УДК624.13

ПРИНЦИПЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ СДВИГУ ВДОЛЬ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВАИ

Логинова Л.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Испытаниями грунтов сваями по стандартной методике [2] предусмотрены измерения перемещения только верхнего торца сваи, что не позволяет раздельно определить сопротивление грунта трению по боковой поверхности и сжатию под ее острием.

Методика циклически-возрастающей нагрузки с последующей разгрузкой каждой ступени дает возможность определить силы бокового трения вдоль отдельных участков ствола. По результатам испытаний вычисляют упругую составляющую осадки s_y и строят графики зависимости $s_y=f(P)$, по которым находят предельное значение нагрузки P_f, уравновешенное силами трения при сохранении неподвижности ствола сваи (рис.1).

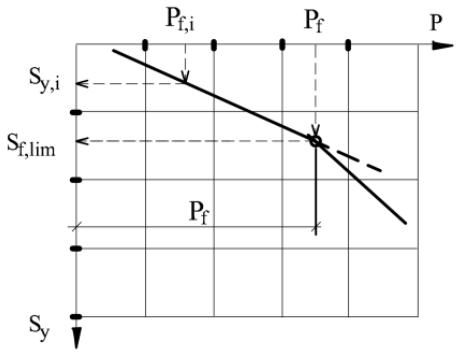

Рис.1. График зависимости $s_y=f(P)$.

В опубликованных работах [3,4,5] длину ствола, в пределах которого происходит его упругое сжатие под действием приложенной нагрузки, и сил сопротивления грунтов по боковой поверхности определяли, используя закон Гука.

Среднее значение модуля упругости материала сваи $E_б$ можно вычислить по величине упругого сжатия ствола s_y, при предельном сопротивлении по боковой поверхности P_f. Эта величина для каждой сваи имеет свои значения и зависит от различных факторов: состава бетона, процента армирования, условий изготовления, возраста бетона и др. факторов.

$$E_б = \frac{0,5 \cdot P_f \cdot l_{св}}{A \cdot s_y} \qquad (1)$$

P_f - нагрузка, уравновешенная силами трения; $l_{св}$- длина ствола сваи; A - площадь поперечного сечения сваи; s_y - упругая деформация ствола сваи.

Зная модуль упругости сваи, условно принимая его равномерным по всей длине, определяется длина сжатого участка ствола сваи для любой ступени нагрузки по зависимости:

$$l_i = \frac{E_б \cdot A \cdot s_{y,i}}{0,5 \cdot P_{f,i}}, \qquad (2)$$

где, P_f, A и s_y, то же, что в формуле 1.

По построенному [3] графику, для любого фрагмента длины сваи $\Delta l_{f,i}$, можно определить силы бокового трения.

Данному участку длины соответствует приращение нагрузки $\Delta P_{f,i}$. Тогда трение по боковой поверхности для данного фрагмента будет равно:

$$\Delta f_i = \Delta P_{f,i} / \Delta l_{f,i} \cdot u, \qquad (3)$$

где $\Delta l_{f,i} \cdot u$ - площадь боковой поверхности где u - периметр сваи.Значение Δf_i можно определять в пределах каждого инженерно-геологического элемента.

Ниже приведены результаты определения сил бокового трения на отдельных участках длины ствола по результатам исследований, выполненных в г. Ильичевске по ул. К. Маркса,13, Одесской области. Испытаны две сваи №77 и 188 сечением 0,35×0,35, длиной 16 м через 33 и 69 суток после их забивки дизельмолотом [3]. На рис. 2. показан график упругой составляющей осадки от нагрузки.

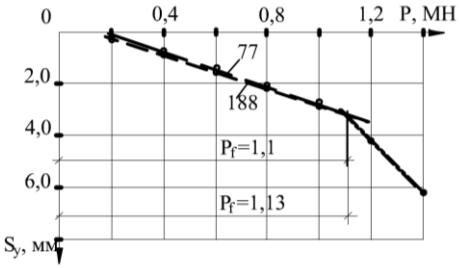

Рис. 2. График зависимости $s_y=f(P)$ для свай №77и №188.

