

ДЕФОРМИРОВАНИЯ БУРОНАБИВНОЙ СВАИ И ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

Тугаенко Ю.Ф.; Ткалич А.П. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры.)

Приведены результаты трех полевых испытаний опытной буронабивной сваи, на вертикальную вдавливающую нагрузку, с различной влажностью грунтов основания. Исследования проведены по методике циклически возрастающей нагрузки.

На несущую способность буронабивной сваи оказывают влияние много факторов, к основным относятся: технология изготовления, класс и возраст бетона, гидрогеологические условия площадки строительства.

На первом этапе устройства буронабивной сваи, проходки скважины, в забое остается разрыхленный грунт, заполняющий коническую полость от наконечника бурового инструмента. Подготовка основания ниже подошвы производится путем уплотнения рыхлого грунта либо втрамбовыванием щебня или сухой бетонной смеси, с целью формирования уплотненного ядра. В первом случае, применяются трамбовки вес которых принимается равным статическому давлению по их подошве 10...15, а во втором - 30...40 кПа. Уплотнение забоя скважины повышает несущую способность сваи.

На втором этапе устройства сваи, на сплошность примыкание ее боковой поверхности к грунтам основания, оказывает влияние качество укладки бетонной смеси.

В лессовых просадочных грунтах наблюдается снижения несущей способности сваи при их насыщении водой, в основном за счет трения по боковой поверхности. На ее значение также оказывает влияние мощность прорезаемых грунтов и условия заглубления подошвы в несущий слой.

На участках застройки жилых 10-ти этажных крупнопанельных домов в г. Одессе, по ул. Парковой, проведены испытания грунтов основания буронабивными сваями диаметром 0,45 м.

Три испытания выполнены одной опытной сваем (1.1; 1.2; 1.3), за пределами контура здания, с локальным замачиванием и одно кон-

трольное (19) в свайном поле, при природной влажности грунта основания.

Инженерно - геологическое строение участка приведено на рис.1, а физико - механические характеристики в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика грунтов

С/И	ρ_s , г/см ³	ρ_d , г/см ³	w_L -	w_P -	S_r -	E / E_{sab} МПа	φ , град	C , кПа
2	2,69	1,41	0,29	0,18	0,51	9 / 6	20	18
3	2,66	1,39	0,26	0,19	0,47	5 / 3	18	10
4	2,70	1,50	0,28	0,19	0,57	10 / 7	20	20
5	2,69	1,42	0,27	0,20	0,60	7 / 4	19	12
6	2,71	1,52	0,39	0,22	0,83	15	20	40

2. Суглинок лессовый; 3. Супесь лессовая; 4. Суглинок лессовый; 5. Супесь лессовая; 6. Суглинок низкопористый.

Три испытания опытной сваи длиной 13,5 м., проведены в соответствии с рекомендациями ГОСТ-5686-94 [1], с интервалом между ними около месяца. При испытаниях применена методика циклически возрастающей нагрузки [2].

Перед каждым исследованием, в течение двух недель проводилось локальное замачивание. Достичь полного водонасыщения грунта вокруг ствола удалось перед третьим опытом. Проведенные исследования позволили получить данные о влиянии степени влажности на снижение сил трения по боковой поверхности сваи.

Графики зависимости осадки от нагрузки приведены на рис.1, а данные о расходе воды при замачивании и возрасте бетона свай, в день испытаний, в таблице 2.

В каждом последующем испытании, с повышением влажности грунтов верхних горизонтов, зафиксировано снижение среднего значения сил трения по боковой поверхности и как следствие повышение давления по подошве сваи (табл.2).

Уменьшение осадки во втором и третьем испытаниях можно объяснить повышением плотности ниже подошвы сваи в результате формирования уплотненного ядра при перемещении ствола в каждом предыдущем испытании.

Таблица 2

Показатели конечных результатов деформирования свай и основания

№	P МН	P _f МН	P _R МН	s мм	E _б ·10 ³ МПа	f _{ср} кН/м ²	t сут	Q м ³
1.1	1,0	0,75	0,25	13,73	31,14	39,4	82	80
1.2	1,0	0,67	0,33	6,28	31,38	35,3	119	45(125)
1.3	1,0	0,63	0,37	4,52	33,41	33,1	148	40(165)
19	1,0	0,78	0,22	11,79	29,90	39,5	21	-

Примечания: P; P_f; P_R - нагрузка соответственно на: сваю, боковую поверхность и подошву; s - осадка; E_б - модуль упругости бетона; f_{ср} - среднее значение трения по боковой поверхности; t - возраст бетона; Q - расход воды при локальном замачивании перед каждым испытанием и общий, в скобках.

