

Несущая способность сваи по теоретическому методу, методу статического и динамического зондирования

В.В. Маскалева¹

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, F95251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 692.1	Подана в редакцию 19 ноября 2013 Оформлена 18 марта 2014 Согласована 20 марта 2014	несущая способность; статическое зондирование; динамическое зондирование; забивная свая; испытания сваи;

АННОТАЦИЯ

Несущая способность одиночной сваи по грунту зависит от механических свойств грунта и от метода устройства или погружения сваи. В практике фундаментостроения используют три метода определения несущей способности одиночных свай: теоретический метод, динамический метод, основанный на использовании результатов пробной забивки свай; метод пробных статических нагрузок, при котором используют данные, полученные при нагружении свай статическими нагрузками или зондированием грунта.

В статье рассматриваются актуальные методики испытаний железобетонных забивных свай. При проектировании свайных фундаментов необходимо использовать в комплексе различные способы расчета несущей способности свай. Целью данного исследования являлось сопоставление значений предельных свай, полученных по данным статического зондирования, и несущей способности свай, определенной по теоретическому методу. На основании результатов, полученных в ходе исследования, выявлены преимущества каждого из методов.

Содержание

1.	Введение	105
2.	Анализ литературы	105
3.	Цель исследования	106
4.	Оценка несущей способности по результатам статических испытаний	106
5.	Оценка несущей способности по результатам динамических испытаний	109
6.	Оценка несущей способности сваи по СНиП 2.02.03-85	110
7.	Выводы	111

¹

Контактный автор:

+7 (981) 167 132, vera.maskaleva@gmail.com (Маскалева Вера Владимировна, магистрант)

1. Введение

В настоящее время зондирование является одним из самых перспективных методов инженерной геологии, так как позволяет анализировать грунтовый массив в условиях естественного залегания на большую глубину при сравнительно небольших материальных затратах.

По сравнению с лабораторными исследованиями, полевые методы испытания грунтов имеют следующие преимущества:

1. возможность исследования большого объема массива пород;
2. меньшее повреждение естественного сложения грунтов при испытании;
3. свойства грунтов определяются в условиях естественного напряженного состояния.

Недостатки полевых методов:

1. фиксированное время испытаний;
2. относительная длительность и дороговизна полевых работ;
3. невозможность провести большое число опытов для статистического анализа;
4. недостаточное теоретическое обоснование и неоднозначность интерпретации результатов некоторых полевых методов.

Среди полевых методов испытания грунтов в естественных условиях лидирующими являются методы статического и динамического зондирования.

2. Анализ литературы

Анализ литературы по теме «Определение несущей способности свай по методу статического зондирования, теоретическому методу и динамическому методу пробной забивки» позволяет выделить направления основных исследований в этой области:

В публикациях [1, 2] рассматривается проблема интерпретации результатов статического зондирования в тех случаях, когда обнаруживается неоднозначная зависимость между сопротивлением погружению зонда и глубиной зондирования. Несмотря на очевидную эффективность, отношение к методу зондирования различных специалистов неоднозначное. Это связано в первую очередь с тем, что параметры зондирования достаточно трудно связать аналитически с характеристиками грунтов, например, механическими, полученными в результате штамповых или сдвиговых испытаний. Подобная неравномерность связывается большинством исследователей с неоднородностью грунтового основания.

В работах [3-9] метод статического зондирования и его модификации назван одним из самых перспективных и широко распространенных методов, так как он позволяет исследовать грунтовый массив на большую глубину в условиях естественного залегания при сравнительно небольших материальных затратах.

В публикациях [10-13, 26-28] говорится, что в последнее время количество параметров, регистрируемых в процессе зондирования, возросло. Например, наиболее современные установки статического зондирования позволяют регистрировать, кроме сопротивления грунта конусу зонда q_c и боковой поверхности f_s , также нормальное давление γ , объемную влажность грунта ω , поровое давление P , плотность грунта s , температуру грунтов t , электрическое сопротивление R и др. Регистрация этих параметров позволила значительно увеличить информацию о физико-механических свойствах грунтов. Основными измеряемыми параметрами согласно ГОСТ 19912-2001 [22] являются удельное сопротивление грунта под наконечником зонда q_c ; общее сопротивление грунта на боковой поверхности Q_s (для зонда типа I) и удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда f_s (для зонда типа II).

В работах [14-19] отмечено, что существуют эмпирические зависимости, связывающие характеристики динамического и статического сопротивлений грунта прониканию зонда. Анализ данных динамического и статического зондирования показал, что оба метода являются взаимозаменяемыми, т.к. между ними существует тесная связь с коэффициентом корреляции $r = 0,86$.

