

УДК 624.131

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ СЖИМАЕМОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

INVESTIGATE THE NATURE OF THE COMPRESSIBILITY OF CLAY SOILS

Денисенко Виктор Викторович

кандидат технических наук,
доцент кафедры кадастра и геоинженерии
Кубанского государственного
технологического университета

Ляшенко Павел Алексеевич

профессор кафедры оснований и фундаментов
Кубанского государственного аграрного университета

Аннотация. Рассматривается предложенная авторами микроструктурная модель компрессионного сжатия глинистых грунтов постоянно возрастающей нагрузкой, отличающаяся от принятой модели однородного изотропного сжатия и позволяющая рассчитывать распределение плотности грунта по высоте образца и во времени и теоретический предел сжатия грунта. Механизм уплотнения грунта является следствием разрушения микроструктуры грунта поверхностями скольжения.

Ключевые слова: грунт, сжимаемость, структурная прочность, компрессионное сжатие, постоянно возрастающая нагрузка, микроструктура.

Denisenko Viktor Viktorovich

Ph.D., assistant professor of inventory and geoinzhene-theory of the Kuban State University of Technology

Ljashenko Pavel Alekseevich

Professor of the Department of the foundations of the Kuban State Agrarian University

Annotation. We consider the microstructural model proposed by the authors compression of clay soils continuously increasing load, which differs from the accepted model of homogeneous isotropic compression and allows to calculate the distribution of the density of the soil and the height of the sample over time and the theoretical limit of compression of the soil. The mechanism of soil compaction is a consequence of the destruction of the microstructure of the soil sliding surfaces.

Keywords: soil, compressibility, structural strength, compression compression, constantly increasing workload, the microstructure.

Введение

Сжимаемостью называют способность грунтов уменьшаться в объеме при всестороннем сжатии. Всестороннее сжатие образца грунта осуществляется в приборах, создающих условия компрессии: осевой деформации без возможности бокового расширения. Оценка сжимаемости производится по коэффициенту уравнения сжимаемости, написанного в предположении изотропного сжатия вещества:

$$\Delta \varepsilon = m_v \Delta \sigma, \quad (1)$$

где $\Delta \varepsilon$ – относительное уменьшение высоты образца при увеличении давления на торце на величину $\Delta \sigma$; m_v – коэффициент относительной сжимаемости [1].

Увеличение давления $\Delta \sigma$ производится обычно крупными ступенями по 25; 50; 100 кПа.

Сжатие вначале мелкими ступенями давления (по 2,5; 5; 10 кПа) может выявить значение «структурной прочности» $\sigma = \sigma_{str}$, начиная с которого сжимаемость заметно увеличивается, что устанавливается по перелому графика $\varepsilon = f(\sigma)$ [1].

Принято считать, что при давлении меньшем структурной прочности объем грунта практически не уменьшается и сжимаемость проявляется лишь когда $\sigma > \sigma_{str}$. На самом деле, разрушение микроструктуры грунта наблюдается с начала нагружения образца. Это хорошо видно при испытании образцов глинистых грунтов постоянно возрастающей нагрузкой [2]: при плавном увеличении давления на торце образца скорость его деформации изменяется циклически.

Анализ циклов скорости деформации позволяет более точно определить значение «структурной прочности» σ_{str} [3].

Микроструктурная модель компрессионного сжатия грунта

Испытание постоянно возрастающей нагрузкой даёт дополнительную информацию о свойствах микроструктуры глинистого грунта [4]. Для расшифровки её необходимо отказаться от принятой модели однородного изотропного сжатия, выраженного уравнением (1), и перейти к модели грунта, построенной на представлении о его уплотнении, как последовательности актов разрушения микроструктуры. Предположения о механизме уплотнения грунта микросдвигами высказывались ранее [5, 6], но формализован он был нами [4, 7] на основе технологии испытания грунта постоянно возрастающей нагрузкой [8].

Нами предложена модель, согласно которой грунт при компрессионном сжатии разрушается поверхностями скольжения, закрывающими наиболее крупные поры, что и вызывает наблюдаемое уменьшение объёма. Поверхности скольжения начинаются от наиболее крупных жёстких минеральных зёрен на контакте со штампами прибора и проникают вглубь образца, по мере увеличения нагрузки, образуя «блоки» грунта (рис. 1, а). Скорость деформации при этом увеличивается. Вторичные поверхности скольжения дробят ранее образовавшиеся «блоки», и сеть поверхностей скольжения сгущается ближе к штампам (рис. 1, б).

