

Министерство образования Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Методические указания к лабораторным работам

Составители С. А. Пьянков
З. К. Азизов

Ульяновск 2003

M55
УДК 551 (076)
ББК 38.58я7

Рецензент Е. Ф. Сидоров, заместитель директора Средневолжского филиала
ЦНИИОМТП

Одобрено секцией методических
пособий научно-методического
совета университета

M55 Механика грунтов: Методические указания к лабораторным работам
/Сост.: С. А. Пьянков, З. К. Азизов. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. –31 с.

Указания составлены в соответствии с типовой программой курса «Механика грунтов» и предназначены для студентов специальностей 290300 и 290700 всех форм обучения.

Материал подготовлен на кафедре «Строительные конструкции».

УДК 551 (076)
ББК 38.58я7

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. Лабораторная работа № 1 Определение гранулометрического состава грунта (полевой метод)	4
2. Лабораторная работа № 2 Определение угла естественного откоса песка.....	7
3. Лабораторная работа № 3 Определение объемного веса грунта методом режущего кольца.....	8
4. Лабораторная работа № 4 Определение влажности грунта.....	10
5. Лабораторная работа № 5 Определение характерных влажностей и консистенции глинистого грунта.....	11
6. Вопросы для самоконтроля к лабораторным работам № 1-5.	15
7. Задачи и решения к лабораторным работам № 1-5.....	16
8. Лабораторная работа № 6 Определение компрессионных характе- ристик грунтов.....	17
9. Лабораторная работа № 7 Определение характера развития деформа- ции грунтов во времени.....	22
10. Лабораторная работа № 8 Определение сдвиговых характеристик грунта...24	
11. Вопросы для самоконтроля к лабораторным работам № 6-8.	28
12. Задачи и решения к лабораторным работам № 6-8.....	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	31

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемые указания к лабораторным работам по курсу «Механика грунтов» направлены на закрепление знаний, полученных студентами при изучении теоретического курса. Их последовательность соответствует изложению важнейших вопросов дисциплины и повторяет раздел «Определение физических и механических свойств грунтов».

В лабораторных работах используются размерности действующих нормативных документов.

Надежность оснований и фундаментов, удешевление работ по их устройству в значительной степени зависят от умения грамотно установить инженерно-геологические условия площадок строительства и свойства грунтов в основаниях, от рациональности выбранных типов фундаментов возводимых сооружений.

Основной целью лабораторных работ является ознакомление студентов с методами определения физико-механических характеристик и свойств грунтов, необходимых для проектирования и строительства оснований и фундаментов.

Перед началом выполнения каждой работы студенты должны ознакомиться с ее основными положениями, подготовкой образцов к испытанию, порядком выполнения работы. После выполнения лабораторной работы необходимо произвести обработку результатов испытаний и сделать необходимые выводы.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТА (ПОЛЕВОЙ МЕТОД)

Гранулометрическим составом грунта называется относительное содержание в них частиц различной крупности. Гранулометрический состав грунта позволяет судить о строительных свойствах грунта.

Определение гранулометрического состава заключается в разделении составляющих грунт частиц на отдельные фракции. Определением крупнообломочных фракций студенты занимались на лабораторных занятиях по строительным материалам, теперь проводится разделение тонких фракций (таблица 1).

Для гранулометрического анализа используется грунт нарушенной структуры.

Таблица 1

Фракции грунта

Наименование частиц	Диаметр, мм
Песчаные	2 – 0,05
Пылеватые	0,05 – 0,005
Глинистые	< 0,005

По содержанию глинистых частиц грунт классифицируется следующим образом (таблица 2):

Таблица 2

Классификация грунта по содержанию глинистых частиц

Наименование грунта	Содержание глинистых частиц, % по весу
Песок	меньше 3
Супесь	3 – 10
Суглинок	10 – 30
Глина	больше 30

В настоящей работе требуется разделить грунт на три указанные фракции и установить его наименование.

Необходимое оборудование и материалы:

Грунт (воздушно-сухой, нарушенной структуры) – до 50 г.

Градуированные цилиндры объемом 100 мл — 2 шт.

Раствор хлористого кальция (CaCl_2 5 %-ный).

Колба с водой и чашка для слива воды.

Воронка, ложка, палочка для размешивания суспензии.

Ход работы

А. Определение содержания песчаных частиц (диаметр 2-0,05 мм).

Способ основан на разной скорости падения частиц грунта в воде в зависимости от их крупности и состоит в отмывании (отмучивании) глинистых и пылеватых частиц от песчаных.

1. Сухой грунт насыпается ложкой в цилиндр и по мере заполнения уплотняется постукиванием цилиндра по ладони так, чтобы полученный объем составил 10 см^3 .

2. Наклоном цилиндра и легким встряхиванием грунт разрыхляется и в цилиндр наливается вода до деления $50-60 \text{ см}^3$.

3. Грунт при помощи палочки с резиновым наконечником тщательно растирается и перемешивается с водой до исчезновения мазков глины на стенках цилиндра. В цилиндр доливается вода до 100 см^3 .

4. Полученная суспензия хорошо взмучивается палочкой с резиновой кисточкой, кисть вынимают, замечают время, и суспензия отстаивается 30-90 с, в зависимости от состава грунта. За это время песчаные частицы успевают осесть на дно. Через 90 секунд $2/3$ объема суспензии с пылеватыми и глинистыми частицами сливают (до деления $30-35 \text{ см}^3$).

5. Цилиндр вновь доливается до 100 см^3 , суспензия взмучивается, отстаивается.

вается 90 с и вновь сливается $2/3$ ее объема и т.д. Этот процесс следует повторять почти до полного осветления жидкости.

6. Налить воды, дать отстояться песку и определить его объем.

Результат опыта записывается в таблицу 3 гранулометрического состава грунта.

Таблица 3

Результаты определения содержания песчаной фракции

Начальный объем грунта, см ³	Объем оставшегося грунта, см ³	Содержание песчаной фракции, %

Б. Определение содержания глинистой фракции (диаметр частиц менее 0,005 мм)

Способ основан на свойстве глинистых фракций увеличиваться в объеме при их увлажнении.

1. Сухой грунт, как и в предыдущем опыте, насыпается в цилиндр и постукиванием по ладони уплотняется до 10 см³.

2. Грунт разрыхляется и в цилиндр наливается вода до деления 50-60 см³. Далее грунт растирается до исчезновения мазков глины на стенках цилиндра.

3. Для коагуляции и ускорения оседания всех минеральных видов глинистой фракции к полученной суспензии прибавляется 3-4 см³ 5%-ного раствора хлористого кальция (CaCl₂). Без реактива увеличивает свой объем только монтмориллонит.

4. Цилиндр доливаеся водой до 100 см³, суспензия взмучивается один раз и оставляется для отстаивания в течение 1-2 суток или до следующего занятия. Цилиндр закрывается бумажным колпачком, на котором указывается номер группы, фамилия студента и дата.

5. После отстаивания (обычно на следующем занятии) определяется объем набухшего грунта. Так как в набухшем грунте имеются песок и пыль (ил), то содержание глины в процентах определяется умножением относительного приращения объема грунта на эмпирический коэффициент $k = 22,7$.

Результаты определения содержания глинистых фракций заносятся в таблицу 4:

Таблица 4

Результаты определения содержания глинистых фракций

Начальный объем грунта, см ³ V_1	Объем набухшего грунта, см ³ V_2	Приращение объема, см ³ $V_2 - V_1$	Относительное приращение объема, $V_0 = \frac{V_2 - V_1}{V_1}$	Содержание глинистых фракций $Q = V_0 \cdot k$

А. Определение содержания пылеватой фракции (диаметр частиц 0,06-0,005 мм)

Содержание пылеватых частиц определяется вычитанием объема глины и песка из первоначального объема всего грунта и заносится в таблицу 5.

Таблица 5

Результаты определения гранулометрического состава грунта

Наименование фракции	Содержание
Глинистая	
Пылеватая	
Песчаная	

Наименование грунта: _____
(по табл. 2)

Расчеты заносятся в тетрадь и передаются преподавателю для проверки.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА ПЕСКА

Углом естественного откоса α называется максимальный угол между горизонтом и поверхностью свободного песчаного грунта, при котором песок еще сохраняет равновесие.

