

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

О влиянии длительности испытания на сопротивление грунтов
сдвигу

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 10. XI 1960)

Работами (1-4) показано, что скорость и длительность испытания глинистых грунтов оказывают существенное влияние на результаты экспериментальных работ по определению их прочностных и деформативных свойств и что при испытании грунтов в лабораторных условиях необходимо, по возможности, эксперименты вести в соответствии с ожидаемыми скоростями загрузки в природных условиях.

Исследованию влияния длительности и скорости загрузки на сопротивление грунтов сдвигу посвящено очень мало работ. Ниже приводятся результаты экспериментальных работ, посвященных исследованию как влияния скорости и длительности испытания, так и определению длительного сопротивления сдвигу глинистых грунтов нарушенной структуры.

Были исследованы суглинок, глина из г. Раздан (Армянская ССР) и часовярская глина в одноплоскостных срезных приборах Н. Н. Маслова (5).

Каждый грунт испытывался двумя сериями по 12 образцов в каждой серии, при шести режимах загрузки и двух значениях их высоты: 15 и 35 мм. Площадь поперечного сечения 40 см², величина зазора 0,4 мм. Повторность — двухкратная.

Основные данные о физических свойствах грунтов, соответствующие состоянию образцов перед уплотнением, приведены в табл. 1.

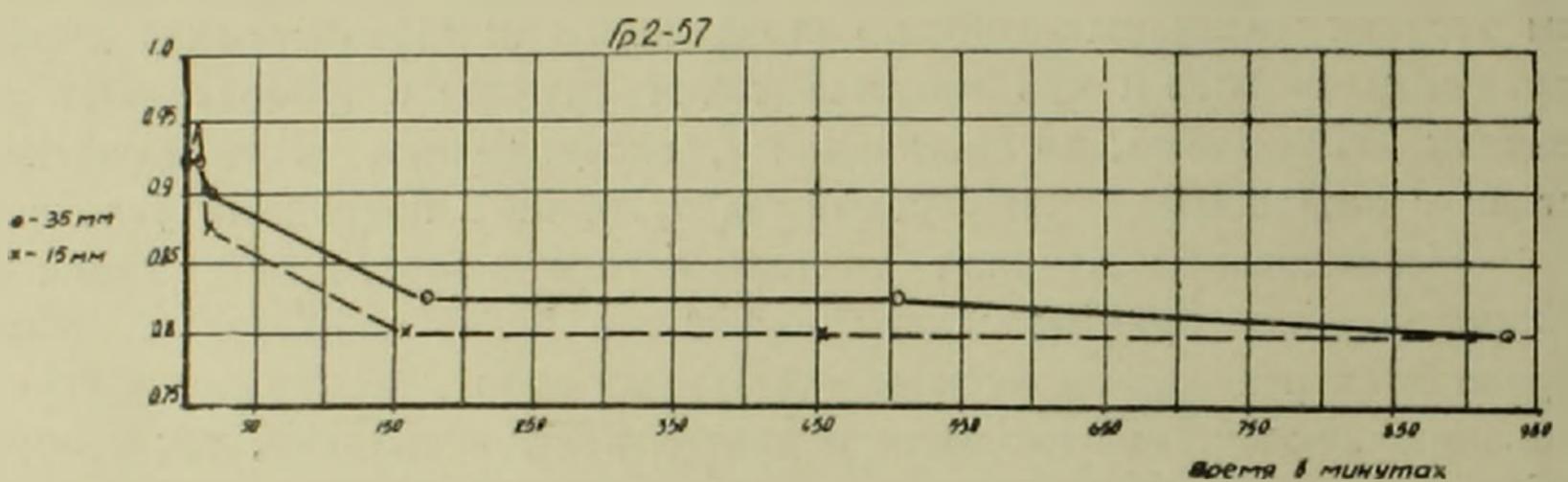
Перед испытанием на сдвиг образцы-близнецы суглинка и глины были предварительно уплотнены нагрузками 1 кг/см², в течение 20—24 дней; образцы часовярской глины сперва были уплотнены нагрузками 2 кг/см², а затем разгружены до 1 кг. Уплотняющая нагрузка прикладывалась ступенями по 0,125 кг/см², через каждые двое суток. Сдвигающая нагрузка также прикладывалась ступенями, ее величина для каждого грунта была постоянной. Для суглинка и глины величина ступени нагрузки была равна 0,05 кг/см², для часовярской глины — 0,025 кг/см². Интервалы приложения нагрузок были равны 5 сек., 30 сек., 1 мин., 30 мин. и 1 часу.

