“AZƏRTUNELSUTİKİNTİ”MəhdudMəsuliyyətliCəmiyyət
“AZERTUNELSUTİKİNTİ”LimitedLiabilityCompany

AZ1032,Bakış-i,Xetai r-nu,M.Hadik-si,136 Giriş“J”,m1

E-mail:info@azertunelsutikinti.com

Методика статических испытаний буронабивной сваи на вдавливающую нагрузку (тестовые испытания)

БАКУ - 2022

1. Введение

Статические испытания буронабивных свай на вдавливающую и выдергивающую нагрузки - комплекс мероприятий, проводимых для проверки соответствия несущей способности свай расчетным нагрузкам, указанным в проекте строящегося инженерного сооружения. Суть процедуры испытаний заключается в том, что гидравлический домкрат прикладывает нагрузки на сваи, постепенно поэтапно увеличивая приложенную нагрузку. Данные, наблюдаемые на каждом этапе по показаниям приборов, фиксируются, и на основании этих статических показателей делается вывод о соответствии проекту принятого поперечного сечения сваи и глубины ее забивки. Испытания свай проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012.

2. Информация об испытываемой (тестовой) свае

Район проведения тестовых испытаний:	Свая № 74 на опоре А2 строящегося моста через реку Вельвели-чай на магистральной автомобильной дороге Баку-Госграница Российской Федерации
Марка испытываемой сваи по проекту	3540-ST001I-PL022A (No 74)
№ анкерных свай по проекту:	3540-ST001I-PL015A(No 73) / 3540-ST001I-PL030A (No 75)
Диаметр испытываемой сваи:	1200 мм
Глубина забивки испытываемой сваи:	18 м
Максимальная тестовая нагрузка:	375 тонн
Проектная (рабочая тестовая) нагрузка:	250 тонн
Максимальная нагрузка, приходящаяся на одну анкерную сваю:	375/2 = 187,5 тонн
Диаметр анкерной сваи:	1200 мм
Дата начала проведения тестовых испытаний:	29.04.2022
Дата окончания проведения тестовых испытаний:	30.04.2022

3. Оборудование и приборы.

Для проведения испытаний сваи статической вдавливающей и статической растягивающей нагрузками используется следующие оборудование и приборы:
1. Специальная автоматическая гидравлическая насосная станция - 1 комплект
2. Модуль гидравлического домкрата для нагружения сваи - 1 комплект
3. Тестовый наголовник сваи (диаметр соответствует диаметру сваи) - 1 комплект
4. РВД (шланги высокого давления) с муфтами и фитингами - 3 комплекта
5. Грузовая платформа из стальных балок, соединенных с анкерными сваями - 1 комплект
6. Штангенциркуль (для измерения деформаций) - 2 комплекта
7. Манометр - 1 комплект
8. Трубы и арматурные стержни стальные - 2 комплекта