3. Цель исследования

При проектировании свайных фундаментов необходимо использовать в комплексе различные способы расчета несущей способности свай. Цель данного исследования - сопоставление значений предельных сопротивлений забивных свай сечением 35 x 35 см, полученных по данным статического зондирования, и несущей способности свай, определенной расчетным способом согласно СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» [23].

Для достижения поставленной цели в ходе исследования были решены следующие задачи:

1. Изучить существующие методы расчета частного значения предельного сопротивления забивной сваи по данным статического зондирования;
2. Изучить существующие методы расчета частного значения предельного сопротивления забивной сваи по данным динамического зондирования;
3. Полученные результаты расчета по данным статического зондирования сопоставить между собой и с результатами расчета несущей способности свай по СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» [23].

4. Оценка несущей способности по результатам статических испытаний

По результатам предпроектных статических испытаний, проведенных на объекте строительство, в соответствии с требованиями СП 24.13330.2011 (п.п. 7.3.5, 7.3.3) и ТСН 50-302-2004, для испытанных забивных ж/б свай сечением 35 x 35 см, несущая способность по грунту F_d представлена в таблице 1.

Таблица 1. Оценка несущей способности по результатам статических испытаний

№ сваи	сечение (см) длина (м)	абс. отметка острия (м)	отказ от посл. удара (см)	Ожидаемая несущая способность по грунту F_d (т)	Результаты испытаний свай статической нагрузкой			
					Макс. нагрузка при испыт. (т)	Осадка сваи При макс. нагрузке (мм)	Несущая способность свай по грунту F_d	Грунт под остриём сваи (ИГЭ), I/E (кгс/см ²)
50	35 x35 26,00	-22,53	1,67	111	144	13,11	144	Супеси пластич. ИГЭ-12, 0,20/140

Таблица 2. Осадка сваи

Степень нагрузки (тонны)	Время выдержки за степень нагрузки (часы)	Осадка (мм)	
		С начала испытания	За степень нагрузки
0	0	0,00	0,00
28	1	1,55	1,55
56	1	3,27	1,72
76	1	4,97	1,70
96	1	6,65	1,68
110	1	8,31	1,66
124	1	10,02	1,71
134	1	11,66	1,64
144	1	13,11	1,45
Разгрузка:			
88	0,25	13,00	1,34
32	0,25	11,01	-1,99
0	1	8,92	-2,09

При забивке сваи в грунт частицы грунта выдавливаются из-под ее острия в стороны и вверх. Сжатие грунтов под нагрузкой называется осадкой, или деформацией, грунтов. Деформации грунтов

имеют упругий и пластический характер. Упругие деформации возникают под действием нагрузок, не превышающих структурной прочности грунта. При снятии таких нагрузок происходит восстановление деформаций. На рисунке 1 показана упругая работа грунта: осадка растет с увеличением нагрузки, а при снятии нагрузки осадка уменьшается, происходит разуплотнение грунта под острием сваи.

