

С. Р. Месчян

К вопросу о длительном сопротивлении глинистых грунтов сдвигу

Вопрос длительной прочности грунтов впервые был рассмотрен М. Н. Гольдштейном [1] в 1948 г. в связи с изучением прочности мерзлых грунтов.

Исследованию длительной прочности и длительного сопротивления сдвигу немерзлых и мерзлых грунтов посвящены работы [3]—[11].

Авторы работ [1], [3], [5]—[8] указывают, что прочность глинистых грунтов, как и прочность некоторых других материалов (например, древесины, бетона и т. д.) с увеличением длительности испытания снижается и асимптотически стремится к некоторой постоянной величине, называемой длительной прочностью. По данным [3], [5]—[8] снижение прочности по сравнению со „стандартной“ доходит до 30—40%, что же касается мерзлых грунтов, то их прочность уменьшается в несколько раз [1], [4].

Нами [10]*, на основании результатов изучения влияния длительности испытания (в условиях отсутствия уплотнения в процессе опыта) было показано, что с увеличением длительности испытания сопротивление сдвигу сперва уменьшается (на 12—15%), затем или остается постоянным, или же увеличивается. Последний факт был установлен нами ранее (1958 г.) при проведении достаточно длительных испытаний грунтов на сдвиг. Тогда было установлено, что длительное испытание образцов глинистого грунта нарушенной структуры сдвигающими нагрузками, равными 0,85—0,9 от $q_{ст}$ ($q_{ст}$ — „стандартное сопротивление“ грунта сдвигу) не приводит к их разрушению, а, наоборот, увеличивает их прочность. Это дало нам возможность высказать мнение, что увеличение длительности испытания может привести к увеличению сопротивления сдвигу грунтов с водно-коллоидальными структурными связями. Разумеется, этого нельзя утверждать о грунтах с прочными и жесткими (цементационными) структурными связями. В этом случае появление дефектов в виде микротрещин в жестком структурном каркасе, а следовательно, постепенное безвозвратное разру-

* Работа доложена на Всесоюзном совещании по вопросам ползучести и длительной прочности глинистых грунтов, Москва, октябрь, 1960 г.

шение жестких связей может привести к уменьшению прочности грунтов при увеличении длительности испытания. Уменьшение прочности грунта по указанной причине приведет к увеличению скорости сдвига — к стадии прогрессирующего течения.

Следует отметить, что упрочнение образцов грунта, после длительного сдвига, отмечено Тролопом и Чаном [12] (1950), Казагранде и Уилсоном [3] (1951), Тейлором [13] (1954) и др.

Я. Л. Коган и В. А. Иоселевич [11] (1961), совершенно отрицая возможность уменьшения прочности грунтов по причине увеличения длительности испытания, отмечают, что в процессе деформирования может иметь место или упрочнение, или же их прочность не изменится вовсе. В первом случае кривая ползучести имеет затухающий характер, а во втором — скорость деформации ползучести постоянна.

Высказанное Я. Л. Коганом и В. А. Иоселевичем [11] мнение совпадает с нашим [10], если только оно касается грунтов с водно-коллоидальными, нежесткими (нецементационными) связями. Ясно, что приведенные выше суждения являются гипотетическими и нуждаются в экспериментальной проверке.

Таким образом, из изложенного следует, что полученные результаты экспериментального исследования длительной прочности и сопротивления грунтов сдвигу противоречивы и что они еще не позволяют высказать окончательное мнение по этому весьма важному вопросу.

Изучение влияния длительности действия нагрузки на прочность грунтов представляет интерес не только для выяснения вопроса уменьшения прочности, но и для исследования явления их упрочнения. Последнее имеет важное значение в деле повышения величин допускаемых сдвигающих нагрузок на грунт.

В целях дальнейшего углубленного изучения рассматриваемого вопроса, выяснения природы разупрочнения и упрочнения глинистых грунтов в процессе длительного деформирования, мы провели длительные опыты по сдвигу образцов суглинка нарушенной структуры.

