

Определение величины структурной прочности суглинков в лабораторных условиях

УДК 624.131.439(470.6)

Осипова Оксана Николаевна

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова (г. Ростов-на-Дону, Россия);
e-mail: oksana.osipova9@mail.ru

Сапрыгина Юлия Викторовна

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова (г. Ростов-на-Дону, Россия);
e-mail: julie-kiska94@mail.ru

Статья получена: 23.03.2018. Рассмотрена: 29.03.2018. Одобрена: 03.04.2018. Опубликовано онлайн: 26.06.2018. ©РИОР

Аннотация. В статье рассматриваются различные методы определения структурной прочности грунтов, характерных для Ростовской области, в лаборатории «Механика грунтов», кафедры ПГС ГиФ, проанализированы полученные результаты.

Ключевые слова: структурная прочность грунтов, компрессионные испытания, трехосное сжатие.

Структурной прочностью грунта называют напряжение, при котором разрушаются структурные (водно-коллоидные или кристаллические) связи. Этими связями обладают глинистые грунты, которые относят к дисперсным материалам.

Водно-коллоидные связи объясняются силами взаимодействия между минеральными частицами, пленками воды и коллоидными оболочками. Эти связи зависят от влажности — при ее увеличении они уменьшаются почти до нуля. Водно-коллоидные связи необратимы и пластичны.

Кристаллические связи объясняются химическими силами. В точках соприкосновения с минеральными частицами образуются новые поликристаллические соединения. Эти соеди-

нения очень прочные, но в то же время хрупкие, не восстанавливаются при разрушении. Они жесткие, могут быть растворимыми в воде. При растворении жестких кристаллизационных связей на их месте могут возникать водно-коллоидные связи. Данные связи зависят от состава минералов.

Природные состав, состояние и структура грунтов объясняют деформационно-прочностные свойства грунтов. Важной характеристикой здесь является структурная прочность грунтов.

Структурная прочность — некоторая характеристика грунта, преодолевая которую, грунт будет деформироваться [1]. Структурная прочность грунта при относительно малых нагрузках обнаруживается на ветви компрессионной кривой как практически горизонтальный участок, где не происходит уплотнения до напряжений $\sigma_{стр}$. При напряжениях, несколько больших структурной прочности $\sigma_{стр}$, в результате разрушения хрупких связей между частицами происходит резкое нарастание деформаций (рис. 1). Это явление свойственно для грунтов ненарушенной структуры.

Существует несколько способов определения структурной прочности грунта: по результатам изменения бокового давления при испытании

THE MEASUREMENT OF A CLAYEY SOIL STRUCTURAL STRENGTH IN A LABORATORY

Oksana Osipova

Platov South Russian State Polytechnic University (Rostov-on-Don, Russia); e-mail: oksana.osipova9@mail.ru

Yulia Saprygina

Platov South Russian State Polytechnic University (Rostov-on-Don, Russia); e-mail: julie-kiska94@mail.ru

Manuscript received: 23.03.2018. **Revised:** 29.03.2018. **Accepted:** 03.04.2018. **Published online:** 26.06.2018. ©RIOR

Abstract. The article describes different methods of measurement of a soil structural strength which is typical for Rostov region. Several experiments were conducted in the laboratory “Soil mechanics” of ICE GF, results were analyzed.

Keywords: soil structural strength, compression test, triaxial compression.

в приборе трехосного сжатия (по Е.И. Медкову) или при водонасыщенных грунтах по моменту возникновения давления в поровой воде (по Н.А. Цытовичу и М.Ю. Абелеву), а также во время полевых испытаний (метод усовершенствован Пасичниченко).

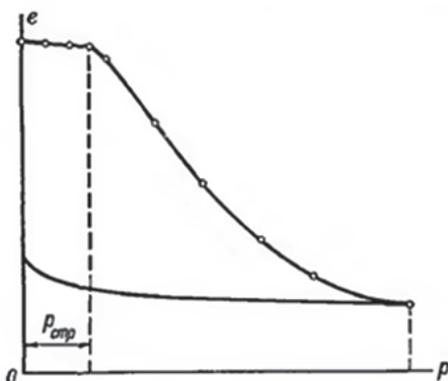


Рис. 1. Компрессионные кривые для образцов грунта ненарушенной структуры

Н.А. Цытович описал определение структурной прочности по компрессионной кривой. Для этого необходимо прилагать малые ступени нагрузки 0,002–0,10 МПа. Тогда резкий перелом кривой будет соответствовать преодолению структурной прочности грунта.

Структурную прочность грунта в основном определяют по предложенному Н.А. Цытовичем методу — компрессионным испытаниям.