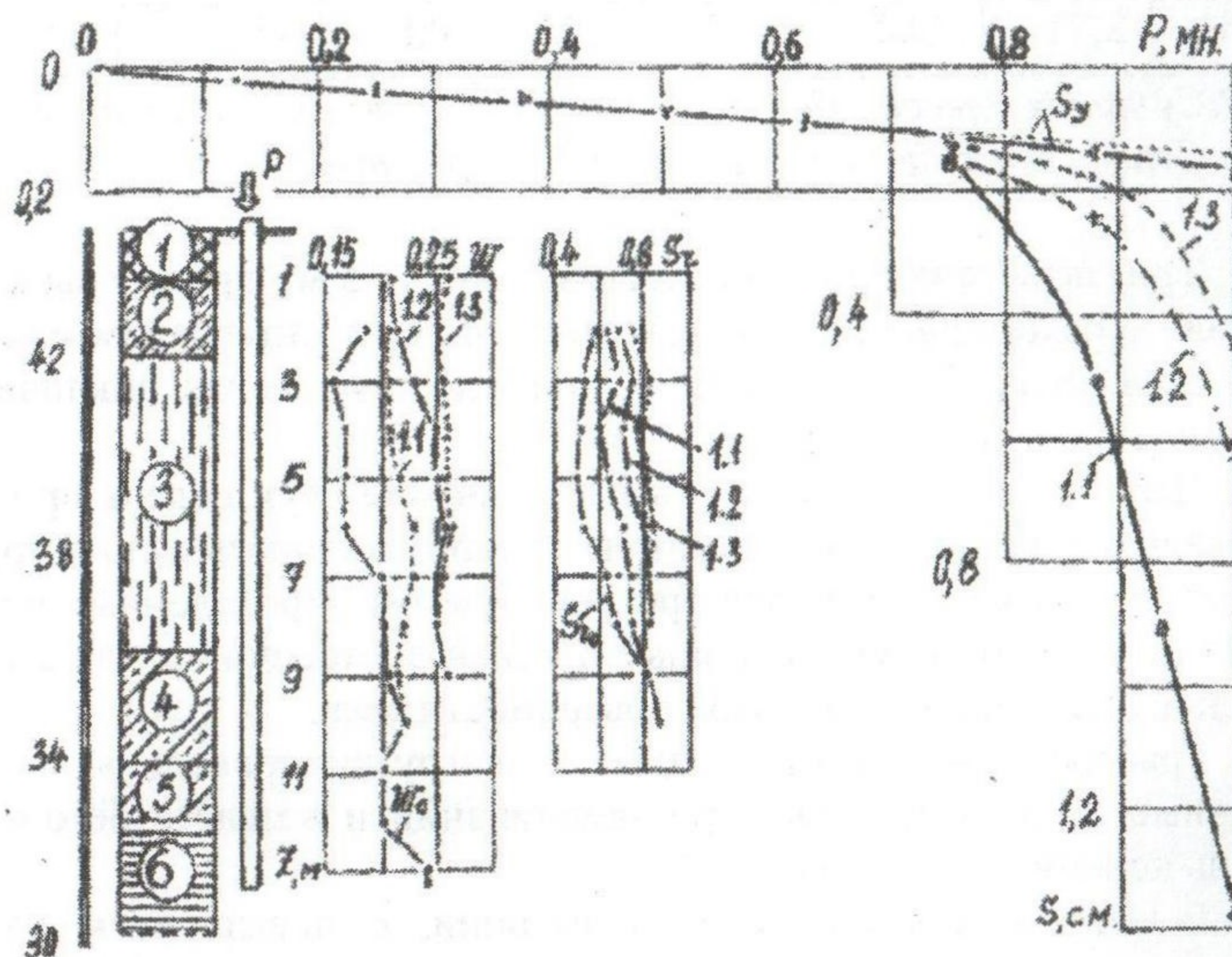


Рис. 1. Графики зависимости осадки от нагрузки и состояние грунтов по влажности перед каждым испытанием: показатели влажности и степени влажности грунта по глубине до начала (w_0 ; $S_{r,0}$) и в процессе испытаний.