Плотность грунта быстро увеличивается возле штампов, но уменьшается, по мере удаления от них (рис. 2).

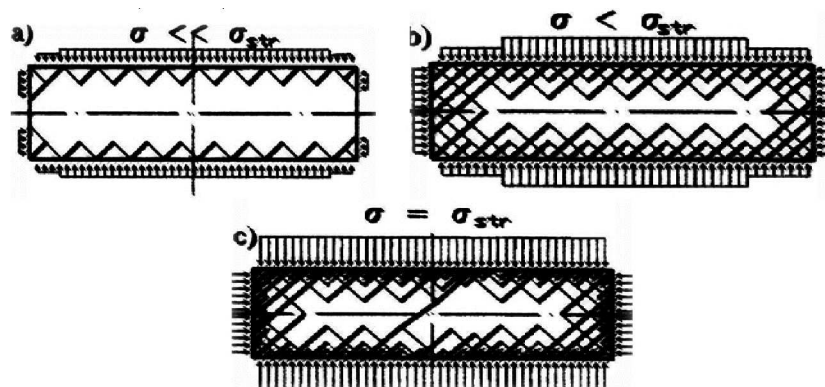


Рисунок 1 – Морфологическая модель деформации образца:

вначале локальные поверхности скольжения, идут от наиболее крупных зёрен на нагруженных границах (а), затем они сливаются и охватывают слои, близкие к границам (б) и при достижении «структурной прочности» некоторые из них пересекают образец на всю высоту (с)

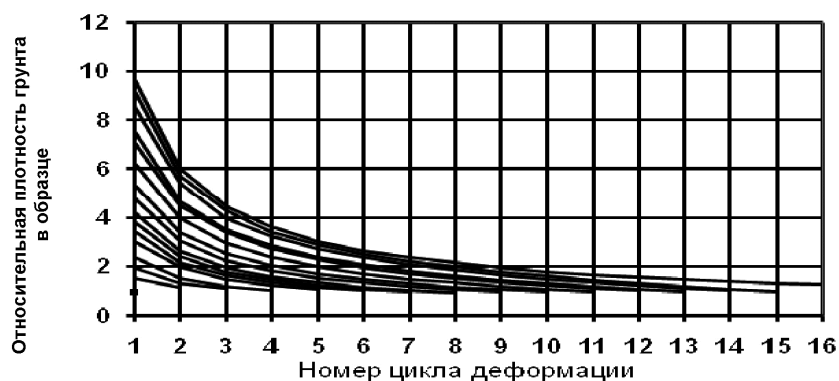


Рисунок 2 – Влияние количества циклов деформации на плотность грунта

При определённой нагрузке отдельные поверхности скольжения пересекают образец по всей высоте (рисунок 1, с), что наблюдается как максимум скорости деформации и порождает перелом на графике осевой деформации $\varepsilon = f(\sigma)$. То есть «структурная прочность» – это

давление, при котором образец разрушается поверхностью скольжения (сдвиговой трещиной) по всей высоте.

Гипотеза предельного сжатия грунта

Дальнейшее увеличение давления приводит к дроблению образовавшихся «блоков» грунта. Скорость деформации при этом снижается.

В каждом цикле мы выделяем упругую и неупругую части деформации [4] и рассчитываем соответствующие скорости деформации. Скорость упругой деформации $f_e = f(\sigma)$, $\sigma > \sigma_{str}$ в целом, ниже скорости неупругой $f_r = f(\sigma)$, $\sigma > \sigma_{str}$ (рис. 3).

Графики аппроксимированы линейными функциями давления, нижний – лучше (коэффициент детерминации $R^2 = 0,7714$), верхний – хуже ($R^2 = 0,4739$), что подтверждает правильность разделения деформации на упругую и неупругую части: упругая отражает более глубокое и устойчивое свойство микроструктуры.

Если графики $f_e = f(\sigma)$ и $f_r = f(\sigma)$ экстраполировать до их пересечения, то можно вычислить теоретический предел сжатия грунта, когда амплитуды циклов уменьшатся до нуля. Для образца № 117в на рисунке 3 теоретический предел сжатия равен 800 кПа.