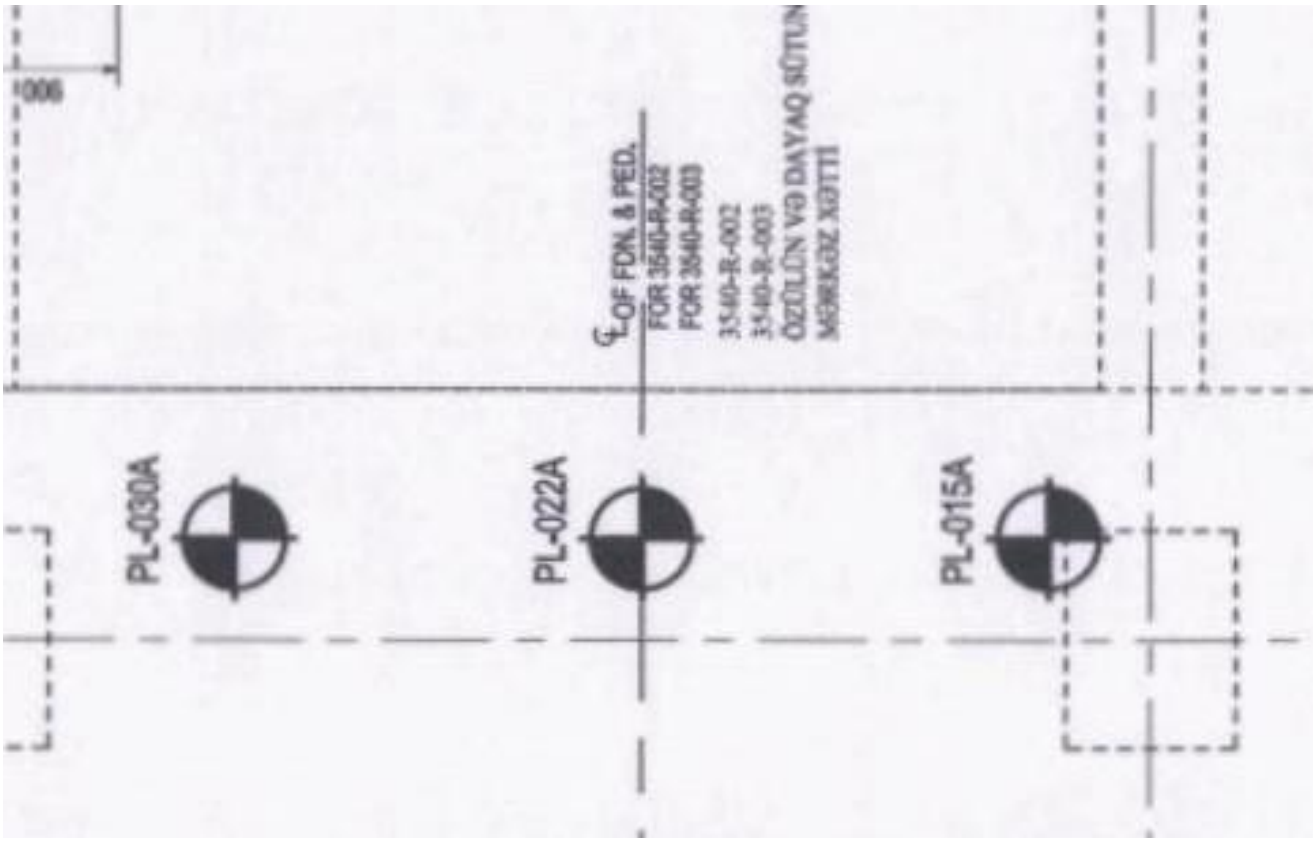


Рис. 1. Расположение тестируемой сваи и анкерных свай для проведения испытаний на статическую вдавливающую и статическую выдергивающую нагрузки (фрагмент рабочего проекта)

4. Установка для проведения статических испытаний буронабивной сваи на вдавливающую и выдергивающую нагрузки.

Основные элементы установки для проведения испытаний – это анкерные сваи, грузовая платформа и гидравлический домкрат. Гидравлический домкрат создает статическое давление (тяговое усилие). Тестируемая свая посредством стальной тяговой системы (грузовой платформы) крепится к анкерным сваям, расположенным по обеим сторонам тестируемой сваи (рисунки 2, 3).

