

ПРОЦЕССЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННО УПЛОТНЕННЫХ ГРУНТОВ В ПРИБОРАХ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ БОКОВОГО РАСШИРЕНИЯ

Суходоев Ю. Ф., к.т.н., доцент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

Характер развития деформаций в грунтах основания определяет их сопротивление при погружении сваи, а в дальнейшем приложенной нагрузке. После ее забивки (погружения) основание, ниже острия, является двухслойным, состоящим из уплотненного ядра и окружающего его природного грунта. Плотность скелета грунта в пределах уплотненного ядра изменяется от максимума на контакте с гранями острия ($\rho_d = 1,7 \dots 1,75 \text{ г/см}^3$) до природного значения на его внешней границе.

Одиночная забивная свая является заглубленным фундаментом (штампом), подошва которого опирается на грунт уплотненного ядра, а ее ствол окружен грунтом, уплотненным при ее погружении.

Объем зоны деформации ниже острия в процессе осадки, после преодоления сил трения по боковой поверхности ствола, нарастает последовательно. В начале в пределах уплотненного ядра, а затем за его пределами, в грунтах природного сложения.

Следствием деформаций в грунтах основания является осадка фундамента. На характер ее нарастания основное влияние оказывают необратимые процессы деформирования грунтов. При напряжениях в основании, меньших структурной прочности, возникающие упругие деформации исчезают после снятия нагрузки. При больших напряжениях в основании наблюдаются два вида деформаций: упругие в пределах всей глубины деформируемой зоны и остаточные, развивающиеся в пределах части глубины зоны деформации, где напряжения превышают структурную прочность грунтов. Структурная прочность p_{str} является одним из параметров, определяющих деформативные свойства грунтов.[2,4].

При возрастании давления в плоскости подошвы штампа остаточные составляющие осадки и глубины зоны деформации нарастают после преодоления структурной прочности, т.е. при $p \geq p_{str}$. При этом в процессе роста осадки штампа и развития зоны деформации структурная прочность при данном давлении будет равна сумме напряжений от дополнительной и природной нагрузки на глубине нижней границы зоны остаточных деформаций. То есть значение структурной прочности равно сумме напряжений от давления, передаваемого штампом, и собственного веса грунта в пределах зоны деформации [2].

В расчетной практике глубина зоны остаточных деформаций может быть определена при наличии значений структурной прочности.

Сжимаемость грунтов оценивается модулем деформации. Главной составляющей при его определении является относительная деформация. Ее значение должно учитывать фактические параметры сжимаемости грунта: осадку, глубину деформируемой зоны и ее боковое расширение. Глубина зоны деформации в основании штампа является величиной переменной, зависящей от структурной прочности, размеров фундамента и давления по его подошве. В процессе деформирования грунтов происходит разрушение структурных (межчастичных) связей, возникающее при напряжениях, превышающих структурную прочность [2,3].

Для оценки процессов деформирования грунтов нарушенной структуры с различной плотностью скелета ($\rho_d = 1,35 \dots 1,80 \text{ г/см}^3$) проведены исследования в приборе с возможностью боковых деформаций (ОИСИ-4) [1].

Методика проведения исследований приведена на рис.1.

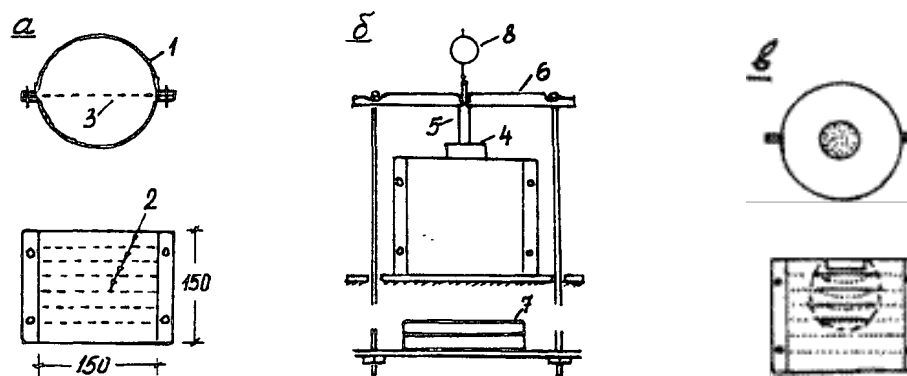


Рис. 1. Методика исследований: а) разъемное кольцо; б) схема прибора для испытаний статической нагрузкой; в) измерения перемещений фиксаторов. 1. Разъемное кольцо; 2. Фиксатор; 3. Плоскость разреза; 4. Штамп; 5. Стойка; 6. Траверса; 7. Гири; 8. Индикатор.

До начала испытаний в полевых условиях отбирались образцы лессового грунта и для сохранения природной влажности ($W = 0.16$) парафинировались. Затем в лаборатории грунт растирался в фарфоровой ступке, просеивался через сито с отверстиями $\text{Ø}2\text{мм}$ и помещался в эксикатор. Зная влажность, плотность, вес и занимаемый просеянным грунтом объем определено количество грунта, необходимого для уплотнения. Для испытаний подготавливались образцы с $\rho_d = 1,35 \dots 1,80 \text{г/см}^3$ в следующей последовательности:

1. Определена плотность скелета сухого грунта просеянного и свободно уложенного в один слой толщиной 25мм ($\rho_{\text{дср}} = 0,592 \text{г/см}^3$).