Примененная методика испытаний, при которой после каждой ступени нагрузки производится разгрузка сваи, позволила определить полную осадку, ее остаточную и упругую составляющие.

На рис.2 приведены графики нарастания упругой составляющей осадки сваи и грунтов основания при увеличении нагрузки. Точка перелома двух ветвей графика соответствует предельному значению сил бокового трения, после которого упругая составляющая измеренной осадки является суммой упругих деформаций ствола и грунта ниже подошвы сваи.

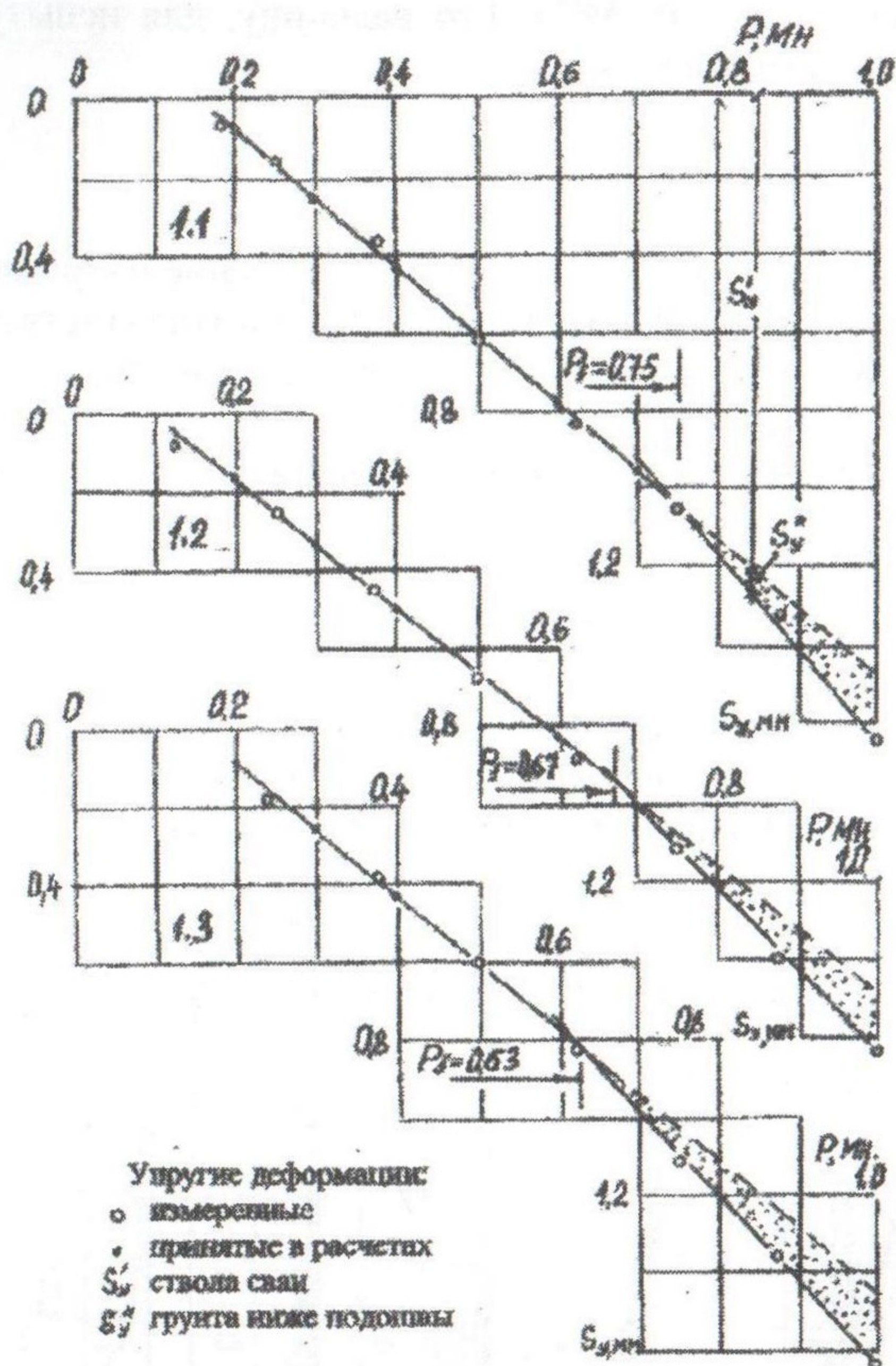


Рис. 2. Графики зависимости упругой составляющей деформации ствола сваи и грунта ниже ее подошвы от нагрузки.