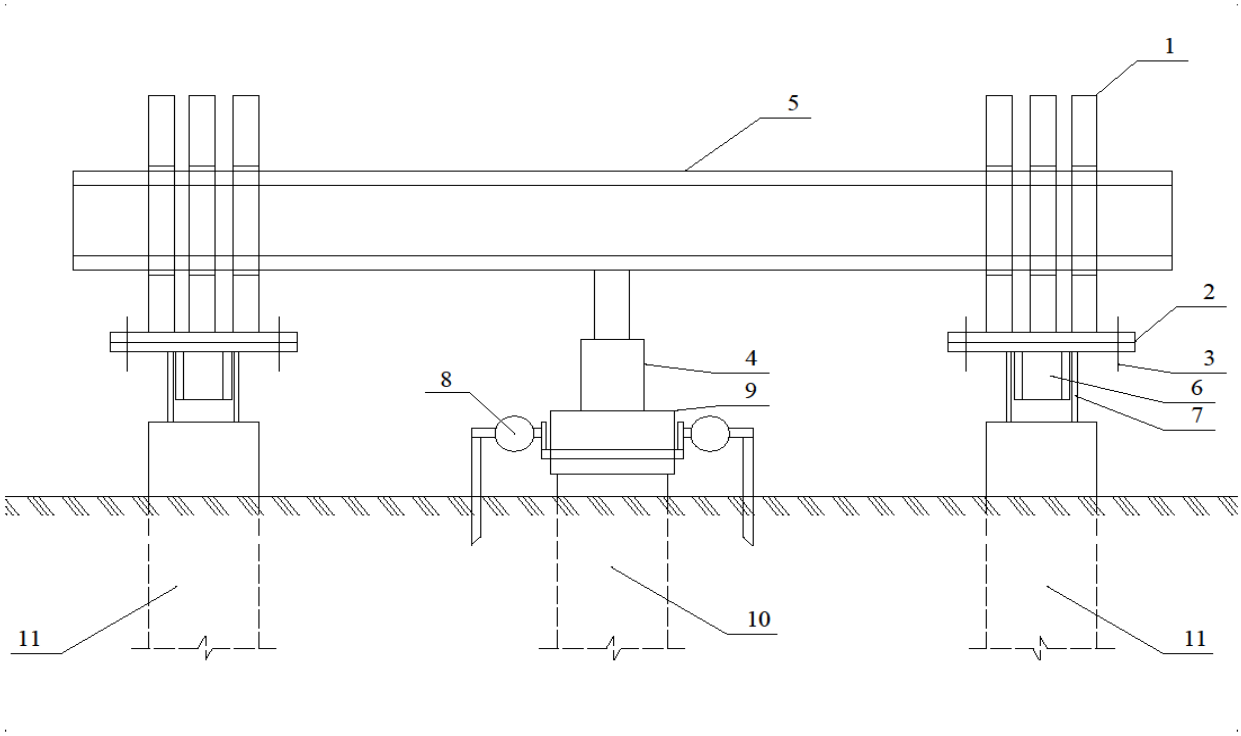


Рис. 2. Схема установки для проведения испытаний сваи статической вдавливающей нагрузкой

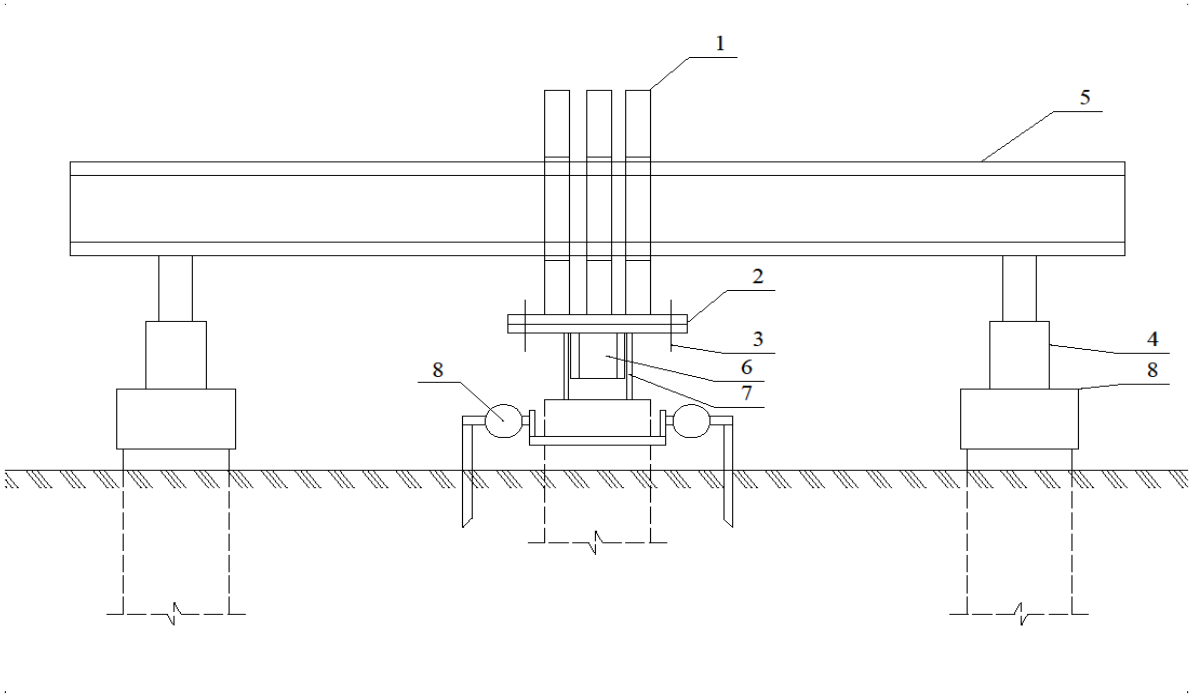


Рис. 3. Схема установки для проведения испытаний сваи статической выдергивающей нагрузкой