Испытания грунтов в компрессионном приборе по ГОСТ 12248-96 позволяют определить структурную прочность грунта. За структурную прочность принимается такое давление, до которого практически не изменяется начальное значение коэффициента пористости, т.е. объем грунта практически не изменяется. После разрушения структурных связей наблюдаются резкое возрастание деформации и сжатие грунта. Прочность структурных связей зависит от вида глинистого грунта и имеет наибольшее значение в грунтах с кристаллизационными связями [3; 4]. В стандарте *ASTM* определяется не параметр структурной прочности, а эквивалентный ему параметр σ_p , называемый давлением (напряжением) предварительного уплотнения. Определение этого параметра выполняется различными методами, один из первых был предложен Казагранде.

Изучение структурной прочности грунтов и ее влияние на осадку зданий и сооружений обусловлено выпуском новых нормативных до-

кументов, в которых пока не дана окончательная оценка природы этого показателя и возможностей его применения.

Для определения структурной прочности грунта проводились испытания, методом компрессионного сжатия по стандартным методикам на компрессионных приборах КПр-1 системы «Гидропроект». Была выбрана площадка, сложенная лессовыми суглинками, характерными для Южного федерального округа. На площадке отобраны образцы грунта ненарушенной структуры. Грунт отбирался методом режущего кольца со дна и стенок шурфов, открытых вручную до глубины 1,5–2,5 м. С глубины 2,5 м до 15 м грунт отбирался в процессе бурения скважин в виде монолитов грунта. Отбор монолитов грунта производился геологической бригадой ООО «Изыскатель», монолиты исследовались в лаборатории «Механика грунтов», кафедры «Промышленное и гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение».

Определение деформативных и прочностных характеристик лессовых грунтов проводилось по стандартным методикам согласно ГОСТ 12071-2000. «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование, хранение образцов», ГОСТ 12248-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости», ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация».



Рис. 2. Кольцо одометра, заполненное грунтом

Испытания грунтов для определения компрессионной зависимости производились на специальных приборах, называемых компрессионными (одометрами) (рис. 2).

Для определения значения структурной прочности грунта в компрессионном приборе наложение производилось весьма малыми ступенями нагрузки 0,0125 МПа. Перелом ком-

прессионной кривой свидетельствует о преодолении структурной прочности. По полученным данным строились компрессионные кривые. Компрессионная кривая имеет криволинейное очертание с начальным участком, отличающимся незначительным приращением деформаций с ростом вертикальных давлений. Указанные особенности компрессионных кривых лессовых грунтов отмечались в работах Ю.М. Абелева, Г.И. Швецова, В.И. Осипова. Они обусловлены наличием у лессовых грунтов прочных структурных связей. Пока внешняя нагрузка не превышает прочность структурных связей, деформации грунта незначительны. Как только действующее давление превышает структурную прочность — деформации грунта увеличиваются. На рис. 3 показана ветвь нагружения компрессионной кривой в координатах коэффициент пористости — давление, полученная ступенями нагружения $0,375 \text{ кг/см}^2$ [2].

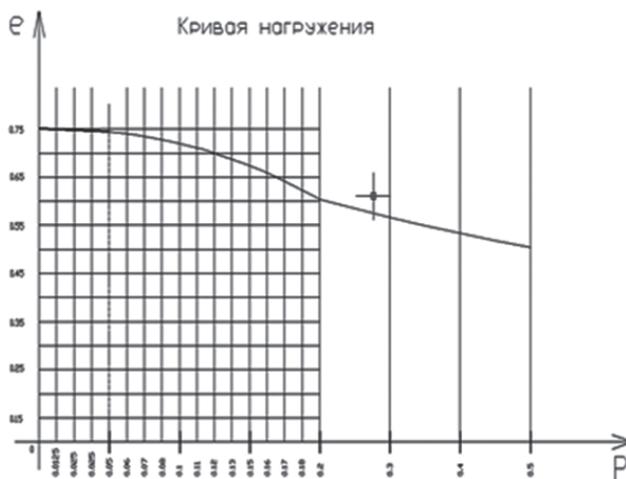


Рис. 3. Компрессионная кривая (ветвь нагружения), полученная весьма малыми ступенями нагружения

По результатам испытания, величина структурной прочности составила примерно $0,05 \text{ МПа}$.

Еще ряд испытаний проводился методом трехосного сжатия на измерительно-вычислительном комплексе АСИС-1, предназначенном для автоматизации механических испытаний образцов грунтов и образцов твердых горных пород в лабораторных условиях, а также выполнения измерений вертикальной и касательной нагрузок (прикладываемой силы), вертикальной деформации и деформации среза (ли-

нейных перемещений), порового и всестороннего давления испытываемых образцов грунта в соответствии с ГОСТ.