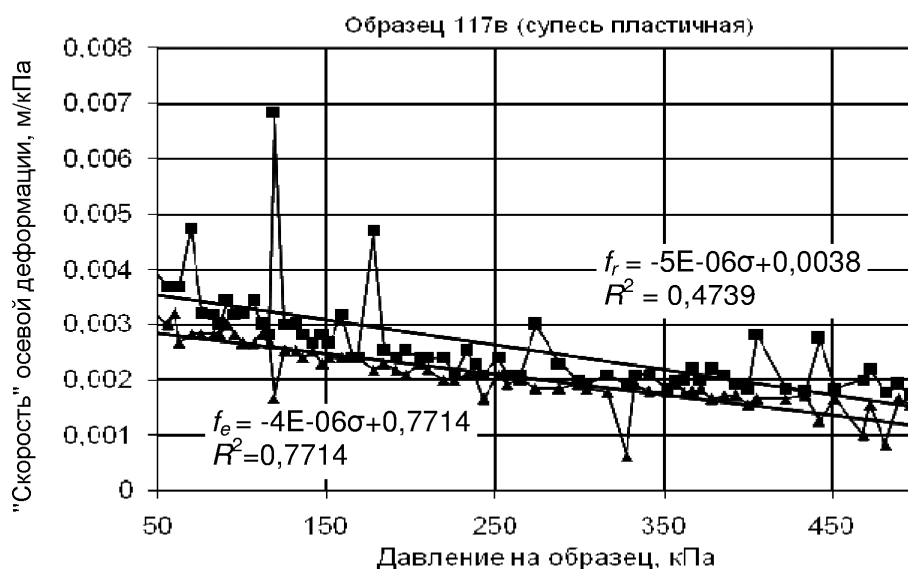


Рисунок 3 – Скорость упругой деформации (нижний график) и скорость неупругой деформации (верхний график)

Выводы:

1. Метод компрессионного испытания грунтов при постоянно возрастающей нагрузке даёт основу для более глубокого изучения фундаментального свойства грунта – сжимаемости. Новая модель деформации предполагает рассмотрение сжимаемости как следствия разрушения микроструктуры грунта поверхностями скольжения.

2. Модель деформации позволила рассчитать распределение плотности грунта по высоте образца и во времени.

3. Результаты испытания грунта при постоянно возрастающей нагрузке позволяют рассчитать теоретический предел сжатия грунта.

Литература:

1. Цытович Н.А. Механика грунтов (Краткий курс). – М. : Высш. шк., 1979. – 273 с.
2. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Определение структурной прочности грунтов постоянно возрастающей нагрузкой. Депонир. во ВНИИТПИ. – 1993. – № 11408.
3. Ляшенко П.А., Денисенко В.В., Беляева Ю.А. Изучение структурной прочности глинистого грунта при постоянно возрастающей нагрузке // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – № 84(10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/47.pdf>
4. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Вычисление характеристик микроструктуры грунта в опыте с компрессионным сжатием образца//Научный журнал КубГАУ. – Краснодар : КубГАУ, 2009. – № 45(1). URL: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.

5. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов: (Напряженно-деформативные и прочностные характеристики). – М. : Стройиздат, 1979. – 304 с.
6. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. – М. : Изд-во АСВ, 2005. – 488 с.
7. Ляшенко П.А. Модель деформации микроструктуры грунта // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар : КубГАУ, 2005. – № 11(03). URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/03/02/p02.asp>
8. Способ определения деформационных характеристик грунтов. А.с. СССР № 1505022, 1989 (Авт. Горячев М.И., Денисенко В.В., Ляшенко П.А.).

References:

1. Tsytoich N.A. Soil Mechanics (short course). – M. : High. wk., 1979. – 273 p.
2. Ljashenko P.A., Denisenko V.V. Determination of the structural strength of soil is constantly increasing load. Deposited. into account VNIINTPI. – 1993. – № 11408.
3. Ljashenko P.A., Denisenko V.V., Belyaev Y.A. The study of the structural strength of clay soil at an ever-increasing load//Journal KubGAU. – Krasnodar : KubGAU, 2012. – № 84(10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/47.pdf>
4. Ljashenko P.A., Denisenko V.V. Calculation of the characteristics of the micro-structure of the soil in the experiment with a sample compression compression//Journal KubGAU. – Krasnodar : KubGAU, 2009. – № 45 (1). URL: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.
5. Goldstein M.N. Mechanical properties of soils (eg mately – deformability and strength characteristics). – M. : Story-izdat, 1979. – 304 p.
6. Ter-Martirosyan Z.G. Soil mechanics. – M. : Publishing House of the DIA, 2005. – 488 p.
7. Ljashenko P.A. Model deformation microstructure soil is // Journal KubGAU. – Krasnodar : KubGAU, 2005. – №11 (03). URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/03/02/p02.asp>
8. The method for determining the deformation characteristics of soils. AS USSR number 1505022, 1989 (Avt. Goryachev M.I., Denisenko V.V., Ljashenko P.A.).