Кроме того, образцы испытывались по стандартной методике (6), т. е. каждую последующую ступень прикладывали к образцу после

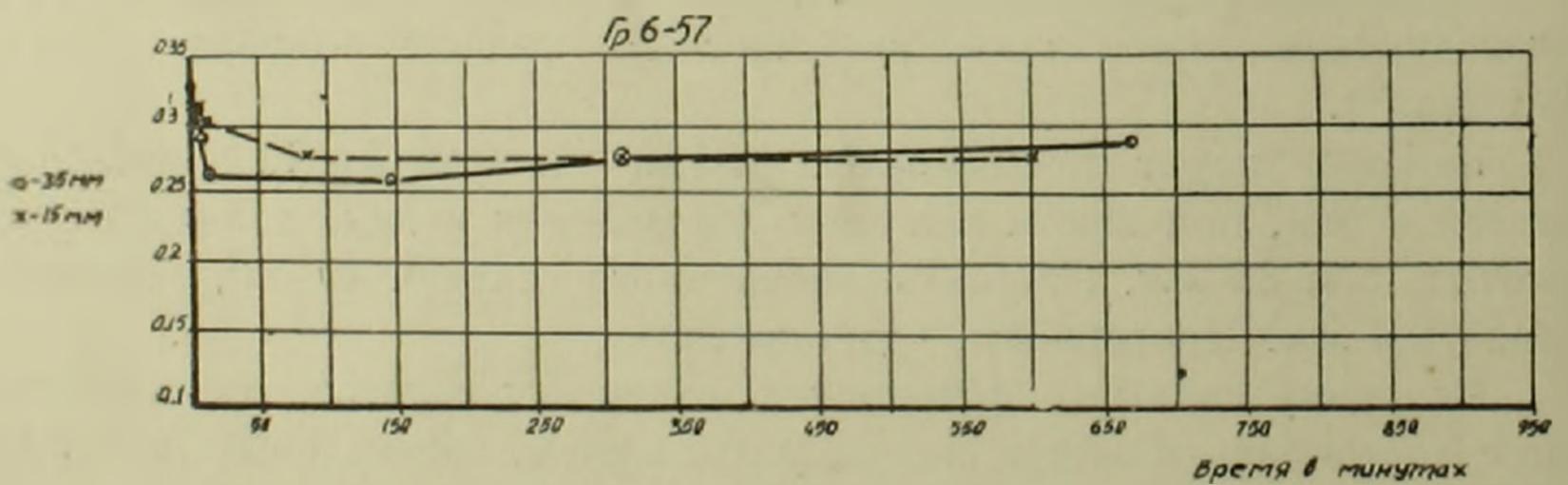
Таблица 1

Лаб. № гр.	Наименование грунта	Удельн. вес в г/см ³	Влажн. в %	Объемный вес в г/см ³	Пределы пластичности		
					граница текучести	граница пластичности	число пластичности
2-57	Суглинок	2,66	31,7	1,82	31,3	18,6	12,7
4-57	Глина	2,70	42,5	1,78	41,2	23,2	18,0
6-57	Часов-ярская глина	2,65	57,4	1,59	59,1	21,2	37,9

