

РАЗВИТИЕ ДЕФОРМАЦИЙ В СИСТЕМЕ СВАЯ - ГРУНТЫ ОСНОВАНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВДАВЛИВАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

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

Приведены результаты исследований процессов нарастания деформаций в стержне сваи и грунтах основания от действия вертикальной, вдавливающей нагрузки, полученные в результате применения методики циклически возрастающей нагрузки.

Полевыми исследованиями установлен факт последовательного включения сваи в процесс деформирования [1]. С каждой ступенью нагрузки увеличивается длина сжатого участка. Эта длина зависит от величины нагрузки и уравнивающих ее сил трения по боковой поверхности. Нагрузка на сваю, равная предельному значению сил бокового трения, вызывает деформирование всей длины ствола при сохранении его неподвижности относительно окружающего грунта. При этом в стержне сваи наблюдаются как упругие, так и остаточные деформации.

Модуль упругости бетона определяемый по величине упругого сжатия ствола не является величиной постоянной и для каждой сваи имеет свои значения, зависящие от состава бетона, условий его изготовления, укладки, твердения и многих других факторов [2].

Применением методики приложения циклически возрастающей нагрузки получены дополнительные параметры совместного деформирования сваи и окружающих ее грунтов основания. Ее отличие от стандартной заключается в снятии нагрузки после каждой ступени загрузки, с измерением остаточной составляющей деформации.

Исследования по приведенной методике выполнены на участке строительства комплекса многоэтажных зданий в г.Ильичевске, Одесской области. Геологическое строение участка застройки представлено лессовой толщей. Ниже дна котлована залегают следующие инженерно - геологические элементы: 2. Суглинок лессовый, желто-бурый - 0,5 м.; 3. Супесь лессовая палевая - 5,0 м.; 4. Суглинок лессовый, светло-бурый - 2,5 м.; 5. Суглинок палевый -1,0 м.; 6. Суглинок желто-бурый -3,0 м.; 7.Супесь палевая -0,8 м.; 8.Суглинок палево-

бурый - 4,6 м.; 9. Глина красно-бурая до 10,2 м., подстилаемая дресвой понтического известняка с глинистым заполнителем.

В период проведения исследований уровень подземных вод техногенного происхождения залегал на глубине 1,6 - 2,0 м. ниже дна котлована. Геологическая колонка в районе проведения испытаний и график влажности по глубине приведены на рис. 2,а и б, а показатели свойств грунтов в табл. 1.

Таблица 1

Показатели строительных свойств грунтов

Наименование показателей свойств грунтов	№ № ИГЭ						
	2	3	4	5	6	7	8
Плотность частиц грунта, ρ , г/см ³	2,69	2,67	2,68	2,67	2,68	2,67	2,72
Плотность сухого грунта, ρ_d , г/см ³	1,44	1,4	1,42	1,4	1,41	1,4	1,53
Влажность природная грунта, w	0,22	0,27	0,24	0,27	0,23	0,27	0,23
Влажность на пределе текучести, w_L	0,34	0,25	0,33	0,26	0,30	0,25	0,38
Влажность на пределе раскатывания, w_P	0,21	0,18	0,21	0,18	0,20	0,18	0,23
Показатель текучести грунта, I_L	0,05	> 1	0,24	> 1	0,3	> 1	0
Степень влажности, S_r	0,68	0,81	0,72	0,8	0,62	0,8	0,8
Модуль деформации E , МПа	14/8	4	13	4	10	4	16
Угол внутреннего трения, φ , град	22	17	22	17	17	17	23
Удельное сцепление, c , кПа	22	8	22	8	15	8	25

На строительной площадке проведены испытания трех свай сечением 0,35 × 0,35 м. в пределах свайного поля. Одна свая длиной 14 м, а две по 16 м. В процессе испытаний, на каждой ступени измерены полная осадка, ее остаточная составляющая и определена упругая деформация, равная их разности.

Графики зависимости упругой составляющей деформации от нагрузки характеризуют последовательность деформирования сваи и окружающих ее грунтов при повышении нагрузки. Для каждой среды упругие деформации, с ростом нагрузки, нарастают по прямолинейной зависимости. По оси сваи и основания последовательное нарастание упругих деформаций происходит в пределах трех сред: бетона сваи, уплотненном ядре ниже ее подошвы и в природном грунте, ниже границы уплотненного ядра (см. рис. 1).

