

## COMPRESSION OF THE CLAY SOILS OF NON-DESTRUCTED AND DESTRUCTED STRUCTURE

A Alikonis

To cite this article: A Alikonis (1997) COMPRESSION OF THE CLAY SOILS OF NON-DESTRUCTED AND DESTRUCTED STRUCTURE, *Statyba*, 3:11, 61-69, DOI: [10.1080/13921525.1997.10531355](https://doi.org/10.1080/13921525.1997.10531355)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1997.10531355>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 58

---

## СЖИМАЕМОСТЬ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА НЕНАРУШЕННОГО И НАРУШЕННОГО СЛОЖЕНИЯ

А. Аликонис

### 1. Введение

Грунт состоит из твердых частиц и пор, которые полностью или частично заполнены водой или воздухом. Деформации частиц, воды и газа, возникающие из-за небольших напряжений сжатия в основаниях зданий, при решении инженерных задач не учитываются. Принимается, что изменение объема грунта при сжатии происходит из-за изменения объема пор от уплотнения.

В процессе образования глинистых грунтов между частицами возникли водно-коллоидные и другие связи, придающие грунту дополнительную прочность, называемую структурной прочностью грунта  $\sigma_{стр}$ .

При давлении, не превышающем структурной прочности ( $\sigma < \sigma_{стр}$ ), уплотнение не происходит, так как давление воспринимается водно-коллоидными и кристаллизационными связями. Уплотнение грунта происходит после разрушения связей.

Структурную прочность грунта можно определить по результатам испытания грунта в одометрах (по Н.А.Цытовичу), в приборах трехосного сжатия (по Е.И.Медкову), при вдавливании иглампа в натуральных условиях залегания грунта или другими способами.

Деформации уплотнения глинистого грунта естественного сложения и с нарушенными структурными связями происходят по-разному. Как показывают экспериментальные исследования лимногляциальных глин в компрессионных приборах, их сжимаемость различается в два раза и более [1].

Исследованиями лимногляциальных глин [1] установлено, что при одинаковом значении начального коэффициента пористости естест-

венного и нарушенного сложения  $e_0$  уплотнение грунта происходит по-разному и при одинаковом давлении значения параметров сжимаемости оказываются разными. Если сжимаемость оценить коэффициентом относительной сжимаемости, то для грунта нарушенного сложения при той же нагрузке он больше, чем для грунта ненарушенного сложения.

В строительной практике возникает проблема сжимаемости грунта ненарушенного и нарушенного сложения при возникших переборах грунта, при возведении котлованов для зданий и траншей подземных коммуникаций. Действовавшие ранее строительные нормы и правила СНиП III-Б.1-62 [2] во избежание неравномерных оседаний требовали случайные переборы при земляных работах заполнять тем же грунтом и уплотнять его до естественной плотности.

Результаты экспериментальных исследований и строительная практика показали, что грунт нарушенного сложения, которым заполняются переборы при земляных работах, хотя и уплотнен до плотности естественного грунта, деформируется больше, чем естественный грунт.

Действующие в настоящее время нормы и правила СНиП [3] осторожнее подходят к уплотнению грунта в случайных переборах при земляных работах. В них сохранилось требование восполнять переборы в местах устройства фундаментов и укладки трубопроводов местным грунтом с уплотнением его до плотности грунта естественного сложения основания. Однако при глубине переборов, превышающей 50 см, способ заполнения должен быть согласован с проектной организацией.

Для определения степени уплотнения грунта нарушенного сложения, позволяющего получить сжимаемость под нагрузкой, равной сжимаемости грунта ненарушенного сложения, необходимо провести специальные исследования того же грунта ненарушенной и нарушенной структуры.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что можно получить зависимость для определения начального коэффициента пористости грунта нарушенного сложения, при котором сжимаемость для заданного давления будет приблизительно такой же, что и для грунта ненарушенного сложения.

## 2. Теоретическое определение значения начального коэффициента пористости

Компрессионная зависимость в полулогарифмической системе координат на участке BC (рис. 1) будет прямой линией.

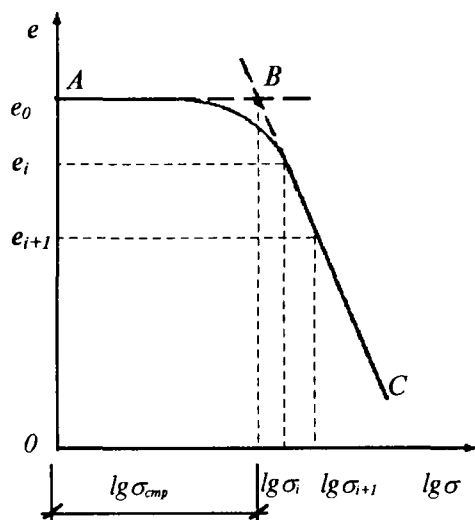


Рис. 1. Компрессионная кривая глинистого грунта, обладающего структурной прочностью, в полулогарифмической системе координат

