

УДК 624.131.

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОЙ ПРОЧНОСТИ
НА ПРОЦЕССЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГРУНТОВ
В ОСНОВАНИЯХ ФУНДАМЕНТОВ**

Тугаенко Ю.Ф., Марченко М.В.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Одесса, Украина*

Приведены результаты полевых исследований влияния структурной прочности на процессы деформирования в однородном грунтовом массиве, за пределами линейной зависимости осадки от давления.

The Results over of the field researches of influence of structural durability are brought on the processes of deformation in a homogeneous soil mass, outside linear dependence fallouts from pressure.

В 1920г. К.Терцаги экспериментально установил факт наличия бокового давления. В 30-х годах в СССР разными научными школами получены численные значения коэффициента бокового давления по результатам лабораторных исследований песчаных и глинистых грунтов [2]. С 60-х годов выявлено влияние структурной прочности на процессы деформирования, особенно проявляющихся в слабых глинистых грунтах. Перечисленное позволило Н.А.Цытовичу на Всесоюзном совещании в 1965г. акцентировать на этом внимание *«Как показывают исследования последних лет, наиболее характерным свойствам слабых глинистых грунтов является их структурная прочность. Если внешняя нагрузка на слабый*

глинистый грунт менее структурной прочности, то деформации грунта будут настолько малы, что ими можно пренебречь». И далее «...несомненно, что реальной физической характеристикой грунтов, определяющей границу их деформируемости (уплотняемости) является их структурная прочность» [7].

Вместе с тем, полученные характеристики, подтвержденные результатами натурных исследований, пока не учитываются в расчетах.

Накопление результатов экспериментальных исследований в геомеханике, позволяет изменять представления о процессах трансформирования НДС грунтов основания под влиянием внешней нагрузки. Появились новые показатели при оценке деформативных свойств грунтов.

Оценка деформаций в грунтах оснований фундаментов по действующим нормам, выполняется по критериям ряда условных допущений, которые не отвечают результатам натурных исследований, а именно:

1. Грунтовая среда считается упругим, изотропным линейно-деформируемым полупространством. Расчетные значения по глубине не зависят от вида грунтов, их состава и состояния.

2. Глубина сжимаемой толщи принимается условной по соотношению напряжений от собственного веса грунта и дополнительной нагрузки, и не зависит от показателей деформативных свойств грунтов.

3. Модуль деформации определяется по результатам полевых испытаний в пределах спрямленного линейного участка зависимости осадки от нагрузки. При этом деформативные свойства грунтов оцениваются величиной осадки, размером штампа и давлением, без учета параметров характеризующих процессы деформирования грунтов.

Авторами выполнены исследования процессов деформирования в пределах каждой фазы НДС грунтов основания однородной грунтовой среды, при увеличении структурной прочности обусловленной возрастом изготовленного грунтового массива [5].

Методика исследований. Для создания грунтовой массы в подошве котлована, выполнен шурф размерами в плане 1,2×1,2 м и глубиной 1 м. Вынутый грунт размельчался, перемешивался с водой, а полученная пульпа с перетиркой через сито сливалась в шурф. Искусственная масса в заполненном шурфе, защищалась от

влияния атмосферных и механических воздействий. Плотность приготовленного грунта составила в среднем $1,54 \text{ г/см}^3$ (природного $1,47 \text{ г/см}^3$). Влажность в период испытаний, колебалась в пределах $0,26 \dots 0,24$. Исследования проведены через 3; 10; 23 и 33 месяца после его приготовления с помощью круглого штампа площадью $0,03 \text{ м}^2$. Измерения послойных перемещений выполнены с помощью грунтовых магнитных марок, установленных вдоль его вертикальной оси с интервалом 5 см [5]. Нагрузка на штамп, прикладывалась путем укладки тарированного груза массой 20 кг.

Испытания проведены по технологии циклически возрастающей нагрузки, при которой каждая ступень представляла самостоятельный цикл: приложение нагрузки, выдерживание ее до условной стабилизации и разгрузка. При этом измерялись: осадка штампа, перемещения глубинных марок (s) и их остаточные составляющие (s_o) по которым определялись значения упругой части ($s_y = s - s_o$). После окончания испытания и демонтажа оборудования, определялись значения плотности скелета грунта и влажность под штампом и за пределами зоны деформаций.

В 1930 г. Н.М. Герсеванов, отмечая недостаточность экспериментальных работ по определению допускаемых нагрузок на грунт, считал необходимым *«...основательное изучение процесса разрушения грунта и создания теории этого разрушения»*. На основании накопленного к тому времени опыта им предложено *«...процесс деформирования грунта расчленить на три основные фазы... фазу уплотнения грунта, фазу образования боковых сдвигов и фазу вытирания грунта»* [1].

Наличие линейной зависимости осадки от нагрузки фундаментов, позволило Н.М. Герсеванову применить теорию упругости для расчета осадок основания в пределах I фазы НДС грунтов, без учета фактических процессов их деформирования. Его идеи были положены в основу расчета оснований по деформациям, действующим до настоящего времени.