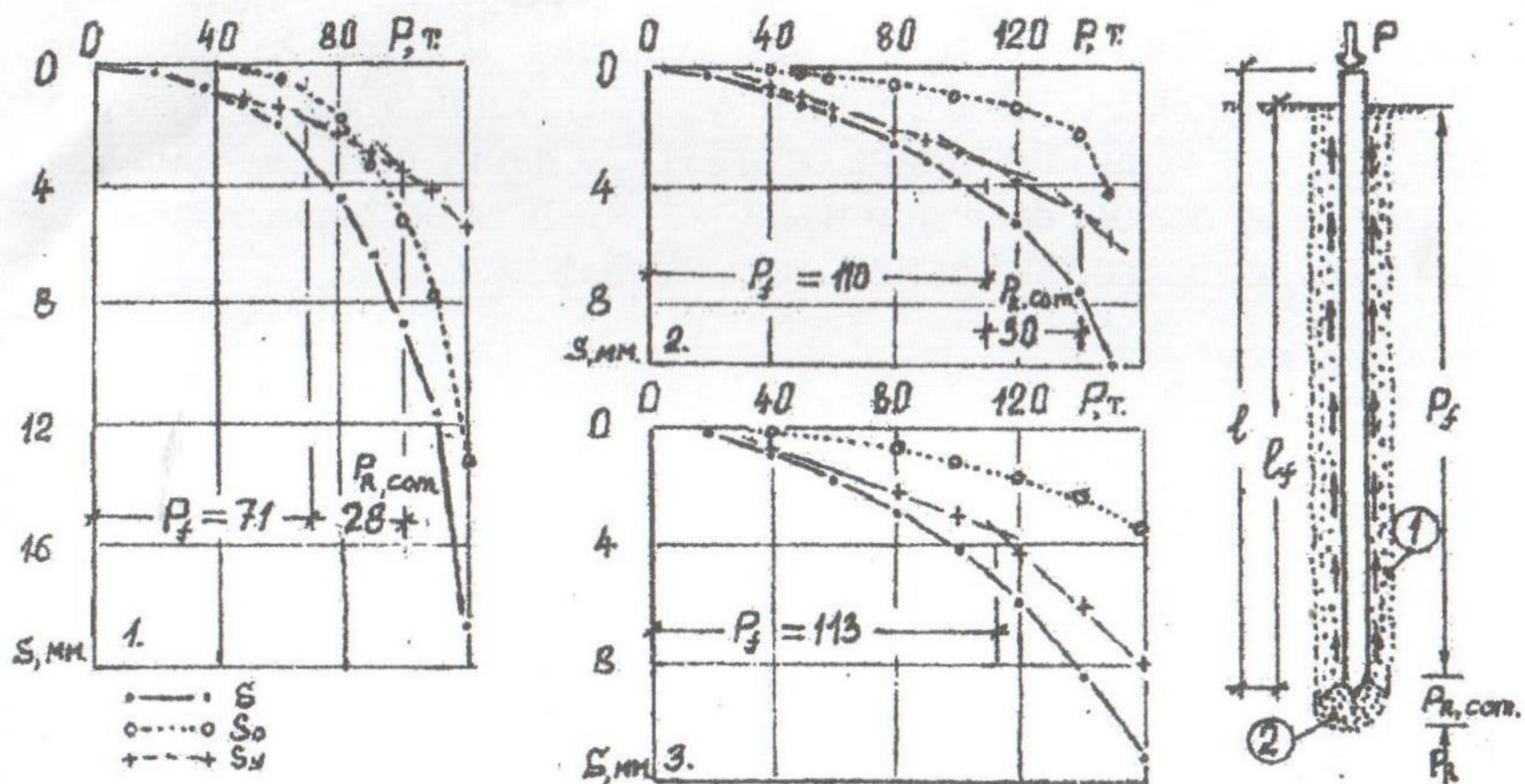


Рис. 1. Графики зависимости деформаций от нагрузки системы: свая-грунты основания. l и l_f - длина сваи общая и заглубленной части. 1 и 2 - зона уплотнения и уплотненное ядро.

Этим можно объяснить наличие трех ветвей в зависимости упругой составляющей осадки от нагрузки: s_y - упругая часть деформации ствола сваи; s'_y - сумма упругой части деформации ствола и грунта в пределах уплотненного ядра; s''_y - сумма упругих деформаций ствола сваи и грунтов в пределах и за пределами уплотненного ядра.