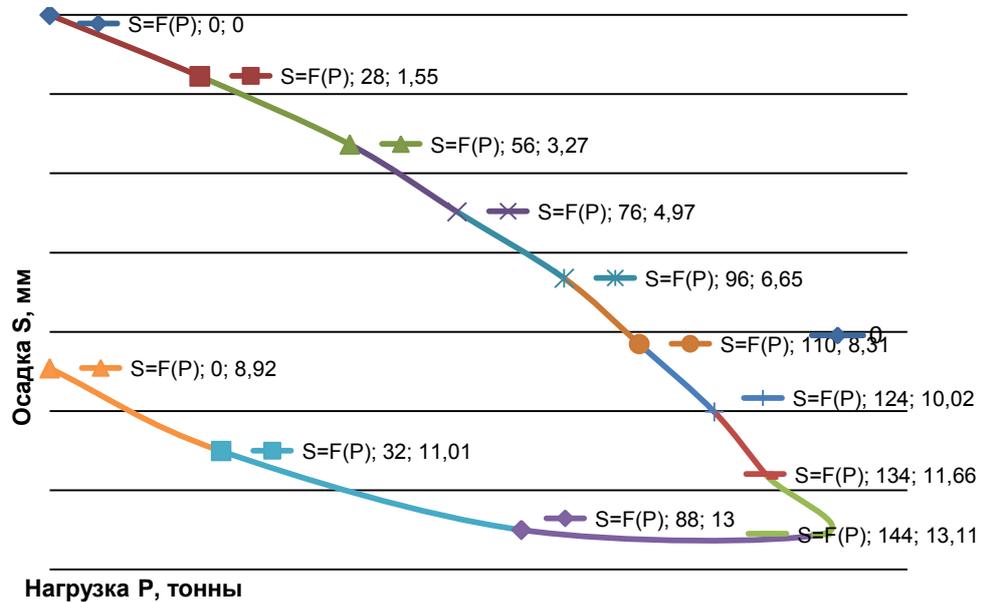


Рисунок 1. График $S=F(P)$

На рисунке 2 представлен график изменения осадки сваи S во времени (по ступеням нагружения). Каждая последующая ступень нагружения прикладывается только после затухания осадки от предыдущей ступени. Нагрузку на сваю прикладывают ступенями, равными $1/10$ — $1/15$ ожидаемого предельного сопротивления сваи. Каждую ступень нагрузки выдерживают до затухания перемещения испытываемой сваи, после чего нагрузку повышают на очередную ступень. Перемещение (осадку) сваи при данной ступени нагрузки считают затухшим (стабилизированным), если оно увеличилось не более чем на $0,1$ мм за последние 30 мин (при опирании сваи на крупнообломочные, песчаные и твердые глинистые грунты) или за последний час (при опирании на глинистые грунты других видов).

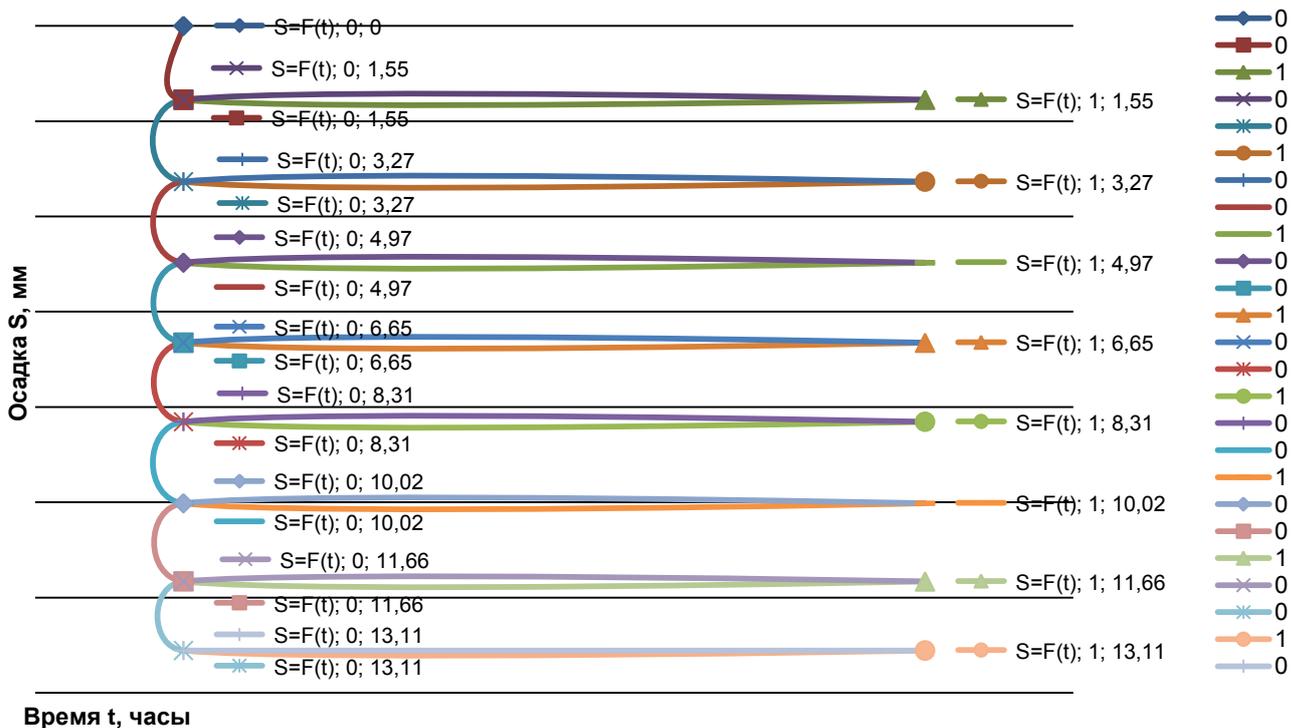


Рисунок 2. График $S=F(t)$

Таблица 3. Данные испытания забивной ж/б сваи вертикальной статической вдавливающей нагрузкой

Данные о свае № 50	
Тип	Призматическая
Размер сечения	35x35
Абсолютная отметка острия сваи	-22.53
Длина сваи	26.00
Ожидаемая несущая способность	111 тонн
Максимальная нагрузка при испытании	144 тонны
Дефекты, обнаруженные перед началом испытания	Не обнаружено
Данные журнала погружения сваи	
Тип оборудования	Гидролот
Вес ударной части	7 тонн
Высота подъема ударной части	0.40 м
Отказ от последнего удара	1.67 см

Скважина: 7777
Абсолютная отметка устья: 2.4 м.

