,26	3,71	800	
С-1	670	345	6,89	4,44	1015	Одесса
С-2	640	325	5,45	4,53	965	

Выводы

Результаты полевых исследований развития деформаций грунтов в основании забивных свай, с помощью методики циклически возрастающей нагрузки, позволили определить следующие показатели грунтов:

1. Трение грунта по ее боковой поверхности.
2. Сопротивление грунта под ее острием.
3. Предельное сопротивление грунта основания внешней нагрузки.

Summary

Methodology and results of determination of soil resistance, as on side surface, also under pile edge, in the soil conditions of Odessa region are presented. The value of maximum loading on pile is experimentally established.

Литература

1. СНиП 2.02.03. - 85 Свайные фундаменты. - М.: Стройиздат, 1985. - 45 с.
2. ДСТУ Б. В.2.1-1-95 (ГОСТ 5686 - 94). Грунти. Методи польових випробувань палями; - К.: Укрархбудінформ, 1996.-57с.
3. Тугаенко Ю.Ф., Ткалич А.П. Развитие деформаций в системе свая - грунты основания под действием вертикальной вдавливающей нагрузки. Вісник ОДАБА № 22, - Одесса, 2006. С. 253 - 258.
4. Григорян А.А. Свайные фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах. - М.: Стройиздат. - 1984. - 162 с.
5. Тугаенко Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай и свайных фундаментов. //Монография.- Астропринт, - Одесса . 2008 г. - 216 с.
6. Ткалич А.П. Величина структурной прочности несущего слоя забивных свай // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво, Випуск 22., Полтава, 2008. С. 98 - 102.
7. Ткалич А.П. Определение структурной прочности под подошвой забивной сваи // Будівельні конструкції. - Вип. 71: Механіка ґрунтів та фундаментобудування.- К.: НДІБК, 2008. - Кн. 1 - С. 203 - 208.