По данным измерений в проведенных испытаниях определена длина сжатого участка бетона сваи для каждой ступени нагрузки:

$$l_i = S_{y,i} \cdot E_6 / \sigma_{cp,i} \quad (1)$$

где: $s_{y,i}$ - упругая составляющая осадки при i -той ступени нагрузки; E_6 - модуль упругости бетона сваи; $\sigma_{cp,i} = 0,5 P_i / A$ - среднее значение напряжений в поперечном сечении сваи на участке ее упругого сжатия; P_i - величина нагрузки для данной ступени; A - площадь поперечного сечения сваи.

Модуль упругости бетона сваи зависит от многих факторов и колеблется в пределах $(2...3) \cdot 10^4$ МПа. Его величину, для испытываемой сваи можно уточнить по зависимости:

$$E_6 = l \cdot \sigma_{cp} / s_y \quad (2)$$

где: l - длина сваи; $\sigma_{cp} = 0,5 P_f / A$ - среднее значение напряжения в поперечном сечении ствола; P_f - величина нагрузки соответствующая предельным значениям сил трения по боковой поверхности; s_y - упругая составляющая осадки при P_f .

Для каждого фрагмента длины сваи определяются силы бокового трения по зависимости:

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

где: $\Delta P_{f,i}$ - часть нагрузки, приходящейся на сжатый i -тый фрагмент длины ствола; $\Delta A_{f,i}$ - площадь боковой поверхности i -го фрагмента сваи, равная $\Delta l_{f,i} \cdot u$, где u - периметр сваи (см. рис. 3,б).