В пределах первой фазы наблюдаются преимущественно, упругие деформации, исчезающие после снятия нагрузки. Зафиксированные незначительные остаточные деформации можно объяснить смятием контактных неровностей в плоскости примыкания подошвы штампа к поверхности основания. Первая фаза заканчивается при давлениях равных значению структурной прочности.

Вторая фаза начинается при давлениях, превышающих структурную прочность. Она характеризуется разрушением структурных связей между частицами грунта, сопровождающееся снижением его пористости. Уплотнение происходит в пределах сжимаемого объема, ограниченного подошвой штампа, боковой поверхностью по его периметру и нижней границей зоны деформации. Последняя находится на глубине, где сумма напряжений от внешней нагрузки и дополнительного давления равна структурной прочности. При повышении структурной прочности, при прочих равных условиях, уменьшается глубина зоны деформации. На рис. 1, приведены графики зависимости остаточных значений осадки и глубины зоны деформации от давления.

Поперечные деформации, возникающие за счет бокового давления, в пределах этой фазы отсутствуют. Боковое давление уравновешивается структурной прочностью окружающего сжимаемый объем грунта. Предельным для второй фазы, является давление p_q , при котором боковое давление q равно структурной прочности окружающего грунта. Во второй фазе, при небольших значениях остаточных осадок, в интервале давлений от p_{str} до p_q происходит резкое увеличение глубины зоны остаточных деформаций. Процесс уплотнения нарастает по глубине без поперечного расширения (рис. 2).

Третья фаза начинается при боковом давлении, превышающем структурную прочность. Процесс уплотнения сопровождается интенсивным поперечным расширением и изменением сжимаемого объема, который приобретает «бочкообразную» форму (рис. 3 и табл.) [3, 4].

Выводы

1. Упругие деформации наблюдаются во всех трех фазах. Их величина зависит от структурной прочности [5].
2. С увеличением p_{str} уменьшается глубина зоны остаточных деформаций и значение коэффициента поперечного расширения (рис. 3), а также изменяется соотношение между осадками вызванными уплотнением и поперечным расширением. При низких значениях p_{str} , преобладают осадки поперечного расширения (табл. и рис. 3).
3. Величина p_{str} не оказывает влияние на коэффициент относительного уплотнения $\varepsilon_n = s_n/H_{a.o}$ – с увеличением p_{str} , ε_n , не изменяется при прочих равных условиях. Этот факт зафиксирован при сравнении ε_n для фундаментов малой площади и фундаментных плит многоэтажных зданий [6].

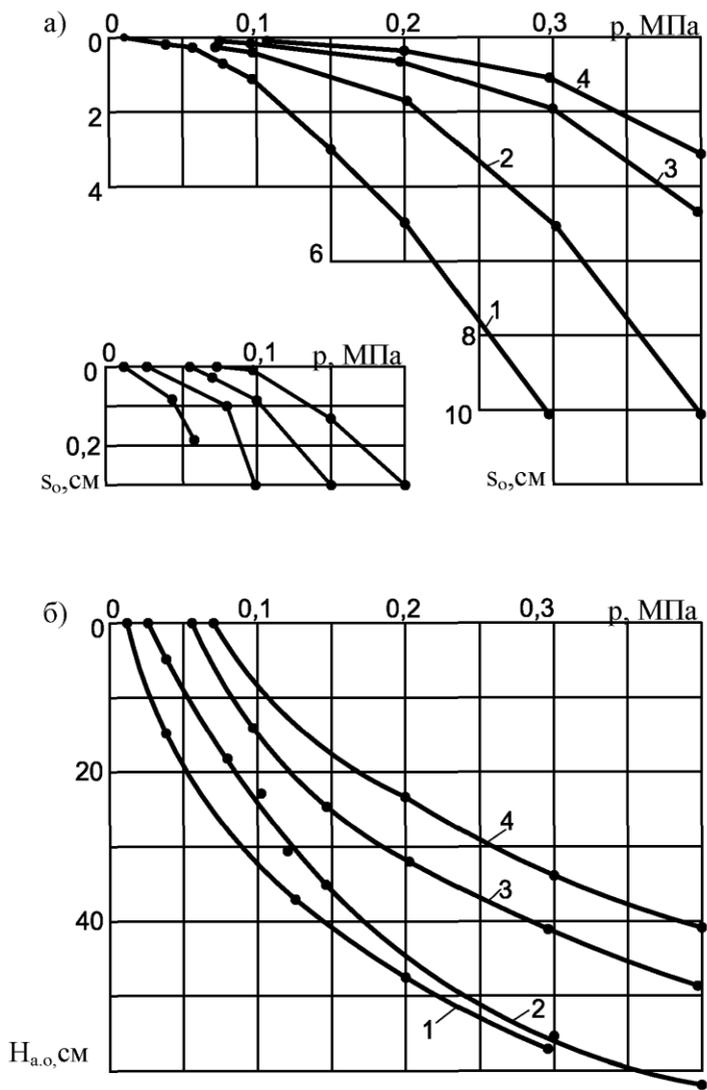


Рис. 1. Графики нарастания остаточных осадок (а) и глубины зоны остаточных деформаций (б) от давления (цифрами показаны номера опытов)