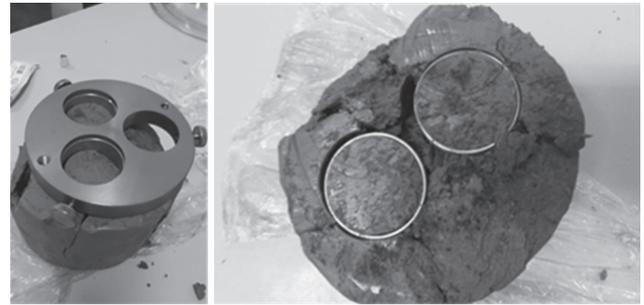


Рис. 4. Отбор образцов для опыта из монолита

Для проведения опыта отобраны монолиты грунта с помощью ООО «Изыскатель» с глубины 11 м (рис. 4), район улицы Ященко в г. Новочеркасске Ростовской области, всего использовались 4 монолита, до проведения трехосного испытания определялись физико-механические свойства данных грунтов. Было установлено, что влажность грунта — $0,225$, плотность — $1,98 \text{ г/см}^3$, пористость — 41% , коэффициент пористости — $0,68$. По числу пластичности определен вид грунта — суглинок. Первоначальная высота образца — 76 мм , диаметр — 38 мм . После проведения испытаний в среднем высота образца стала меньше на 11 мм , а диаметр — на 3 мм . Всего выполнено испытаний — 4; боковое давление — в первом опыте — 100 кПа , во втором — 200 кПа , в третьем — 300 кПа и в четвертом — 400 кПа . Скорость проведения опытов была различной — от 4 до 9 часов, в связи с заданным интервалом нагружения. Ступени нагружения и время приложения нагрузки для четырех опытов были разными (рис. 5, 6).



Рис. 5. Прибор ГТ 1.3.1-05

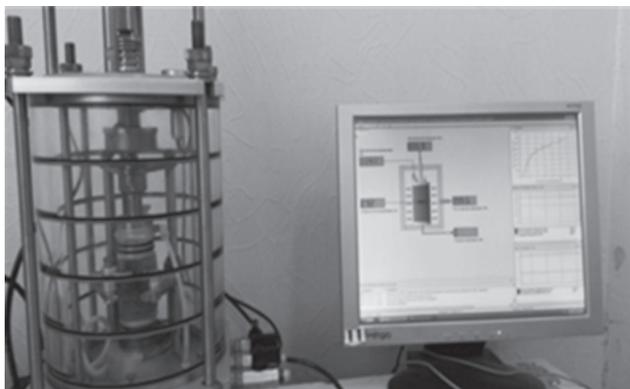


Рис. 6. Проведение испытаний

Сводная таблица максимальных результатов четырех опытов представлена ниже.

Таблица 1

№	Боковое давление, МПа	Всестороннее давление, МПа	Вертик. давление, МПа	Вертик. нагрузка, кгс	Поровая жидкость, мм	Гориз. деформ., мм	Вертик. деформ., мм
1	100	0,0997	0,33	25,94	0	1,16	11,4
2	200	0,2	1,49	145,5	0,0016	3,37	10,29
3	300	0,2995	0,8835	66,3	0,0005	2,1	11,4
4	400	0,3996	1,0556	74,4	0	2,92	11,4

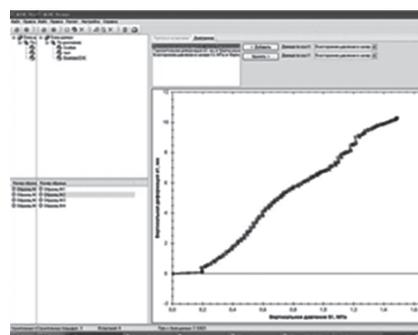
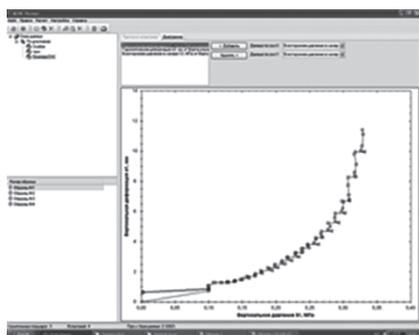


Рис. 7. Графики изменения вертикальной деформации от вертикальной нагрузки в опытах № 1 и 2

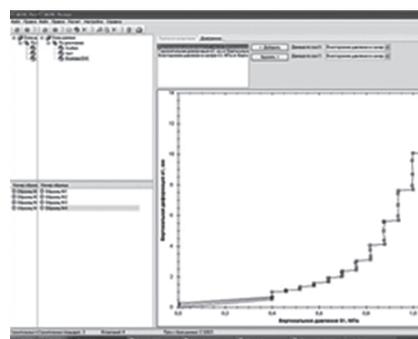
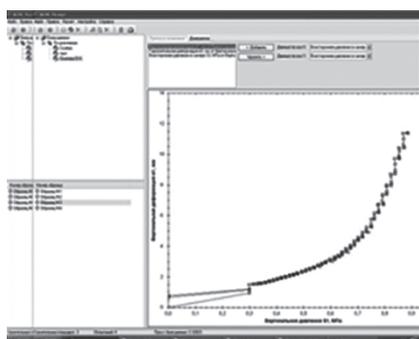