Fig 1. Compression curves of structurally rigid clay soils in a semi-logarithmic scale

Структурную прочность по такой компрессионной кривой можно приблизительно определить по пересечению продолжения прямой BC с горизонтальной линией AB, соответствующей значению начального коэффициента пористости  $e_0$  [4]. Тот же грунт нарушенного сложения (тщательно перемятый) не будет

обладать структурной прочностью. Однако нельзя утверждать, что при перемятии глинистого грунта полностью исчезают структурные связи. Часть структурных связей остается и составляет небольшую долю от первоначальной структурной прочности. При компрессионном сжатии перемятого глинистого грунта на начальном участке компрессионной кривой в полулогарифмической системе координат появляется небольшой горизонтальный участок AB (рис. 2). По сравнению со значением структурной прочности глинистого грунта естественного сложения оставшаяся структурная прочность после перемятия грунта составляет весьма небольшую долю [5].

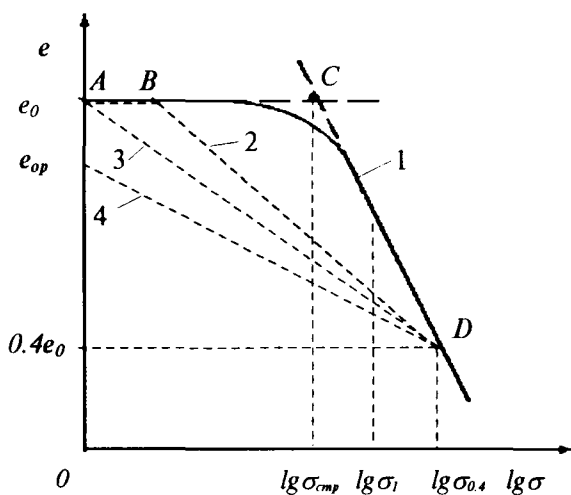


Рис. 2. Компрессионные кривые глинистого грунта, обладающего структурной прочностью: 1 - естественный грунт; 2, 3, 4 - тот же грунт нарушенной структуры (перемятый)

Fig 2. Compression curves of structurally rigid clay soils: 1 - natural soils; 2, 3, 4 - soils of destroyed structure

Поэтому при решении инженерных задач можно принять, что компрессионная кривая грунта нарушенного сложения в полулогарифмической системе координат начинается от точки A (рис. 2). При давлении  $\sigma < \sigma_{cmp}$ , меньшем, чем структурная прочность грунта, нагрузка воспринимается водно-коллоидными и кристаллизационными связями, и деформации уплотнения практически не развиваются (рис. 2, 1 кривая). После разрушения этих связей при  $\sigma > \sigma_{cmp}$  происходит уплотнение грунта. Иначе

ведет себя грунт при его нарушенной структуре: он деформируется практически от начала приложения первой ступени нагрузки (рис. 2, 3 линия).

Таким образом, глинистый грунт ненарушенной и нарушенной структуры уплотняется по-разному, но теоретически, в конечном результате, при большом давлении в обоих случаях уплотнение одинаково, когда  $e=0$ . Исследования грунтов ненарушенной и нарушенной структуры свидетельствуют о том, что компрессионные кривые таких грунтов в полупологарифмической системе координат соприкасаются одна с другой при  $0,4e_0$  [5],  $0,42e_0$  [6] или при  $e_{мин}$  [7], и дальнейшее уплотнение грунта протекает практически одинаково.

При одинаковом давлении глинистый грунт ненарушенного и нарушенного сложения будет иметь разные значения показателей сжимаемости, например, величину относительной сжимаемости. Если грунт нарушенного сложения дополнительно уплотнить, т. е. создать плотность, начальный коэффициент пористости  $e_{op}$  которого меньше, чем начальный коэффициент пористости грунта ненарушенного сложения  $e_0$  (рис. 2, линия 4), то при дальнейшем увеличении нагрузки получим такое давление, при котором значения относительной сжимаемости практически одинаковы.

Для практических целей задача может быть сформулирована так: каким должно быть значение начального коэффициента пористости грунта нарушенного сложения, чтобы при соответствующей нагрузке на грунт получить одинаковую осадку слоя грунта нарушенного и ненарушенного сложения. Принимая, что в любом случае компрессионные кривые глинистого грунта с нарушенной и ненарушенной структурой соприкасаются при  $0,4e_0$  [5], можем записать уравнение осадки слоя грунта с ненарушенной структурой [8].

$$S = H \frac{C_c}{1+e_0} (\lg \sigma_1 - \lg \sigma_{cmp}), \quad (1)$$

где  $S$  – осадка слоя грунта естественного сложения;  $H$  – толщина слоя грунта;  $C_c$  – коэффициент компрессии;  $e_0$  – начальный

коэффициент пористости;  $\sigma_1$  – давление на грунт;  $\sigma_{cmp}$  – структурная прочность грунта.