Значение α для сухих песков в рыхлом состоянии практически совпадает с углом внутреннего трения.

При проектировании многих земляных сооружений угол естественного откоса сыпучего грунта является одной из основных расчетных характеристик.

Необходимое оборудование и материалы:

Сухой сыпучий грунт (песок).

Прибор для определения угла естественного откоса.

Ход работы

1. В прибор насыпается сухой песок (в малый отсек) до отметки 60 (рис. 1а).

2. Поднять перегородку, грунт при этом осыпается (рис. 1б), образуя угол естественного откоса, который определяется с помощью транспортира или по тангенсу:

$\text{tg}\alpha = h/\ell$, где h - высота откоса; ℓ - основание откоса.

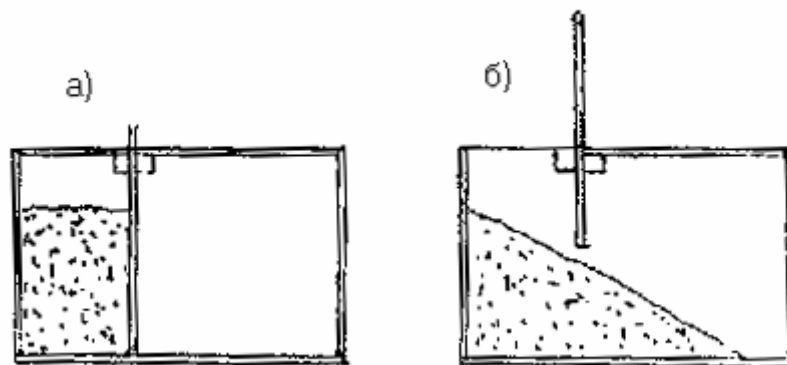


Рис.1. Определение угла естественного откоса песка

3. Опыт повторяется не менее трех раз. Расхождение между повторными определениями не должно превышать 2° .

4. За угол естественного откоса принимается среднее арифметическое значение результатов отдельных определений, выраженное в целых градусах (таблица 6).

Таблица 6

Результаты определения угла естественного откоса песка

№ определения	Угол в градусах	Среднее значение угла
1		
2		
3		

Преподаватель проверяет выполнение задания в течение занятия.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА ГРУНТА МЕТОДОМ РЕЖУЩЕГО КОЛЬЦА

Объемным весом грунта называется вес единицы объема грунта в его естественном состоянии.

Объемный вес грунта (без нарушения его естественного сложения) в данной работе устанавливается посредством определения веса грунта в известном объеме кольца.

Эта характеристика используется в фундаментостроении при определении нормативного давления на основание, напряжений от собственного веса грунта, давления на ограждающие конструкции, расчете устойчивости откосов и т.д. По объемному весу можно судить о плотности грунта.

Необходимое оборудование и материалы:

Кольцо с заточенной кромкой.
 Нож с прямым лезвием.
 Весы лабораторные с разновесами.
 Штангенциркуль.
 Монолит грунта.

Ход работы

1. С помощью штангенциркуля измеряют высоту и внутренний диаметр режущего кольца с точностью до 0,1 мм. Вычисляют внутренний объем кольца. Результаты записывают в журнал.
2. Кольцо взвешивают с точностью до 0,01 г.
3. Кольцо ставят заостренной стороной на зачищенную поверхность монолита грунта.
4. Легким надавливанием на кольцо погружают его в грунт на 2-3 мм.
5. Затем, обрезая грунт ножом с внешней стороны кольца, осаживают его на грунтовый столбик диаметром на 0,5-1мм больше наружного диаметра кольца до полного его заполнения.
6. Грунт ниже кольца подрезается на конус. Кольцо извлекают из монолита.
7. Излишки грунта, выступающего из кольца, осторожно срезают от центра к краям вровень с уровнем кольца (рис. 2).
8. Кольцо с грунтом протирают снаружи и взвешивают.

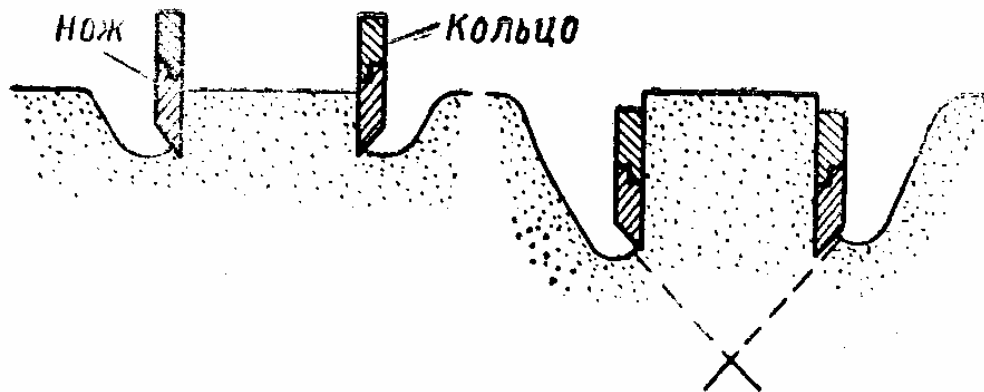


Рис. 2. Погружение кольца в грунт

Обработка результатов

Удельный вес γ , кН/м^3 , определяют по формуле

$$\gamma = (m_1 - m)/V \cdot g, \quad (1)$$

где m – масса кольца, г; m_1 – масса кольца с грунтом, г;

V – объем грунта, в кольце, см^3 ; g – ускорение свободного падения, для инженерных расчетов принимают равным 10 м/с^2 .

Результаты вычислений записывают в тетрадь.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА

Влажностью называется отношение массы воды, находящейся в грунте, к массе абсолютно сухого грунта в данном объеме. Количество воды, содержащейся в порах грунта в естественных условиях залегания, называется *естественной (природной) влажностью*. Влажность грунта определяют весовым методом.

Необходимое оборудование:

Лабораторные весы с разновесами.
Шкаф сушильный с термометром.
Алюминиевые стаканчики с крышками (бюксы).
Нож.

Ход работы

1. Взвешивают две пустые бюксы с крышками с точностью до 0,01 г.
2. Помещают в бюксы пробы влажного грунта массой по 15–20 г, закрывают крышками и взвешивают.
3. Пробы грунта высушивают в бюксах с открытыми крышками в сушильном шкафу до постоянной массы. Влажность глинистых грунтов, содержащих органические вещества в количестве не более 5 % (к массе сухого образца), допускается определять однократным высушиванием пробы грунта при температуре $105 \pm 0,2^\circ\text{C}$ в течение восьми часов для глинистых и четырех часов для песчаных грунтов.
4. Охлаждают бюксы с грунтом закрыв их крышками, после чего взвешивают.
5. Результаты взвешиваний записывают в тетрадь.

Обработка результатов

Влажность грунта определяют по формуле

$$W = (m_1 - m_2) / (m_2 - m) \text{ или } W = (m_1 - m_2) / (m_2 - m) \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где m – вес пустой бюксы, г;

m_1 – вес бюксы с влажным грунтом, г;

m_2 – вес бюксы с сухим грунтом, г.

Для каждого образца грунта необходимо произвести не менее двух определений влажности и найти ее среднеарифметическое значение. При расхождении результатов двух параллельных определений более чем на 2%, количество определений необходимо увеличить до трех и более.

Результаты вычислений записывают в таблицу 7.

Таблица 7

Результаты вычислений

Номер бьюкса	Вес бьюкса m, г	Вес бьюкса с влаж- ным грунтом m ₁ , г	Вес бьюкса с сухим грунтом m ₂ , г	Влажность $W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m}$

На основе полученных результатов определения объемного веса γ и влажности W рассчитываются по формулам следующие физические характеристики грунта:

а) Удельный вес грунта в сухом состоянии:

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) ; \text{кН/м}^3. \quad (3)$$

б) Коэффициент пористости:

$$e = (\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d. \quad (4)$$

Удельный вес частиц грунта γ_s устанавливается опытным путем. Однако ввиду того, что эта характеристика не определялась, а значение ее колеблется в узких пределах, величину удельного веса для расчета можно принять $\gamma_s = 27,0 \text{ кН/м}^3$.