Были исследованы 18 образцов суглинистого грунта нарушенной структуры, данные о физических свойствах которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Лаб. № грунта | Наименование грунта | Удельный вес $\gamma/\text{см}^3$ | Пределы пластичности | | |
|---------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| | | | граница текучести | граница пластичн. | число пластичности |
| 2-57 | Суглинок | 2,66 | 31,3 | 18,6 | 12,7 |

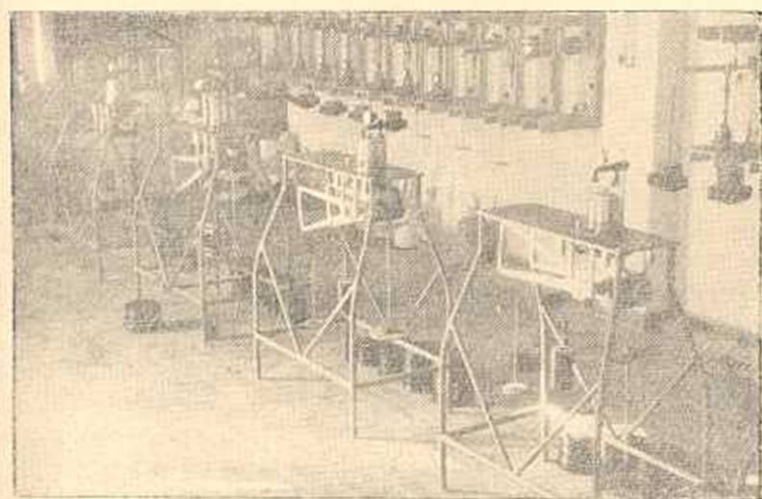
Испытания велись параллельно на приборах одноплоскостного среза конструкции Маслова—Лурье [14] и на приборах кольцевого сдвига конструкции НИС Гидропроекта. Из указанных 18 образцов

12 были испытаны на приборах одноплоскостного среза, 6—на приборах кольцевого сдвига.

Данные о размерах образцов, испытанных в указанных приборах, приведены в таблице 2. На фиг. 1 приведена фотография общего вида испытательного зала с приборами кольцевого сдвига.

Таблица 2

| Типы приборов | Высота образца мм | Диаметр наружный мм | Диаметр внутренний мм | Площадь сечения см ² |
|--------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Маслова—Лурье | 15 | 71,4 | — | 40 |
| Кольцевой прибор НИС Гидропроекта | 22 | 101 | 50 | 60,5 |



Фиг. 1.

Изготовление образцов производилось следующим образом. Из высушенного, измельченного и пропущенного через сито (с отверстиями в 1 мм) грунта приготавливали пасту с влажностью, примерно равной влажности грунта при пределе текучести. Прежде чем приготовить образцы, для выравнивания влажности по всему объему грунта, пасту хранили в течение трех недель во влажной среде. Заполнение колец и приборов грунтом выполняли обычным способом.

Образцы-близнецы грунта, которые были предназначены для испытания в одноплоскостных срезных приборах, подвергались предварительному уплотнению около четырех месяцев (с 14/XI—60 г. по 8/III—61 г.). Длительность предварительного уплотнения образцов в кольцевых приборах также равнялась четырем месяцам (с 18/II по 18/VI—61 г.).

Уплотняющая нагрузка была равна 2 кг/см². Испытания на сдвиг проводились при том же значении уплотняющей нагрузки.

При испытании на приборах одноплоскостного среза использование образцов высотой 15 мм диктовалось необходимостью достижения возможно большей равномерности распределения касательных напряжений в образце [20].

Большая продолжительность предварительного уплотнения образцов перед их испытанием диктовалась необходимостью исключения влияния структурного (тиксотропного) упрочнения и уплотнения на величину сопротивления грунтов сдвигу. Так как тиксотропное упрочнение глинистого грунта [15] протекает интенсивно в начале процесса, мы предполагали, что, после четырехмесячного уплотнения образцов указанное выше влияние должно быть незначительным.

