

Компрессионные испытания грунта

Испытание грунта методом компрессионного сжатия по ГОСТ 12248-96 проводят для определения следующих характеристик деформируемости: коэффициента сжимаемости m_0 , модуля деформации E , структурной прочности на сжатие P_{str} , коэффициентов фильтрационной и вторичной консолидации c_v и c_α для песков мелких и пылеватых, глинистых грунтов с показателем текучести $I_L > 0,25$, органо-минеральных и органических грунтов, относительного суффозионного сжатия ε_{sf} и начального давления суффозионного сжатия P_{sf} для засоленных (содержащих легко- и среднерастворимые соли) песков (кроме гравелистых), супесей и суглинков.

Все перечисленные параметры используются при проектировании оснований сооружений с использованием решений приведенные в соответствующих СНиП /1,2,3/. В случае расчета консолидации оснований с использованием численных методов (программ Plaxis, Crisp и т.п.) необходимо определить ряд дополнительных характеристик: λ , λ^* , κ , κ^* , μ^* , C_c , C_r , $C_s \sim C_\alpha$, C'_p , C'_s , C'_s (см. рис. 14, 15).

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в компрессионных приборах (одомерах) или компрессионно-фильтрационных приборах (для определения характеристик суффозионного сжатия), исключая возможность бокового расширения образца грунта при его нагружении вертикальной нагрузкой.

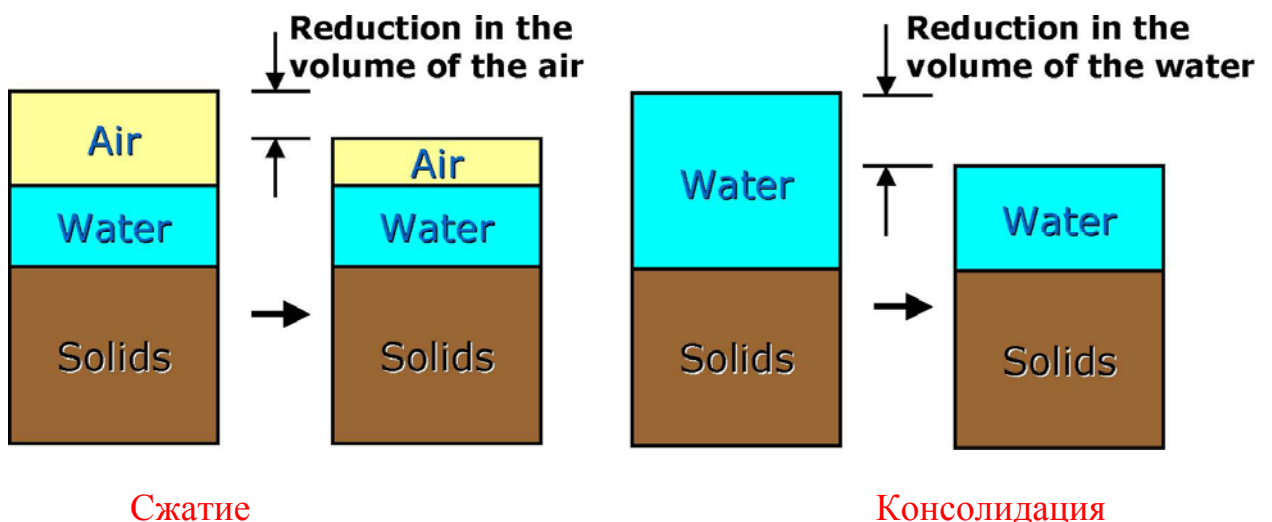


Рис. 1. Сжатие и консолидация грунта

Отмеченные характеристики деформирования характеризуют процесс сжатия грунта в результате изменения его объема. Различают собственно сжатие грунта и консолидацию грунта (рис. 1). На рис. 1 а показано уменьшение объема грунта за счет уменьшения объема пор занятого

воздухом, в процессе уплотнения изменения объема воды не происходит. В процессе консолидации грунта объем воды в единице грунта (рис. 1 б) уменьшается вследствие ее отжатия (фильтрации) при действии внешней нагрузки и грунт уплотняется. Вследствие того, что вода медленно отжимается из порового пространства, то консолидация зависит от времени и продолжается длительное время. Консолидация подразделяется на первичную и вторичную. В процессе первичной консолидации уплотнение грунта сопровождается уменьшением объема пор вследствие отжатия воды, что характеризуется уменьшением порового давления от максимального до нулевого. Вторичная консолидация обусловлена деформацией самих твердых частиц грунта.

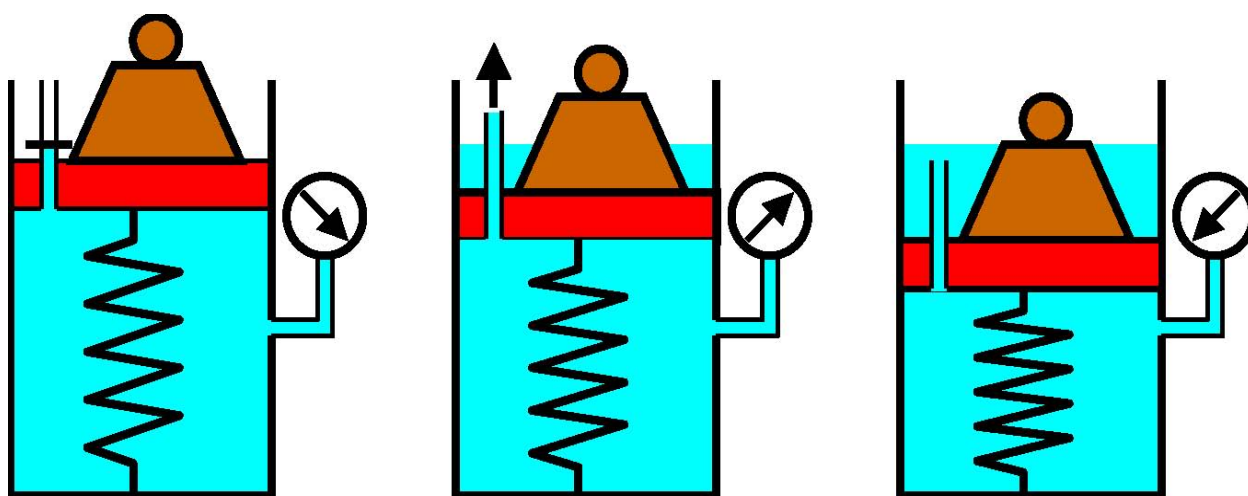


Рис. 2. Модель водонасыщенного грунта

На рис. 2 показана модель грунта, предложенная проф. К.Терцаги. Скелет грунта (твердые частицы) представлен в виде пружины, которая находится в воде в объеме цилиндра. Сжатие пружины и отток воды происходят при движении поршня. В начальный момент времени, когда кран закрыт перемещения поршня отсутствует и вся нагрузка воспринимается пружинной и водой. Если теперь открыть кран, то вода начнет отжиматься, давление в воде будет уменьшаться, а пружине расти. Поршень опустится на какую то величину. Чем жестче пружина, тем меньше переместиться поршень или уплотниться грунт. Поэтому жесткость грунта влияет на величину осадки консолидации. Размер диаметра крана определяет скорость отжатия воды. Чем меньше диаметр отверстия (пор), тем медленнее будет процесс сжатия грунта.