Пояснения к схемам:

1- Траверсы;
2- Фланец;
3- Болты крепления фланца;
4- Гидравлический домкрат;
5- Грузовая платформа (состоит из стальных балок двутаврового сечения);
6- Узел соединения с арматурным каркасом сваи (состоит из стальной трубы и арматурных стержней, приваренных к арматурному каркасу сваи);
7- Арматурный каркас испытываемой сваи (для вдавливающих нагрузок) и анкерных свай (для выдергивающих нагрузок);
8- Измерительные приборы (в том числе стационарные и подвижные части приборов, а также штангенциркуль);
9- Стальной наголовник сваи;
10- Испытываемая буронабивная свая;
11- Анкерные буронабивные сваи.

5. Порядок проведения испытаний на статическую вдавливающую нагрузку и расчет соединения тестируемой сваи к системе нагружения.

1) Порядок проведения испытаний

Максимальная статическая вдавливающая нагрузка на сваю составляет 375 тонн, расчетная рабочая нагрузка на сваю равна 250 т. Испытание на статическое давление должно проводиться следующими этапами.

Опорная система посредством стального наголовника будет установлена на тестовую сваю и приварена к арматурным каркасам анкерных свай.

Первый этап

• Нагрузка на сваю будет поэтапно увеличиваться на 25% от проектной нагрузки с 30 минутными перерывами на стабилизацию до 125% . За время тестирования скорость осадки сваи не должна превышать 0,25 мм для каждой стадии нагружения, а время нагружения сваи до 100 % не должно превышать 2 часов.

• Когда нагрузка на сваю достигнет 125% предусматреть перерыв на 6 часов,

• Разгрузка сваи проводится в 4 этапа, каждый раз уменьшая проектную нагрузку на 25% с перерывами по 15 минут.

• После разгрузки сваи до 0% необходимо предусмотреть перерыв на 1 час и выполнить замеры.

Второй этап

• Нагрузить сваю до 125% от проектной нагрузки и подождать 30 минут.

• Повысить нагрузку на сваю до 150% от проектной нагрузки.

• Подождать 6 часов при загрузке сваи на 150% и выдержать сваю под нагрузкой в течение 12 часов, если скорость оседания сваи не превышает 0,25 мм в течение 1 часа. Если и далее скорость оседания сваи не превышает 0,25 мм за 1 час, ее следует выдержать под нагрузкой еще 12 часов.

• Разгрузку сваи проводить в 4 этапа, каждый раз уменьшая проектную нагрузку на 25% с перерывами по 15 минут.

• После разгрузки сваи до 0% необходимо предусмотреть перерыв на 1 час и выполнить замеры.

2) Проверка прочности соединения сваи к грузовой системе на выдергивание:

Максимальная нагрузка на 1 анкерную сваю - $T_{анк}$ = 187,5 тонн

При приложении усилия на 10 арматурных стержней диаметром 28мм на 1 стержень приходится нагрузка T = 187,5 / 10 = 18,75 тонны

Площадь поперечного сечения $A_{sec-T28}$ = 6,158 см2

Проверяем прочность арматуры на растягивание:

$T/A_{сек-T25}$ = 18,75/6,158 = 3,04 т/см2 < 3,671 т/см2 – условие прочности выполнено.

3) Проверка условного предела текучести арматурных стержней, соединенных к системе нагружения:

Максимальная нагрузка на 1 анкерную сваю - $T_{анк}$ = 187,5 тонн

При приложении усилия на 10 арматурных стержней диаметром 28мм на 1 стержень приходится нагрузка T = 187,5 / 10 = 18,75 тонны

Площадь поперечного сечения $A_{sec-T28}$ = 6,158 см2

В этом случае

$T/ A_{sec-T28}$ = 18,75/6,158 = 3,04 т/см2 < 4,0 т/см2 – условие прочности выполнено.