Прежде чем изложить методику и результаты исследования считаем необходимым сказать несколько слов о, так называемой, „стандартной прочности“. Надо полагать, что различное толкование этого термина способствовало, до некоторой степени, тому разногласию, которое существует между исследователями по этому вопросу.

Согласно „Руководству по лабораторному определению физико-механических характеристик грунтов при устройстве оснований сооружений“ [16], под „стандартным“ сопротивлением сдвигу подразумевается сопротивление, определенное по методике, при которой каждую последующую ступень нагрузки прикладывают к образцу после достижения им условной стабилизации деформации сдвига. За условную стабилизацию деформации сдвига принимается скорость сдвига, равная 0,01 мм/мин.

В отличие от указанной методики, для определения „стандартной“ прочности М. Н. Гольдштейн и С. С. Бабицкая [6] образцы грунта испытывают при равномерном увеличении нагрузки через каждые 5 сек. Величину ступени нагрузки принимают равной 8—10% от ожидаемой прочности образца. Продолжительность испытания образцов по этой методике обычно равна нескольким минутам, тогда как по методике, изложенной в [16], она равна нескольким часам.

Если учесть, что влияние длительности испытания на сопротивление грунтов сдвигу имеет существенное значение при небольшой продолжительности испытания [10] (от нескольких минут до 2—3 часов), то при переходе от одной методики к другой — наблюдается некоторое расхождение в результатах опытов. Поэтому, во избежание путаницы, при сравнении результатов различных опытов необходимо учесть различие в их методиках.

В связи с тем, что некоторые исследователи предлагают снизить величину „стандартной прочности“, а под „стандартной“ прочностью обычно мы понимаем то, что изложено в „Руководстве“ [16], мы сочли необходимым сравнение изменчивости сопротивления грунтов сдвигу произвести с величиной, определенной по методике, указанной в [16]. В отличие от [16], за условную стабилизацию деформации сдвига мы принимаем скорость сдвига, равную 0,005 мм/мин.

В целях исследования влияния длительного загружения на со-

противление грунтов сдвигу на приборах Маслова и Лурье [14]. 12 изготовленных образцов были испытаны тремя группами, по четыре образца в каждой. Образцы первой группы испытывались по стандартной методике. Образцы второй группы попарно были загружены сдвигающими нагрузками, равными 0,8 и 0,9 от q_{ct} , а остальные были оставлены под уплотняющими нагрузками для последующего испытания по той же стандартной методике после окончания испытаний образцов второй группы. Испытание указанных четырех образцов последней группы после длительного выдерживания под уплотняющими нагрузками, дало бы нам возможность определить влияние уплотнения и структурного (тиксотропного) упрочнения на сопротивление сдвигу грунтов.

Испытание образцов грунтов на сдвиг, при нагрузках, меньших чем их стандартное сопротивление сдвигу, длилось с 8/III по 4—6/X 1961 г., т. е. 208 дней. В течение всего периода опытов в лабораторном помещении соблюдались почти постоянная температура ($20 \pm 3^\circ$) и постоянная влажность воздуха ($88-97\%$). Опыты проводились в подвальном помещении, где посторонние воздействия (сотрясения, толчки) были исключены.

Следует отметить, что образцы испытывались под нормальной нагрузкой, равной величине уплотняющей нагрузки, а скорость приложения сдвигающей нагрузки была равна той скорости, при которой определялось q_{ct} .

Как и ожидали, семимесячное испытание образцов грунта под нагрузками 0,8 и 0,9 от q_{ct} не привело к их разрушению. Чтобы определить причину этого и узнать величину сопротивления сдвигу образцов после их длительного деформирования, образцы были доведены до среза по той же стандартной методике. Величина ступени сдвигающей нагрузки была равна $0,125 \text{ кг/см}^2$.

Результаты испытаний сведены в таблицу 3.