в) Пористость:

$$n = (1 - \gamma_d / \gamma_s) \cdot 100 ; \% . \quad (5)$$

г) Степень влажности:

$$S_r = w \gamma_s / e \cdot \gamma_w, \quad (6)$$

где γ_w – удельный вес воды ; $\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$.

д) Удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w) / (1 + e). \quad (7)$$

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ВЛАЖНОСТЕЙ И КОНСИСТЕНЦИИ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

Свойства глинистого грунта в первую очередь зависят от его минералогического, гранулометрического состава и от влажности. С изменением влажности меняется и его состояние (консистенция). Глинистый грунт может находиться в твердом, пластичном или текучем состояниях.

Границами между состояниями грунта, именуемыми *пределами консистенции*, являются характерные значения влажности: нижний предел – граница раскатывания и верхний предел – граница текучести. *Граница раскатывания* – это влажность, при увеличении которой грунт переходит из твердого состояния

в пластичное, а *граница текучести* – это влажность, при увеличении которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее.

Согласно стандартной методике за границу раскатывания принимается влажность грунта, при которой он при раскатывании в шнур диаметром 3 мм распадается на кусочки длиной до 10 мм; за границу текучести принимается влажность грунта, при которой стандартный конус погружается в него на глубину 10 мм под действием собственной массы за время 5 с. По характерным влажностям определяется число пластичности глинистого грунта и показатель текучести, по которым устанавливают наименование и состояние грунта.

Необходимое оборудование и материалы:

Балансирный конус.
Чашка фарфоровая.
Шпатель.
Чашка металлическая.
Подставка.
Бюксы алюминиевые.
Весы лабораторные с разновесами.
Сухой грунт и грунтовое тесто.

Определение границы текучести

Порядок выполнения работы

1. Увлажняют грунтовое тесто дистиллированной водой и тщательно перемешивают до состояния грунтовой пасты.
2. Подготовленную грунтовую пасту укладывают небольшими порциями в металлическую чашку, не допуская образования в тесте пузырьков воздуха. Поверхность грунтовой пасты заглаживают шпателем вровень с краями чашки.
3. Балансирный конус подносят к поверхности грунтовой пасты так, чтобы его острие касалось поверхности пасты, и отпускают, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса (рис. 3).

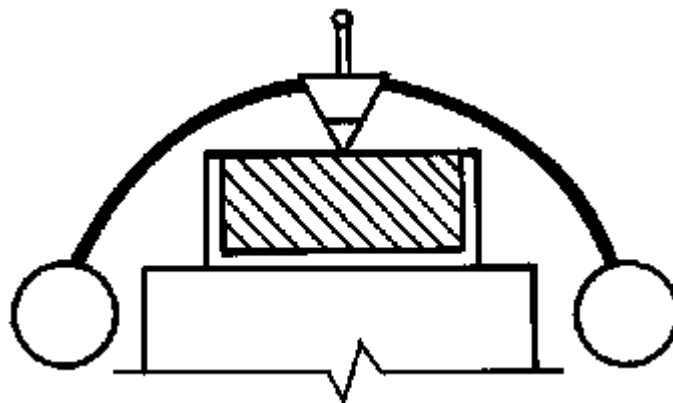


Рис. 3. Балансирный конус: 1 – конус; 2 – метка круговая; 3 – ручка; 4 – груз; 5 – прут; 6 – чаша; 7 – подставка; 8 – грунт

4. При погружении конуса на глубину менее 10 мм грунтовую пасту следует вынуть из стаканчика, присоединить к оставшейся пасте, добавить немного дистиллированной воды, тщательно перемешать и повторить операции, указанные в пп. 2 и 3.

5. При погружении конуса на глубину более 10 мм грунтовую пасту из стаканчика следует переложить в фарфоровую чашку, подсушить на воздухе, непрерывно помешивая шпателем, затем повторить операции, указанные в пп. 2 и 3.

6. Погружение конуса в пасту в течение 5 с на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.

7. По достижении границы текучести из грунтовой пасты отбирают две пробы массой не менее 15 г в заранее подготовленные и взвешенные бюксы и определяют влажность грунта на границе текучести w_L , весовым способом по методике описанной в лабораторной работе № 4.

Результаты определений записывают в таблицу 8.

Определение границы раскатывания

1. Подготовленное грунтовое тесто тщательно перемешивают, берут небольшой кусочек и раскатывают ладонью на пластмассовой пластинке до образования жгута диаметром около 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, его собирают в комок и вновь раскатывают до образования жгута диаметром около 3 мм. Раскатывать следует, слегка нажимая на жгут, длина жгута не должна превышать ширины ладони. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут диаметром около 3 мм не начнет распадаться на кусочки длиной 3-10 мм.

2. По достижении границы раскатывания кусочки распадающегося жгута собирают в заранее подготовленные и взвешенные бюксы (не менее двух проб) и определяют их влажность на границе раскатывания w_p , весовым способом по методике описанной в лабораторной работе № 4.

Результаты определений записывают в таблицу 8.

Таблица 8

Результаты определений характерных влажностей

Характерные влажности	Номер бюкса, №	Вес бюкса m	Вес бюкса с влажным грунтом m_1	Вес бюкса с сухим грунтом m_2	Влажность $W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m}$
w_L					
w_p					

Определение вычисляемых характеристик глинистого грунта

К вычисляемым характеристикам глинистого грунта, кроме удельного веса сухого грунта γ_d , пористости n , коэффициента пористости e и степени влажности S_r , которые определяются аналогично песчаным грунтам, относятся число пластичности I_p и показатель текучести I_L . Число пластичности определяется по формуле

$$I_p = w_L - w_p, \quad (8)$$

где w_L – влажность на границе текучести, %; w_p – влажность на границе раскатывания, %.

Эта характеристика косвенно отражает количество глинистых частиц в грунте и используется для определения наименования глинистого грунта по табл. 9.

Таблица 9

Типы глинистых грунтов

Типы грунтов	Число пластичности
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

Показатель текучести I_L определяется по формуле

$$I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p), \quad (9)$$

где W – природная влажность грунта в долях единицы.

Показатель текучести используется для определения состояния (консистенции) глинистого грунта по табл. 10.

Значения всех вычисляемых характеристик грунта записывают в тетрадь.

Таблица 10

Разновидности глинистых грунтов

Разновидности глинистых грунтов по консистенции	Показатель текучести
Супеси:	
твердые	$I_L < 0$
пластичные	$0 \leq I_L \leq 1$
текучие	$I_L > 1$
Суглинки и глины:	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,50$
мягкопластичные	$0,50 < I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,00$
текучие	$I_L > 1,00$

По окончании лабораторной работы определяют наименование и состояние глинистого грунта, а также его расчетное сопротивление по табл. 11 при проектировании оснований зданий и сооружений.

Таблица 11

Расчетные сопротивления R_0 глинистых (непресадочных) грунтов

Пылевато-глинистые грунты	Коэффициент пористости e	Значения R_0 , кПа, при показателе текучести	
		$I_L = 0$	$I_L = 1$
Супеси	0,5	300	350
	0,7	250	200
Суглинки	0,5	300	350
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глины	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

Примечание. Для промежуточных значений I_L и e – R_0 определяется по интерполяции.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ № 1-5

1. Что называется гранулометрическим составом грунта?
2. Как производится отбор пробы для определения физических характеристик песчаного грунта?
3. Что такое удельный вес грунта, удельный вес частиц грунта, удельный вес сухого грунта?
4. Что такое пористость и коэффициент пористости грунта? Как они определяются и где используются?
5. Что такое степень влажности грунта и для чего она определяется?
6. Что необходимо знать для определения расчетного или условного сопротивления грунта?
7. Что такое угол естественного откоса песчаного грунта, как он определяется и для чего используется?
8. Что такое удельный вес частиц грунта?
9. Как определяется плотность глинистого грунта?
10. Что такое влажность грунта и как она определяется?
11. Как определяется влажность на границе текучести?
12. Что такое граница раскатывания и как она определяется?
13. Что такое число пластичности и для чего оно определяется?
14. Для чего определяется показатель текучести?