Такого же вида зависимость можно записать и для расчета осадки слоя грунта нарушенной структуры (рис. 2).

$$S_l = H_l \frac{C_c'}{1+e_{op}} \lg \sigma_1, \quad (2)$$

где  $S_l$  – осадка слоя грунта нарушенной структуры;  $H_l$  – толщина слоя грунта;  $C_c'$  – коэффициент компрессии;  $e_{op}$  – начальный коэффициент пористости;  $\sigma_1$  – давление на грунт.

Принимаем, что толщина слоя грунта ненарушенного сложения  $H$  равна толщине слоя грунта нарушенного сложения  $H_l$ .

Для определения давления, при котором осадки слоя грунта толщиной  $H$  для нарушенного и ненарушенного сложения будут одинаковыми, сравниваем формулы (1) и (2) и получаем выражение:

$$H \frac{C_c}{1+e_0} (\lg \sigma_1 - \lg \sigma_{cmp}) = H_l \frac{C_c'}{1+e_{op}} \lg \sigma_1. \quad (3)$$

Так как  $H=H_l$ , следует

$$\frac{C_c}{1+e_0} (\lg \sigma_1 - \lg \sigma_{cmp}) = \frac{C_c'}{1+e_{op}} \lg \sigma_1. \quad (4)$$

Выражение (4) является уравнением для расчета  $e_{op}$ .

После математических преобразований получаем несколько разных видов выражения (4).

$$\frac{C_c \lg \sigma_1 - C_c \lg \sigma_{cmp}}{1+e_0} = \frac{C_c' \lg \sigma_1}{1+e_{op}}, \quad (5)$$

$$(C_c \lg \sigma_1 - C_c \lg \sigma_{cmp})(1+e_{op}) = C_c' \lg \sigma_1 (1+e_0), \quad (6)$$

$$C_c \lg \sigma_1 - C_c \lg \sigma_{cmp} + C_c \lg \sigma_1 e_{op} - C_c \lg \sigma_{cmp} e_{op} = C_c' \lg \sigma_1 + C_c' \lg \sigma_1 e_0. \quad (7)$$

Коэффициент компрессии грунта ненарушенного сложения  $C_c$  как постоянную величину определяем по прямому участку компрессионной кривой в полупологарифмической системе координат (рис. 1).

$$C_c = \frac{e_i - e_{i+1}}{\lg \sigma_{i+1} - \lg \sigma_i}. \quad (8)$$

Коэффициент компрессии грунта с нарушенной структурой определяем по компрессионному графику 4, рис. 2, в полулогарифмической системе координат.

$$C_c' = \frac{e_{op} - e_{0,4}}{\lg \sigma_{0,4}}, \quad (9)$$

где  $e_{op}$  – начальный коэффициент пористости грунта нарушенной структуры;  $e_{0,4}$  – коэффициент пористости, соответствующий  $e_o \times 0,4$ ;  $\lg \sigma_{0,4}$  – логарифм давления, соответствующий коэффициенту пористости  $e_{0,4}$ .

Дальнейшее преобразование формулы (7) проводим, подставляя в нее выражение  $C_c'$  из (9), а  $C_c$  оставляем прежним, так как в выражении (8) все величины известны и легко определимы по компрессионной кривой в полулогарифмической системе координат.

Подставляя значения  $C_c'$ , получим

$$C_c \lg \sigma_1 - C_c \lg \sigma_{cmp} + C_c \lg \sigma_1 e_{op} - C_c \lg \sigma_{cmp} e_{op} = \frac{e_{op} - e_{0,4}}{\lg \sigma_{0,4}} \lg \sigma_1 + \frac{e_{op} - e_{0,4}}{\lg \sigma_{0,4}} \lg \sigma_1 e_o, \quad (10)$$

$$C_c \lg \sigma_1 - C_c \lg \sigma_{cmp} + C_c \lg \sigma_1 e_{op} - C_c \lg \sigma_{cmp} e_{op} = \frac{\lg \sigma_1 e_{op} - \lg \sigma_1 e_{0,4}}{\lg \sigma_{0,4}} + \frac{\lg \sigma_1 e_o e_{op} - \lg \sigma_1 e_o e_{0,4}}{\lg \sigma_{0,4}}, \quad (11)$$

$$C_c \lg \sigma_1 \lg \sigma_{0,4} - C_c \lg \sigma_{cmp} \lg \sigma_{0,4} + C_c \lg \sigma_1 e_{op} \lg \sigma_{0,4} - C_c \lg \sigma_{cmp} e_{op} \lg \sigma_{0,4} = \lg \sigma_1 e_{op} - \lg \sigma_1 e_{0,4} + \lg \sigma_1 e_o e_{op} - \lg \sigma_1 e_o e_{0,4}, \quad (12)$$