4) Проверка прочности сварного соединения арматуры, соединяемой к системе нагружения

Условный предел текучести сварочного материала принят равным 380 МПа= 3,875 т/см2
Допустимая прочность на растяжение σ k = 1,1 т/см2
Принимаемое поверхностное сопротивление σ k = 0,9 т/см2
Длина сварного шва L = 20 см + 20 см (сварка производится двухсторонняя)
Толщина сварного шва t = 8 мм
Расчетная длина сварного шва L'=20-2*0,8=18,4 см.
Прочность одностороннего сварного шва
σ k x L' x t = 0,9 т/см2 x 18,4 см x 0,8 см = 13,2 т
13,2 x 2 = 26,4 т > 18,7 т - максимальная нагрузка на сваю
Условие прочности сварного шва выполнено.

5. Таблица результатов испытаний

Результаты испытаний сваи на статическую вдавливающую нагрузку.		
Габаритные размеры испытываемой буронабивной сваи	**D=1,2м** **L=18м**	**Дата и время начала испытаний:** **29.04.2022, 11:00 часов** **Дата и время завершения испытаний:** **30.04.2022, 06:50 часов**
Местоположение сваи:	**Мост через реку Вельвели-чай на магистральной автомобильной дороге Баку-Госграница Российской Федерации**	**Заказчик:** **Подрядчик:**
Всего затрачено времени (часов)	**18 час 45мин**	**Инженер: Имамвердиев Р.С.**
Проектная (рабочая) нагрузка на сваю	**2500кН**	**Организация, ведущая испытания:** **ООО «Азертунелсутикинти»**
Максимальная тестовая нагрузка	**3750кН**	

Прило-женная нагрузка в процентах от проектной нагрузки	**Затраченное время**			**Величина приложенной нагрузки**		**Результаты испытаний**						
						Испытываемая свая					**Анкерные сваи**	
	Реальное время	**Всего времени затрачено**	**Интервал времени**	**кН**	**Бар**	**1**	**2**	**3**	**4**	**Среднее значение**	**1**	**2**
25%	11:00	0:00:00	0:00	62,5	6,25	0.1	0.00	0.08	0.04	0.06	0.03	0.02
	11:05	0:05:00	0:05:00	62,5	6,25	0.10	0.00	0.08	0.04	0.05	0.03	0.02
	11:20	0:20:00	0:15:00	62,5	6,25	0.10	0.00	0.08	0.04	0.05	0.03	0.02
	11:35	0:30:00	0:15:00	62,5	6,25	0.09	0.00	0.08	0.04	0.05	0.04	0.02

50%	11:35	0:30:00	0:00	125,0	12,5	0.24	0.00	0.19	0.16	0.15	0.02	0.02
	11:40	0:35:00	0:05:00	125,0	12,5	0.24	0.00	0.19	0.16	0.15	0.02	0.02
	11:50	0:45:00	0:10:00	125,0	12,5	0.24	0.00	0.19	0.16	0.15	0.03	0.00
	12:05	1:00:00	0:15:00	125,0	12,5	0.24	0.00	0.19	0.16	0.15	0.03	0.00
75%	12:05	1:00:00	0:00:00	187,5	18,75	0.23	0.00	0.19	0.16	0.15	0.05	0.02
	12:10	1:05:00	0:05:00	187,5	18,75	0.17	0.00	0.12	0.16	0.12	0.10	0.08
	12:20	1:15:00	0:10:00	187,5	18,75	0.31	0.04	0.18	0.19	0.18	0.19	0.18
	12:35	1:30:00	0:15:00	187,5	18,75	0.31	0.04	0.18	0.19	0.18	0.20	0.20
100%	12:35	1:30:00	0:00:00	250,0	25,0	0.31	0.04	0.14	0.20	0.17	0.30	0.29
	12:40	1:35:00	0:05:00	250,0	25,0	0.31	0.04	0.14	0.20	0.17	0.30	0.30
	12:50	1:45:00	0:10:00	250,0	25,0	0.31	0.04	0.14	0.20	0.17	0.30	0.30
	13:05	2:00:00	0:15:00	250,0	25,0	0.34	0.04	0.14	0.20	0.18	0.30	0.30
125%	13:05	2:00:00	0:00:00	312,5	31,25	0.58	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.42
	13:10	2:05:00	0:05:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.44
	13:20	2:15:00	0:10:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	13:35	2:30:00	0:15:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	14:05	3:00:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	14:35	3:30:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	15:05	4:00:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	15:35	4:30:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	16:05	5:00:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	16:35	5:30:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.34	0.43
	17:05	6:00:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.50	0.34	0.36	0.44	0.34	0.49
	17:35	6:30:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.50	0.34	0.36	0.44	0.50	0.51
	18:05	7:00:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.54	0.53
	18:35	7:30:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.55	0.54
	19:05	8:00:00	0:30:00	312,5	31,25	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.56	0.51
100%	19:05	8:00:00	0:00:00	250,0	25,0	0.34	0.39	0.02	0.09	0.21	0.53	0.49
	19:10	8:05:00	0:05:00	250,0	25,0	0.34	0.39	0.02	0.09	0.21	0.53	0.48
	19:20	8:15:00	0:10:00	250,0	25,0	0.34	0.39	0.02	0.09	0.21	0.53	0.48
75%	19:20	8:15:00	0:00:00	187,5	18,75	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
	19:25	8:20:00	0:05:00	187,5	18,75	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
	19:35	8:30:00	0:10:00	187,5	18,75	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44