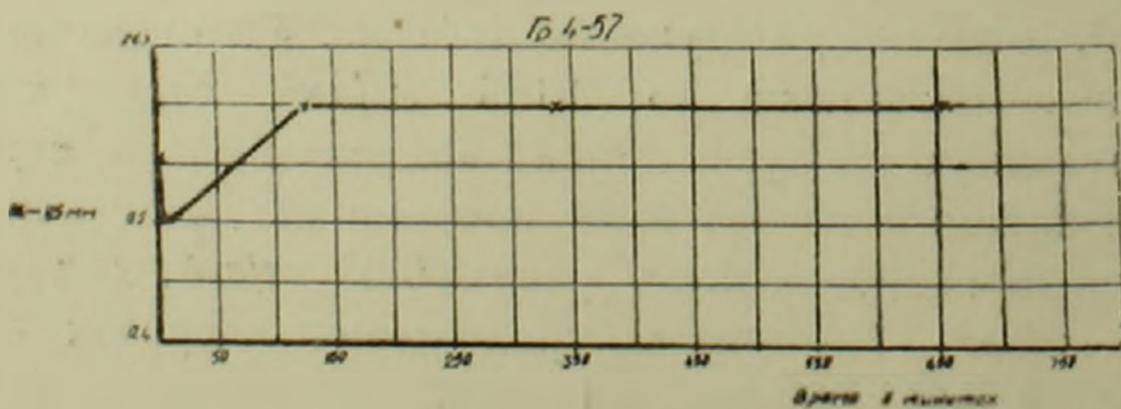
достижения им условной стабилизации деформации сдвига; за условную стабилизацию деформации сдвига принимали скорость сдвига, равную 0,005 мм/мин.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

В табл. 2, 3 и 4 приведены результаты экспериментов, а на фиг. 1, 2 и 3 графики кривых изменчивости предельного сопротивления грунтов сдвигу $q_{пр}$ в зависимости от длительности их испытания.

Анализируя приведенные в табл. 2 и 3 данные о результатах испытаний образцов-близнецов грунтов на сдвиг при разных скоростях приложения сдвигающей нагрузки, можно отметить, что: 1) скорость

Таблица 2

Г р у н т 2—57

Режим загрузки	Интервал приложения нагрузок					Стандартное испытание
	5 сек.	30 сек.	1 мин.	30 мин.	1 час	
<i>h</i> = 35 мм, степень нагрузки — 0,05 кг/см ² , № опытов 2/425 — 2/436						
Продолжительность опыта в минутах	1,55	9,0	17,5	482	930	172
Число ступеней нагр.	18/19	18/18	18/18	16/17	16/16	17/16
Сопротивление сдвигу $q_{пр}$ в кг/см ²	0,925	0,925	0,90	0,825	0,80	0,825
<i>h</i> = 15 мм, степень нагрузки — 0,05 кг/см ² , № опытов 2/412 — 2/424						
Продолжительность опыта в минутах	1,55	9,0	17,05	453	907	160
Число ступеней нагрузок	18/19	19/19	18/17	16/16	16/16	16/16
Сопротивление сдвигу $q_{пр}$ в кг/см ²	0,925	0,95	0,875	0,80	0,80	0,80

Таблица 3

Г р у н т 6—57

Режим загрузки	Интервал приложения нагрузок					Стандартное испытание
	5 сек.	30 сек.	1 мин.	30 мин.	1 час	
<i>h</i> = 35 мм, степень нагрузки — 0,025 кг/см ² , №№ опытов 6/496 — 6/507						
Продолжительность опыта в минутах	1	5,5	10,2	310	670	146
Число ступеней	13/13	11/12	11/10	11/11	11/12	10/11
Сопротивление сдвигу $q_{пр}$ в кг/см ²	0,325	0,287	0,262	0,275	0,287	0,262
<i>h</i> = 15 мм, степень нагрузки — 0,025 кг/см ² , № опытов 6/508 — 6/519						
Продолжительность опыта в минутах	1	6	11,5	310	601	88
Число ступеней	13/12	13/12	12/12	11/11	11/11	11/11
Сопротивление сдвигу $q_{пр}$ в кг/см ²	0,312	0,312	0,30	0,275	0,275	0,275

Г р у н т 4—57

Режим загрузки	Интервал приложения нагрузок					Стандартное испытание
	5 сек.	30 сек.	1 мин.	30 мин.	1 час.	
<i>h=15 м.м.</i> , степень нагрузки—0.05 кг/см ² , № опытов 4/484—4/495						
Продолжительность опыта в минутах	0.9	5	10	340	661	128
Число ступеней	11/11	10/10	10/10	12/12	12/12	12/12
Сопротивление сдвигу $q_{пр.}$ в кг/см ²	0.55	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60

загрузки оказывает определенное влияние на величину сопротивления грунта сдвигу; 2) влияние скорости загрузки заметно сказывается на результатах экспериментов при сравнительно ее больших значениях; 3) высота образца не оказывает существенного влияния на результаты опытов.