Результаты расчетов приведены в таблице 1 .

Таблица 1

Параметры деформирования ствола сваи и ее основания.

№ сваи (продолжи-тельность отдыха)	P, МН	s_y, мм	l_f, см	ΔP_i, кН	$\Delta l_{f,\,i}$, см	f_i, кПа
77 (33сут)	0,2	0,19	464	200	464	31,5
	0,4	0,72	937	200	473	30,2
	0,6	1,42	1238	200	301	47,5
	0,8	2,23	1470	200	234	61,0
	1,1	3,22	1546	300	74	288
	-	-	-	1100	1546	50,9
188 (69 сут)	0,2	0,29	699	200	699	20,4
	0,4	0,85	1052	200	353	40,5
	0,6	1,60	1336	200	284	50,3
	0,8	2,26	1419	200	83	172
	1,13	3,46	1540	330	121	195
	-	-	-	1130	1540	52,4

Значения трения по боковой поверхности сваи на участках ее длины можно определить по зависимости относительной деформации упругого сжатия ствола от нагрузки (ε). Применив методику испытаний циклически-возрастающей нагрузки, была определена величина предельного значения сопротивления грунта сдвигу P_f, соответствующая точке перелома зависимости $s_y=f(P)$, когда к упругим деформациям сваи добавляется упругое сжатие грунта, залегающего ниже ее подошвы (рис.1).

Отношение упругой части осадки, при предельном сопротивлении сдвигу вдоль боковой поверхности к длине сваи является относитель-

ной деформацией упругого сжатия ствола. Ее зависимость от нагрузки в упругой стадии деформирования является прямолинейной от начала координат до точки соответствующей нагрузке на сваю равной P_f (рис.3), значение которой определяется по формуле:

$$\varepsilon_{y,lim} = s_{y,lim} / l_{св} \qquad (4)$$

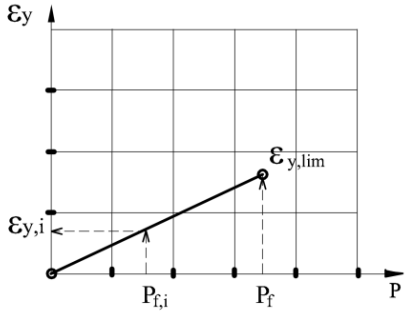

Рис.3. График зависимости $\varepsilon_y = f(P)$

По графикам рис. 1 и 3 для любого значения $P_{f,i}$ находим длину сжатого участка сваи по значениям $s_{y,i}$ и $\varepsilon_{y,i}$ по зависимости (4):

По результатам испытаний свай №77 и №188 строим графики зависимости относительной деформации упругого сжатия ствола от нагрузки рис. 4, расчет значений силы трения вдоль боковой поверхности сваи приведен в табл.2.

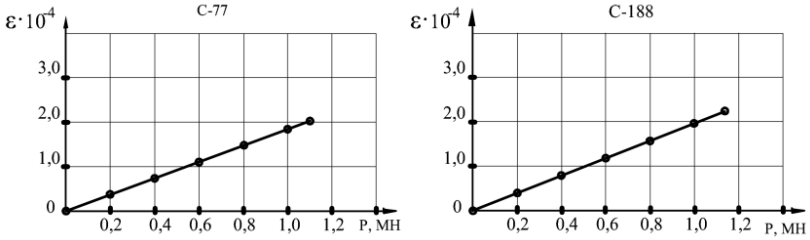

Рис.4. График зависимости $\varepsilon_y = f(P)$ для свай №77 и №188

Таблица 2

Параметры деформирования ствола сваи и ее основания.