$$C_c \lg \sigma_1 \lg \sigma_{0,4} - C_c \lg \sigma_{cmp} \lg \sigma_{0,4} + \lg \sigma_1 e_{0,4} + \lg \sigma_1 e_o e_{0,4} = \lg \sigma_1 e_{op} + \lg \sigma_1 e_o e_{op} - C_c \lg \sigma_1 e_{op} \lg \sigma_{0,4} + C_c \lg \sigma_{cmp} e_{op} \lg \sigma_{0,4}, \quad (13)$$

$$C_c \lg \sigma_1 \lg \sigma_{0,4} - C_c \lg \sigma_{cmp} \lg \sigma_{0,4} + \lg \sigma_1 e_{0,4} + \lg \sigma_1 e_o e_{0,4} = e_{op} (\lg \sigma_1 + \lg \sigma_1 e_o - C_c \lg \sigma_1 \lg \sigma_{0,4} + C_c \lg \sigma_{cmp} \lg \sigma_{0,4}), \quad (14)$$

$$\frac{C_c \lg \sigma_1 \lg \sigma_{0,4} - C_c \lg \sigma_{cmp} \lg \sigma_{0,4} + \lg \sigma_1 e_{0,4} + \lg \sigma_1 e_o e_{0,4}}{\lg \sigma_1 + \lg \sigma_1 e_o - C_c \lg \sigma_1 \lg \sigma_{0,4} + C_c \lg \sigma_{cmp} \lg \sigma_{0,4}}. \quad (15)$$

$$e_{op} = \frac{C_c \lg \sigma_{0,4} (\lg \sigma_1 - \lg \sigma_{cmp}) + e_{0,4} \lg \sigma_1 (1 + e_o)}{\lg \sigma_1 (1 + e_o) + C_c \lg \sigma_{0,4} (\lg \sigma_{cmp} - \lg \sigma_1)}. \quad (16)$$

Коэффициент компрессии  $C_c$  ненарушенного грунта также можно найти из выражения

$$C_c = \frac{e_o - e_{0,4}}{\lg \sigma_{0,4} - \lg \sigma_{cmp}}, \quad (17)$$

где  $e_o$  – начальный коэффициент пористости;  $e_{0,4}$  – коэффициент пористости, соответствующий точке пересечения компрессионных кривых ненарушенного и нарушенного сложения в полулогарифмической системе координат,  $e_{0,4} = e_o \times 0,4$ ;  $\sigma_{0,4}$  – давление, соответствующее коэффициенту пористости  $e_{0,4}$ ;  $\sigma_{cmp}$  – структурная прочность грунта.

Подставив в выражение (17) значение  $C_c$ , найденное по формуле (8), можем записать:

$$C_c (\lg \sigma_{0,4} - \lg \sigma_{cmp}) = e_o - e_{0,4}, \quad (18)$$

$$C_c \lg \sigma_{0,4} = C_c \lg \sigma_{cmp} + e_o - e_{0,4}, \quad (19)$$

откуда

$$\lg \sigma_{0,4} = \frac{C_c \lg \sigma_{cmp} + e_o - e_{0,4}}{C_c}. \quad (20)$$

Теоретические решения для определения начального коэффициента пористости грунта нарушенной структуры, при котором осадки слоя грунта нарушенной и ненарушенной структуры были приблизительно одинаковыми, проверялись экспериментально по результатам компрессионных исследований лимногладциальной глины ненарушенного и нарушенного сложения.

### 3. Экспериментальные и расчетные значения коэффициентов пористости

Экспериментально–теоретические решения проверялись на лимногладциальной глине как нормально уплотненном в природных условиях залегания в грунте.

Лимногладциальных глинистых отложений неоплейстоценового возраста на территории Литвы довольно много (около 10% всей площади) [9]. Особую роль в сжимаемости этих глин играют структурные связи, которые придают породе дополнительную механическую прочность. Аналогичное явление можно заметить при испытании на сжатие образцов пород с

ненарушенным и нарушенным сложением. В случае глинистых пород нарушение соответствующих связей между частицами может привести к потере прочности и к значительному росту сжимаемости пород под нагрузкой.

Структурные связи лимногляциальных глин должны рассматриваться как общее физическое состояние, которое зависит от минерального состава глин, содержания электролитов в водной среде, времени структурообразования, физико-механических процессов, других компонентов и формируется в результате взаимодействия этих компонентов с определенным типом связями между ними. Это обуславливает необходимость интегральной оценки физического состояния глинистой породы, которая должна отражать суммарный итог внешних и внутренних процессов, определяющих ее формирование. Исследованиями условий образования лимногляциальных отложений установлен смешанный характер структурных связей, т.е. наряду с коагуляционно-тиксотропными связями (которые придают глинам определенную структурную прочность) с самого начала процесса осадкообразования в этих отложениях возникают и конденсационно-кристаллизационные (по П.Я.Рибиндери) связи.