Сравнивая результаты опытов, выполненных загрузением образцов через интервалы времени 30 мин., 1 час и по стандартной методике, замечаем, что, несмотря на значительное отличие между длительностями их испытания (для гр. 2—57 примерно 5,6 раза), сопротивления грунтов сдвигу имеют одинаковые значения. А если сопоставить между собой сопротивления сдвигу, соответствующие наибольшему и наименьшему значениям длительности испытания, замечаем, что при увеличении продолжительности испытания примерно в 600 раз сопротивление сдвигу уменьшается на 12—15%.

Для определения длительного сопротивления грунтов сдвигу $q_{дл.}$ необходимо знать характер изменчивости $q_{пр.}$ для больших интервалов времени путем проведения длительных исследований. Поэтому приведенные выше результаты еще недостаточны для определения длительного сопротивления грунтов сдвигу. Однако существующий экспериментальный материал и современное понятие о физико-химической природе прочности связей между частицами грунтов дают возможность высказать некоторые соображения по этому поводу.

Характер изменения кривой предельного сопротивления сдвигу $q_{пр.}$ грунтов нарушенной структуры (грунтовая паста), в зависимости от длительности испытания, можно представить следующим образом.

Если грунт во время испытания не будет уплотняться, а его „старение“ за счет структурного упрочнения незначительное, то с уменьшением скорости загрузки и с увеличением длительности испытания будет наблюдаться постепенное уменьшение сопротивления грунта сдвигу. В случае, когда структурное упрочнение (первичное сцепление и сцепление упрочнения) во времени приобретает такое значение, которое окажет влияние на прочностные свойства грунта, то сперва с увеличением длительности испытания будет наблюдаться уменьше-

ние сопротивления сдвигу, а затем, с дальнейшим повышением структурной прочности, длительность испытания не будет оказывать влияния на прочность материала. В этом случае $q_{пр}$ будет асимптотически стремиться к некоторой постоянной величине. При дальнейшем увеличении длительности испытания, в зависимости от способности грунта упрочняться с течением времени, сопротивление грунта сдвигу $q_{пр}$ может повышаться.

Здесь наблюдается следующее парадоксальное явление: увеличение длительности испытания, в результате проявления явления ползучести, приводит, с одной стороны, к уменьшению сопротивления грунта сдвигу, а с другой стороны, длительность опыта способствует упрочнению материала (в результате проявления сцепления), повышению сопротивления грунта сдвигу.

Исходя из вышеизложенного, можно отметить, что наименьшее значение сопротивления грунта сдвигу часто будет соответствовать не наибольшей длительности испытания, а некоторому другому ее значению. Ясно, что форма кривой $q_{пр}$ будет зависеть от свойства данного грунта, а наименьшее значение $q_{пр}$ — от суммарного значения сил внутреннего трения, связности и структурного сцепления (¹).

Приведенные рассуждения, а также результаты экспериментов дают нам возможность считать, что если при увеличении длительности испытания в 600 раз сопротивление сдвигу уменьшилось на 12—15%, то надо полагать, что при дальнейшем увеличении длительности испытания благодаря способности грунтов нарушенной структуры к структурному упрочнению в течение времени, эта величина не должна существенно отличаться от истинного значения длительного сопротивления грунтов сдвигу. Это дает нам право считать, что для приближенного определения $q_{дл}$ грунтов нарушенной структуры можно временно пользоваться существующей стандартной методикой определения сопротивления грунтов сдвигу (⁶).