15. Как определяется наименование и состояние (консистенция) глинистого грунта?
16. Как влияет влажность глинистого грунта на его расчетное (условное) сопротивление?
17. Что необходимо знать для определения расчетного (условного) сопротивления глинистого грунта?

7. ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ № 1-5

Задача 1

Определить удельный вес глинистого грунта методом режущего кольца, если известно: объем кольца $V = 50 \text{ см}^3$, масса влажного грунта в объеме кольца $m = 90 \text{ г}$.

Решение

Определяем удельный вес грунта, кН/м^3 , по формуле (1)

$$\gamma = m/V \cdot g = 90/50 \cdot 10 = 18 \text{ кН/м}^3.$$

Задача 2

Определить влажность и пористость глинистого грунта, если масса образца во влажном состоянии $m_1 = 30 \text{ г}$, а в сухом состоянии $m_2 = 25 \text{ г}$.

При этом удельный вес равен $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$, удельный вес частиц грунта $\gamma_s = 27 \text{ кН/м}^3$.

Решение

Определяем влажность грунта по формуле (2)

$$w = (m_1 - m_2)/m_2 = (30 - 25)/25 = 0,2.$$

Определяем удельный вес сухого грунта по формуле (3)

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) = 18 / (1 + 0,2) = 15 \text{ кН/м}^3.$$

3. Определяем пористость грунта по формуле (5)

$$n = (1 - \gamma_d / \gamma_s) \cdot 100\% = (1 - 15/27) \cdot 100 = 45 \text{ \%}.$$

Задача 3

Определить наименование, консистенцию и условное сопротивление глинистого грунта плотностью $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$, с естественной влажностью $w = 0,24$, влажностью на границе раскатывания $w_p = 20\%$, на границе текучести $w_l = 30 \%$ при плотности частиц $\gamma_s = 27 \text{ кН/м}^3$.

Решение

1. Определяем число пластичности грунта по формуле (8)

$$I_p = w_L - w_p = 30 - 20 = 10.$$

2. Определяем наименование грунта по табл. 9. Это суглинок.

3. Определяем показатель текучести грунта по формуле (9)

$$I_L = 100 (w - w_p) / (w_L - w_p) = (24 - 20) / (30 - 20) = 0,4.$$

4. Определяем консистенцию грунта по табл. 10. Это суглинок тугопластичный.

5. Определяем удельный вес сухого грунта по формуле (3)

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) = 18 / (1 + 0,24) = 14,5 \text{ кН/м}^3.$$

6. Определяем коэффициент пористости грунта по формуле (4)

$$e = \gamma / \gamma_d - 1 = 27 / 14,5 - 1 = 0,86.$$

7. Определяем условное сопротивление этого грунта по табл. 11.

Для суглинка при показателе текучести $I_L = 0,4$ и коэффициенте пористости $e = 0,86$ - $R_0 = 121$ кПа.

Задача 4

Суглинок в природном залегании имеет плотность $\gamma_1 = 18$ кН/м³ при влажности $w_1 = 0,15$. В насыпь суглинок должен укладываться с влажностью $w_2 = 0,19$. Какое количество воды потребуется добавить на 1 м³ суглинка для увеличения его влажности?

Решение

1. Определяем удельный вес сухого суглинка по формуле (3)

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w_1) = 18 / (1 + 0,15) = 15,7 \text{ кН/м}^3.$$

2. Определяем удельный вес суглинка после добавления в него воды до влажности $w_2 = 0,19$ из формулы (3)

$$\gamma_2 = \gamma_d (1 + w) = 15,7 (1 + 0,19) = 18 \text{ кН/м}^3.$$

3. Определяем количество воды, добавленной на 1 м³ суглинка

$$m_w = \gamma_2 - \gamma_1 = 18,7 - 18 = 0,7 \text{ кН или } 70 \text{ л.}$$

8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПРЕССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Основные положения

Наиболее важным деформационным свойством грунтов является их сжимаемость. *Сжимаемостью грунтов* называется их способность уменьшаться в объеме под действием внешней нагрузки. Сжимаемость зависит от пористости грунтов, гранулометрического и минералогического состава, природы внутренних структурных связей и характера нагрузки.

Характеристиками сжимаемости являются: коэффициент сжимаемости m_0 , МПа⁻¹; коэффициент относительной сжимаемости m_v , МПа⁻¹; модуль общей деформации E_0 , МПа и структурная прочность грунта $R_{стр}$, МПа.

Одним из способов определения характеристик сжимаемости в лабораторных условиях являются *компрессионные испытания*. Это испытания грунта в условиях одноосного сжатия без возможности бокового расширения. Компрессионное сжатие моделирует процесс уплотнения грунта под центром фундамента. Компрессионные испытания грунтов производят в *одомерах* – приборах с жесткими металлическими стенками, препятствующими боковому расширению грунта при сжатии его вертикальной нагрузкой. При испытаниях происходит уплотнение грунта за счет уменьшения объема пор и влажности. Для

оценки сжимаемости грунта строят график зависимости коэффициента пористости от вертикального давления, получают так называемую *компрессионную кривую* (рис.4).

Компрессионная зависимость состоит из двух ветвей: кривой уплотнения и кривой набухания. Кривая набухания получается при разгрузке первоначально сжатого образца. В этом случае будет происходить увеличение объема и пористости образца. Увеличение объема грунта при снятии нагрузки характеризует упругие деформации, а разность между первоначальным объемом и объемом образца после разгрузки – остаточные деформации. Во многих случаях в пределах небольших изменений давлений компрессионная кривая сравнительно близка к секущей прямой (хорде) АВ. Тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс характеризует сжимаемость грунта и называется **коэффициентом сжимаемости**.

Коэффициент сжимаемости есть отношение изменения коэффициента пористости к разности давлений. Значение коэффициента сжимаемости определяется по формуле

$$m_0 = \operatorname{tg} a = (e_1 - e_2) / (p_2 - p_1), \quad (10)$$

где e_1 – значение коэффициента пористости при давлении p_1 ; e_2 – значение коэффициента пористости при давлении p_2 .



Рис. 4. Компрессионная кривая

Коэффициентом относительной сжимаемости называется относительная деформация, приходящаяся на единицу давления. Определяется по формуле

$$m_v = \Delta h_i / h p_i = m_0 / (1 + e_0), \quad (11)$$

где Δh_i – деформация (осадка) образца грунта при изменении давления от 0 до p_i по компрессионной кривой, мм; h – первоначальная высота образца грунта, мм; e_0 – начальное значение коэффициента пористости.

Кроме коэффициентов сжимаемости, по результатам компрессионных испытаний может быть определен модуль общей деформации грунта E_0 , МПа, по следующей формуле:

$$E_0 = p_i h / D h_i \cdot \beta = (1 + e_0) / m_0 \cdot \beta = \beta / m_v, \quad (12)$$

где β – поправка, учитывающая отсутствие поперечного расширения грунта в компрессионном приборе.

Модулем общей деформации называется коэффициент пропорциональности между относительной деформацией и вертикальным давлением. Модуль общей деформации используется при расчете осадок фундаментов.

Стандартный метод определения компрессионных характеристик

Необходимое оборудование:

Компрессионный прибор.

Набор гирь.

Фильтровальная бумага.

Оборудование для определения физических характеристик грунта (рис. 5.).

Подготовка к испытанию

1. Предварительно определяют физические характеристики грунта.
2. Компрессионный прибор устанавливают в лаборатории на жесткое основание, исключающее вибрацию.
3. Определяют диаметр и высоту рабочего кольца с точностью до 0,01 мм и взвешивают его.
4. Образец грунта для испытания вырезают рабочим кольцом без образования зазоров между грунтом и рабочим кольцом. Кольцо с грунтом до опыта взвешивают.