2. Рассчитывался коэффициент уплотнения для получения предварительно заданной плотности. Например, для получения $\rho_d = 1,35 \text{г/см}^3$ данный коэффициент равен 2,28.

3. Для обеспечения равной плотности по всему объему кольца прибора ($h = 150\text{мм}$, $\text{Ø}160\text{мм}$) уплотнение свободно уложенного грунта проводилось гидравлическим прессом послойно. Каждый уплотненный слой с предварительно заданной плотностью имел толщину 5мм.

Затем, подготовленный образец грунта в кольце прибора, состоящего из двух полуцилиндров, разрезался в продольном направлении. В плоскости разреза устанавливались фиксаторы деформаций. Их начальное положение фиксировалось штриховым оттиском на прозрачной бумаге. Перед сопряжением полуколец плоскость с фиксаторами покрывалась тонким слоем мелкого песка.

Все испытания проведены с предварительным замачиванием. Для этого кольцо-грунтонос помещалось в ванну с водой. Замачивание образца грунта начиналось за (2...14) суток до начала испытаний и продолжалось до их окончания.

Статическая нагрузка создавалась укладкой гирь на подвеску, шарнирно соединенную с траверсой, опирающейся на шток штампа (см. рис.1).

Приложение статической нагрузки на штамп диаметром 50мм производилось ступенями. Каждая ступень выдерживалась до стабилизации деформаций, после чего производилась разгрузка. При промежуточных ступенях нагрузки в процессе испытаний проводился разъем полуцилиндров. После их разъема снимался оттиск положения фиксаторов, перемещение которых позволяло измерить остаточные послойные

деформации грунта. По результатам измерений строились эпюры деформации по глубине (см. рис. 2б).

Под действием возрастающей вдавливающей нагрузки в основании штампа, в пределах ограниченного объема грунта, развиваются деформации. Их следствием является уплотнение и боковое расширение грунта под его подошвой.

В процессе статических испытаний для каждой ступени нагрузки измерены:

- а. осадка штампа после стабилизации деформаций;
- б. остаточная (необратимая) составляющая общей осадки при промежуточных и конечной ступенях нагрузки;
- в. по их разности определена упругая составляющая осадки.

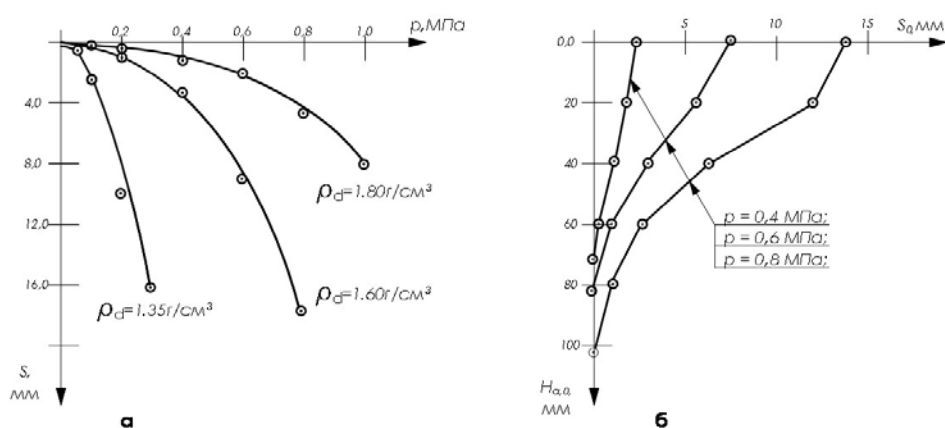


Рис. 2. Развитие деформаций в основании опытного штампа:
 а) графики зависимости $s = f(p)$,
 б) эпюры послыоных остаточных деформаций (для образца с $\rho_d = 1,6 \text{ г/см}^3$)

На рис. 3 приведены зависимости общей осадки и двух ее составляющих от нагрузки.

Таблица 1

Параметры остаточных деформаций в испытаниях с $\rho_d = 1,6 \text{ г/см}^3$

Давление по подошве штампа, p , МПа	0,4	0,6	0,8
Осадка штампа, s_0 , мм	2,2	7,2	13,8
Глубина зоны деформации, $H_{a,0}$, мм	72,0	83,0	105,0
Ширина зоны деформации, $S_{a,0}$, мм	88,0	94,0	106,0

По данным исследований для грунтов с разной плотностью скелета получены значения структурной прочности с использованием двух зависимостей: $s_0 = f(p)$, $H_{a,0} = f(p)$ (рис.4). Ее величина определяется в точках пересечения с осью абсцисс « p ». При этом принимается среднее значение, полученное двумя независимыми способами (рис. 4).

Близкая сходимость полученных величин подтверждает их достоверность.