В пользу этого говорит то, что после длительного (5—6 месяцев) испытания образцов сдвигающими нагрузками 0,85—0,9 от $q_{пр}$ (определенное по стандартной методике) не только не наблюдалось среза образцов, а, наоборот, наблюдалось повышение сопротивления их сдвигу.

В связи с тем, что загрузка грунтов в природных условиях значительно медленнее, чем в лабораторных, то значения сопротивления грунтов нарушенной структуры сдвигу, определенные по стандартной методике, не только не завышенные, а, наоборот, в некоторых случаях даже заниженные. Что же касается грунтов с прочными и жесткими связями, ясно, что их поведение существенно будет отличаться от поведения слабых грунтов. В этом случае уменьшение $q_{пр}$ в основном обусловлено явлением ползучести вследствие постепенного разрушения структурных связей. Интересно отметить, что такие грунты могут быть разрушены даже тогда, когда ползучесть грунта практически прекращена (⁷).

Փորձարկման և նստարկման ազդեցությունը գրունտների սողի դիմադրության վրա

Հողվածում բերված ևն կապային գրունտների սողի դիմադրության վրա փորձարկման տեղումայն ազդեցության ուսումնասիրությունը, որոնք կատարված են Ն. Ն. Մասլովի կոնստրուկցիայի կորման գործիքներում:

Փորձարկված են երեք տեսակի տարրեր հատկություններ ունեցող, կապային գրունտների նմուշներ բնանավորման՝ վեց ունիմի և 15 ու 35 մմ բարձրություն ունենալու դեպքում: Ամեն մի գրունտ փորձարկված է երկու սերիայով, յուրաքանչյուր սերիայում փորձարկված են 12 նմուշ: Նմուշների մակերեսը համասար էր 40 սմ², բացվածքի մեծությունը 0,4 մմ:

Յույց է տրված, որ 1) բնանավորման արագությունը ունի որոշակի ազդեցություն սողի դիմադրության մեծության վրա. 2) բնանավորման արագության ազդեցությունը առավել զգայի է նրա մեծ նշանակության դեպքում. 3) նմուշի բարձրությունը որոշակի ազդեցություն չունի սողի դիմադրության վրա:

Պարզված է, որ փորձարկման տեղումայնը 600 անգամ մեծացնելու դեպքում, սողի դիմադրության մեծությունը փոքրանում է 12—15 տոկոսով:

Կատարած փորձարկումները թույլ են տալիս հեղինակին անել այն հզրակայությունը, որ քանի զեռ բացակայում են մեծ տեղումայն ունեցող փորձերը, ապա ժամանակավորապես, սողի դիմադրությունը որոշելու համար կարելի է օգտվել դոյություն ունեցող ստանդարտ մեղոթով:

Յույց է տրված նաև, որ փորձարկման տեղումայն մեծությունը, որը սողի հետևյալ բերում է սողի դիմադրության փոքրացմանը, կարող է սողի դիմադրության մեծացման պատճառ հանդիսանալ, քանի որ այդ նույն ժամանակի ընթացքում բարձրանում է գրունտի ամրությունը, ի հաշիվ նրա ստրուկտուրայի ամրասլնդման:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ Н. Н. Маслов, Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве, Госэнергоиздат, М.—Л., 1955. ² М. Н. Гольдштейн, Труды совещания по инженерным геологическим свойствам пород и методам их изучения, Т. II, М., 1957. ³ Я. Л. Коган и А. Н. Чухрова, Влияние условий изменения напряженного состояния глинистых грунтов при определении сопротивления сдвигу, Сообщение 153 ВНИИтранстроя, М., 1959. ⁴ С. Р. Месчан, Изв. АН АрмССР, т. XII (серия физ.-мат наук), № 4, 1959. ⁵ Н. Н. Маслов, Прикладная механика грунтов, Машстройиздат, 1949, Руководство по лабораторному определению физико-механических характеристик грунтов при устройстве оснований сооружений, Госиздат литературы по строительству и архитектуре, М., 1956. ⁶ С. С. Вялов и А. М. Скибицкий, Материалы к IV международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению, Изд. АН СССР, М., 1957.