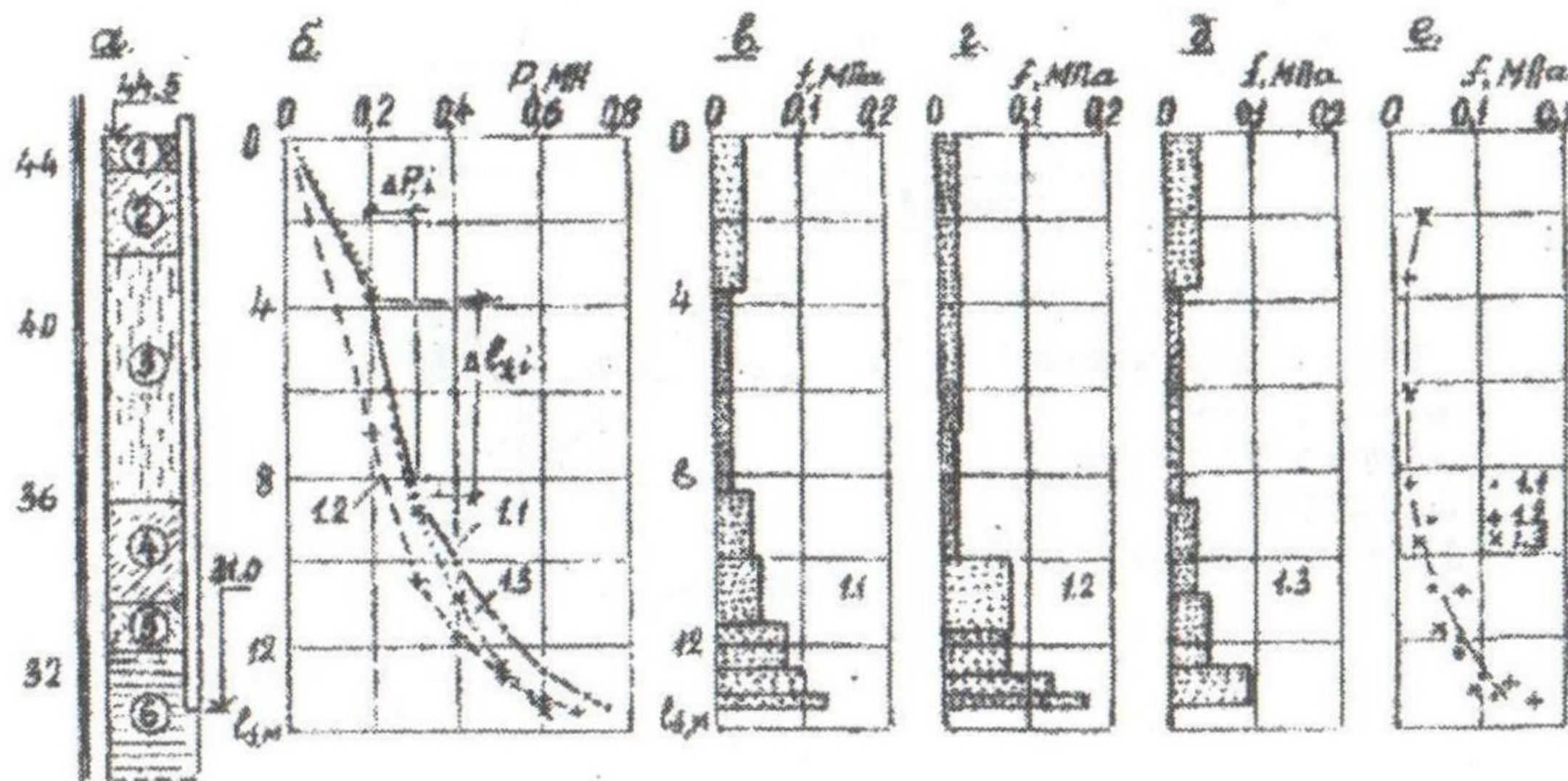


Рис. 3. Графики изменения сил бокового трения по длине ствола сваи:

а) геологическая колонка; б) зависимость длины сжимаемого участка от нагрузки; в; г; д) значения сил бокового трения на отдельных фрагментах длины сваи; е) значения сил трения по длине ствола.

Результаты определения длины сжимаемого участка для каждой ступени нагрузки и изменения сил бокового трения по глубине, по результатам трех испытаний одной сваи с разной степенью влажности окружающего грунта, приведены на рис.3.

Самые низкие значения сил бокового трения отмечены в пределах слоя лессовой супеси (ИГЭ-3), величина которых повышается к слою низко-пористого суглинка (ИГЭ-6).

По результатам проведенных исследований в данных грунтовых условиях при водонасыщении грунта вокруг ствола сваи среднее значение сил бокового трения снизилось на 18%.

Часть нагрузки на сваю, превышающей силы трения по боковой поверхности, передается подошвой сваи на грунт основания, сопротивление сжатию которого зависит от качества подготовки забоя.

Следствием деформирования грунта ниже подошвы сваи является перемещение ее ствола относительно окружающих грунтов основания. Пренебрегая остаточной деформацией ствола сваи, имеющей значения на порядок ниже ее упругой части, за осадку подошвы сваи можно принять величину остаточной составляющей осадки, измеренную при проведении испытаний. Результаты расчетов приведены на графиках зависимости полной и остаточной величины осадки от нагрузки, на участке где нагрузка превышает силы трения по боковой поверхности (рис.4).