Отмечая сравнительно значительную степень изменения глинистых пород при осадкообразовании, важно подчеркнуть, что далеко не все они достигают большой плотности и прочности. Это объясняется тем, что структурные связи придают породам те или иные свойства, то или иное физическое состояние.

Для изучения влияния сложения (нарушенного и ненарушенного) на деформационные свойства лимногляциальных глин Литвы нами были проведены специальные компрессионные опыты с микрослонстыми образцами.

Образцы нарушенного сложения готовились тщательным перемятием пород при сохранении естественной влажности. Из 70 компрессионных опытов нарушенного и ненарушенного сложения были выделены отдельные группы с начальным коэффициентом пористости  $e_0 = 1,00-0,950$ ,  $e_0 = 0,950-0,900$ ,  $e_0 = 0,900-0,850$  и  $e_0 = 0,800-0,750$ .

Сравнения изменений коэффициента пористости с ростом нагрузки показали зависимость влияния нарушения естественного сложения на сжимаемость от начального коэффициента пористости. С ростом значений начального коэффициента пористости увеличивается разница между коэффициентами пористости нарушенного и ненарушенного сложения, хотя давление увеличивается одинаково.

Этот вывод подтверждается и при анализе значений относительного сжатия и коэффициента сжимаемости в зависимости от начального коэффициента пористости образцов нарушенного и ненарушенного сложения.

Различная сжимаемость глин нарушенного и ненарушенного сложения при обычно принятых в строительной практике нагрузках объясняется нарушением природных связей, а замеченное уменьшение разницы в сжимаемости с уменьшением величины начального коэффициента пористости указывает на уменьшение чувствительности с увеличением плотности.

Анализ зависимости относительного сжатия от начального коэффициента пористости ( $e_0$ ) при вертикальном давлении 0,2 МПа показал, что разница между относительным сжатием образцов глины нарушенного и ненарушенного сложения увеличивается с увеличением значений начального коэффициента пористости.

Из результатов проведенных компрессионных испытаний лимногляциальной глины нарушенного и ненарушенного сложения были выделены группы по начальному коэффициенту пористости грунта нарушенного и ненарушенного сложения, имеющие одинаковый коэффициент сжатия при давлении 0,2 МПа. Полученные результаты представлены в табл. 1.

С использованием результатов компрессионных испытаний лимногляциальной глины ненарушенного сложения по формуле (15) были рассчитаны коэффициенты пористости глин нарушенного сложения  $e_{op}$ . Сжимаемость названных глин при давлении 0,2 МПа та же, что и у грунта ненарушенного сложения. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 1. Начальные коэффициенты пористости при одинаковом относительном сжатии и давлении 0,2 МПа

Table 1. The initial porosity factors to obtain equivalent relative compression under the loading of 0,2 МПа

	Значения начальных коэффициентов пористости						
Ненарушенное сложение грунта, $e_0$	1,000	0,900	0,800	0,750	0,700	0,650	0,600
Нарушенное сложение грунта, $e_{op}'$	0,780	0,750	0,700	0,650	0,620	0,600	0,577

Таблица 2. Значения коэффициентов пористости и коэффициентов компрессии (при давлении 0,2 МПа)

Table 2. Assessment of porosity and compression factors under the loading of 0,2 МПа

Начальный коэффициент пористости ненарушенного сложения, $e_0$	Начальный коэффициент пористости нарушенного сложения, $e_{op}$	Коэффициент компрессии ненарушенного сложения, $C_c$	Коэффициент компрессии нарушенного сложения, $C_c'$	$C_c/C_c'$
0,975	0,782	0,0872	0,0577	1,5
0,975	0,766	0,076	0,0512	1,48
0,875	0,711	0,125	0,0843	1,48
0,775	0,620	0,036	0,0238	1,5
0,688	0,566	0,114	0,0786	1,44

В табл. 2 приведено расчетное значение начального коэффициента пористости  $e_{op}$ , до которого надо уплотнить лимноглицальный грунт нарушенного сложения, чтобы получить одинаковую осадку слоя грунта ненарушенного сложения при давлении 0,2 МПа для соответствующего значения начального коэффициента пористости грунта ненарушенного сложения.

В табл. 2 также приведены те же значения коэффициентов пористости, что и при исследовании лимноглицальной глины в компрессионных приборах. Сравнение экспериментальных и

расчетных значений начальных коэффициентов пористости грунта ненарушенного и нарушенного сложения, при которых и давлении 0,2 МПа получаем одинаковые деформации, приведены в табл. 3.

Сравнение расчетных и экспериментальных значений начальных коэффициентов пористости грунта нарушенного сложения, при которых получаем одинаковые деформации грунта нарушенного и ненарушенного сложения, показывает (табл. 3), что разница между ними колеблется в небольших пределах – для давления 0,2 МПа от 2 до 10%.