В третьей графе таблицы 3 приведены величины сопротивления сдвигу образцов, определенные по стандартной методике [16] после четырехмесячного уплотнения. В двух последующих графах указаны величины сопротивления сдвигу образцов, подвергнутых деформированию в течение семи месяцев (после четырехмесячного уплотнения) нагрузками 0,8 и 0,9 от q_{ct} . В последней графе приведено сопротивление сдвигу образцов, выдержанных под уплотняющими (нормальными) нагрузками в течение $4 + 7 = 11$ месяцев. Как уже было отмечено, величина уплотняющей (нормальной) нагрузки была равна 2 кг/см^2 .

Анализ данных, приведенных в таблице 3, показывает, что сопротивление сдвигу образцов грунта, подвергнутых семимесячному испытанию на сдвиг, по сравнению с q_{ct} значительно возросло. Причем, значительное увеличение q (в среднем до 30%) наблюдается у образцов, испытанных нагрузками $q = 0,9 \tau_{ct}$, тогда как оно для образцов, испытанных нагрузками $q = 0,8 \tau_{ct}$, составляет лишь $12,5\%$. Что же

Таблица 3

| №№ п/п | Лаб. №№ опытов | Стандартное сопротивление сдвигу ($q_{ст}$) кг/см ² | Сопротивление сдвигу после длительного испытания на сдвиг нагрузками | | Стандартное сопротивление сдвигу после длительного уплотнения кг/см ² |
|--|----------------|--|--|--------------|--|
| | | | 0,8 $q_{ст}$ | 0,9 $q_{ст}$ | |
| 1 | 2/520 | 1,50 | — | — | — |
| 2 | 2/521 | 1,50 | — | — | — |
| 3 | 2/522 | 1,50 | — | — | — |
| 4 | 2/523 | 1,50 | — | — | — |
| 5 | 2/524 | — | 1,62 | — | — |
| 6 | 2/525 | — | 1,75 | — | — |
| 7 | 2/526 | — | — | 2,00 | — |
| 8 | 2/527 | — | — | 1,87 | — |
| 9 | 2/528 | — | — | — | 1,62 |
| 10 | 2/529 | — | — | — | 1,50 |
| 11 | 2/530 | — | — | — | 1,62 |
| 12 | 2/531 | — | — | — | 1,50 |
| Среднее значение $q_{пр}$ в кг/см ² | | 1,50 | 1,69 | 1,94 | 1,56 |

касается образцов, выдержанных под уплотняющими нагрузками в течение семи месяцев, то их сопротивление сдвигу по сравнению с $q_{ст}$ изменилось сравнительно незначительно. Это говорит в пользу сделанного нами предположения о том, что после четырехмесячного предварительного уплотнения дальнейшее нахождение образцов под уплотняющими нагрузками не должно существенно изменить их сопротивление сдвигу.

Несмотря на то, что указанные выше образцы находились под уплотняющей нагрузкой столько же сколько и образцы, подвергнутые длительному сдвигу, а их влажности в зоне сдвига после среза были почти одинаковыми (расхождение было всего на 0,3% при среднем значении влажности 23,7%), они показали разное сопротивление сдвигу. Это говорит о том, что увеличение сопротивления сдвигу связано с явлением ползучести сдвига.

Следовательно, увеличение сопротивления сдвигу образцов после их испытания на сдвиг нагрузками 0,8 и 0,9 от $q_{ст}$ не может быть объяснено упрочнением в результате длительного воздействия уплотняющей нагрузки. Увеличение сопротивления сдвигу можно объяснить структурным упрочнением грунта в течение длительного процесса деформации сдвига. Иначе говоря, переупаковка частиц при длительном испытании грунта приводит к образованию более прочных (взамен прежних слабых) структурных связей — к упрочнению материала. Это говорит о том, что длительность опыта способствует упрочнению материала, повышению сопротивления грунта сдвигу* [10].

Конечно, это не значит, что тиксотропное упрочнение, которое

не связано с процессом длительного сдвига, не может в определенных условиях повлиять на величину сопротивления грунта сдвигу.

Упрочнение грунтов вследствие длительной деформации на сдвиг, по-видимому, можно уподобить явлению упрочнения металлов, обусловленного их пластическим деформированием (наклеп) [17].