Геол. возр.	Глуб. подошмет	Абсол. отметка	Мощн. слоя	Литолог. разрез	Описание грунтов		
	0.3	2.1	0.3		Почвенно-растительный слой	f=1,6 кПа	
f IV	0.9	1.5	0.6		Насыпные грунты: пески, супеси с гравием, растительными остатками	f=2,1 кПа	
m, IV					Суглинки легкие пылеватые серые с прослоями песка мягкопластичные	f=2,5 кПа	
		2.6	-0.2	1.7			
					Суглинки тяжелые пылеватые серые неяснослоистые текучие	f=3,6 кПа	
		4.2	-1.8	1.6			
		4.6	-2.2	0.4		Слабозаторфованные грунты насыщенные водой	f=5,6 кПа
					Суглинки тяжелые пылеватые серые неяснослоистые текучие	f=7,9 кПа	
		8.2	-5.8	3.6			
lg III b		8.6	-6.2	0.4	Слабозаторфованные грунты насыщенные водой	f=9,0 кПа	
		9.3	-6.9	0.7			
					Суглинки тяжелые пылеватые серые неяснослоистые текучие	f=10,0 кПа	
					Суглинки тяжелые пылеватые коричневые ленточные текучие	f=12,0 кПа	
		13.9	-11.5	4.6			
g III lz					Суглинки легкие пылеватые коричневые ленточные с утолщенными прослоями песка текучепластичные	f=14,0 кПа	
		15.8	-13.4	1.9			
					Суглинки тяжелые пылеватые коричневые ленточные текучие	f=15,0 кПа	
		18.6	-16.2	2.8			
g III lz					Суглинки легкие пылеватые темно-серые слоистые текучепластичные	f=17,0 кПа	
		21.1	-18.7	2.5			
					Супеси песчанистые серые с гравием, галькой с гнездами песка пластичные	f=18,0 кПа	
g III lz		26.5	-24.1	5.4			
					Супеси песчанистые серые с гравием, галькой с гнездами песка твердые	f=20,0 кПа	
	30.1	-27.7	3.6				
v kIz		35.0	-32.6	4.9	Глины пылеватые голубовато-зеленые дислоцированные твердые	f=21,0 кПа	

Рисунок 3. Испытание забивной ж/б сваи вертикальной статической вдавливающей нагрузкой

Плотность сложения песков определена по данным статического зондирования. Правильность выделения слоев проверена на основе анализа пространственной изменчивости характеристик в соответствии с ГОСТ 20522-96 [24].

По результатам статического зондирования грунтов построены графики изменения с глубиной боковых и лобовых сопротивлений грунтов погружению зонда.

С целью уточнения инженерно-геологического разреза и физико-механических свойств грунтов в 89 пунктах выполнено статическое зондирование грунтов тяжелой установкой УСЗ-II-Т с непрерывной записью лобовых и боковых сопротивлений.

Глубина зондирования составила 22,0-25,2 м, общим объемом 1966,0 м.

5. Оценка несущей способности по результатам динамических испытаний

Проведен анализ и расчет несущей способности по грунту забивных железобетонных свай по результатам их испытаний динамическими нагрузками в процессе добивки. Испытания опытных забивных ж/б свай динамической нагрузкой, проведенные в процессе погружения, выполнялись с целью оценки несущей способности свай по грунту.

Методика проведения испытаний

Испытания динамическими нагрузками и расчеты несущей способности по результатам испытаний в процессе погружения выполнялись в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-94 и СП 24.1330.2011 «Свайные фундаменты» [23, 25]. Добивку свай производили последовательно залогом из 3-х и 5-ти ударов, с высотой подъема 0,60-0,70 м. За расчетный принят наибольший средний отказ. Испытанные динамическими нагрузками в процессе добивки забивные ж/б сваи сечением 35 x 35 см, длиной 14,0 м, были погружены при помощи гидромолота с весом ударной части 7,0 тонн и высотой подъема 0,20-0,40 м.

Результаты испытаний

Результаты испытаний опытных забивных ж/б свай в процессе погружения и добивки приведены в таблице, где указаны: сечение, длина, характеристика погружения сваи, средний фактический «отказ» при погружении, несущая способность и расчетная нагрузка в результате испытаний динамическим нагрузкам, грунт под острием испытанных свай.

Таблица 4. Оценка несущей способности по результатам динамических испытаний

№ сваи	сечение (см) длина (м)	абс. отм. острия (м)	отказ от посл. удара	проектная расчетная нагрузка (тонны)	Результаты испытаний свай статической нагрузкой			грунт под остриём сваи
					фактич. «отказ» в последнем залоге выс. подъема уд. части (м)	несущая способность сваи F_d (тонны)	расчетная нагрузка с учетом $\gamma_k=1,4$ (тонны)	
50	35 x 35 26,00	-22,5	1,67	92	0,0024 0,6	137	98	Супеси пластичные ИГЭ-12, 0,20/140

Результаты

На основании анализа погружения и результатов испытаний забивных ж/б свай динамической нагрузкой в процессе добивки, проведенных на объекте строительства, а также практики строительства в аналогичных грунтовых условиях, для забивных ж/б свай, сечением 35 x 35 см, полученная несущая способность по грунту F_d представлена в таблице 4.