Таблица 3. Расчетные и экспериментальные значения коэффициентов пористости  $e_{op}$

Table 3. Calculated and experimentally obtained assessment of porosity factors  $e_{op}$

	Значения начальных коэффициентов пористости $e_0$ и $e_{op}$			
Начальный коэффициент пористости грунта ненарушенного сложения $e_0$	0,975	0,875	0,775	0,688
Расчетный начальный коэффициент пористости грунта нарушенного сложения $e_{op}$	0,782	0,711	0,620	0,566
Экспериментальный начальный коэффициент пористости грунта нарушенного сложения $e_{op}$	0,765	0,725	0,675	0,610

Результаты, приведенные в табл. 1 и 2, показывают, что с уменьшением значения начального коэффициента пористости уменьшается разница между начальными значениями коэффициента пористости естественного и нарушенного сложения, т.е. между значениями  $e_0$  и  $e_{op}$ . Эта разница меньше для экспериментальных результатов и больше для расчетных. Для экспериментальных результатов она меняется в диапазоне начального коэффициента пористости грунта естественного сложения от 1,000 до 0,700 соответственно от 0,220 до 0,080, а для расчетных результатов в диапазоне начального коэффициента пористости от 0,975 до 0,688 соответственно от 0,193 до 0,122. Уменьшение разницы связано с уменьшением чувствительности грунта к нарушению структурных связей с увеличением плотности.

Начальные коэффициенты пористости ненарушенного и нарушенного сложения, при которых и давлении 0,2 МПа получаем одинаковые относительные осадки лимногличацальной глины, графически представлены на рис. 3.

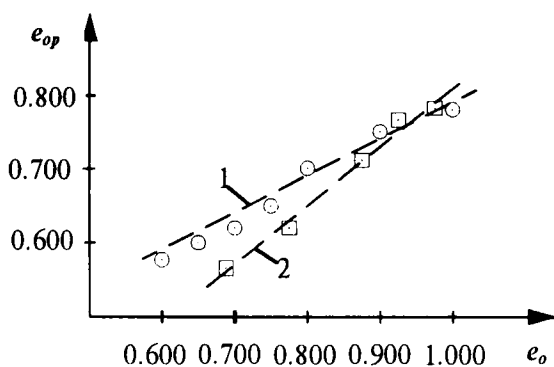


Рис. 3. Зависимость  $e_{op}$  от  $e_0$  при давлении 0,2 МПа: 1 – при испытании в одометрах; 2 – расчетные

Fig 3.  $e_{op}$  dependence upon  $e_0$  under the loading of 0,2 MPa

Представленная на рис. 3 зависимость применима только при давлении 0,2 МПа. При других давлениях получены другие значения относительной сжимаемости. Как показали проведенные расчеты, одинаковое значение

относительной сжимаемости грунта ненарушенного и нарушенного сложения получим только при том давлении, для которого по формуле (15) рассчитан начальный коэффициент пористости. Чтобы получить одинаковое значение относительной сжимаемости грунта ненарушенного и нарушенного сложения при другом давлении, следует рассчитать соответственно и другой начальный коэффициент пористости для грунта нарушенного сложения. Например, чтобы получить одинаковое значение относительной сжимаемости при давлении 0,2 МПа для лимногличацальной глины ненарушенного сложения с начальным коэффициентом пористости  $e_0=0,925$ , следует иметь значение начального коэффициента пористости глины нарушенного сложения  $e_{op} = 0,766$ , а при давлении 0,3 МПа –  $e_{op} = 0,853$  и соответственно при давлении 0,4 МПа –  $e_{op} = 0,881$  и давлении 0,5 МПа –  $e_{op} = 0,888$ .

Следовательно, чем больше давление, тем выше значение начального коэффициента пористости грунта нарушенного сложения, при котором получаем одинаковую относительную сжимаемость. Это можно объяснить тем, что с увеличением давления больше нарушаются структурные связи глинистого грунта ненарушенного сложения и по степени нарушения приближаются к грунту нарушенного сложения.

Значения коэффициента компрессии  $C_c$  для грунта нарушенного сложения меняются в зависимости от значения начального коэффициента пористости, соответственно меняется и значение соотношения коэффициента компрессии грунта ненарушенного и нарушенного сложения. Например, для лимногличацальной глины с коэффициентом пористости  $e_0 = 0,925$  соотношение коэффициентов компрессии ненарушенного и нарушенного сложения при давлении 0,2 МПа – 1,48, при 0,3 МПа – 1,2, при 0,4 МПа – 1,15 и при 0,5 МПа – 1,13. Анализ показывает, что с увеличением давления, при котором достигаются одинаковые относительные деформации грунта ненарушенного и нарушенного сложения, графики зависимости коэффициента пористости от давления в полулогарифмической системе координат сближаются.