Полные напряжения в грунте являются суммой эффективных напряжений и порового давления

$$\sigma = \sigma_z + u, \quad (1)$$

сжатие грунта происходит только за счет действия эффективных напряжений, так как поровое давление вызывает только напор в грунтовой воде и приводит к ее фильтрации. В начальный момент приложения внешней нагрузки полное давление равно поровому давлению вследствие малой сжимаемости грунтовой воды (рис. 3) и эффективное напряжение определяется

$$\sigma_z = \sigma - u . \quad (2)$$

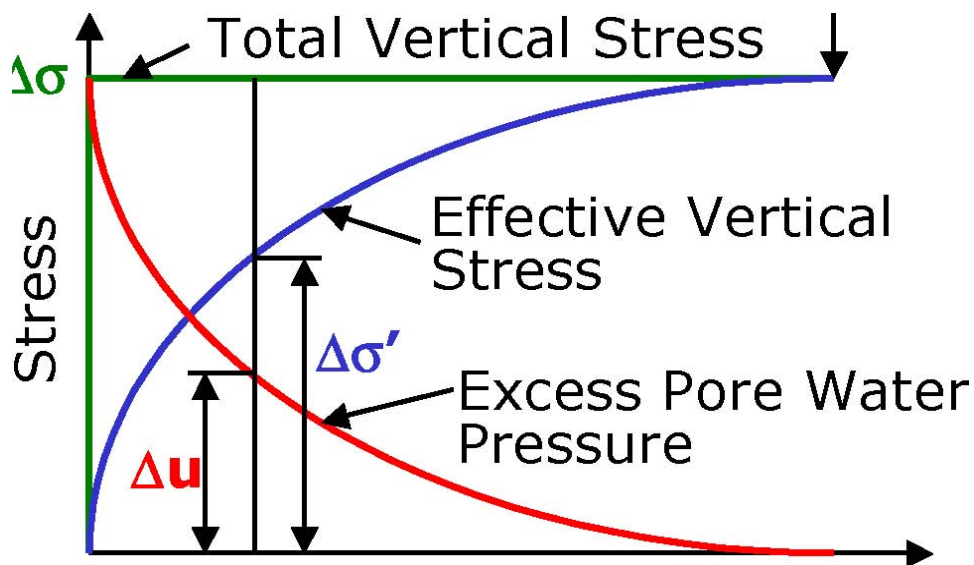


Рис. 3. Изменение порового давления эффективных напряжений в грунте

По мере оттока воды давление (красный цвет) в ней падает, а эффективные напряжения (синий цвет, рис. 3) увеличиваются. При завершении первичной (фильтрационной) консолидации поровое давление будет практически равно нулю, а эффективные напряжения равны полным (зеленый цвет).

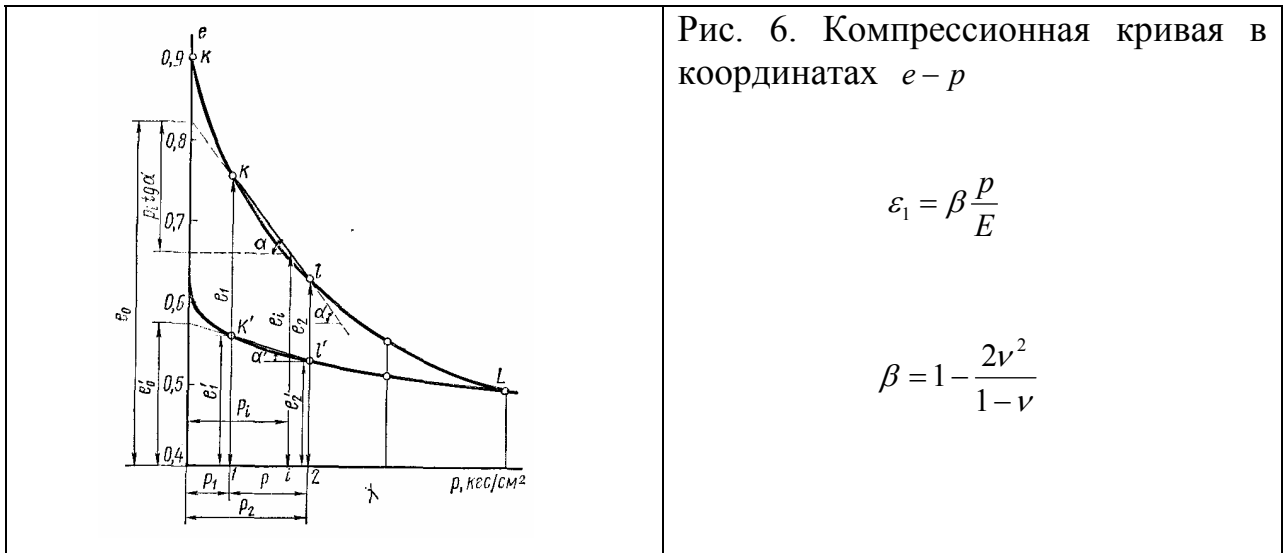
Результаты испытаний на сжатие в компрессионном приборе можно представить графически в виде нескольких зависимостей, которые приведены в табл. 1. По результатам непосредственных измерений деформации сжатия при различных ступенях нормального давления можно построить зависимость $\varepsilon = f(p)$, где $\varepsilon = \Delta h / h_0$, а Δh изменение высоты образца при начальной высоте образца грунта h_0 (рис. 3). Используя данную зависимость можно определить модуль компрессии, E_k , в выбранном интервале давления $p_1 - p_2$.

$$\varepsilon = \frac{p}{E_k} \tag{3}$$

Этот модуль можно использовать для приближенной оценки осадки слоя грунта мощностью, H , при действии на его поверхности сплошной равно-

Табл. 1. Виды компрессионных зависимостей

	<p>Рис. 3. Компрессионная кривая в координатах $\varepsilon - p$</p> $\varepsilon = \frac{p}{E_k},$ $\operatorname{tg} \phi = \frac{1}{E_k}$
<p>б)</p>	<p>Рис. 4. Компрессионная зависимость в координатах $\varepsilon - \lg p$</p> $\varepsilon_i = \varepsilon_0 + C_\varepsilon \lg \frac{p_1}{p_2}$
	<p>Рис. 5. Компрессионная кривая в полулогарифмическом масштабе $e - \lg p$</p>



мерно распределенной нагрузки интенсивностью, p

$$s = \varepsilon H = \frac{p}{E_k} H. \quad (4)$$

Более удобно представить зависимость $\varepsilon = f(p)$ в полулогарифмическом масштабе $\varepsilon = f(\lg p)$, так как в этом случае она является линейной (рис. 2) и угол наклона или модуль компрессии определяются однозначно в любом интервале давления.

Уравнение прямой на рис. 4 имеет вид

$$\varepsilon_i = \varepsilon_o + C_\varepsilon \lg \frac{p_1}{p_2}, \quad (5)$$

где C_ε - коэффициент компрессии.