Точка пересечения первой и второй ветви определяет нагрузку, соответствующую предельному значению сил трения по боковой поверхности P_f . Интервал между точками пересечения первой и второй, второй и третьей ветвей соответствует части нагрузки, воспринимае-

мой уплотненным ядром. Нагрузка, превышающая точку пересечения второй и третьей ветви, вызывает деформации в природном грунте.

При предельном значении сил трения по боковой поверхности происходит сжатие сваи по всей ее длине. Это позволяет определить модуль упругости бетона сваи по зависимости:

$$E = \sigma_{\text{ср}} \cdot l / s_y \quad (1)$$

где: $\sigma_{\text{ср}}$ - среднее значение напряжений в поперечном сечении сваи.
 $\sigma_{\text{ср}} = 0,5 \cdot P_f / d^2$. Здесь P_f - нагрузка соответствующая предельному значению сил трения по боковой поверхности; d - сторона поперечного сечения сваи; 0,5 - коэффициент учитывающий треугольную форму эпюры напряжений по длине сваи [3]; l - длина сваи; s_y - упругая составляющая осадки сваи при нагрузке P_f . В табл. 2 приведены значения модуля упругости для испытанных свай.

Таблица 2

Определение параметров деформирования опытных свай

№	P_f , М Н	$\sigma_{\text{ср}}$, МПа	l , м	s_y , см	E , МПа	l_f , м	A_{l_f} , м ²	$f_{\text{ср}}$, кПа	t , сут.
1	0,7 1	2,9	14	0,180	22540	13,30	18,62	38,1	47
2	1,1 0	4,49	16	0,322	22310	15,46	21,60	50,9	33
3	1,1 3	4,62	16	0,346	21360	15,40	21,56	52,9	69

Примечание: t - время «отдыха» сваи.

Используя значение модуля упругости можно определить для каждой ступени нагрузки фрагмент длины сваи, в пределах которого происходит его сжатие по зависимости:

$$l_i = E \cdot s_{y,i} / \sigma_{\text{ср},i} \quad (2)$$

На рис. 2, в приведены графики зависимости длины сжатого участка свай от величины приложенной нагрузки по результатам измерений параметров их напряженно-деформированного состояния. Равным приращениям нагрузки соответствуют разные значения приращений сжатого участка сваи, длина которого зависит от сил трения по боковой поверхности. Каждому интервалу приращения нагрузки $\Delta P_{f,i}$ соответствует интервал приращения фрагмента длины сваи $\Delta l_{f,i}$, с площадью боковой поверхности $\Delta A_{f,i}$.