#### 4. Заключение

Деформации уплотнения глинистого грунта естественного и нарушенного сложения проходят по-разному. На характер сжимаемости оказывают влияние структурные связи, их прочность и степень нарушения этих связей в начальной стадии приложения нагрузки. Как показывают компрессионные испытания лимноглюциальных глин ненарушенного и нарушенного сложения на территории Литвы, их сжимаемость различается в два раза и более. Исследованиями установлено, что коэффициент относительной сжимаемости для глинистого грунта нарушенного сложения больше по сравнению с грунтом естественного сложения при той же нагрузке.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что можно получить зависимость для определения начального коэффициента пористости глинистого грунта нарушенного сложения, при котором для заданного давления относительная сжимаемость будет приблизительно такой же, как и для грунта ненарушенного сложения.

При коэффициенте пористости, определенном по формуле (15), относительная сжимаемость глинистого грунта естественного и нарушенного сложения при соответствующей нагрузке будет приблизительно одинаковой. Полученная зависимость (15) дает возможность определить коэффициент пористости, до которого следует уплотнить грунт нарушенного сложения, чтобы при соответствующем значении давления получить ту же относительную сжимаемость грунта естественного сложения.

Экспериментальные исследования лимноглюциальной глины в компрессионных приборах показали, что при принятом в строительной практике давлении на грунт в 0,2 МПа разница между относительным сжатием образцов нарушенного и ненарушенного сложения увеличивается с увеличением значений начального коэффициента пористости.

Результаты рассчитанных по формуле (15) и экспериментальных значений коэффициентов пористости грунта нарушенного сложения, при которых деформации при заданном давлении 0,2 МПа те же, что и для грунта естественного сложения, показывают, что разница между ними составляет от 2 до 10%. С уменьшением

значения начального коэффициента пористости уменьшается разница между начальными коэффициентами пористости естественного и нарушенного сложения. Уменьшение этой разницы связано с уменьшением чувствительности грунта к нарушению структурных связей с увеличением плотности. Одинаковые значения относительной сжимаемости грунта ненарушенного и нарушенного сложения получены только при том давлении, для которого по формуле (15) было определено значение начального коэффициента пористости. Чтобы получить одинаковые значения относительной сжимаемости грунта естественного и нарушенного сложения при другом давлении, следует определить соответственно начальный коэффициент пористости грунта нарушенного сложения при этом давлении. Чем больше давление, тем больше значение начального коэффициента пористости грунта нарушенного сложения, при котором его относительная сжимаемость та же, что и для естественного грунта.

#### Литература

1. А. Аликонис, А. Жедялис. Особенности осадко-накопления и их влияние на деформационные свойства лимноглюциальных глин нарушенного и ненарушенного сложения // Инженерные изыскания для строительства: Материалы семинара изыскателей Прибалтики. Вильнюс: Мокслас, 1975, с. 46–55.
2. Строительные нормы и правила. Земляные сооружения. Общие правила производства и приемки работ. СНиП III–Б.1–62. М.: Стройиздат, 1967. 40 с.
3. Строительные нормы и правила. Земляные сооружения, основания и фундаменты. СНиП 3.02.01–87. М.: Стройиздат, 1989. 12 с.
4. Б.И. Далматов. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Стройиздат, 1981. 319 с.
5. А.А. Леонардас. Основания и фундаменты. М.: Стройиздат, 1968. 504 с.
6. Medrina R. Madhov. et al. 1995. Settlement of vertical drain treated ground: compression and consolidation of clayey soils—is-Hiroshima'95 (Japan) 10–12 May 1995. Volume 1, p. 695–700.
7. Б.К. Хоу. Основы инженерного грунтоведения. М.: Стройиздат, 1966. 460 с.
8. К. Терцаги, Р. Пек. Механика грунтов в инженерной практике. М.: Стройиздат, 1958. 607 с.
9. J. Šimkus. Gruntų mechanika, pagrindai ir pamatai. V.: Mokslas, 1984. 270 p.

Įteikta 1997 04 17

## NESUARDYTOS IR SUARDYTOS SANDAROS MOLINGOJO GRUNTO SUSPAUDŽIAMUMAS

A. Alikonis

### Santrauka

Molingieji gruntai dėl jų geologinių susiklostymo sąlygų turi struktūrinius ryšius. Suardžius grunto struktūrinius ryšius padidėja suspaudžiamumas. Suardytos sandaros gruntas, nors ir sutankintas iki tankumo, prilygstančio natūralaus grunto tankumui, veikiant apkrovai deformuojasi skirtingai. Statybose pasitaiko atvejų, kai reikia turėti vienodą susispaudžiamumą esant grunto suardytai ir natūraliai sandarai.

Naudojant molingojo grunto su struktūriniu stiprumu kompresines poringumo koeficiento priklausomybes nuo apkrovos pusiau logaritmiame mastelyje, straipsnyje pateikta matematinė priklausomybė (15) apskaičiuoti suardytos sandaros grunto poringumo koeficientui, kuriam esant santykinės deformacijos esant tam tikrai apkrovai prilygsta natūralaus grunto santykinėms deformacijoms.