Рассмотрим результаты исследования длительного сопротивления сдвигу, выполненного на приборах кольцевого сдвига.

На приборах кольцевого сдвига было испытано всего шесть образцов, причем два из них были предназначены для определения стандартного сопротивления сдвигу, а остальные четыре — для испытания сдвигающими нагрузками, равными 0,8 и 0,9 от $q_{ст}$.

Испытание образцов длилось с 21/VI по 10/X 1961 г., т. е. 112 дней. Величина зазора между нижним и верхним кольцами равнялась 0,75 мм. В целях исключения испарения влаги через зазор, он был покрыт толстым слоем технического вазелина.

Результаты определения влажности грунта в зоне сдвига после среза показали, что расхождение между влажностями образцов, как подвергнутых кратковременному испытанию, так и срезанных после испытания на ползучесть (длительный сдвиг), составляло $\pm 0,6\%$ при среднем значении влажности $w = 31,2\%$, т. е. в течение четырехмесячного опыта влажность образцов практически не изменилась. Сдвигающая нагрузка прикладывалась ступенями по $q = 0,082 \text{ кг/см}^2$, что соответствовало величине ступени крутящего момента $M_{кр} = 20 \text{ кг см}$.

Результаты испытания образцов сведены в таблицу 4.

Таблица 4

| № п/п | №№ опытов | Стандартное сопротивление сдвигу кг/см^2 | Сопротивление сдвигу образцов, испытанных на ползучесть нагрузками | |
|--|-----------|---|--|--------------|
| | | | 0,8 $q_{ст}$ | 0,9 $q_{ст}$ |
| 1 | 2-572 | 0,73 | — | — |
| 2 | 2-573 | 0,81 | — | — |
| 3 | 2-576 | — | 1,04 | — |
| 4 | 2-578 | — | 1,04 | — |
| 5 | 2-574 | — | — | 1,13 |
| 6 | 2-577 | — | — | 1,13 |
| Среднее значение $q_{пр}$ кг/см^2 | | 0,77 | 1,04 | 1,13 |

Данные, приведенные в таблице 4, говорят о том, что здесь, как и в случае испытания образцов на приборах одноплоскостного среза, деформации ползучести приводят к упрочнению грунта.

К сожалению, мы не можем сопоставить количественно результаты испытания на сдвиг, полученные на приборах разных конструкций, ввиду большого различия влажности испытанных образцов. Та-

кое сравнение, безусловно, очень важно и этому вопросу будет посвящена специальная работа.

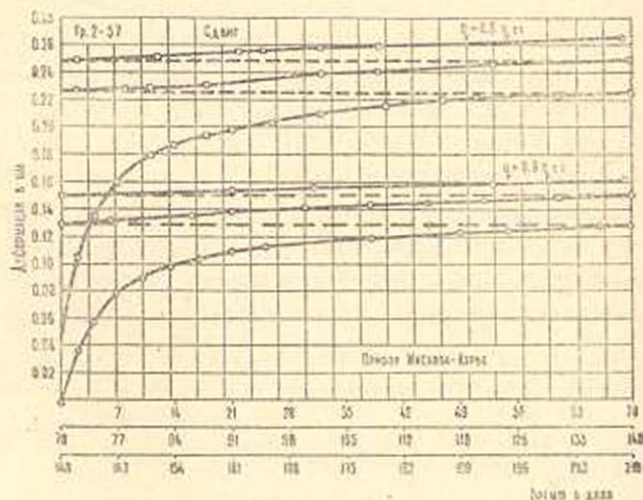
Величина сопротивления сдвигу кольцевых образцов определялась по зависимости [2]