Рис. 8. Графики изменения вертикальной деформации от вертикальной нагрузки в опытах № 3 и 4

По графику зависимости вертикальной деформации от вертикальной нагрузки можно увидеть, что сжатие образца происходит не сразу, а имеется некоторый прямолинейный участок, который позволяет нам судить о наличии структурной прочности у данного грунта (рис. 7, 8). Для определения ее величины необходимо провести расчеты и выполнить ряд опытов для подтверждения результата.

Компрессионные испытания и ряд испытаний на приборе трехосного сжатия суглинков Южного Федерального округа показали, что эти грунты обладают структурной прочностью.

В работах доцента О.Н. Осиповой и профессора В.П. Дыбы доказано, что значение расчетной осадки с учетом структурной прочности грунта значительно меньше значения осадки, полученной по нормативному методу, глубина сжимаемой толщи при учете структурной прочности также значительно меньше нормативной [5; 6]. Таким образом, использование метода послойного суммирования с учетом структурной прочности грунтов позволяет точнее определять осадки фундамента, снизить расходы материалов и труда при устройстве фундаментов. Следовательно, изучение структурной прочности грунтов, методов ее определения и расчетов является актуальной задачей.

Литература

1. *Цытович Н.А.* Механика грунтов [Текст]: учеб. пособие / Н.А. Цытович. — М.: Высшая школа, 1963. — 636 с.
2. *Осипова О.Н.* «Влияние структурной прочности грунтов на величину глубины сжимаемой толщи и осадку основания» [Текст] / О.Н. Осипова, В.П. Дыба, Ю.В. Галашев // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2010. — № 5. — С. 83–85.
3. *Барац Н.И.* Механика грунтов [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Барац. — Омск: СибАДИ, 2008. — 106 с.
4. *Мащенко А.В.* Специальные методы механики грунтов и механики скальных пород [Текст]: учеб. пособие / А.В. Мащенко, А.Б. Пономарев, Е.Н. Сычкина. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. — 176 с.
5. *Осипова О.Н.* К выбору глубины сжимаемой толщи основания [Текст] / О.Н. Осипова, В.П. Дыба, Ю.В. Галашев // Наука, техника и технология XXI века (НТТ-2009): материалы IV международной научно-технической конференции. — Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2009. — С. 406–411.
6. *Осипова О.Н.* Уточнение методов расчета осадок фундаментов по данным лотковых и натурных экспериментов [Текст] / О.Н. Осипова, В.П. Дыба, Ю.В. Галашев // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2011. — № 3. — С. 23–26.

References

1. Tsytovich N.A. *Mekhanika gruntov* [Soil mechanics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1963. 636 p.
2. Osipova O.N., Dyba V.P., Galashev Yu.V. «Vliyanie strukturnoy prochnosti gruntov na velichinu glubiny szhimaemoy tolshchi i osadku osnovaniya» [«Influence of the structural strength of soils on the depth of the compressible strata and the sedimentation of the base»]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskije nauki* [Proceedings of high schools. North-Caucasian region. Technical science]. 2010, I. 5, pp. 83–85.
3. Barats N.I. *Mekhanika gruntov* [Soil mechanics]. Omsk, SibADI Publ., 2008. 106 p.
4. Mashchenko A.V., Ponomarev A.B., Sychkina E.N. *Spetsial'nye metody mekhaniki gruntov i mekhaniki skal'nykh porod* [Special Methods of Soil Mechanics and Rock Mechanics]. Perm, Perm. nats. issled. politekhn. un-t Publ., 2014. 176 p.
5. Osipova O.N., Dyba V.P., Galashev Yu.V. K vyboru glubiny szhimaemoy tolshchi osnovaniya. *Nauka, tekhnika i tekhnologiya KhKhI veka (NTT-2009)* [To the choice of the depth of the compressible basement. Science, technology and technology of the XXI century (NTT-2009)]. *Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Materials of the IV International Scientific and Technical Conference]. Nal'chik: Kab.-Balk. Un-t Publ., 2009, pp. 406–411.
6. Osipova O.N., Dyba V.P., Galashev Yu.V. Utochnenie metodov rascheta osadok fundamentov po dannym lotkovykh i naturnykh eksperimentov [Specification of methods for calculating the sediment of foundations from the data of trough and full-scale experiments]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Bases, foundations and mechanics of soils]. 2011, I. 3, pp. 23–26.