В компрессионном приборе вследствие невозможности бокового расширения деформация образца грунта в боковом направлении невозможна и поэтому $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$. Используя решения теории упругости, получено для условий компрессионного сжатия выражение, связывающее вертикальную деформацию с вертикальным напряжением или давлением на поверхности образца грунта вида

$$\varepsilon_1 = \beta \frac{p}{E}, \quad (6)$$

где β - коэффициент стеснения поперечной деформации /4/, зависящий от коэффициента Пуассона

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}. \quad (7)$$

В выражении (3) E называется *модулем линейного сжатия* /4/, а в теории упругости *модулем Юнга*, $E_{ю}$. Модуль Юнга определяется из испытаний образцов различных материалов при одноосном сжатии с возможностью бокового расширения, а модуль сжатия из испытаний образцов грунта без возможности бокового расширения. Так как при выводе выражения (3) используются решения теории упругости, то предполагается, что модуль Юнга не зависит от уровня напряжений, а модуль сжатия является величиной переменной, зависящей от значения нормального напряжения на поверхности образца грунта в компрессионном приборе.

Из выражений (1) и (4) можно получить зависимость между модулем компрессии E_k и модулем линейного сжатия

$$E_k = \frac{E}{\beta}. \quad (8)$$

Следует иметь в виду, что модуль компрессии, E_k , определяется непосредственно из испытаний путем прямых измерений деформации от приложенного давления, а модуль линейного сжатия, E , получен из аналитического решения сжатия грунта при невозможности его бокового расширения.

Сжатие грунта в компрессионном приборе обусловлено уменьшением объема грунта, что связано с изменением таких параметров как коэффициент пористости, e , или объемная деформация, ε_v . Оба этих параметра связаны с начальным объемом грунта и поэтому они более адекватно характеризуют процесс сжатия грунта по мере возрастания внешней нагрузки. В связи с этим, компрессионную зависимость представляют в виде как $e = f(p)$,

$e = f(\ln p)$ (рис. 3, 4) или $\varepsilon_v = f(p)$, $\varepsilon_v = f(\ln p)$ (рис.). Если использовать компрессионную кривую $e = f(\ln p)$, то ее уравнение имеет вид (рис. 5)

$$e_2 = e_1 - C_e \ln \frac{p_2}{p_1}, \quad (9)$$

где C_e - коэффициент компрессии есть тангенс угла наклона полулогарифмической кривой к оси давлений и численно равен разности коэффициента пористости при $p_i = 272$ кПа и $p_o = 100$ кПа.

Этот коэффициент характеризует сжимаемость грунтов в большом диапазоне давлений. Если ограничиться небольшим изменением давлений, как правило, 100 - 300 кПа, то с достаточной точностью можно принять отрезок прямой kl компрессионной кривой (рис. 6) за прямую. Тогда уравнение прямой имеет вид

$$e_i = e_o - tg\alpha p_i, \quad (10)$$

где $tg\alpha$ называется *коэффициентом сжимаемости* с обозначением m_o . При расчетах осадок грунтов используется величина, которая называется *коэффициентом относительной сжимаемости*

$$m_v = \frac{m_o}{1 + e_o}. \quad (11)$$

Используя значение коэффициента относительной сжимаемости компрессионный модуль деформации определяется

$$E_k = \frac{\beta}{m_v}, \quad (12)$$

где β - коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта в компрессионном приборе и вычисляемый по формуле (5). При определении коэффициента β используются результаты испытаний в приборах трехосного сжатия, а при отсутствии экспериментальных данных (ГОСТ 12248-96) допускается принимать ν равным: 0,30-0,35 - для песков и супесей; 0,35-0,37 - для суглинков; 0,2-0,3 при $I_L < 0$; 0,3-0,38 при $0 \leq I_L \leq 0,25$; 0,38-0,45

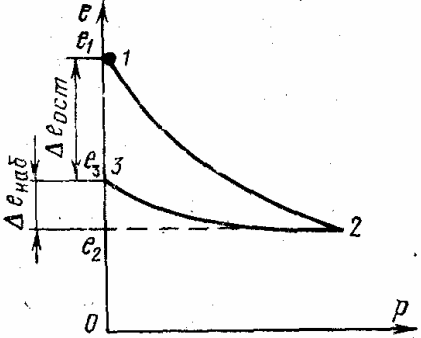
при $0,25 < I_L \leq 1,0$ - для глин. При этом меньшие значения ν принимают при большей плотности грунта. В работе /2/ Н.А.Цытович рекомендует использовать для приближенной оценки выражение для определения коэффициента поперечной деформации глинистых грунтов

$$\nu \approx 0,05 + 0,45I_L, \quad (13)$$

где I_L - показатель текучести.

Испытания грунта в компрессионном приборе проводят не только по ветви первичного нагружения 1 – 2, но и разгружая грунт постепенно уменьшая давление по ветви 2 – 3. Вследствие того, что при уплотнении грунт деформируется неупруго, то по ветви разгрузки можно найти величину упругой деформация и упругий модуль деформации, используя также коэффициент относительной сжимаемости, выбрав интервал давлений на ветви 2-3. Как видно из первого рисунка табл. 2 при разгрузке коэффициент пористости увеличивается, но из-за наличия остаточных деформаций его объем полностью не восстанавливается и поэтому кривая разгрузки

Табл. 2. Компрессионные кривые при нагрузке и разгрузке

	<p>Рис. 7. 1-2 – первичное нагружение 2-3 – разгрузка</p>
	<p>Рис. 8. 1-2 – первичное нагружение 2-3 – разгрузка 3-4 – повторное нагружение p_{ny} - давление предуплотнения</p>

	<p>Рис. 9.</p> <p>Многократное нагружение и разгрузка</p>
	<p>Рис. 10.</p> <p>Уплотнение грунта от собственного веса и дополнительной нагрузки от веса сооружения</p>

находится ниже кривой нагружения. При повторном нагружении ветвь разгрузки 2 – 3 не совпадает с ветвью повторной нагрузки 3 – 2 образуется петля гистерезиса. При давлении большем давления разгрузки процесс сжатия происходит по кривой первичного нагружения 1 – 2 – 4, но несколько смещенной ниже (участок А – 4). Точка перегиба на кривой первичного нагружения (p_{ny}) определяет максимальное давление, которое испытал грунт при предыдущем нагружении. Это давление называется *историческим* или *давлением предварительного уплотнения*.

Давление, испытываемое в данный момент времени грунтом на некоторой глубине от собственного веса, называется *природным или бытовым давлением*.

Грунты, у которых историческое давление было больше, чем современное природное давление, т.е. разгружены от ранее уплотнившей их нагрузки, например в виде ледника (рис. 11), называются *переуплотненными*. Если историческое давление равно природному (грунты современного отложения) то они называются *нормально уплотненными*.