50%	19:35	8:30:00	0:00:00	125,0	12,5	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
	19:40	8:35:00	0:05:00	125,0	12,5	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
	19:50	8:45:00	0:10:00	125,0	12,5	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
25%	19:50	8:45:00	0:00:00	62,5	6,25	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	20:55	8:50:00	0:05:00	62,5	6,25	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	21:05	9:00:00	0:10:00	62,5	6,25	0.13	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
0%	21:05	9:00:00	0:00:00	0,0	0,0	0.14	0.14	0.45	0.31	0.19	0.41	0.38
	21:10	9:05:00	0:05:00	0,0	0,0	0.14	0.14	0.45	0.31	0.19	0.40	0.38
	21:20	9:15:00	0:10:00	0,0	0,0	0.13	0.11	0.42	0.28	0.17	0.37	0.36
	21:35	9:30:00	0:15:00	0,0	0,0	0.14	0.14	0.45	0.31	0.19	0.41	0.38
	22:05	10:00:00	0:30:00	0,0	0,0	0.14	0.14	0.45	0.31	0.19	0.40	0.38
125%	22:05	10:00:00	0:00:00	312,5	31,25	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
	22:10	10:05:00	0:05:00	312,5	31,25	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
	22:20	10:15:00	0:10:00	312,5	31,25	0.17	0.39	0.14	0.04	0.09	0.46	0.44
150%	22:35	10:30:00	0:00:00	375,0	37,5	0.58	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.42
	22:40	10:35:00	0:05:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.44
	22:50	10:45:00	0:10:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	23:05	11:00:00	0:15:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	23:35	11:30:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	00:05	12:00:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	00:35	12:30:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	01:05	13:00:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	01:35	13:30:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	02:05	14:00:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.44	0.43
	02:35	14:30:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.50	0.34	0.36	0.44	0.47	0.49
	03:05	15:00:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.50	0.34	0.36	0.44	0.50	0.51
	03:35	15:30:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.54	0.53
	04:05	16:00:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.55	0.54
	04:35	16:30:00	0:30:00	375,0	37,5	0.59	0.49	0.34	0.36	0.44	0.56	0.51
125%	04:35	16:30:00	0:00:00	312,5	31,25	0.27	0.39	0.34	0.34	0.34	0.46	0.44
	04:40	16:35:00	0:05:00	312,5	31,25	0.27	0.39	0.34	0.34	0.34	0.46	0.44
	04:50	16:45:00	0:10:00	312,5	31,25	0.27	0.39	0.32	0.32	0.33	0.46	0.44
100%	04:50	16:45:00	0:00:00	250,0	25,0	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38