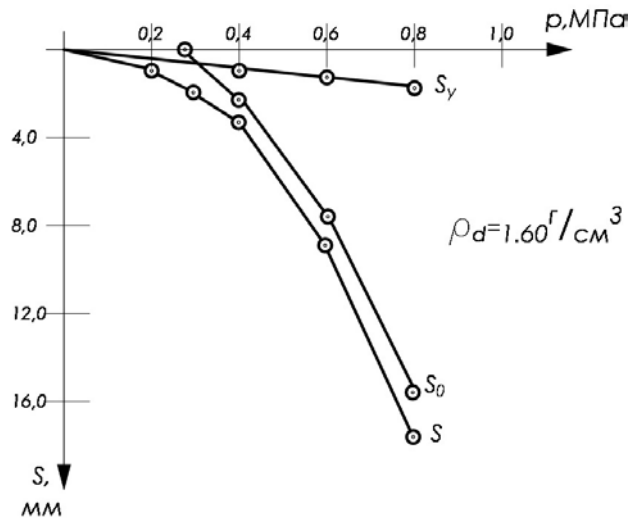


Рис.3. Графики зависимости общей осадки, ее остаточной и упругой составляющей от давления

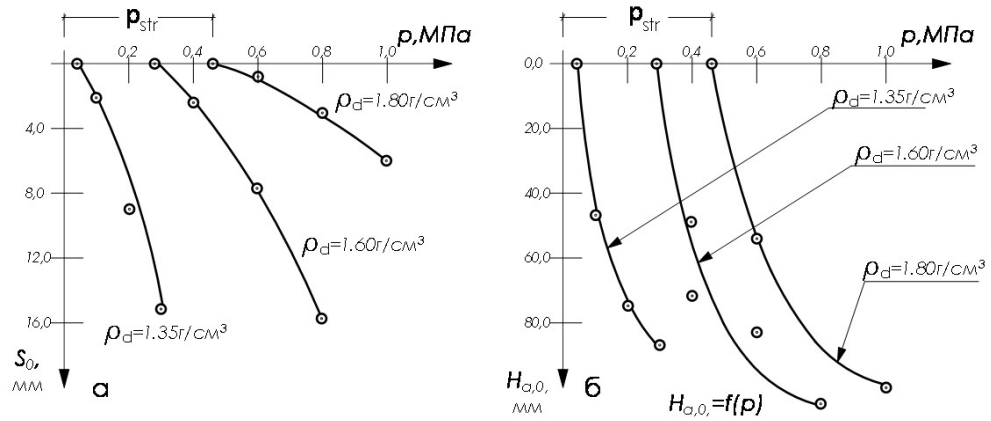


Рис.4. График зависимости остаточных составляющих осадки (а) и глубины зоны деформации (б) от нагрузки для грунтов с разной плотностью скелета

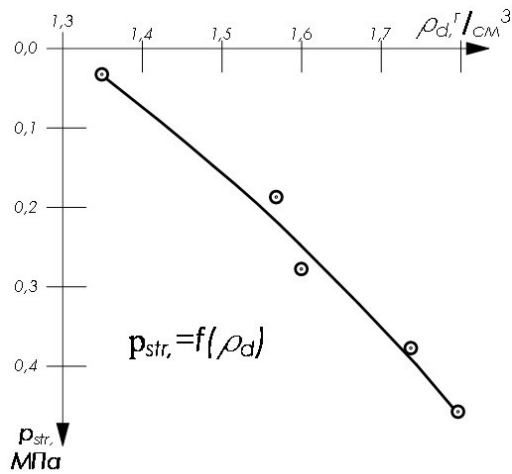


Рис.5. График зависимости структурной прочности от плотности скелета грунта

В грунтах с нарушенной структурой

значение структурной прочности возрастает с повышением плотности скелета грунта. На рис.5. приведен график зависимости ее значения от плотности скелета грунта при прочих равных условиях.

Выводы

1. В искусственно уплотненных грунтах, в основании штампа, под влиянием внешней нагрузки развиваются остаточные и упругие деформации. Их нарастание происходит в пределах зоны деформации, а внешним проявлением является осадка.

2. Пересечение зависимостей остаточных (необратимых) значений осадки и глубины зоны деформаций от давления по подошве с осью "р" определяет значение структурной прочности.

3. В искусственно уплотненных грунтах с повышением плотности скелета увеличивается значение их структурной прочности.

SUMMARY

Presented are objective laws of deformation propagation in foundations with various ground densities and methods of ground sensitivity determination.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубков В.Н. Исследования деформаций лессовых грунтов // Известия ВУЗ'ов.- Строительство и архитектура.-1958.-№11-12.-С.34 -43.

2. Тугаенко Ю.Ф. Развитие деформаций в основаниях фундаментов, способы их ограничения и методы оценки. Одесса. Астропринт. 2003.-224с.

3. Тугаенко Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов, свай и свайных фундаментов. Одесса. Астропринт. 2008.-216с.

4. Цытович Н. А. Механика грунтов (краткий курс).- М: Высшая школа,-1983.-287с.