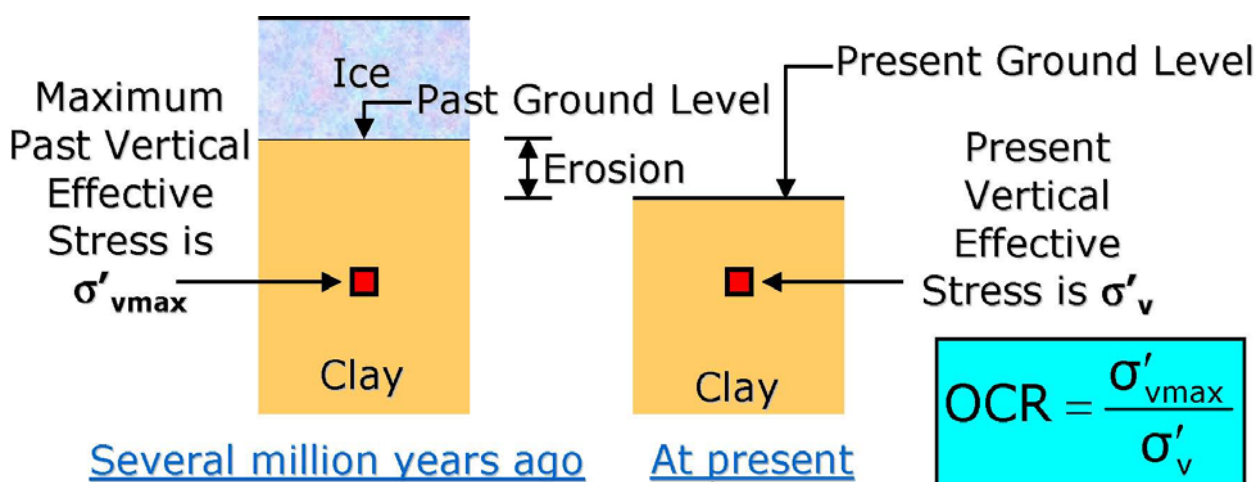


Рис. 11. Формирование переуплотненных грунтов

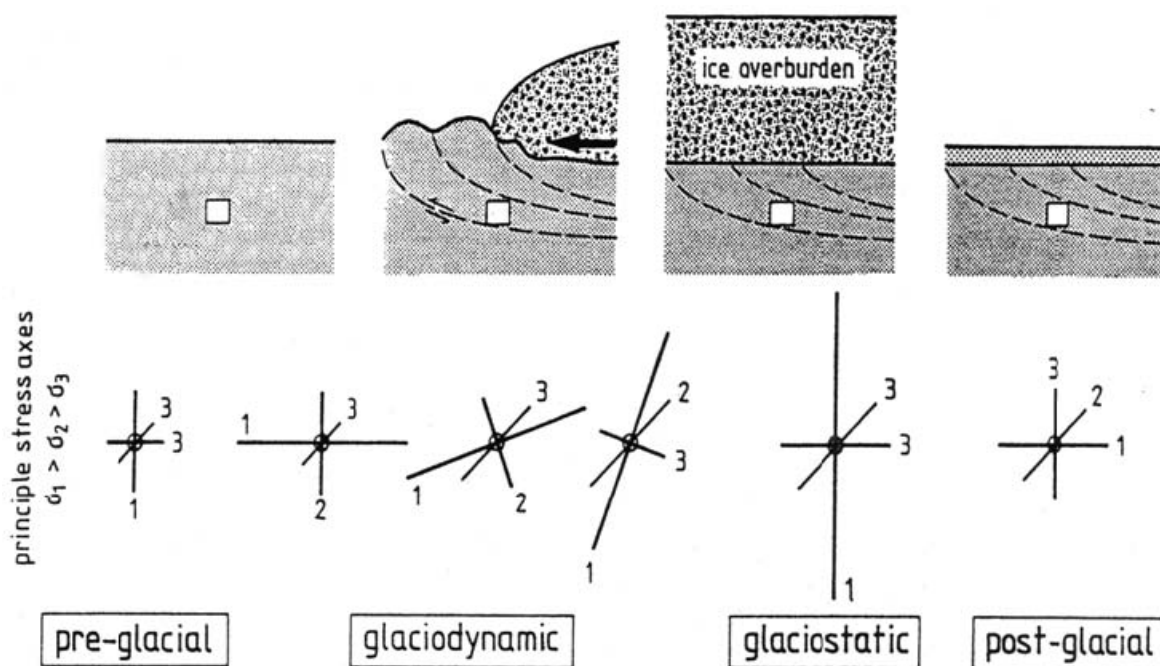


Рис. 12. Влияние ледника на значения главных напряжений, Feeser (1988)

При многократном нагружении и разгрузке грунта до одной и той же величины давления, остаточные деформации все время уменьшаются и после некоторого числа циклов грунт испытывает только упругую деформацию, угол наклона прямой $n - m$ табл. не изменяется.

Испытания грунтов в компрессионном приборе позволяют определить структурную прочность грунта, p_{str} . За структурную прочность принимается давление до которого практически не изменяется начальное значение коэффициента пористости, т.е. объем грунта практически не изменяется. После разрушения структурных связей наблюдается резкое возрастание деформации и сжатие грунта. Прочность структурных связей зависит от вида глинистого грунта и имеет наибольшее значение в грунтах с кристаллизационными связями.

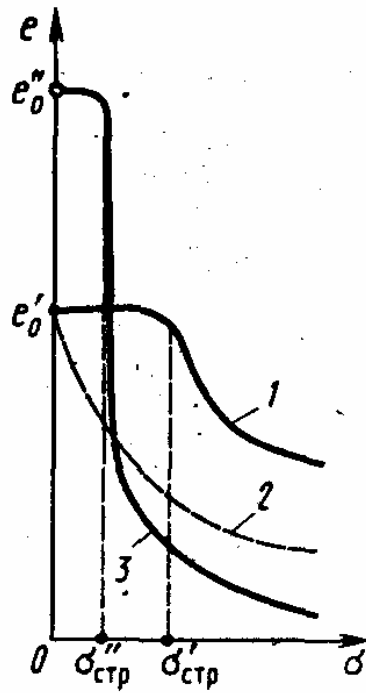


Рис. 13. Определение структурной прочности грунта: 1 – грунт ненарушенной структуры; 2 – грунт нарушенной структуры; 3 – структурно-неустойчивый грунта

Для определения давления предварительного уплотнения используются различные методы, но более часто метод Казагранде или Тейлора.

Компрессионный модуль деформации определяется из выражения

$$M = E_{oed} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{1}{m_v}, \quad (14)$$

где $\Delta\sigma$ - приращение нормального напряжения в заданном интервале; $\Delta\varepsilon$ - приращение вертикальной деформации; m_v - коэффициент относительной сжимаемости.

Компрессионный модуль деформации можно также определить используя коэффициент компресии

$$M = E_{oed} \cong \frac{2,3(1 - e_0)\sigma_y}{C_c}, \quad (15)$$

В последнем выражении используется начальное значение коэффициента пористости e_0 , которое существенно изменяется с ростом давления, поэтому при больших давлениях определение компрессионного модуля деформации

будет неточным.

По Гольдштейну М.Н. разгрузка – декомпрессия, повторное нагружение после разгрузки – рекомпрессия.

Логарифмические параметры, такие как λ , λ^* , κ , κ^* , μ^* , C_c , C_r , $C_s \sim C_a$, C'_p , C'_s и C'_s могут быть легко определены из результатов испытаний представленных зависимостями коэффициента пористости, e , или объемной деформации, ε_v , относительно натурального логарифма давления, p .

Коэффициент компрессии, λ , является наклоном компрессионной кривой за давлением предварительного уплотнения.

Коэффициент декомпрессии, κ , является наклоном компрессионной кривой при разгрузке грунта.