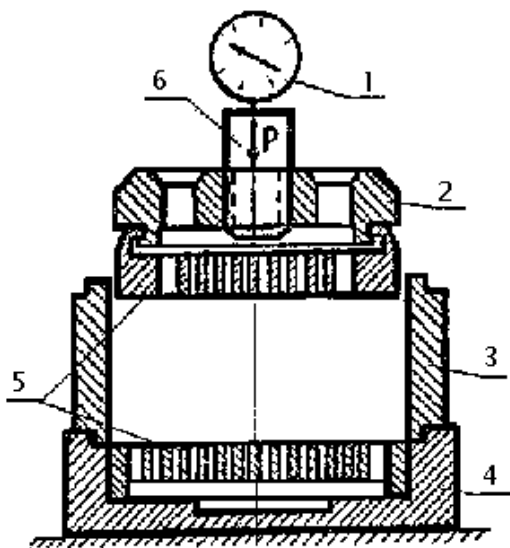


Рис.5. Схема компрессионного прибора (одеметра): 1 – индикатор с ценой деления шкалы 0,01 мм для измерения вертикальных деформаций образца грунта; 2 – цилиндрическая обойма; 3 – рабочее кольцо внутренним диаметром более 71 мм и высотой более 20 мм; 4 – поддон с емкостью для воды и перфорированным вкладышем под кольцо; 5 – перфорированный поршень; 6 – механизм вертикальной нагрузки на образец грунта

5. Образец грунта в кольцо покрывают с двух сторон влажными фильтрами и помещают в компрессионный прибор.
6. Устанавливают стрелки индикатора в начальное положение.

Порядок выполнения работы

1. Испытание заключается в том, что образец грунта в рабочем кольце подвергается уплотнению постепенно возрастающим давлением, прикладываемым

ступенями. Рост давления вызывает изменение высоты образца грунта, которое регистрируется индикатором и записывается в тетрадь.

Ступени давления при испытании грунтов принимаются следующие:

<u>для 0,1 МПа</u>	<u>для 0,2 МПа</u>	<u>для 0,3 МПа</u>
1- 0,01 МПа	1- 0,02 МПа	1- 0,03 МПа
2- 0,02 МПа	2- 0,04 МПа	2- 0,06 МПа
3- 0,03 МПа	3- 0,06 МПа	3- 0,09 МПа
4- 0,04 МПа	4- 0,08 МПа	4- 0,12 МПа

2. После приложения каждой ступени давления показания индикаторов следует регистрировать через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30; 60 минут, далее через 1 час в течение рабочего дня, а затем в начале и в конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформаций.

За критерий условной стабилизации деформаций грунта при данной ступени давления следует принимать деформацию не более 0,01 мм для глинистых грунтов за 16 часов; для пылеватых и мелких песков за 4 часа.

В лабораторной работе каждую ступень давления следует выдерживать 5-10 минут.

3. Разгрузку образца грунта производят также ступенями давления в последовательности, обратной порядку нагружения.

4. После завершения испытания грунт высушивают при температуре 105 ± 2 °С и определяют массу сухого грунта. Все результаты измерений и взвешиваний записывают в тетрадь.

Обработка результатов

1. Определяют величину абсолютной деформации грунта Δh_i , мм, по разности конечного и начального показаний индикатора для каждого давления.

2. Определяют величину относительной деформации грунта ε_i с точностью до 0,001 при соответствующих значениях давления, МПа, по формуле

$$\varepsilon_i = \Delta h_i / h . \quad (13)$$

3. Строят график зависимости относительных деформаций от вертикального давления $\varepsilon = f(P)$.

4. Определяют значение коэффициента пористости e_i при каждой ступени давления p_i по формуле

$$e_i = e_0 - \varepsilon_i \cdot (1 + e_0), \quad (14)$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости грунта (принимается равным 1,1).

5. Строят график зависимости коэффициента пористости от давления $e = f(p)$, т.е. компрессионную кривую.

6. Определяют коэффициент сжимаемости m_0 , МПа⁻¹, в каждом интервале давлений по формуле

$$m_{0i} = (e_i - e_{i+1}) / (p_{i+1} - p_i) . \quad (15)$$

7. Определяют коэффициент относительной сжимаемости m_v , МПа⁻¹, в каждом интервале давлений по формуле

$$m_{vi} = m_{0i} / (1 + e_i) , \quad (16)$$

где e_i – значение коэффициента пористости при давлении p_i .

8. Определяют модуль общей деформации грунта, МПа, в соответствующих интервалах давлений по формуле

$$E_i = (p_{i+1} - p_i) / (\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i) \beta \quad (17)$$

или

$$E_i = \beta / m_{vi} \quad (18)$$

где ε_i и ε_{i+1} – величины относительного сжатия, соответствующие давлениям p_i и p_{i+1} ; β – поправка, принимаемая для пылеватых и мелких песков – 0,8; супесей – 0,7; суглинков – 0,5; глин – 0,4.

9. Результаты вычислений записывают в таблицу 12.

По полученным результатам делают вывод о степени сжимаемости грунта (таблица 13) с использованием данных табл. 12.

Таблица 12

Результаты компрессионных испытаний грунта

Вертикальное давление p , МПа	Время от начала приложения ступени давления t , мин	Деформация образца Δh_1 , мм	Относительная деформация ε	Коэффициент пористости e	Коэффициент сжимаемости m_0 , МПа ⁻¹	Модуль общей деформации E_0 , МПа
0,1	0 0,01 0,02 0,03 0,04					
0,2	0 0,02 0,04 0,06 0,08					
0,3	0 0,03 0,06 0,09 0,12					

Таблица 13

Степень сжимаемости грунта

Степень сжимаемости грунта	m_0 , МПа ⁻¹	E_0 , МПа
Несжимаемый	< 0.01	>100
Малосжимаемый	0.01 - 0.05	30 - 1000
Среднесжимаемый	0.05 - 0.1	15 - 30
Повышенной сжимаемости	0.1 - 1	5 - 15
Сильносжимаемый	>1	<5

9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ ВО ВРЕМЕНИ

В данной работе сравнивается характер развития осадки песчаного и глинистого грунтов во времени.

Деформация образца песчаного грунта происходит очень быстро и завершается (стабилизируется) в течение нескольких минут. В образце глинистого грунта деформации развиваются медленно и заканчиваются через несколько часов (около суток). Аналогично в природных условиях осадка зданий на песчаном основании завершается за период строительства, а в глинистых продолжается несколько лет.

Необходимое оборудование в материалы

Компрессионный прибор.

Индикаторы для измерения деформаций.

Секундомер или часы с секундной стрелкой.

Ход работы

1. Зарядить одометры и перенести показания индикаторов при $P=0$ в таблицу.

2. Добиться уплотнения при давлении $P_1 = 0,5 \text{ кг/см}^2$ и перед приложением второй ступени нагрузки снять и записать в таблицу отсчеты по индикаторам. Эти же отсчеты дублируются в следующей строке при $P = 2,0 \text{ кг/см}^2$. Все отсчеты берутся с точностью до 0,001 мм.

3. Прикладывается вторая ступень нагрузки (сначала к образцу с глинистым грунтом, а затем после 10-й минуты – к песчаному образцу). Для этого на подвеску рычага плавно опускаются гири весом 1,5 кг, т.е. давление доводится до $P_2 = 2,0 \text{ кг/см}^2$, в этот момент замечается время по секундомеру.

4. Первый отсчет при давлении $P_2 = 2,0 \text{ кг/см}^2$ берется через 1 мин одновременно по двум мессурам двумя наблюдателями. При этом первые цифры отсчета готовятся заранее, а в момент снятия отсчета уточняются последние цифры (сотые и тысячные). Точно так же берутся последние отсчеты в моменты времени, указанные в таблице.

5. Одновременно с занесением в таблицу отсчетов по индикаторам заполняются все остальные ее графы. В графу 5 вносятся средние арифметические значения из показаний двух индикаторов.