6. Оценка несущей способности сваи по СНиП 2.02.03-85

Тип сваи - Забивные сваи всех видов

Коэффициент условий работы сваи в грунте $\gamma_c = 1$

Коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи $\gamma_{cR} = 1$

Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 28$ м

Глубина котлована $h_k = 0,1$ м

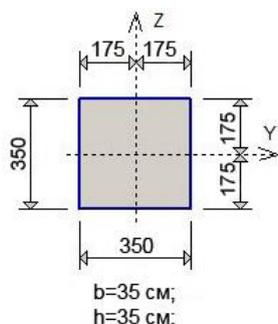


Рисунок 4. Сечение сваи

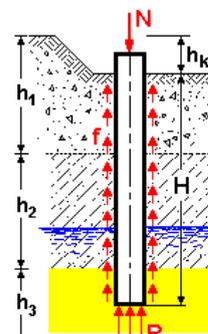


Рисунок 5. Схема свай

Таблица 5. Грунты

№	Толщ. слоя, м	Тип грунта	Показатель текучести I_L	Удельный вес, Т/м ³	Угол внутреннего трения, град	Коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности γ_{cf}
1	0,30	Почвенно-растительный слой				
2	0,60	Насыпные грунты: пески, супеси с гравием, растительными остатками	0,50	1,82	21	0,8
3	1,70	Суглинки легкие пылеватые серые с прослоями песка мягкопластичные	0,65	1,70	18	0,8
4	1,60	Суглинки тяжелые пылеватые серые неяснослоистые текучие	1,12	1,81	16	0,8
5	0,40	Слабозаторфованные грунты насыщенные водой	0,50	1,91	7	0,7
6	3,60	Суглинки тяжелые пылеватые серые неяснослоистые текучие	1,12	1,81	16	0,8
7	0,40	Слабозаторфованные грунты насыщенные водой	0,50	1,91	7	0,7
8	0,70	Суглинки тяжелые пылеватые серые неяснослоистые текучие	1,12	1,81	16	0,8
9	4,60	Суглинки тяжелые пылеватые коричневые ленточные текучие	1,07	1,81	14	0,8
10	1,90	Суглинки тяжелые пылеватые коричневые ленточные текучепластичные	1,00	1,72	14	0,8
11	2,80	Суглинки тяжелые пылеватые коричневые ленточные текучие	1,07	1,81	14	0,8
12	2,50	Суглинки легкие пылеватые темно-серые слоистые текучепластичные	0,95	1,70	14	0,8
13	5,40	Супеси песчаные серые с гравием, галькой с гнездами песка пластичные	0,20	1,65	17	0,8
14	3,60	Супеси песчаные серые с гравием, галькой с гнездами песка твердые	0,10	1,60	20	0,8
15	4,90	Глины пылеватые голубовато-зеленые дислоцированные твердые	0,20	1,95	23	0,7

Результаты расчета

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i),$$

где: $\gamma_c = 1$ - коэффициент условия работы сваи в грунте

$R = 692 \text{ м/м}^2$ - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи

$A = 0,123 \text{ м}^2$ - площадь поперечного сечения сваи

$u = 1,4 \text{ м}$ - наружный периметр поперечного сечения ствола сваи

$\gamma_{cr} = 1,0$ - коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи

$\gamma_{cf} = 0,8$ - коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности

f_i - расчетное сопротивление грунта по боковой поверхности (см. рисунок 3)

h_i - толщина слоя грунта (см. рисунок 3)

Таким образом, несущая способность сваи по грунту составляет:

$$F_d = 1 \times (1 \times 692 \times 0,123 + 1,4 \times 0,8 \times (0,16 \times 0,3 + 0,21 \times 0,6 + 0,25 \times 1,7 + 0,36 \times 1,6 + 0,56 \times 0,4 + 0,79 \times 3,6 + 0,9 \times 0,4 + 1,0 \times 0,7 + 1,2 \times 4,6 + 1,4 \times 1,9 + 1,5 \times 3,8 + 1,7 \times 2,5 + 1,8 \times 5,4 + 2,0 \times 3,6 + 2,1 \times 4,9) = 85,12 + 1,12 \times 50,64 = 141,84$$

Допустимая расчетная нагрузка на сваю составляет:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{141,84}{1,4} = 101,31 \text{ т}$$

7. Выводы

1. В ходе испытаний полученная несущая способность по грунту F_d :

- по методу динамического зондирования: $F_d = 137 \text{ т}$.
- по методу статического зондирования: $F_d = 144 \text{ т}$.
- по теоретическому методу: $F_d = 142 \text{ т}$.