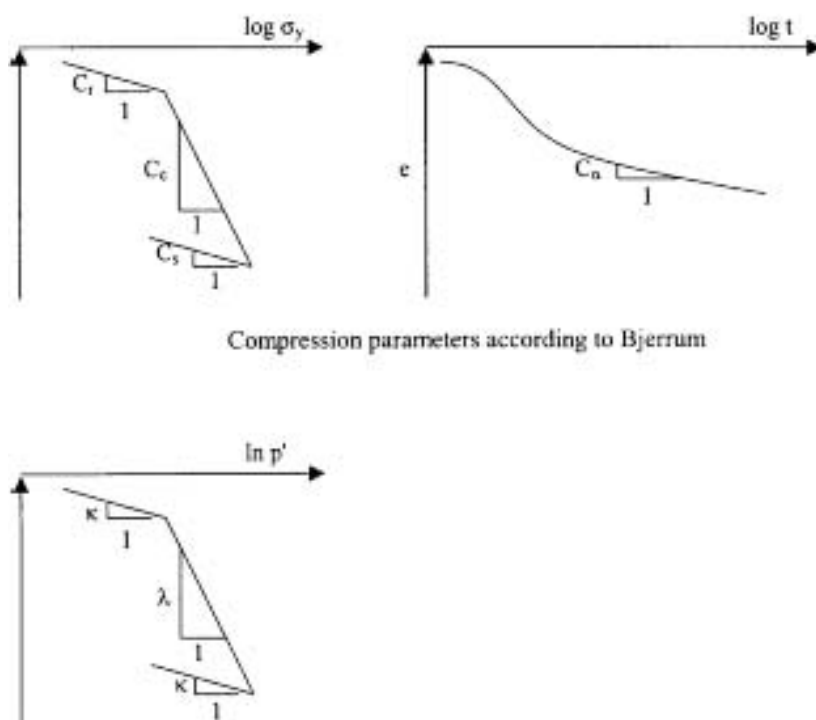


Рис. 14. Параметры компрессии используемые в модели грунта Cam Clay

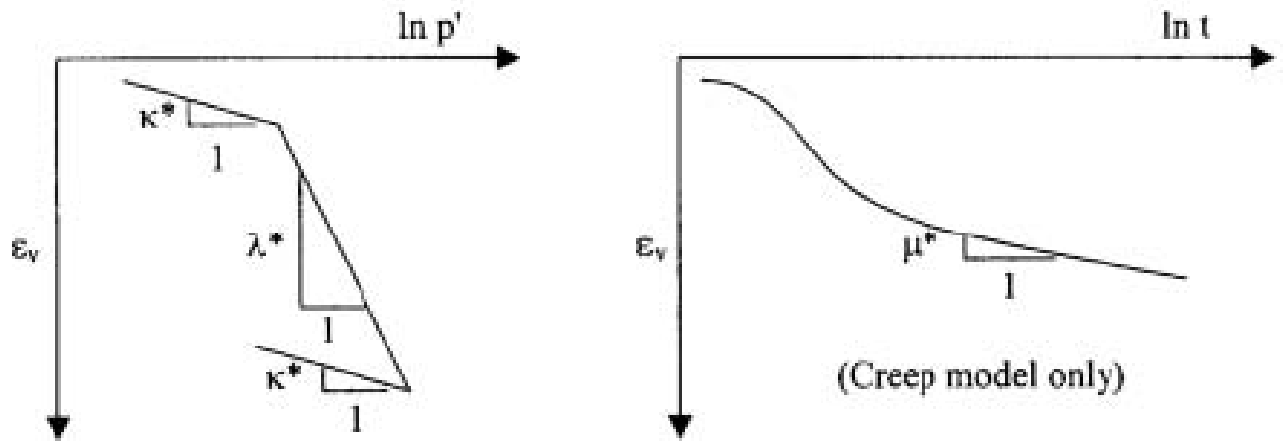


Рис. 15. Параметры компрессии используемые в модели грунта Soft soil Creep программы Plaxis

По модели грунта Cam Clay (рис.) кривые декомпрессии и рекомпрессии совпадают и поэтому их угол наклона определяется одним параметром. Однако, компрессионные испытания показывают значительное различие между кривыми декомпрессии и рекомпрессии (рис.), в особенности когда сравниваются первые участки кривой компрессии (рекомпрессия до давления предварительного уплотнения) с линией разгрузки.

Табл. 3 . Коэффициенты компрессии

	Коэффициент декомпрессии	Коэффициент компрессии	Коэффициент ползучести
Plaxis	κ^*	λ^*	μ^*
Cam Clay	$\frac{\kappa}{1+e}$	$\frac{\lambda}{1+e}$	-

Модуль Юнга связан с модулем компрессии следующим образом

$$E = \frac{1+\nu}{1-\nu}(1-2\nu)E_{oed} \cong \frac{2}{3}E_{oed}. \quad (16)$$

В программе Plaxis, когда используется условие прочности Мора-Кулона модуль деформации соответствующий 50% предельной нагрузки определяется с использованием трехосных испытаний из выражения

$$E_{50} = \quad (17)$$

Значения модуля деформации полученные из трехосных испытаний по дренированной, E_{50}^c и недренированной, E_{50}^u схемам связаны между собой следующим образом