$$q_{пр} = \frac{3M_{кр}}{2\pi(r_2^2 - r_1^2)},$$

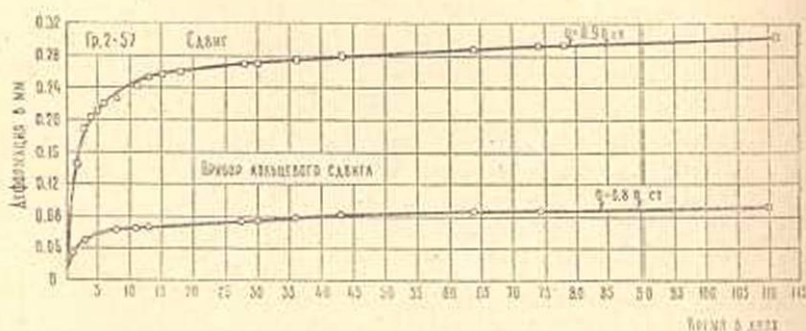
где $M_{кр}$ — крутящий момент;

r_1 и r_2 — наружный и внутренний радиусы образца.

На графике фиг. 2 приведены кривые ползучести образцов, испытанных в приборах одноплоскостного среза, а на фиг. 3 — кривые ползучести образцов, испытанных в кольцевых приборах. На фиг. 4 и 5 представлены кривые полной деформации ползучести образцов в полулогарифмической сетке координат.



Фиг. 2.

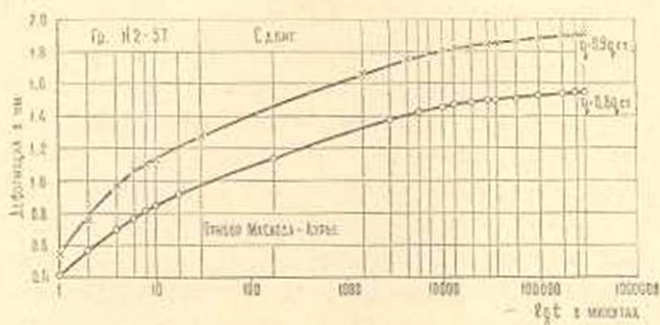


Фиг. 3.

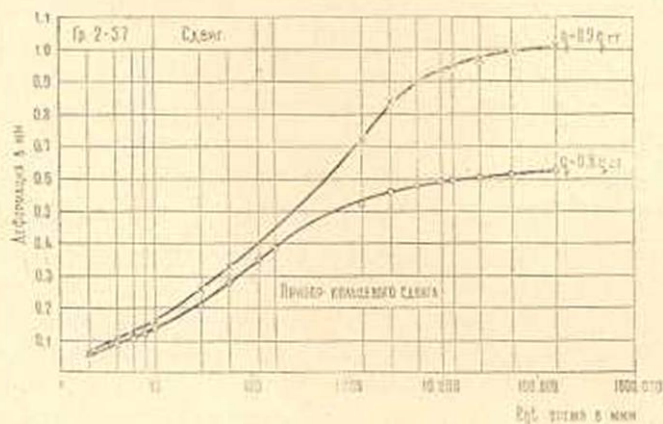
Рассмотрение графиков фиг. 2 и 3 показывает, что в начальном этапе деформирования имеет место интенсивное уменьшение скоростей деформации (участок неустановившейся ползучести), а затем кривые ползучести принимают очертание, близкое к прямой. Вторую область

деформирования можно условно назвать областью установившейся ползучести (течения). Наиболее отчетливо эта область выделяется на кривых фиг. 2.

Вторую область деформирования мы условно назвали областью установившегося течения потому, что, строго говоря, скорость ползучести на этом участке также претерпевает некоторое изменение в сторону уменьшения.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Уменьшение скорости деформации ползучести, которое свидетельствует об увеличении коэффициента вязкости грунта, также говорит об упрочнении материала.

Из приведенных графиков видно (фиг. 2 и 3), что как доля продолжительности периода неустановившейся ползучести так и деформации в этой зоне довольно большие. Поэтому никак нельзя считать правильным игнорирование областью неустановившейся ползучести, выражаемое спрямлением кривой ползучести [18, 19]. Следовательно, указанные кривые не могут быть описаны известным уравнением Максвелла, а грунт нельзя считать максвелловым телом.

Графики кривых, приведенных на фиг. 4 и 5 в полулогарифмической сетке координат, говорят о том, что деформация ползучести указанных грунтов не подчиняется зависимости Бюссмана-Покровского [7].