2. Сопоставляя результаты, можно отметить, что статические испытания дают весьма точную информацию о несущей способности свай, однако чрезвычайно трудоемки. В силу разрушающего характера испытаний сваи не могут быть использованы в дальнейшем и подлежат выбраковке. Динамические испытания - более оперативны, менее трудоемки, чем статические. После проведения испытаний сваи не выбраковываются. Тем не менее, получаемые результаты в большинстве случаев не согласуются с результатами статических испытаний, оказываются приближенными, несущая способность свай не может быть определена с достаточной достоверностью [29-31].

3. Расхождения в значениях несущей способности по можно обосновать, рассматривая недостатки метода динамического испытания: такой метод может дать заниженный показатель несущей способности сваи. Динамические испытания свай не уместны на глинистых грунтах.

4. Результаты статического испытания достовернее результатов динамических испытаний. Метод статического испытания намного сложнее динамического испытания. Статическое зондирование используют, когда нет возможности испытать динамикой или динамика дала неудовлетворительный результат.

5. При проектировании свайного фундамента по актуальности идут следующие испытания:

1. натурные испытания свай статической нагрузкой;
2. статическое зондирование грунта;
3. динамическое испытание свай;
4. теоретический метод.

Динамическим зондированием обычно проверяют сваи на площадке в ходе выполнения строительно-монтажных работ.

Литература

1. Акбуляков М.А., Сычкина Е.Н., Пономарев А.Б. К вопросу расчета оснований свайных фундаментов, сложенных аргиллитами и песчаниками, с использованием материалов статического зондирования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2013. №1. С. 14-26.
2. Пономарев А.Б., Сычкина Е.Н. Сопоставление механических свойств аргиллитов раннепермского возраста по результатам полевых и лабораторных испытаний // Вестник МГСУ. 2013. № 2. С. 55-63.
3. Драновский А., Латыпов А. К интерпретации результатов статического зондирования грунтовых оснований // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 1 (13). С. 162-169.
4. Кулачкин Б.И. Экспериментально-теоретические исследования и разработка метода зондирования в инженерной геологии. Спец. 25.00.08. Дисс. на соиск. учен. степ. д.г.-м.н. М., 1990. 348 с.
5. Гольдфельд И.З., Смирнова Е.А. Взаимосвязь показателей статического зондирования грунтов установками первого и второго типов // Геотехника. 2012. № 2. С. 4-13.
6. Гольдфельд И.З., Смирнова Е.А. Графоаналитическая обработка результатов статических испытаний грунтов забивными сваями и зондированием // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2011. № 5. С. 35-40.
7. Панков А.А. Экспериментальная оценка информативности инженерно-геологических исследований // Разведка и охрана недр. 2009. № 8. С. 36-39.
8. Рыжков И.Б., Исаев О.Н. Статическое зондирование грунтов. М.: АСВ, 2010. 23, 88 с.
9. Зиангиров Р.С., Каширский В.И. Оценка деформационных свойств дисперсных грунтов по данным статического зондирования // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2005. № 1. С. 12-16.
10. Засорин М.С. Исследования влияния физико-механических свойств глинистых грунтов на прочностные свойства грунтобетона // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 5. С. 245-253.
11. Учебной практике по полевым методам инженерно-геологических, гидрогеологических, геокриологических, инженерно-геофизических и эколого-геологических исследований в Звенигороде 40 лет / Трофимов В.Т., Королев В.А., Лёхов А.В., Богословский В.А., Широков В.Н., Волохов С.С. // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2010. № 5. С. 63-69.
12. Аналитическая служба журнала «Инженерные изыскания». Статическое зондирование: тенденции и перспективы // Инженерные изыскания. 2010. № 6. С. 58-61.
13. Захаров М.С. Проблемы инновационного развития статического зондирования. СПб.: СПб ИГЭ РАН, МНЦ гидрогеоэкологии СПбГУ, Библиотека Академии наук (СПб.), 2010.
14. Рыхлова С.И., Черняк Э.Р., Каширский В.И. Сколько стоят инженерные изыскания? (Занимательная экономика) // Инженерные изыскания. 2010. № 4. С. 10-15.
15. Григорян Е.Ю. Практическое применение результатов статического и динамического зондирования для оценки вида лессового грунта и его прочностных характеристик (на примере Северо-Кавказского региона) // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 303. С. 220-223.
16. Галай Б.Ф. Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах. Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. 39 с.
17. Ершов А.В. Некоторые аспекты проектирования свайных фундаментов // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 2 (37). С. 76-85.
18. Ершов А.В. Методы определения несущей способности свай по данным статического зондирования // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 2. С. 77-85.
19. Каширский В.И. Динамическое зондирование в рамках классической механики и теории короткого удара // Вестник МГСУ. 2012. № 5. С. 202-212.
20. Бартоломей А. А., Омельчак И. М., Юшков Б. С. Прогноз осадок свайных фундаментов. М.: Стройиздат, 1994. 384 с.
21. Парамонов В. Н., Тихомирова Л. К. Изменение несущей способности забивных свай во времени // Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2000. №1. С. 127– 131.
22. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.

23. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
24. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
25. ГОСТ 56986-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.
26. Tsinker, G. P. Port engineering: planning, construction, maintenance and security. New Jersey: Harbors. Design and Construction, 2004. 881 p.
27. Van Impe W.F. Deformations of deep foundation // General Report X.ECSMFE. Florence, 1991. Pp. 2638-2640.
28. Van Impe W.F. Developments in pile design // DFI. Conference. Stressa, 1991. Pp. 2217-2234.
29. Tomlinson M. J., John Woodward. Pile Design and Construction Practice. Taylor & Francis, 2003. 432 p.
30. Poulos, H. G. Piled raft foundation: design and applications. Geotechnique, 51(2), 2001. 113 p.
31. Venkatramaiah C. Geotechnical engineering. New Age International, 2007. 926 p.

Bearing capacity of pile by the theoretical method, by methods of static and dynamic sounding

V.V. Maskaleva¹

Saint-Petersburg State Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Article history

Received 19 November 2013
Received in revised form 18 March 2014
Accepted 20 March 2014

Keywords

bearing capacity;
static sounding;
dynamic sounding;
driven pile;
pile testing;

ABSTRACT

The bearing capacity of single pile depends on the mechanical properties of the soil and the method of the device or a pile penetration. There are three methods of determining the bearing capacity of single piles: theoretical method, the dynamic method based on the results of the test pile driving and the method of static load test, which uses data obtained during loading pile static load sensing or soil.

The article discusses the current methods of pile testing. The aim of this study was to compare the values of the bearing capacity of the pile by methods of static and dynamic sounding and on the theoretical method. The study showed advantages of each of the methods.

¹

Corresponding author:
+7 (981) 167 1322, vera.maskaleva@gmail.com (Vera Vladimirovna Maskaleva, Graduate Student)