$$E_{50}^c = E_{50}^u \frac{1+\nu^c}{1+\nu^u} \cong 0,7E_{50}^u. \quad (18)$$

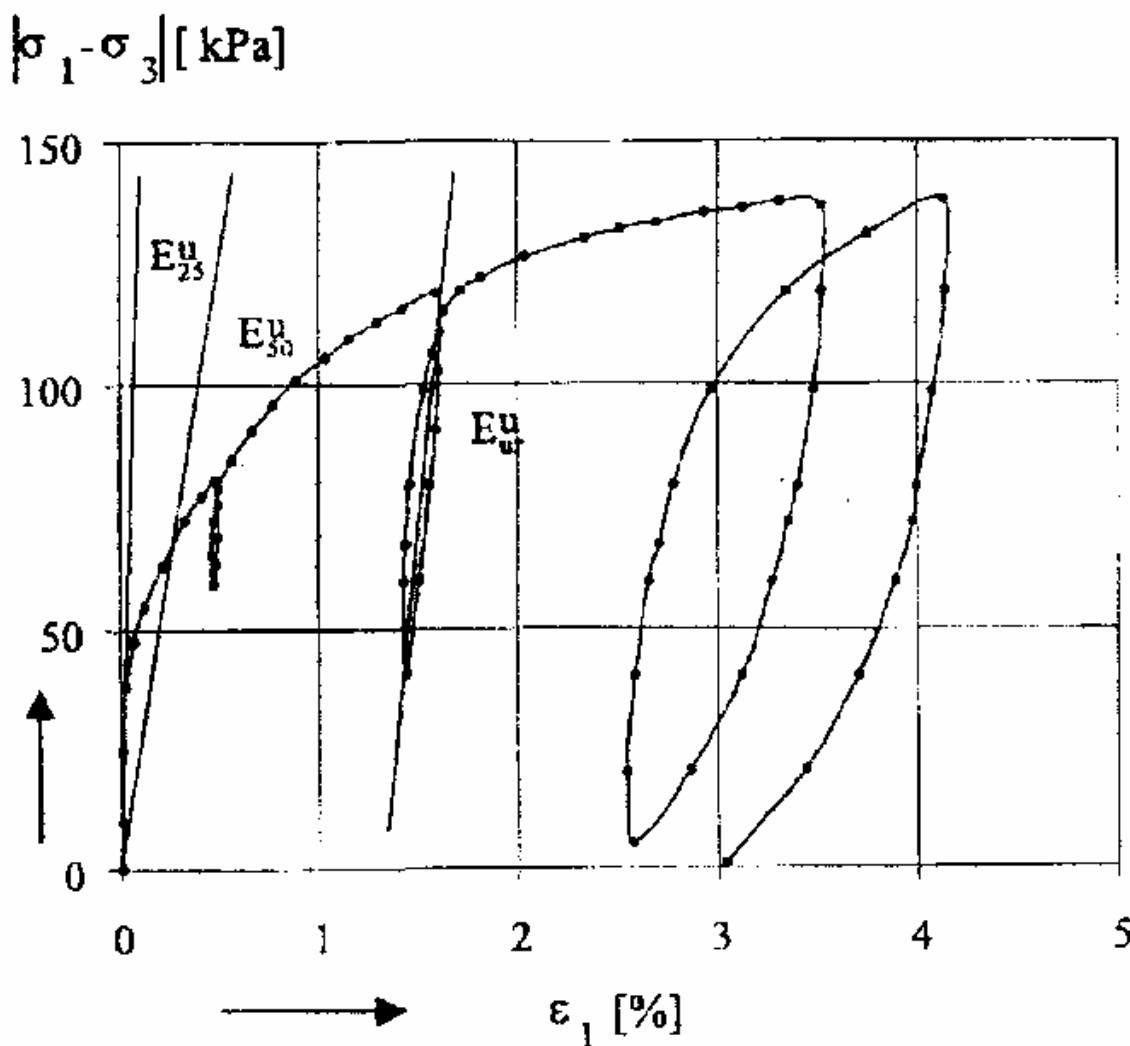


Рис. 16. Определение модуля деформации при разгрузке из результатов трехосных испытаний

Ниже приведенные уравнения могут быть использованы для определения модуля деформации E_{50} из трехосных испытаний при боковом давлении в 100 кПа

$$E_{ur}^{ref} = 1,8E_{oed}^{ur-ref} \cong 15E_{oed}^{ref},$$

$$E_{50}^{ref} \cong 2E_{oed}^{ref}. \quad (19)$$

Методика компрессионных испытаний

Компрессионные испытания выполняются в лабораторных условиях с образцами грунта нарушенной или ненарушенной структуры. Образец грунта помещается в стальное кольцо высотой 25 мм и диаметром мм, что не допускает его деформации в боковом направлении. Образец нагружается или разгружается ступенями под действием вертикальной нагрузки приложенной к жесткому штампу на поверхности образца грунта.

Оборудование для испытаний

В состав установки для испытания грунта в условиях компрессионного сжатия входят: компрессионный прибор (одометр), состоящий из рабочего кольца с внутренними размерами (рис. 17) и устройство нагружения (рис. 18).

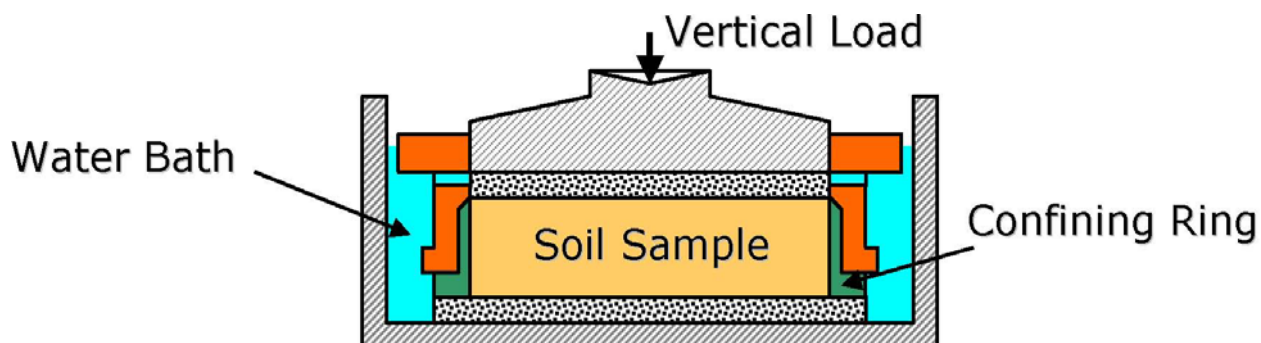


Рис. 17. Конструкция одометра

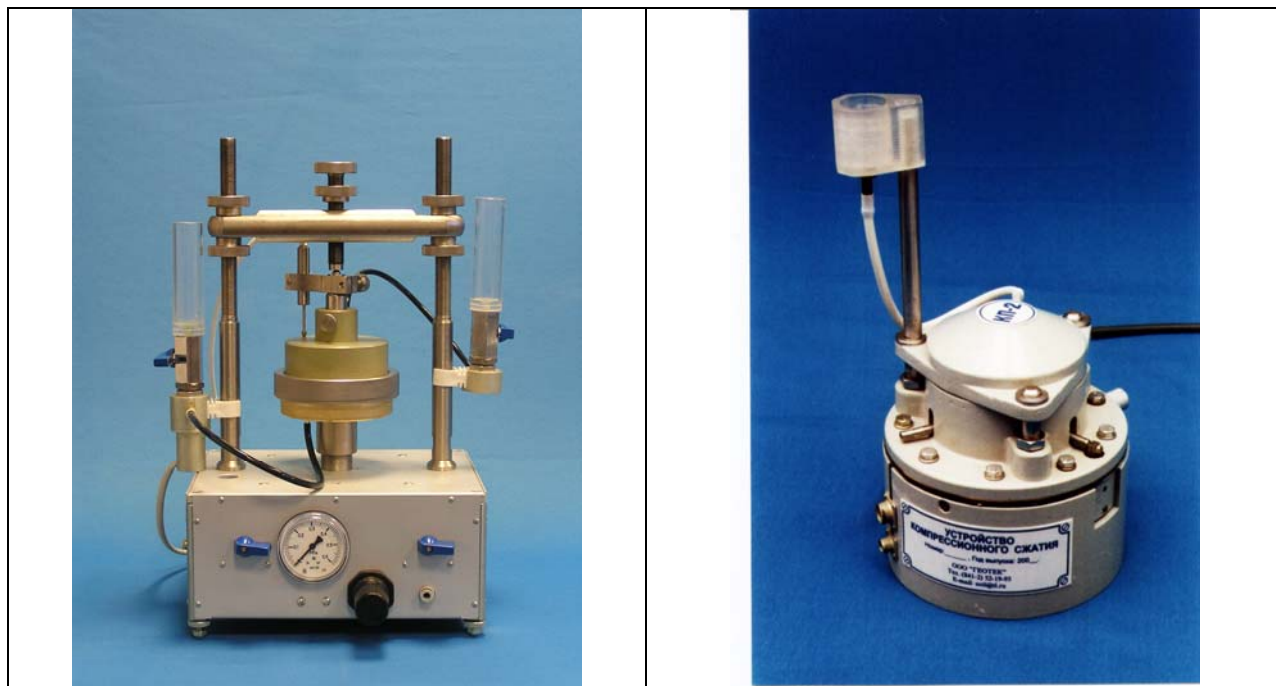


Рис. 18. Конструкция компрессионных приборов

Конструкция компрессионного прибора должна обеспечивать:

- подачу воды к образцу снизу и отвод ее;
- первоначальную нагрузку на образец, создаваемую штампом и закрепленными на нем измерительными приборами, не более 0,0025 МПа.

Дополнительно к этим требованиям конструкция компрессионно-фильтрационного прибора должна обеспечивать:

- подачу воды к образцу грунта снизу (схема восходящего потока) или сверху (схема нисходящего потока);
- отвод воды, профильтровавшейся через образец грунта, и накопление ее в мерном сосуде;
- непрерывную на протяжении всего испытания фильтрацию воды, герметичность основных деталей прибора.