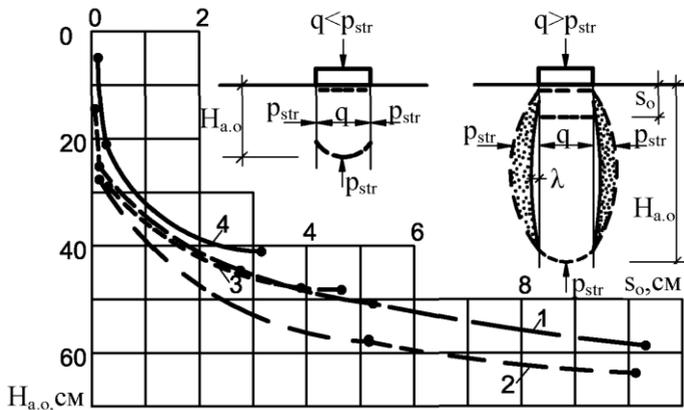


Рис. 2. Зависимость глубины зоны остаточных деформаций от остаточной осадки

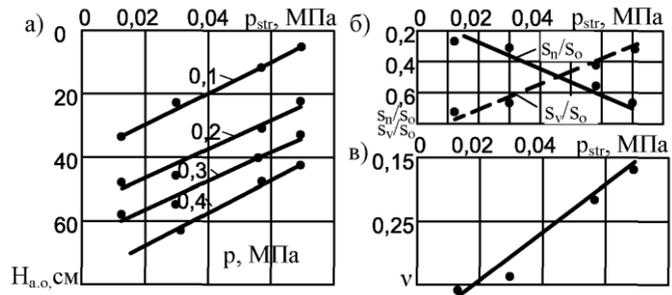


Рис.3. Влияние структурной прочности на процесс деформирования:
 а – зависимость глубины зоны остаточных деформаций от p_{str} ; б – влияние p_{str} на соотношения осадок, вызванных уплотнением и поперечным расширением;
 в – зависимость коэффициента поперечного расширения от p_{str}

Параметры зоны остаточных деформаций

№ опыта	p , МПа	P_{str} , МПа	P_q , МПа	ϵ_n	$H_{a.o}$, см	s_o , см	s_n , см	s_v , см	v
1	0,3	0,012	0,03	0,05	59	10,49	2,95	7,54	0,36
2	0,4	0,03	0,075	0,05	63	10,13	3,15	6,98	0,34
3	0,4	0,057	0,142	0,05	48	4,17	2,4	1,77	0,21
4	0,4	0,07	0,175	0,05	41	3,08	2,05	1,03	0,17

Примечания: 1) $\epsilon_n = 1 - \rho_d / \rho_{d,com}^{cp}$ 2) $\rho_{d,com}^{cp}$ - определено как среднее значение (полусумма) плотности скелета под подошвой штампа и на нижней границе зоны остаточных деформаций. Его значение для всех опытов равно $1,62 \pm 0,005$.

Литература

1. Герсеванов, Н.М. Опыт применения теории упругости к определению допустимых нагрузок на основе экспериментальных работ / Н.М. Герсеванов // Труды МИИТа, выпуск 15. – 1930.
2. Герсеванов, Н.М. Теоретические основы механики грунтов и их практические применения / Н.М. Герсеванов, Д.Е. Польшин // – М. : Стройиздат, 1948. – 248с.
3. Васильев, Б.Д. Основания и фундаменты. / Б.Д. Васильев // – Л., М. : ОНТИ. Главная редакция строительной литературы, 1937. – 595с.
4. Приклонский, В.А. Грунтоведение. / В.А. Приклонский // – М. : Госгеолтехиздат, 1955. – 431с.
5. Тугаенко, Ю.Ф. Некоторые особенности развития деформаций в основаниях опытных фундаментов / Ю.Ф.Тугаенко, М.В. Марченко // Инженерная геология. – 1988. – № 3. – С.46-54.
6. Тугаенко, Ю.Ф., Марченко М.В. Трансформация напряженно-деформируемого состояния грунтов основания и ее учет при проектировании фундаментов: монография / Ю.Ф. Тугаенко, М.В. Марченко // – Одес-са : Астропринт, 2011. – 120с.
7. Цытович, Н.А. Вопросы теории и практики строительства на слабых водонасыщенных грунтах / Н.А. Цытович – Таллин, 1965. – С. 5–17.
8. Seycek, Ji. Field test of soil deformation beneath foundation / Ji. Seycek // Труды V Дунайско-Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Т.3 : ЧСССР. – Братислава, 1977. – С.275– 287.
9. Глубинная марка : А.с. 1065531 СССР, МКИ Е 02 D1/00 / Тугаенко Ю.Ф., Стоянова Т.И., Марченко М.В., Ткалич А.П. (СССР). – № 3420907/29-33; Заявлено 6.04.82; Опубл. 07.01.84, Бюл. №1- 2с. ил.