В заключение считаем необходимым несколько осветить вопрос о характере деформирования образцов в приборах кольцевого сдвига.

Было выполнено предварительное изучение распределения деформации по высоте кольцевых образцов при помощи грунтовых маяков из диатомита диаметром 2,2 мм [20].

Установлено, что деформации сдвига приводят к перекашиванию маяков почти по всей высоте образцов. Причем, при деформациях порядка 1,5–2,0 мм маяки сохраняли прямолинейную форму. Не было отмечено ни одного случая скольжения образцов относительно нижней и верхней зубчатых дисков (фильтров). Только при деформациях свыше 1,5–2,0 мм наблюдалось появление зон среза.

Изложенное выше говорит о том, что в приборах кольцевого сдвига сдвигающая нагрузка через верхний зубчатый диск полностью передается на образец, а в зоне среза имеет место равномерное распределение касательных напряжений.

Если к сказанному добавить, что за время эксперимента верхний и нижний поверхности образца остаются строго параллельными, а величина зазора — постоянной, то большое преимущество этого прибора по сравнению со всеми приборами плоскостного среза и скашивания становится очевидным [14, 18, 21].

Резюмируя вышесказанное, можно сделать следующие основные выводы: 1) длительность воздействия сдвигающих нагрузок не понижает, а повышает или же не меняет сопротивление сдвигу глинистых грунтов с водноколлоидальными структурными связями; 2) упрочнение образцов грунта (у которых почти закончен процесс тиксотропного восстановления структурных связей) после ползучести сдвига обусловлено образованием более прочных структурных связей взамен слабых, в результате переупаковки частиц в сочетании с длительностью испытания; 3) длительность выдерживания образцов под нормальной нагрузкой без деформации сдвига почти не влияет на величину сопротивления сдвигу уплотненных грунтов; 4) кривые деформации ползучести указанных грунтов можно условно разбить на области неустановившейся (затухающей) и установившейся (незатухающей) ползучести; 5) приборы кольцевого сдвига являются наиболее подходящими для исследования деформативных [и прочностных] свойств глинистых грунтов; 6) в связи с важностью рассматриваемого вопроса необходимо вести дальнейшее изучение длительного сопротивления глинистых грунтов сдвигу путем постановки длительных опытов и сравнения результатов испытаний грунтов на приборах различных конструкций.

Институт математики и механики
АН Армянской ССР

Получила 27 X 1961

Ս. Ռ. Մ'Լաչյան

ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ՍԱՀՔԻ ՀԱՐԱՏԵՎ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՁԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հողվածում ցույց է արված, որ կախված գրունտների սահքի հարատև դիմադրությունից հարցին նվիրված մինչև օրս գոյություն ունեցող առաջնասիրությունները հակասական են և հնարավորություն չեն տալիս վերջնական եզրակացություն անել այդ կարևոր հարցի վերաբերյալ:

Հիշյալ հարցի պարզարանման, ինչպես նաև սահքի հարատև դիմադրության գոյությունը կամ բացակայությունը պարզելու համար կատարված են տեղական առաջնասիրություններ:

Հետազոտված են 18 նմուշներ, որոնցից 12-ը փորձարկման են ենթարկված Մասլով-Լուրիչի, իսկ վեցը՝ օղակալին սահքի գործիքներում:

Չորսից-յոթ ամսական փորձարկումները ցույց են տվել, որ անկախ փորձարկող գործիքի կառուցվածքից, գրունտի նմուշների հարատև, հաստատուն $q = (0,8 - 0,9) q_{\infty}$ շոշափող լարումներով բեռնավորումը (սրտեղ՝ q_{∞} — գրունտի սահքի ստանդարտ դիմադրության մեծությունն է) ոչ թե քերում է նրանց խզմանը (քայքայմանը), այլ ընդհակառակը՝ փորձարկման տակ դանդաղ նմուշները քայքայման հասցնելու համար պահանջվում է գործադրել այնպիսի մեծ լարում, զան այն պահանջվում էր կարճատև փորձարկման ժամանակ [7]:

Յույց է արված նաև որ, հարատև հաստատուն շոշափող լարումներով փորձարկումներից հետո նմուշների ամրության բարձրացումը պայմանավորված է ոչ թե նրանց ամրացմամբ հարատև խտացման հետևանքով, այլ գրունտների մասնիկների վերադասավորմամբ, նոր, այնպիսի ուժեղ, միջնատիկալին կապերի առաջացմամբ սողքի հարատև դեֆորմացիայի պայմաններում:

Հողվածում քերված են նմուշների սողքի զրաֆիկները սովորական և կեսալողարկիմական կոորդինատային առանցքներով: Պարզված է, որ հիշյալ կորերը չեն կարող զրանցվել Բյուսսաման-Պակրոյսիու [7] առնչություններով, ինչպես նաև չեն համապատասխանում Մաքսվելի հայտնի օրենքին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гольдштейн М. Н. Деформация земляного полотна и оснований сооружений при промерзании и оттаивании. М., Трансжелдориздат, 1948.
2. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. Гостехиздат, Л.—М., 1939.
3. Casagrande A. and Wilson S. Effect of rate of loading on the strength of clays and shales at constant water content. — Geotechnique, 1951, № 3.
4. Вязлов С. С. Реологические свойства и несущая способность мерзлых грунтов. Изд. АН СССР, М., 1959.
5. Гольдштейн М. Н. Ползучесть и длительная прочность глинистых пород. Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения, т. II. Изд. АН СССР, М., 1957.

6. Гольдштейн М. Н. и Бабицкая С. С. Методика определения длительной прочности грунтов. Основания, фундаменты и механика грунтов, № 4, 1959, 11—14.
7. Вялов С. С. и Скабицкий А. М. Реологические процессы в мерзлых грунтах и плотных глинах. В кн. „Материалы к IV международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению“. Изд. АН СССР, М., 1957.
8. Могилевская С. Е. Вопросы длительной прочности деформируемости лесовых грунтов как оснований гидротехнических сооружений. Изв. ВНИИГ, т. 64, 1960.
9. Коган Я. Л. и Чухрова А. Н. Влияние условий изменения напряженного состояния глинистых грунтов при определении сопротивления сдвигу. Сообщение № 153 ВНИИ транспортного строительства. М., 1959.
10. Месчин С. Р. О влиянии длительности испытания на сопротивление грунтов сдвигу. ДАН АрмССР, 32, № 1, 1961.
11. Коган Я. Л. и Поселевич В. А. Прочность и „длительная прочность“ глинистых грунтов. Основания, фундаменты и механика грунтов, № 5, 1961, 19—20.
12. Trollope D. H. and Chan C. K. Proceedings ASCE, 1950, Apr. vol. 86, p. 1.
13. Тейлор Д. Основы механики грунтов. Госстройиздат, М., 1960.
14. Маслов Н. Н. Прикладная механика грунтов. Машстройиздат, М., 1949.
15. Денисов Н. Я. О природе деформации глинистых пород. Изд. Минречфлота, М., 1951.
16. Руководство по лабораторному определению физико-механических характеристик грунтов при устройстве оснований сооружений. Гос. изд. лит-ры по стр-ву и арх-ре. М., 1956.
17. Одинг И. А. Основы прочности металлов паровых котлов, турбин и турбогенераторов. Госэнергоиздат, М.—Л., 1949.
18. Сотников С. Н. К вопросу о ползучести глинистых грунтов при сдвиге. Изв. Высших учебных заведений Министерства Высшего и среднего образования СССР (Строительство и архитектура), № 6, 1960.
19. Тер-Степанян Г. И. О длительной устойчивости склонов. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1961.
20. Костерин Э. В. К методике сопротивления сдвигу глинистых грунтов. Гидротехническое строительство, № 7, 1957.
21. Roscoe K. H. and Mech A. M. An apparatus for the application of simple shear to soil samples. Proc. 3-rd Int. Conf. Soil Mech., 1953, 1, 186.