Компрессионные и компрессионно-фильтрационные приборы тарируют на сжатие с помощью металлического вкладыша. Максимальное давление при тарировке принимают равным 1,0 МПа, нагружение ступенями давления - 0,05 МПа с выдержкой по 2 мин.

Нагрузка на образец грунта прикладывается ступенями, последующая ступень принимается, как правило, равной удвоенному значению предыдущей (рис. 6). Наибольшее значение ступени нагрузки принимается равным полуторному значению давления под подошвой проектируемого сооружения.

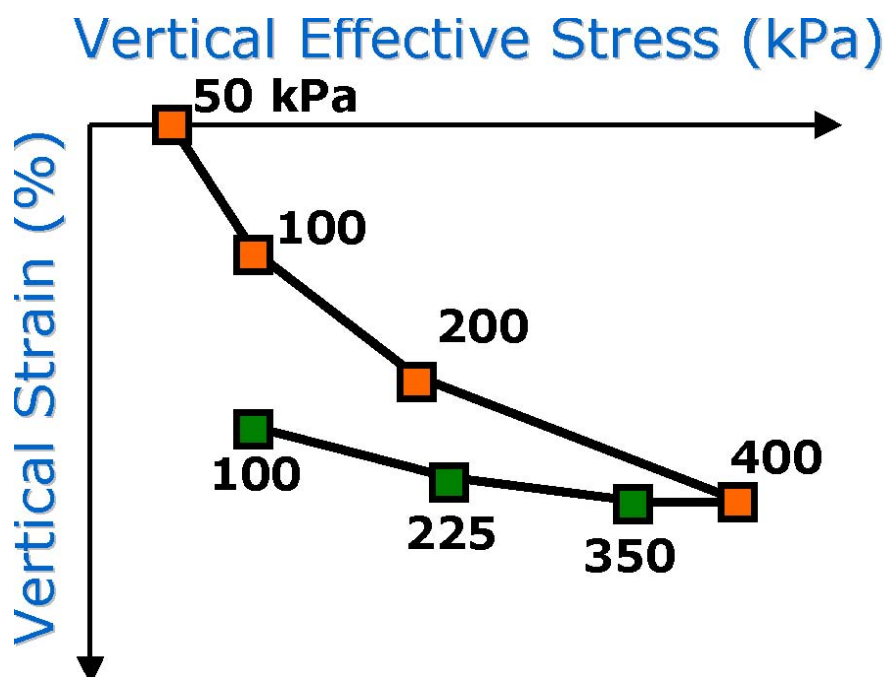


Рис. 19. Зависимость вертикальной деформации от эффективного напряжения

Подготовка к испытанию

Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или водонасыщенные или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности.

Образец должен иметь диаметр 71 мм (60 см^2) и высоту 25 мм и помещается в кольцо путем его вдавливания в монолит грунта или засыпкой песка с заданной плотностью.

Образец грунта в рабочем кольце взвешивают, покрывают с торцов влажными фильтрами и помещают в компрессионный прибор.

После помещения образца проводят следующие операции:

- устанавливают образец на перфорированный штамп;
- регулируют механизм нагружения образца;
- устанавливают датчик для измерения вертикальных деформаций образца.

Проведение испытания для определения характеристик m_0 , E и P_{str}

Первую ступень давления p_1 при испытании песков, в том числе заторфованных, принимают в зависимости от коэффициента пористости e по таблице 1, а последующие ступени давления p_1 принимают равными $0,0125$;

0,025; 0,05; 0,1 МПа и далее с интервалом 0,1 МПа до заданного значения нагрузки.

Таблица 1

Коэффициент пористости e	$e \geq 0,75$	$0,75 > e > 0,6$	$e \leq 0,6$
Первая ступень давления p_1 , МПа	0,0125	0,025	0,05
Примечание - В отдельных случаях, предусмотренных заданием, могут быть приняты более дробные ступени давления p_1 , исходя из особенностей деформируемости грунта, условий отсыпки и условий возведения сооружения.			

При испытании глинистых грунтов, в том числе органо-минеральных, для определения их структурной прочности на сжатие p_{str} первую и последующие ступени давления принимают равными 0,0025 МПа до момента начала сжатия образца грунта. Начало сжатия следует считать при относительной вертикальной деформации образца грунта $\varepsilon > 0,005$.

На каждой ступени нагружения образца грунта снимают отсчеты по приборам для измерения вертикальных деформаций в следующей последовательности: первый отсчет - сразу после приложения нагрузки, затем через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом 1 ч в течение рабочего дня, а затем - в начале и конце рабочего дня до условной стабилизации деформации образца.

За критерий условной стабилизации деформации принимают скорость деформации образца, не превышающую 0,01 мм за последние 4 ч наблюдений для песков, 16 ч - для глинистых и 24 ч - для органо-минеральных и органических грунтов.

В необходимых случаях по специальному заданию может быть произведена разгрузка образца грунта в последовательности, обратной порядку нагружения, а также повторное испытание грунта на сжимаемость, последовательность которого аналогична последовательности первого нагружения.

После окончания испытания образца грунта необходимо удалить воду сверху образца и из поддона, снять нагрузку, взвесить рабочее кольцо с грунтом, определить влажность и массу сухого грунта.

В процессе испытания ведут журнал, форма которого приведена в приложении 1.

Испытания проводятся в следующей последовательности.

1. Запустите программу ASIS GEOTEK.
2. В главном окне выберите тот или иной компрессионный прибор.
- 3.

Обработка результатов

Для определения характеристик m_0, E и P_{str} по результатам испытания для каждой ступени нагружения вычисляют:

- абсолютную вертикальную стабилизированную деформацию образца грунта Δh , мм, как среднее арифметическое показаний измерительных приборов за вычетом поправки на деформацию компрессионного прибора Δ ;
- относительную вертикальную деформацию образца грунта по формуле

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h}, \quad (20)$$

где h - начальная высота образца, мм;