	04:55	16:50:00	0:05:00	250,0	25,0	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	05:05	17:00:00	0:10:00	250,0	25,0	0.13	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
75%	05:05	17:00:00	0:00:00	187,5	18,75	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	05:10	17:05:00	0:05:00	187,5	18,75	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	05:20	17:15:00	0:10:00	187,5	18,75	0.13	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
50%	05:20	17:15:00	0:00:00	125,0	12,5	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	05:25	17:20:00	0:05:00	125,0	12,5	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	05:35	17:30:00	0:10:00	125,0	12,5	0.13	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
25%	05:35	17:30:00	0:00:00	62,5	6,25	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	05:40	17:35:00	0:05:00	62,5	6,25	0.14	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
	05:50	17:45:00	0:10:00	62,5	6,25	0.13	0.15	0.44	0.31	0.18	0.41	0.38
0%	05:50	17:45:00	0:00:00	0,0	0,0	0.12	0.13	0.15	0.14	0.14	0.41	0.38
	05:55	17:50:00	0:05:00	0,0	0,0	0.12	0.14	0.14	0.12	0.13	0.41	0.38
	06:05	18:00:00	0:10:00	0,0	0,0	0.11	0.13	0.13	0.11	0.12	0.41	0.38
	06:20	18:15:00	0:15:00	0,0	0,0	0.10	0.12	0.11	0.11	0.11	0.41	0.38
	06:50	18:45:00	0:30:00	0,0	0,0	0.09	0.07	0.08	0.09	0.08	0.41	0.38