№ сваи (продолжительность отдыха)	P, МН	s_y, мм	$\varepsilon \cdot 10^{-4}$	l_f, см	ΔP_i, кН	$\Delta l_{f,i}$, см	f_i, кПа
77 (33сут)	0,2	0,19	0,37	513	200	513	27,8
	0,4	0,72	0,75	960	200	447	31,9
	0,6	1,42	1,12	1267	200	307	46,5
	0,8	2,23	1,48	1506	200	239	
	1,1	3,22	2,07	1546	300	40	179
	-	-	-	-	1100	1546	50,9
188 (69 сут)	0,2	0,29	0,41	707	200	707	20,2
	0,4	0,85	0,78	1089	200	382	37,4
	0,6	1,60	1,19	1344	200	255	56,0
	0,8	2,26	1,58	1428	200	86	166,1
	1,13	3,46	2,24	1540	330	110	214,3
	-	-	-	-	1130	1540	52,4

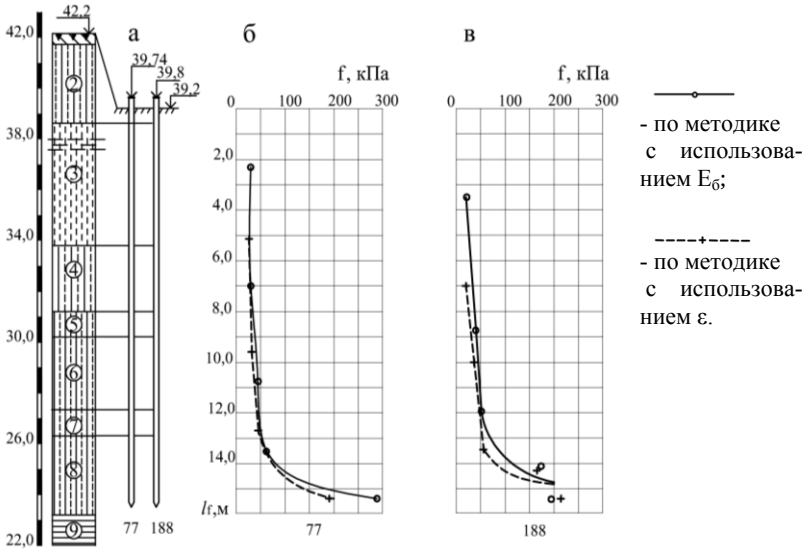

Рис.5. Графики распределения сил бокового трения по глубине после длительного «отдыха»: а) геологическое строение; б, в) графики изменения сил бокового трения по длине, соответственно для свай №77 и №188.

Выводы:

1. Применение методики циклически-возрастающей нагрузки позволяет построить зависимость упругой составляющей осадки сваи от нагрузки, по которой определяется предельное значение трения вдоль боковой поверхности P_f.

2. По значению предельной нагрузки P_f, уравновешенной силами трения, и соответствующей ему упругой составляющей осадки s_y определяется модуль упругости бетона сваи, который используется для дифференцированного определения сил трения вдоль ствола сваи.

3. В данной статье предложен новый метод определения сил трения с использованием значений упругих относительных деформаций ствола. Результаты значений сил трения по боковой поверхности ствола, полученные по двум методикам, свидетельствуют о близкой сходимости.

Summary:

The method and results of the determination of shear resistance in some areas the side surface with the use of the modulus of elasticity of concrete piles and the strain of elastic compression of its trunk on the load.

Литература

1. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд «Основні положення проектування» – Київ.: Минрегіонбуд України, 2009. – 102 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., Новский А.В., Ткалич А.П., Василевская Л.А. Дифференциальный подход к оценке повышения сил трения по боковой поверхности свай во времени. // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. - Випуск 19. - Полтава. – 2007. – С.114-120.

4. Тугаенко Ю.Ф., Ткалич А.П. Результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния системы «свая - грунты основания» // Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях.- Труды международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию БашНИИстроя. Том 1. Свайные фундаменты. Уфа.- 2006.-С.142-147.

5. Тугаенко Ю.Ф., Ткалич А.П., Генералов А.И., Василевская Л.А. Определение параметров деформирования грунтов при исследованиях их сваями // Будівельні конструкції. - Випуск 63. Будівельні конструкції. – К.: - НДІБК. - 2005. - С. 275-278.