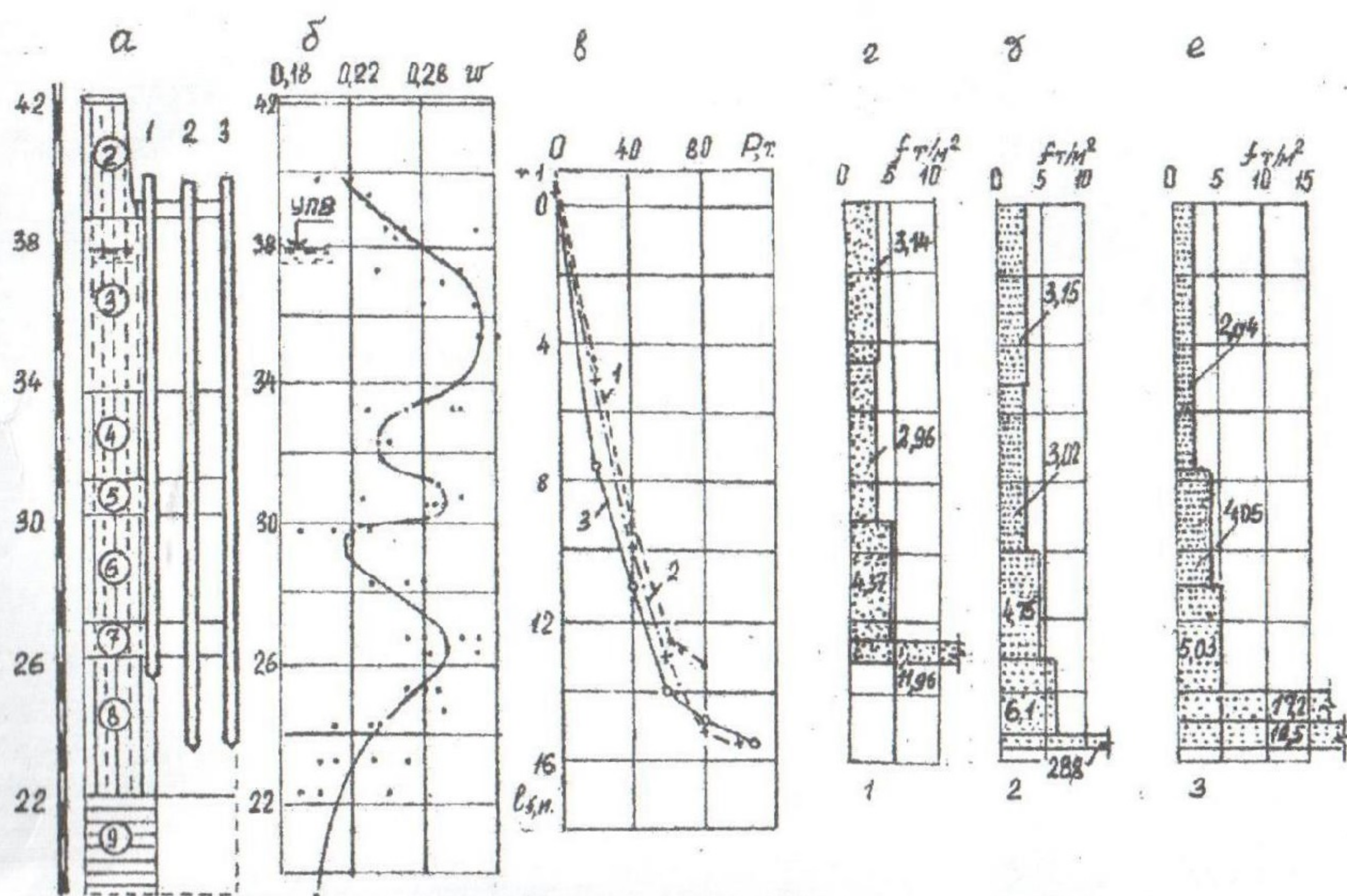


Рис. 2. Развитие деформаций вдоль боковой поверхности свай.

Среднее значение силы трения по боковой поверхности в пределах данного фрагмента можно определить по зависимости:

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

Силы трения по боковой поверхности вдоль ствола сваи распределены неравномерно. На их значение оказывают влияние свойства грунтов. На рис. 2 г, д, е приведены средние значения сил трения в пределах каждого фрагмента длины сваи, а в табл. 2 средние значения по всей длине.

Сваи 2 и 3 испытаны на одной площадке. Различие в показателях сопротивления грунтов можно объяснить следующими факторами. Свая 2 испытана в конце сухого лета, а 3 - в ноябре после длительного

периода дождей. Увлажнение основания выше уровня подземных вод снизило трение по боковой поверхности в верхней части сваи. В целом среднее значение сопротивления трению по всей длине у сваи 3 выше, за счет нижних слоев, в результате более длительного «отдыха» (69 суток), чем у сваи 2 (33 суток).

Выводы

1. Испытания по методике циклически возрастающей нагрузки позволяют определять параметры деформирования сваи и грунтов основания.

2. По графику зависимости упругой составляющей осадки от нагрузки можно получить данные о последовательности деформирования отдельных элементов системы свая - грунты основания.

Литература

1. Трофименков Ю.Г., Бахолдин Б.В., Швец В.Б., Мариупольский Л.Г., Работников А.И., Алексеев А.И., Лобов О.И. Совершенствование методов определения несущей способности свай// Труды к VIII Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. – М. – Стройиздат. – 1973.- С. 150-161.

2. Григорян А.А., Хабибуллин И.И. Несущая способность буронабивных свай на площадках строительства Волгодонского завода тяжелого машиностроения// Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1977. - № 2 – С. 13-16.

3. Григорян А.А., Хабибуллин И.И. Экспериментальное исследование распределения напряжений в буронабивных сваях значительных размеров// Основания и фундаменты и механика грунтов. – 1980. - № 3 – С. 11-13.