Для получения величины деформации во времени от второй ступени давления $P = P_2 - P_1 = 1,5 \text{ кг/см}^2$ (графа 6) нужно из среднего значения $t = 0$ вычитать последовательно средние значения для каждого момента времени ($t = 1, 2, 3$ и т.д.). При $P = 2 \text{ кг/см}^2$ и $t = 0$ деформации $S = 0$.

Для получения полной деформации при каждой величине давления (графа 7) нужно из среднего значения отсчетов при $P=0$ (в этот момент деформация $S=0$) последовательно вычесть средние значения при $P=0,5 \text{ кг/см}^2$ и при $P_2=2,0 \text{ кг/см}^2$ в момент окончания опыта.

Нужно иметь в виду, что от второй ступени давления деформации глинистого грунта не успевают завершиться и величина деформации, полученная при окончании опыта, условно принимается за полную.

6. Определяются коэффициенты сжимаемости a и a_0 и модули деформации E_0 в интервале давлений от $P_1 = 0,5 \text{ кг/см}^2$ до $P_2 = 2,0 \text{ кг/см}^2$.

По данным таблицы строят кривые нарастания деформаций во времени (рис.6). Масштабы: для $S = 1 \text{ см} : 0,1 \text{ мм}$; для $t = 1 \text{ см} : 2 \text{ мин}$.

Таблица 14

Результаты определения деформации грунта

Интенсивность давления	Время от начала приложения данной ступени t , мин	Отсчеты по индикаторам, мм			Нарастание деформации во времени, мм	Полная деформация при полном давлении
		левый	правый	средний		
1	2	3	4	5	6	7
Грунт первого варианта (глинистый)						
$P_0=0$						
$P_1=0,5$	24 часа					
$P_2=2,0$	0				0,00	
	1 мин					
	2 мин					
	3 мин					
	5 мин					
	10 мин					
	20 мин					
	30 мин					
Грунт второго варианта (песчаный)						
$P_0=0$						
$P_1=0,5$	24 часа					
$P_2=2,0$	0				0,00	
	1 мин					
	2 мин					
	3 мин					
	5 мин					
	10 мин					
	20 мин					
	30 мин					

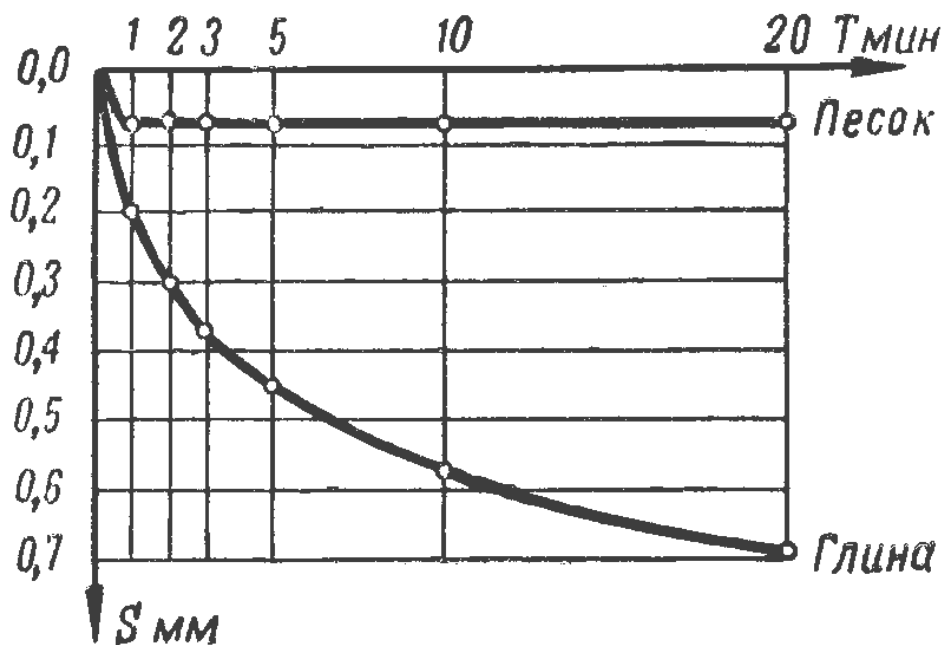


Рис. 6. График затухания осадок во времени

10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СДВИГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА

Основные положения

Сопротивление грунтов сдвигу является их важнейшим прочностным показателем. Оно необходимо для расчета устойчивости и прочности оснований, оценки устойчивости откосов, расчета давления грунтов на подпорные стенки и других инженерных расчетов.

Разрушение грунта основания под фундаментом сооружения наступает, если действующие здесь касательные напряжения превышают сопротивление грунта сдвигу. Разрушение проявляется в виде скольжения (сдвига) грунтовых агрегатов или отдельных частиц относительно друг друга.

Сопротивление грунта сдвигу обуславливается силами трения и сцепления (связности). И хотя четкого разделения сопротивления сдвигу на силы трения и сцепления не существует, прочностными (сдвиговыми) характеристиками грунта являются: удельное сцепление C , кПа, и угол внутреннего трения φ , град.

Эти характеристики являются параметрами линейной зависимости $\tau = f(p)$, которая была установлена в 1773 году Ш. Кулоном. Для песчаных грунтов эта зависимость выражается формулой

$$\tau = p \operatorname{tg} \varphi, \quad (19)$$

где τ – сопротивление грунта сдвигу (срезу), кПа; p – нормальное давление на грунт, кПа; $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения; φ – угол внутреннего трения, град.

Сопротивление песчаных грунтов сдвигу обусловлено силами трения, прямо пропорционально нормальному давлению. Силы сцепления в сыпучих грунтах незначительны и ими часто пренебрегают.

Графически указанная зависимость изображается прямой, проходящей через начало координат (рис. 8). В глинистых грунтах сопротивление сдвигу обусловлено силами трения и сцепления частиц грунта, т.е.

$$\tau = p \cdot \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (20)$$

где C – удельное сцепление грунта.

Графически указанная зависимость изображается прямой, отсекающей отрезок на оси ординат. Угол внутреннего трения является углом наклона этой прямой к оси абсцисс.

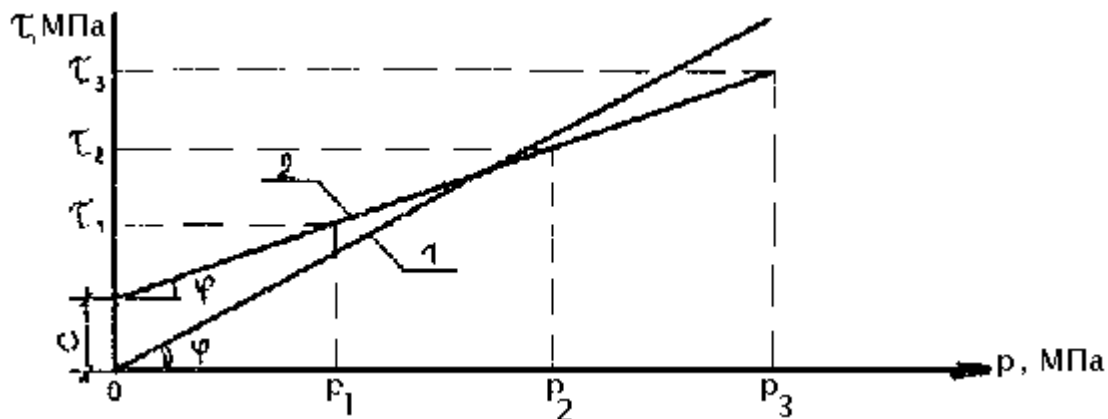


Рис.8. График зависимости сопротивления сдвигу от вертикального давления: 1– песчаный грунт, 2 – глинистый грунт

Сдвиговые характеристики C и φ определяются экспериментальным путем в полевых или лабораторных условиях. Сопротивление сдвигу одного и того же грунта непостоянно и зависит от физического состояния грунта, от условий проведения испытаний. Для получения достоверных результатов испытания на сдвиг должны всегда проводиться в условиях, максимально приближенных к условиям работы грунта под сооружением или в самом сооружении.