Ekspimentiniai Lietuvos limnoglacialinių molių tyrimai parodė, kad suspaudžiamumo skirtumas tarp suardytos ir nesuardytos sandaros grunto didėja, didėjant pradinio poringumo koeficiento vertei.

Ekspimentinių tyrimų ir apskaičiuoti pagal (15) formulę rezultatai rodo, kad, pavyzdžiui, esant 0,2 MPa apkrovai skirtumas tarp suardytos sandaros pradinių poringumo koeficiento verčių, duodančių vienodas deformacijas, kaip ir natūralaus grunto, mažėja mažėjant pradinei poringumo koeficiento vertei. Skirtumas, gautas sugretinus eksperimento ir skaičiavimo rezultatus, yra nuo 2 iki 10%. Skirtumo mažėjimas rodo, kad didėjant grunto tankumui mažėja jautrumas natūralios struktūros suardymui.

Apskaičiuotas pagal (15) formulę suardytos sandaros grunto pradinis poringumo koeficientas, kuriam esant turėsime tokias pat, kaip natūralaus grunto, deformacijas, yra skirtas apkrovai, naudotai (15) formulėje. Keičiantis apkrovai keisis ir apskaičiuota pagal (15) formulę pradinio poringumo koeficiento vertė. Didėjant apkrovai didėja ir pradinės poringumo koeficiento vertės, apskaičiuotos pagal (15) formulę. Tai rodo, kad didėjant apkrovai didėja natūralaus grunto struktūrinių ryšių suardymo laipsnis, ir jo suspaudžiamumo pobūdis panašus į suardytos sandaros grunto suspaudžiamumą.

## COMPRESSION OF THE CLAY SOILS OF NON-DESTRUCTED AND DESTRUCTED STRUCTURE

A. Alikonis

### Summary

Clay soils have their structural links according to their geological conditions. Compression increases when the soil structural links are destructed. Even if the density of the soils of destructed structure reaches the density of natural soils, though they get deformed differently under loading. Sometimes it is necessary to have equivalent compression of the soils of destructed and natural structure in construction.

The article presents mathematical dependency on how to count a porosity factor of the soils of destructed structure, with its help relative deformations under a given

loading come up with relative deformation of natural soils, using dependency of compression porosity factor of structurally rigid soils upon loading in a semi-logarithmic scale. Experimental research into Lithuanian limnoglacial clay soils has showed that increase in the assessment of the initial porosity factor is followed by an increase in difference between the compression of non-destructed and destructed soils. Experimentally obtained and calculated (according to formula 15) results show that, for example, under the loading of 0,2 MPa, decrease in the assessment of the initial porosity factor is followed by a decrease in difference between the assessments of the initial porosity factor of destructed structure, giving deformations equivalent to those of natural soils. The difference which occurred after experimentally obtained and calculated results were compared—from 2% to 10%.

The decrease in difference shows that an increase in soil density is followed by a decrease in sensitivity of destructure of its natural structure. The initial porosity factor of the soils of destructed structure, calculated according to formula (15), enables us to have deformations equivalent to those of natural soils and it is provided for the loading used in formula (15). Changes in loading will be followed by changes in the assessment of the initial porosity factor calculated according to formula (15).

The increase in loading is followed by an increase in the initial assessment of the porosity factor. It shows that an increase in loading is followed by an increase in the degree of destruction of structural links of natural soils and its nature of compression comes up with the compression of the soils of destructed structure. Structural rigidity of soil can be determined by intersection of lines AC and CD (Fig 1).

After the natural structure of clay soils has been destructed, part of its structural rigidity remains. Experimental research shows that there is a short interval AB a small pitch (Fig 2) in a compression curve of limnoglacial kneaded up clay indicating the remaining structural links. According to experimental research, in comparison to natural soils, structural rigidity of the clay soils of destructed structure (kneaded up clay soils) forms a very small part. Therefore when working out engineering tasks connected with construction, we should accept that the compression curve of the clay soils of destructed (kneaded up) structure in a semi-logarithmic scale is a line, with its beginning at point A (Fig 2). It indicates that deformation of destructed soils begins with the initial loading (Fig 1, line 3), whereas considerable deformation of natural soils begins under the loading higher than the structural rigidity of the soil.

**Antanas ALIKONIS.** Doctor, Associate Professor. Department of Geotechnics. Vilnius Gediminas Technical University. 11 Sauletekio Ave, 2040 Vilnius, Lithuania

In 1968 Doctor (technical sciences). Since 1970 Associate Professor at the Department of Footings and Foundations, during 1980–96 Head of this Department (now Department of Geotechnics of Vilnius Gediminas Technical University). Research visits to Moscow and Dnepropetrovsk. Author and co-author of 3 monographs, over 100 scientific articles, 2 patents, 5 inventions and 14 study guides. Research interests: physical and mechanical properties of soils.