References

1. Akbulyakov M.A., Sychkina E.N., Ponomarev A.B. To the question of calculation of pile foundation base composed of claystones and sandstones using results of cone penetration tests // *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2013. №1. Pp. 14-26. (rus)
2. Ponomarev A.B., Sychkina E. N. Comparison of mechanical properties of the clay stone of the early permian age according to the results of field and laboratory tests // *Vestnik MGSU*. 2013. № 2. Pp. 55-63. (rus)
3. Dranovskiy A.N., Latypov A.I. To interpretation of results of static sounding of the soil bases // *Kazan State University of Architecture and Engineering news*. 2010. № 1 (13). Pp. 162-169. (rus)
4. Kulachkin B. I. *Ekspperimentalno-teoreticheskiye issledovaniya i razrabotka metoda zondirovaniya v inzhenernoy geologii* [Experimental and theoretical research and development of a method sensing engineering geology]. 25.00.08. Dissertation of D.Sc. M., 1990. 348 p. (rus)
5. Goldfeld I.Z., Smirnova E.A. Correlation between cone penetration soil test data using the devices of the first and the second types // *Geotekhnika*. 2012. № 2. Pp. 4-13. (rus)
6. Goldfeld I.Z., Smirnova Ye.A. *Grafoanaliticheskaya obrabotka rezultatov staticheskikh ispytaniy gruntov zabivnymi svayami i zondirovaniyem* [Graphoanalytical handling static-ground precast piles and probing] // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 2011. № 5. Pp. 35-40. (rus)
7. Pankov A. A. Experimental estimation of informativity of geological engineering investigations // *Prospect and protection of mineral resources*. 2009. № 8. Pp. 36-39. (rus)
8. Ryzhkov I.B., Isayev O.N. *Staticheskoye zondirovaniye gruntov* [Static ground sounding] M.: ASV, 2010. 23, 88 p. (rus)
9. Ziangirov R.S., Kashirskiy V.I. *Otsenka deformatsionnykh svoystv dispersnykh gruntov po dannym staticheskogo zondirovaniya* [Evaluation of deformation properties of fine-grained soil according to static probing] // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 2005. № 1. Pp. 12-16. (rus)
10. Zasorin M.S. *Issledovaniya vliyaniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv glinistykh gruntov na prochnostnyye svoystva gruntobetona* [Research on the influence of physical and mechanical properties of clay soils on the strength properties of soil-concrete] // *Mining Informational And Analytical Bulletin*. 2011. № 5. Pp. 245-253. (rus)
11. Practical training on field methods of engineering-geological, hydrogeological, geocryological, engineering-geo physical and ecological-geological studies in Zvenigorod is 40 years / Trofimov V. T., Korolev V. A., Lekhov A. V., Bogoslovsky V. A., Shirokov V. N., Volokhov S. S. // *Moscow University Geology Bulletin*. 2010. № 5. Pp. 63-69. (rus)
12. *Analiticheskaya sluzhba zhurnala «Inzhenernyye izyskaniya». Staticheskoye zondirovaniye: tendentsii i perspektivy* [Analytical service magazine "Surveying". Static sounding Trends and Prospects] // *Inzhenernyye izyskaniya*. 2. 2010. № 6. Pp. 58-61. (rus)
13. Zakharov M.S. *Problemy innovatsionnogo razvitiya staticheskogo zondirovaniya*. SPb.: SPbO IGE RAN, MNTs gidrogeoeologii SPbGU, Biblioteka Akademii nauk (SPb.) [Problems of innovative development of static probing. St. Petersburg.: IEG RAS St. Petersburg, St. Petersburg State University ISC hydrogeoeology, Library of the Academy of Sciences (St. Petersburg)], 2010. (rus)
14. Rykhlova S.I., Chernyak E.R., Kashirskiy V.I. *Skolko stoyat inzhenernyye izyskaniya? (Zanimatel'naya ekonomika)* [How much do engineering? (Interesting economics)] // *Inzhenernyye izyskaniya*. 2010. № 4. Pp. 10-15. (rus)
15. Grigoryan Yu.E. Practical application of results of static and dynamic sounding for an estimation of a kind of a loessial ground and its durability characteristics (on an example of the North-Caucasian region) // *Tomsk State University Journal*. 2007. № 303. Pp. 220-223. (rus)
16. Galay B.F. *Rekomendatsii po proyektirovaniyu i ustroystvu buronabivnykh gruntovykh svay, izgotovlennykh shnekovym sposobom v prosadochnnykh i slabnykh gruntakh*. Stavropol: Severo-Kavkazskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet [Recommendations for the design and the device ground bored piles made auger method in subsidence and weak soils. Stavropol: North Caucasus State Technical University], 2001. 39 p. (rus)
17. Ershov A. V. Some aspects of designing pile foundations // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2013. № 2 (37). Pp. 76-85. (rus)

18. Yershov A. V. The methods of calculating the piles bearing capacity using cone penetration test data // Vestnik grazhdanskikh ingenerov. 2010. № 2. Pp. 77-85. (rus)
19. Kashirskiy V.I. Dynamic sounding within the framework of classical mechanics and theory of high-intensity strikes // Vestnik MGSU. 2012. № 5. Pp. 202-212. (rus)
20. Bartolomey A. A., Omelchak I. M., Yushkov B. S. *Prognoz osadok svaynykh fundamentov* [Forecast sediment pile foundations] M.: Stroyizdat, 1994. 384 p. (rus)
21. Paramonov V. N., Tikhomirova L. K. *Izmeneniye nesushchey sposobnosti zabivnykh svay vo vremeni* [Variation of load capacity of driven piles in time] // *Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoye stroitelstvo*. 2000. №1. Pp. 127– 131. (rus)
22. GOST 19912-2001. *Grunty. Metody polevykh ispytaniy staticheskimi i dinamicheskimi zondirovaniyem*. [Soils. Field test methods static and dynamic sounding]. (rus)
23. SP 24.13330.2011. *Svaynyye fundamenty. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.03-85*. [Pile foundations. SNIP 2.02.03-85 updated edition]. (rus)
24. GOST 20522-96. *Grunty. Metody statisticheskoy obrabotki rezultatov ispytaniy*. [Soils. Statistical treatment of test results]. (rus)
25. GOST 56986-94. *Grunty. Metody polevykh ispytaniy svayami*. [Soils. Field test methods piles]. (rus)
26. Tsinker, G. P. Port engineering: planning, construction, maintenance and security. New Jersey: Harbors. Design and Construction, 2004. 881 p.
27. Van Impe W.F. Deformations of deep foundation // General Report X.ECSMFE. Florence, 1991. Pp. 2638-2640.
28. Van Impe W.F. Developments in pile design // DFI. Conference. Stressa, 1991. Pp. 2217-2234.
29. Tomlinson M. J., John Woodward. *Pile Design and Construction Practice*. Taylor & Francis, 2003. 432 p.
30. Poulos, H. G. Piled raft foundation: design and applications. *Geotechnique*, 51(2). 2001.113 p.
31. Venkatramaiah C. *Geotechnical engineering*. New Age International, 2007. 926 p.