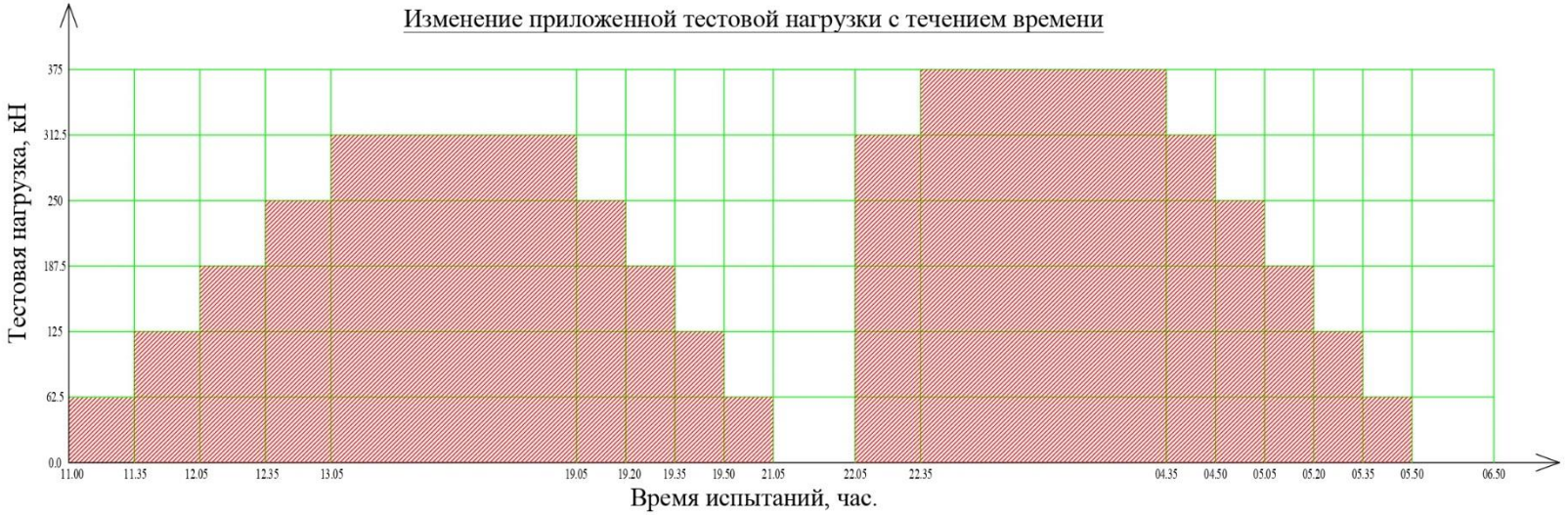
Примечания

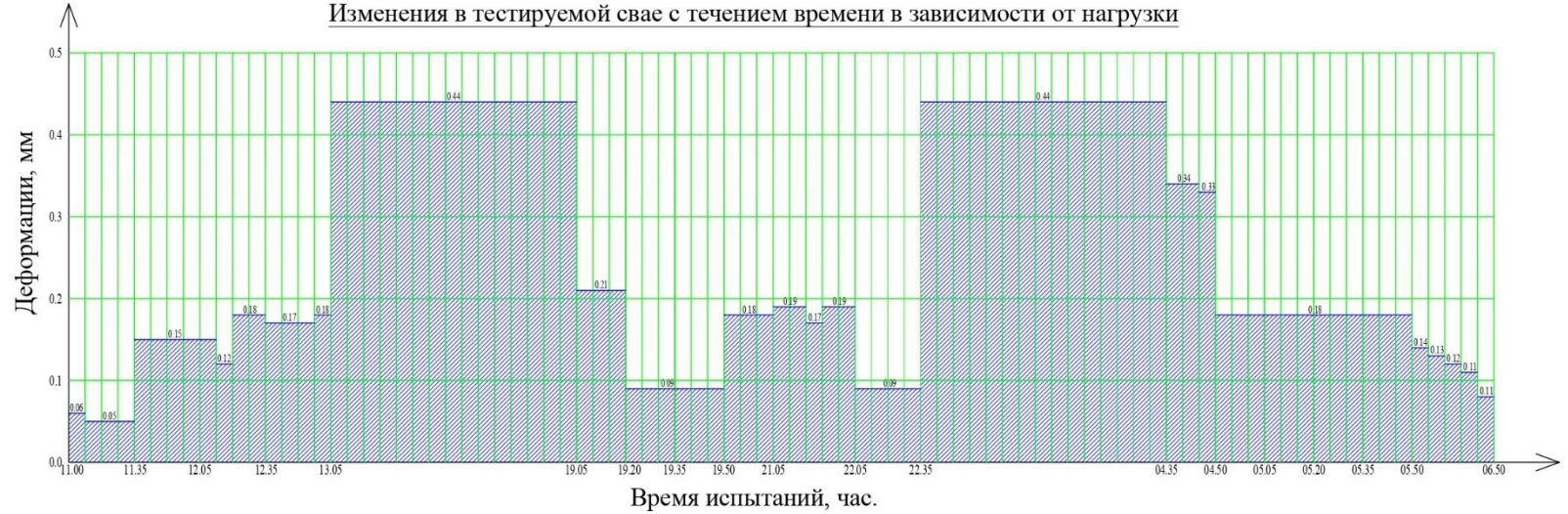
Испытание проводят с интервалом не более 15 минут до стабилизации нагрузки, а время нагрузки не должно превышать 2 часов. Стабилизация считается достигнутой, когда скорость осадки сваи, измеренная в течение не менее 15 мин при постоянной нагрузке, составляет менее 0,25 мм/ч.

6. Выводы

Во время проведения испытаний тестовая нагрузка была увеличена до 3750 кН (150 % от проектной нагрузки на сваю). Свая, испытанная при этой максимальной испытательной нагрузке, в конце фазы нагружения дала осадку до 0,44 мм. После снятия нагрузки со сваи наблюдалась деформация 0,14 мм. Результаты испытаний представлены на рисунке 1 в виде диаграммы.

Согласно проектной документации максимально допустимая деформация сваи может составлять 0,90 мм, и результаты проведенных испытаний соответствуют установленным критериям прочности сваи на статическую вдавливающую нагрузку.


Изменение приложенной тестовой нагрузки с течением времени
Тестовая нагрузка, кН
375
312.5
250
187.5
125
62.5
0.0
11.00
11.35
12.05
12.35
13.05
19.05
19.20
19.35
19.50
21.05
22.05
22.35
04.35
04.50
05.05
05.20
05.35
05.50
06.50
Время испытаний, час.


Изменения в тестируемой свае с течением времени в зависимости от нагрузки
Деформации, мм
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0.06
0.05
0.15
0.12
0.18
0.17
0.18
0.44
0.21
0.09
0.18
0.19
0.17
0.19
0.09
0.44
0.34
0.33
0.18
0.18
0.14
0.13
0.12
0.11
0.11
11.00
11.35
12.05
12.35
13.05
19.05
19.20
19.35
19.50
21.05
22.05
22.35
04.35
04.50
05.05
05.20
05.35
05.50
06.50
Время испытаний, час.