Стандартная методика лабораторного определения сопротивления сдвигу песчаных и глинистых грунтов устанавливается нормативными документами. Согласно этой методике τ определяется испытанием образцов грунта на одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза.

Определение сопротивления грунтов сдвигу производится *методами*:

- консолидированного (медленного) сдвига, при котором до приложения сдвигающего усилия образец уплотняют соответствующим вертикальным давлением. Испытание проводится в условиях свободного оттока воды (дренирования). Метод применяется для исследования грунтов в условиях уплотненного состояния и дает возможность оценить прочность основания построенного сооружения;

- неконсолидированного (быстрого) сдвига, при котором сдвигающее усилие прикладывается без предварительного уплотнения образца в условиях отсутствия дренирования. Метод применяется для исследования грунтов в условиях нестабилизированного состояния (для суглинков и глин при степени влажности $S_r \geq 0,85$ и показателе текучести $J_L \geq 0,5$).

Определение τ необходимо производить не менее чем при трех различных величинах вертикального давления p на трех образцах грунта, вырезанных из одного однородного по строению и составу монолита или, в необходимых случаях, на образцах, подготовленных в лаборатории.

Определение сдвиговых характеристик методом неконсолидированного среза

Необходимое оборудование и материалы:

Сдвижной прибор (1-3 шт.).

Гири.

Кольца с грунтом (условно ненарушенной структуры).

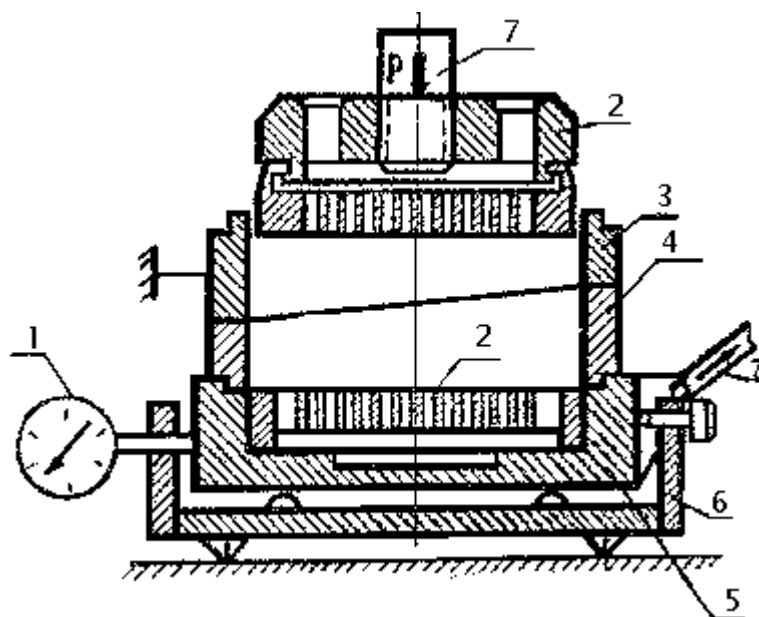


Рис. 9. Схема одноплоскостного сдвигового прибора ПС -10:

1 – индикатор часового типа для замера деформации образца грунта; 2 – жесткие перфорированные сплошные штампы для передачи нормального давления на образец; 3,4 – рабочее кольцо, состоящее из двух полуколец; 5,6 – срезная коробка, состоящая из неподвижной части и подвижной каретки; 7 – механизмы для создания вертикальной и горизонтальной нагрузок

Подготовка к испытанию

На учебном занятии используется приведенный в рабочее положение прибор с установленным для испытания в срезную коробку первым образцом грунта.

Стрелку индикатора, регистрирующего горизонтальную деформацию, устанавливают на ноль.

Ход работы

1. При помощи пробоотборника перенести образец из кольца в прибор.
 2. Прибор полностью собрать.
 3. Предохранительный винт на поршне завернуть до отказа.
 4. Горизонтальный рычаг соединяется непосредственно с выдвигной обоймой одометра. Стопорные винты завернуть до отказа.
 5. Рычаг вертикальной нагрузки раздвинуть на полную длину, навесить подвески для гирь и рычаг уравновесить.
 6. Приложить вертикальную нагрузку $P_1 = 0,1$ МПа и отпустить стопорный винт. Выдержать эту нагрузку 15 мин. (до загасания осадок).
 7. Вывернуть до конца стопорные винты и приложить сдвигающую нагрузку T ступенями по 100 г (1Н) (каждую последующую нагрузку прикладывать после завершения горизонтальных деформаций). Деформации не превышают 0,01 мм за 1 мин. Фиксируем эти деформации по индикатору и записываем в тетради.
- После осуществления сдвига (испытание считается законченным, если при приложении очередной ступени горизонтального давления происходит мгновенный сдвиг одной части образца по отношению к другой или общая деформация сдвига достигнет 5 мм) подсчитываем величину сдвигающего усилия T (вес гирь плюс 100 г – вес горизонтального рычага). Данные записываем в таблицу.
8. Образец № 1 снимается и на его место устанавливается сначала образец № 2 ($P_2 = 0,2$ МПа) и затем № 3 ($P_3 = 0,3$ МПа) и производится сдвиг, как в описанном случае.
 9. Обработка результатов заключается в определении сдвигающих напряжений и построении графика сопротивления сдвигу. Все данные записаны в таблице.
 10. При построении графика напряжения τ и P откладываются в одном и том же масштабе: $0,1$ МПа = 5 см. По полученным опытным точкам производится осредненная прямая до пересечения с осью ординат.
 11. Угол внутреннего трения грунта φ и сцепление C определяются из графика: φ – по тангенсу угла наклона прямой или с помощью транспортира (точность 1°); C – выражается отрезком, отсекаемым прямой на оси ординат, и измеряется с точностью до 0,001 МПа.

Обработка результатов

По результатам испытания трех образцов в тетради лабораторных работ строится график зависимости $\tau = f(p)$ в соответствии с рис. 8.

Прочностные характеристики грунтов: угол внутреннего трения φ с точностью до 1° и удельное сцепление C с точностью до $0,001$ МПа определяют:

$$\operatorname{tg} \varphi = (\tau_3 - \tau_1) / (p_3 - p_1), \quad (21)$$

$$c = \tau_1 - p_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (22)$$

где индексы при τ и P соответствуют номерам образцов.

Результаты вычислений записывают в таблицу.

Таблица 15

Результаты определения сопротивления грунта сдвигу

Номер образца	Время уплотнения, час	Нормальное напряжение, МПа	Площадь сдвига, см^2	Сопротивление сдвигу, МПа	Угол внутреннего трения	Сцепление C , кПа
1	2	3	4	5	6	7
1	24	0,1	25			
2	24	0,2	25			
3	24	0,3	25			

В итоге лабораторных занятий составляется зачетный «Паспорт грунта», который состоит из двух списков параметров: 1) физические свойства; 2) механические свойства.

В примечании к паспорту указывается: «условный» или «реальный» грунт. «Паспорт грунта» подписывается автором и преподавателем.

11. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ № 6-8

1. Что называется сжимаемостью грунта?
2. Что такое компрессионное сжатие?
3. Назовите характеристики сжимаемости грунта.
4. Как подготавливаются образцы к компрессионным испытаниям?
5. Какова последовательность компрессионного испытания грунта?
6. Что принимается за критерий условной стабилизации деформации грунта?
7. Как производится обработка результатов компрессионных испытаний?
8. Какие строятся графики при испытании грунта на сжатие?
9. Как можно судить о степени сжимаемости грунта по виду компрессионной кривой?
10. Что такое упругая и остаточная деформации грунта?
11. В каких инженерных расчетах используются характеристики сжимаемости грунтов?
12. Назовите прочностные (сдвиговые) характеристики грунтов.
13. Какие существуют методы определения сопротивления сдвигу?
14. Когда применяется метод неконсолидированного сдвига?
15. В чем сущность метода консолидированного сдвига?

16. Как проводится испытание грунта по методу неконсолидированного сдвига?
17. Как проводится обработка результатов сдвиговых испытаний?
18. Как определить тип грунта по внешнему виду прямой $\tau = f(p)$?
19. От чего зависят значения сдвиговых характеристик грунтов?
20. Где используются прочностные характеристики грунтов?
21. Под воздействием каких факторов могут изменяться величины φ и C ?

12. ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ № 6-8.

Задача 1

Определить компрессионные характеристики суглинка, если при испытании образца высотой $h = 20$ мм, начальном коэффициенте пористости $e_0 = 0,68$ получены величины деформации, представленные в табл. 16.

Решение

1. Определяем относительную деформацию (осадку) образца для каждой ступени вертикального давления по формуле (13) $e_i = \Delta h_i / h = 0,12/20 = 0,006$.

Результаты вычислений сводим в табл. 16.

2. Определяем коэффициент пористости грунта для каждой ступени вертикального давления по формуле (14) $e_i = e_0 - \varepsilon_i (1 + e_0) = 0,680 -$

$0,006(1+0,680) = 0,670$ и т.д. Результаты сводим в табл. 16.

3. По полученным значениям e_i можно построить компрессионную кривую.

Определяем коэффициент сжимаемости грунта для каждой ступени вертикального давления по формуле (15)

$$m_{oi} = (e_i - e_{i+1}) / (p_{i+1} - p_i) = (0,680 - 0,670) / (0,1 - 0) = 0,1 \text{ МПа}^{-1}.$$

Результаты вычислений сводим в табл. 16.

5. Определяем модуль общей деформации грунта для каждой ступени вертикального давления по формуле (17)

$$E_1 = (p_{i+1} - p_i) / (\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i) = (0,1 - 0) / (0,006 - 0) \cdot 0,5 = 8,33 \text{ МПа}.$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 16.

Таблица 16

Результаты вычислений

Вертикальное давление $p, \text{МПа}$	Деформация образца $\Delta h_i, \text{мм}$	Относительная деформация ε	Коэффициент пористости e	Коэффициент сжимаемости $m_0, \text{МПа}^{-1}$	Модуль общей деформации $E_0, \text{МПа}$
0	0	0	0,680	0	0
0,1	0,12	0,006	0,670	0,1	8,33
0,2	0,19	0,0095	0,664	0,06	14,28
0,3	0,23	0,0115	0,661	0,03	25,00
0,4	0,26	0,013	0,658	0,03	33,33
0,5	0,29	0,0145	0,656	0,02	33,33
0,6	0,31	0,0155	0,654	0,02	50,00

Задача 2

Определить модуль общей деформации суглинка, если под вертикальным давлением $p=0,2$ МПа образец высотой $h=100$ мм дал абсолютную осадку $\Delta h=2$ мм.

Решение

Модуль общей деформации суглинка определяется по формуле

$$E_0 = p \cdot h / \Delta h \cdot \beta = 0,2 \cdot 100 / 2 \cdot 0,5 = 5 \text{ МПа.}$$

Задача 3

Определить коэффициент сжимаемости мелкого песка с начальным коэффициентом пористости $e_0=0,65$ и модулем общей деформации $E_0 = 12$ МПа.

Решение

Коэффициент сжимаемости может быть определен по формуле

$$m_0 = (1 + e_0) / E_0 \cdot \beta = (1 + 0,65) / 12 \cdot 0,8 = 0,11.$$

Задача 4

Пользуясь результатами испытания грунта на компрессию, табл.16, изложенными в задаче 1, определить степень его сжимаемости при разных ступенях вертикального давления.

Решение

Степень сжимаемости грунта устанавливают по величинам коэффициента сжимаемости m_0 или модуля общей деформации E_0 с использованием данных табл. 13.

1. При вертикальном давлении $p = 0,1$ МПа значения указанных величин равны $m_0 = 0,1 \text{ МПа}^{-1}$, $E_0 = 8,33$ МПа, грунт обладает повышенной сжимаемостью.
2. При вертикальном давлении $p=0,2$ МПа значения указанных величин равны $m_0=0,06 \text{ МПа}^{-1}$, $E_0=14,28$ МПа, грунт переходит в состояние среднесжимаемое. В таком же состоянии он находится и при вертикальном давлении $p=0,3$ МПа.
3. В интервале вертикального давления от $p=0,4$ МПа до $p=0,6$ МПа коэффициент сжимаемости уменьшается до $m_0=0,02 \text{ МПа}^{-1}$, модуль общей деформации увеличивается до $E_0=50$ МПа. По степени сжимаемости грунт становится мало-сжимаемым.

Задача 5

Определить прочностные характеристики полутвердого суглинка, если при испытании его на сдвиг были получены следующие результаты:

- 1) при вертикальном давлении $p_1=0,1$ МПа сопротивление сдвигу $\tau_1=0,065$ МПа;
- 2) при $p_2=0,2$ МПа $\tau_2=0,105$ МПа; 3) при $p_3=0,3$ МПа $\tau_3=0,145$ МПа.

Решение

1. Определяем коэффициент внутреннего трения $\text{tg } \varphi$ и значение φ по формуле (21).

$$\text{tg } \varphi = (\tau_3 - \tau_1) / (p_3 - p_1) = (0,145 - 0,065) / (0,3 - 0,1) = 0,4 \text{ и угол } \varphi = 22^\circ.$$

2. Определяем удельное сцепление по формуле (22)

$$c = \tau_1 - p_1 \text{tg } \varphi = 0,065 - 0,1 \cdot 0,4 = 0,025 \text{ МПа.}$$

Задача 6

Определить объем штабеля песка в виде пирамиды, который может поместиться на отведенной квадратной площадке со сторонами 20 м. При испытании

песка на сдвиг под давлением $p = 0,1$ МПа получено сопротивление его сдвигу $\tau = 0,068$ МПа.

Решение

1. Объем штабеля песка, имеющего форму пирамиды (рис.10), может быть определен по формуле $V = 1/3 H \cdot B^2$, где B – сторона квадратной площадки; H – высота штабеля, которую требуется определить.
2. Определяем коэффициент внутреннего трения $\operatorname{tg} \varphi$ из формулы (19) и значение угла внутреннего трения φ - $\operatorname{tg} \varphi = \tau/p = 0,068/0,1 = 0,68$, угол $\varphi = 33^\circ 30'$.

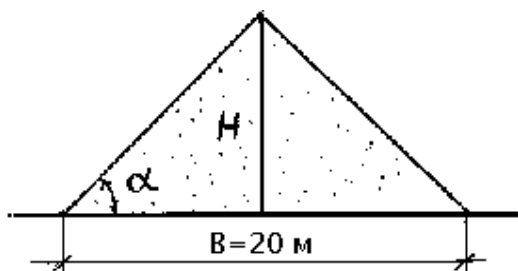


Рис.10. Схема определения угла внутреннего трения

3. Приравниваем угол внутреннего трения песка к углу естественного откоса штабеля песка, т.е. принимаем $\alpha = \varphi = 33^\circ 30'$. Это соответствует заложению откоса штабеля $H / 0,5 \cdot B = 1/1,5$. Тогда высота штабеля песка будет равна $H = 0,5 \cdot B / 1,5 = 10 / 1,5 = 6,65$ м.
4. Определяем объем песка, который может поместиться на отведенной площадке – $V = 1/3 \cdot 6,65 \cdot (20)^2 = 885$ м³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. –М.: Госстандарт, 1986.
2. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. –М: Стройиздат, 1985.
3. Проектирование оснований и фундаментов. В. А. Веселов–М.: Стройиздат, 1990.
4. Механика грунтов. Н. А. Цытович–М.: Высшая школа, 1983. –288 с.

Учебное издание
МЕХАНИКА ГРУНТОВ
 Методические указания к лабораторным работам.
 Составители: **Пьянков** Сергей Анатольевич
Азизов Загид Керимович

Редактор Н. А. Евдокимова

Подписано в печать 28.03.2003. Формат 60×84/16. Бумага писчая.
 Печать трафаретная. Уч. -изд. л. 1,80. Усл.печ.л. 1,86. Тираж 150 экз.
 Ульяновский государственный технический университет
 432027, г. Ульяновск Северный Венец, 32
 Типография УлГТУ. 432027, г. Ульяновск Северный Венец, 32