По вычисленным значениям строят график зависимости $\varepsilon = f(p)$

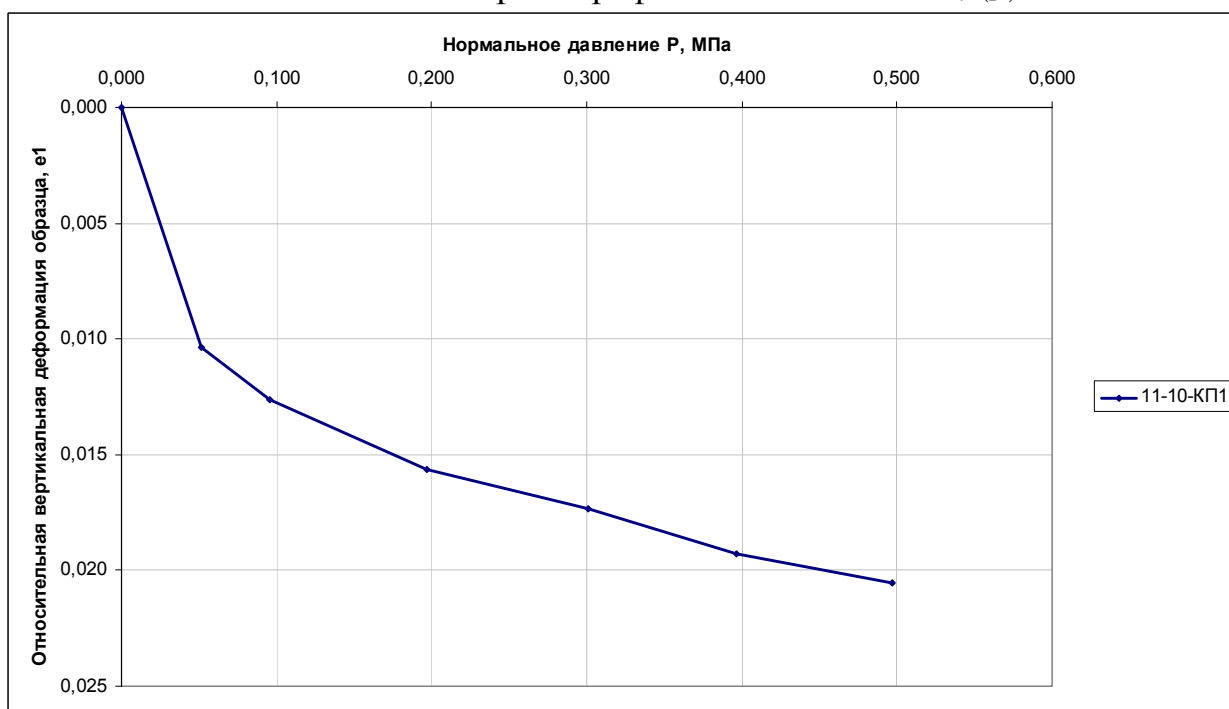


Рис. 20. Зависимость вертикальной деформации от давления

Вычисляют коэффициенты пористости e_i грунта при давлениях P_i по формуле

$$e_i = e_o - \varepsilon_i(1 + e_o) . \quad (21)$$

Коэффициент сжимаемости m_0 , МПа^{-1} , в заданном интервале давлений P_i и P_{i+1} вычисляют с точностью $0,001 \text{ МПа}^{-1}$ по формуле

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{P_{i+1} - P_i}, \quad (22)$$

где e_i и e_{i+1} - коэффициенты пористости, соответствующие давлениям P_i и P_{i+1} .

Модуль деформации E , МПа, в интервале давлений P_i и P_{i+1} вычисляют с точностью 0,1 МПа по формулам:

$$E = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta, \quad (23)$$

где m_0 - коэффициент сжимаемости, соответствующий интервалу давления от P_i до P_{i+1} ; β - коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта в компрессионном приборе и вычисляемый по формуле

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu}, \quad (23)$$

где ν - коэффициент поперечной деформации, определяемый по результатам испытаний в приборах трехосного сжатия.

При отсутствии экспериментальных данных допускается принимать ν равным: 0,30-0,35 - для песков и супесей; 0,35-0,37 - для суглинков; 0,2-0,3 при $I_L < 0$; 0,3-0,38 при $0 \leq I_L \leq 0,25$; 0,38-0,45 при $0,25 < I_L \leq 1,0$ - для глин. При этом меньшие значения ν принимают при большей плотности грунта.

Все отмеченные вычисления выполняются автоматически с использованием программы ASIS Report. Результаты вычислений приведены в приложении 1 и на рис. 20 и рис. 21.

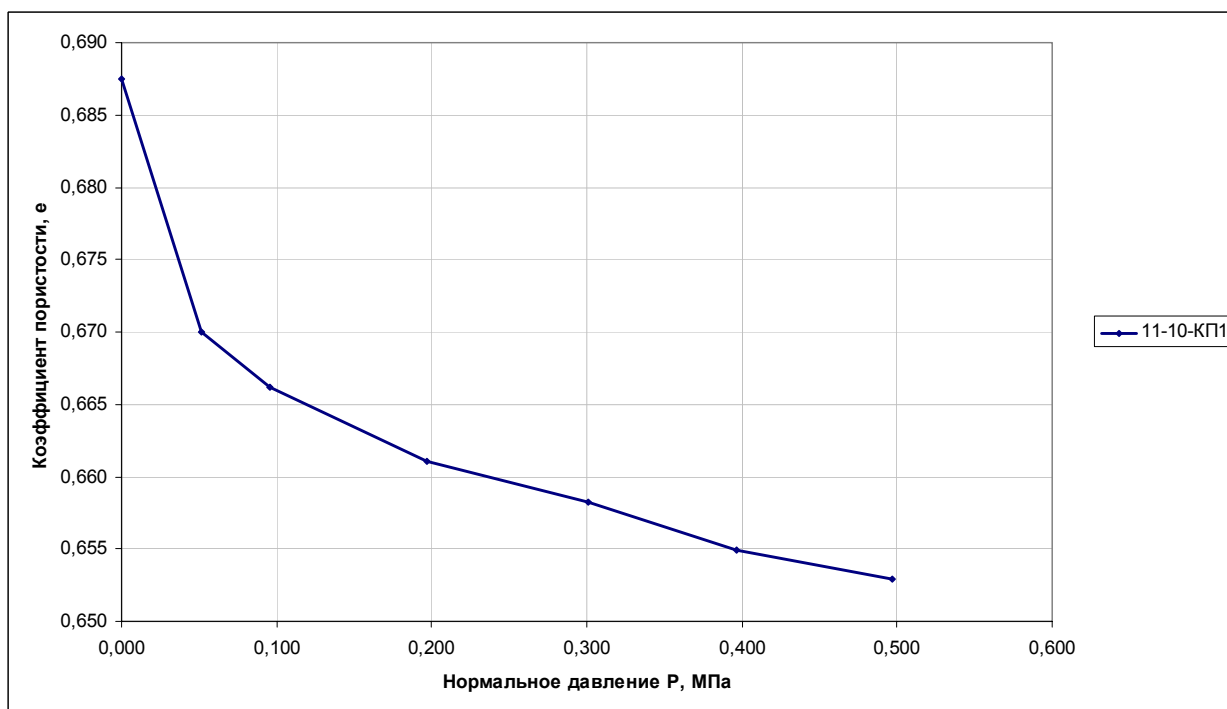


Рис. 21. Компрессионная кривая. Зависимость изменения коэффициента

пористости от давления

Образец № 11-10-КП1

Время	Нормальное давление P, МПа	Абсолютная деформация dl, мм	Относительная вертикальная деформация образца, e1	Модуль деформации E, МПа	Коэффициент сжимаемости, m ₀	Коэффициент пористости, e	Вид нагружения
2005:10:11 15:43:33	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,688	Нагрузка
2005:10:11 16:18:35	0,052	0,259	0,010	3,48	0,339	0,670	
2005:10:11 16:53:36	0,096	0,316	0,013	13,47	0,088	0,666	
2005:10:11 17:28:39	0,197	0,391	0,016	23,73	0,050	0,661	
2005:10:11 18:08:43	0,301	0,433	0,017	42,85	0,028	0,658	
2005:10:11 18:48:47	0,396	0,482	0,019	34,04	0,035	0,655	
2005:10:11 19:23:52	0,497	0,513	0,021	57,47	0,021	0,653	

Литература

1. СП
2. СНиП . Свайные фундаменты
- 3.
4. Гольдштейн М.Н., Царьков А.А., Черкасов И.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Транспорт, 1981. – 320 с.
5. Цытович Н.А. Инженерный метод прогноза осадок фундаментов. М.: Стройиздат, 1988. – 120 с.