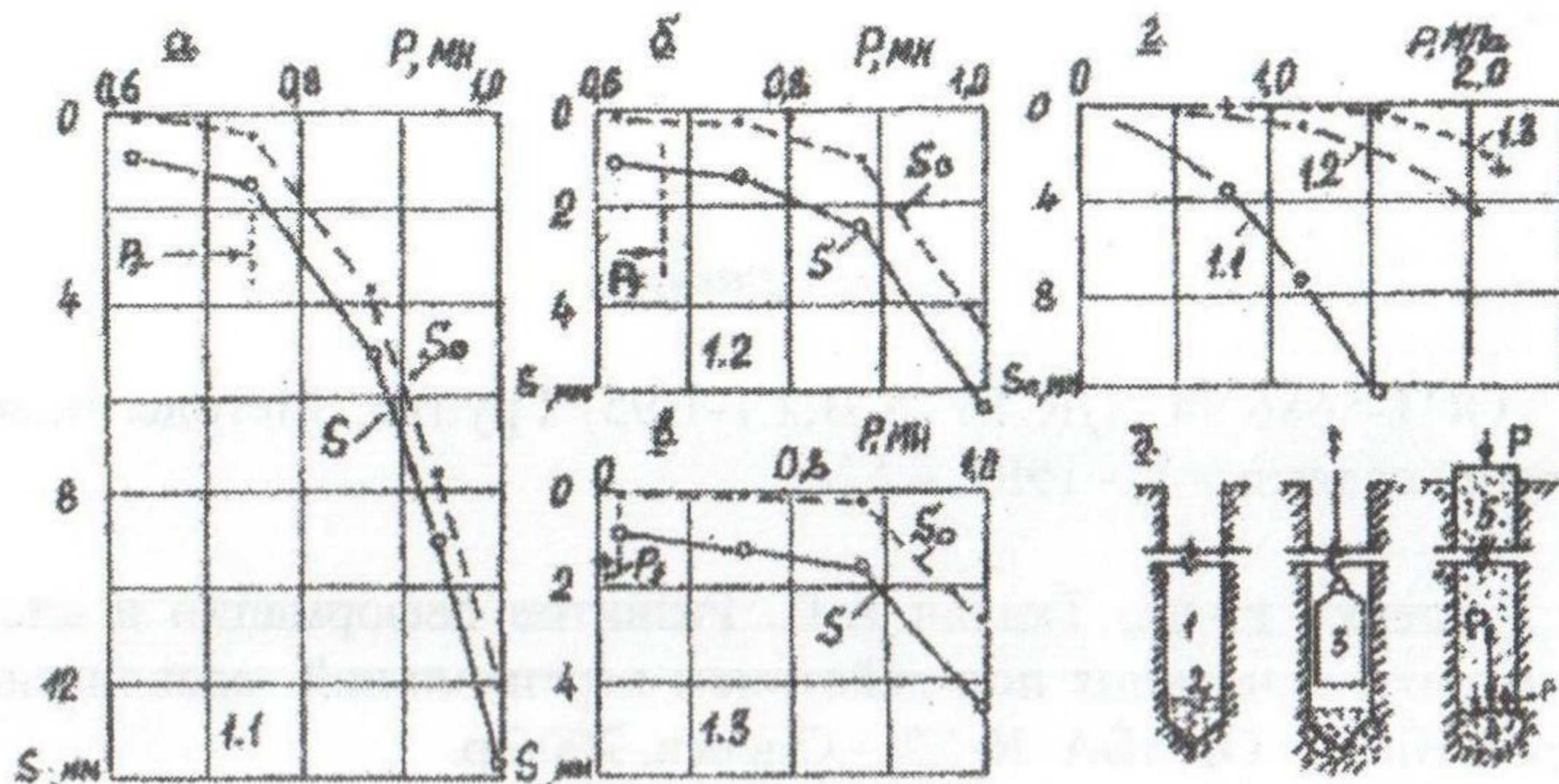


Рис. 4. Графики деформирования грунта ниже подошвы сваи:

а;б;в) зависимости осадки и ее остаточной составляющей от нагрузки при $P > P_f$; г) зависимость осадки подошвы сваи от давления; д) схема подготовки забоя скважины: 1-скважина; 2-шлам; 3-трамбовка;

4-уплотненный грунт; 5-свая.

Давление по подошве сваи определено как частное от деления приходящей на нее нагрузки, на площадь ее подошвы. Из графиков видно, что в каждом последующем испытании величина осадки при конечной ступени нагрузки (0,1 МН) снижается, несмотря на повышение давления по подошве сваи. Этот факт является следствием формирования уплотненного ядра в основании сваи, при каждом предыдущем ее загрузении.

Выводы:

1. Методика испытания свай циклически возрастающей нагрузкой, позволяет получить зависимость упругой составляющей деформации от нагрузки, по которой определяются значения нагрузок, приходящихся на боковую поверхность и подошву сваи.
2. Силы бокового трения по длине ствола распределены неравномерно. На их значение оказывают влияние виды грунтов, окружающих сваю и их состояние.
3. При многократных испытаниях буронабивной сваи, сопротивление грунта ниже ее подошвы повышается в каждом последующем испытании.

Литература

1. ГОСТ-5686-94 (ДСТУ Б В.2.1-1-95) Грунты. Методы полевых испытаний сваями. - К.- 1997. – 57с.
2. Тугаенко Ю.Ф., Ткалич А.П. Развитие деформаций в системе свая - грунты основания под действием вертикальной вдавливающей нагрузки. Вісник ОДАБА № 22, - Одесса, 2006 р.