

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

Влияние высоты образца и зоны сдвига на сопротивление
 грунта сдвигу

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 29/II 1964)

Сопоставление данных о величине сопротивления глинистых грунтов сдвигу ($q_{пр.}$), полученных при испытании на приборах одноплоскостного среза Н. Н. Маслова—Ю. Ю. Лурье⁽¹⁾ и кольцевого сдвига НИС „Гидропроекта“⁽²⁾, показывает, что в большинстве случаев они сильно расходятся. Сопротивление грунта сдвигу, определенное на приборе одноплоскостного среза, оказывается больше, чем при испытании на приборе кольцевого сдвига.

Поскольку при испытании глинистого грунта на одноплоскостном сдвижном приборе деформация сдвига протекает в некоторой узкой зоне образца^(3,4,5), величина которой зависит от его физико-механических свойств и условия проведения опыта (по данным А. А. Начипоровича⁽⁴⁾, при высоте образца $h = 20$ мм, высота зоны сдвига равна $1/3 h$), а на приборах кольцевого сдвига (при $h \leq 24$ мм) высота зоны сдвига примерно равна высоте образца⁽²⁾, можно полагать, что изложенное выше расхождение обусловлено высотой зоны сдвига.

В целях изучения влияния высоты образца и зоны сдвига на сопротивление грунта сдвигу были проведены четыре серии опытов на четырех грунтах (табл. 1), с параллельным испытанием образцов-близнецов на приборах одноплоскостного среза и кольцевого сдвига, при различных значениях их высоты (в опытах были использованы приборы кольцевого сдвига первичной конструкции, не подвергнутые видоизменению⁽²⁾). На приборах одноплоскостного среза были испытаны образцы двух размеров ($h = 35$ и 15 мм), а на приборах кольцевого сдвига — трех размеров ($h = 24, 15$ и 8 мм).

Опыты проводились на нормально уплотненных глинистых пастах, предварительно уплотненных нормальными напряжениями $\tau = 2$ кг/см² в течение 7—12 дней. Было испытано 50 образцов при двух и трехкратной повторности опытов.

Определение сопротивления сдвигу на приборах обеих конструкций выполнялось по одной и той же методике. После первой сту-

Таблица 1

Лабораторные №№ грунги	Наименование	Удельный вес г/см ³	Влажность, %		Пределы пластичности, %		
			пасты до уплотнения	после среза	предел текучести	предел пластичности	число пластичности
2-57	суглинок	2,66	33,4	26,4	31,3	18,6	12,7
4-57	глина	2,70	38,7	33,6	41,2	23,3	18,0
5-57	диатомитовый грунт	2,59	—	47,4	58,1	32,2	33,9
8-57	глина неокома	2,75	65,7	43,2	67,9	34,8	33,1

пени, равной $0,25 \text{ кг/см}^2$, напряжение наращивалось ступенями, но $q \approx 0,1 \text{ кг/см}^2$ с интервалом приложения, равным $t = 10$ мин. Чтобы исключить возможность испарения влаги из образцов, во время опыта они находились в водном окружении. После среза влажности образцов каждой серии опыта, испытанных на приборах обеих конструкций, отличались друг от друга на $\pm 0,6\%$.

Величина сопротивления сдвигу кольцевых образцов определялась, по выражению (1),

$$q_{\text{пр.}} = \frac{3M_{\text{кр.}}}{2\pi(r_2^3 - r_1^3)}, \quad (1)$$

где $M_{\text{кр.}}$ — крутящий момент, r_2 и r_1 — наружный и внутренний радиусы образца. При определении $q_{\text{пр.}}$ на приборах обеих использованных нами конструкций учитывались результаты их тарировки.

Результаты опытов приведены в табл. 2

Таблица 2

Прибор	Высота образца до уплотнения в мм	Сопротивление сдвигу $q_{\text{пр.}}$ кг/см ²			
		Лабораторные №№ грунтов			
		2-57	4-57	5-57	8-61
НИС „Гидропроекта“	24	0,84	0,83	0,98	0,79
	15	0,90	0,88	1,08	0,81
	8	0,97	1,17	1,22	0,90
Н. Н. Маслова—Ю. Ю. Лурье	35	1,47	1,02	1,64	0,70
	15	1,38	1,07	1,50	0,83

Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что с уменьшением высоты образца и зоны сдвига сопротивление грунтов сдвигу, испытанных в кольцевых приборах НИС „Гидропроекта“, постепенно повышается. Наибольшее увеличение сопротивления сдвигу колеблется в

пределах от 14% (гр. 8—61) до 41% (гр. 4—57). Изменяемость $q_{пр}$ в зависимости от высоты образца имеет затухающий характер. С увеличением высоты образца сопротивление грунта сдвигу стремится к некоторой постоянной величине.

Сопротивление грунтов сдвигу, испытанных на одноплоскостном срезном приборе Н. Н. Маслова— Ю. Ю. Лурье, за исключением грунта № 8—61, практически не зависит от высоты образца (разница между $q_{пр}$ образцов $h=35$ мм и 15 мм находится в пределах точности его определения). То, что $q_{пр}$ не зависит от высоты образца, свидетельствует о равенстве высот зон сдвига* и показывает, что ее величина не превышает 15 мм. Что же касается грунта 8—61, то надо полагать, что существующая между величинами сопротивления сдвигу образцов различной высоты разница (18%) в некоторой степени обусловлена влиянием высоты зоны сдвига, величина которой при $h=35$ мм больше, чем при $h=15$ мм. А это значит, что высота зоны сдвига образца $h=15$ мм равна высоте образца. Об этом говорит тот факт, что значения $q_{пр}$ образцов с $h=15$ мм, испытанных на приборах кольцевого сдвига и одноплоскостного среза, равны друг другу.

Из сопоставления величин сопротивлений сдвигу, определенных испытанием образцов высотой $h=24$ мм на кольцевых приборах, с данными, полученными на срезных приборах, следует, что за исключением грунта 8—61 их разница колеблется в пределах от 25% (гр. 4—57) до 64% (гр. 2—57). Причем с уменьшением высоты кольцевых образцов указанная разница постепенно уменьшается и даже полностью исчезает.

Надо отметить, что наличие трения между боковыми поверхностями образца и стенками нижней и верхней обойм использованных нами приборов кольцевого сдвига способствует некоторому повышению сопротивления сдвигу. Как показывают опыты, в случае устранения указанного трения, заменой боковых стенок обойм отдельными кольцами, свободно перемещающимися друг относительно друга, при высоте образца $h=24$ мм сопротивление сдвигу может уменьшаться до 30% (суглинок 9—62, опыты 9/980—9/983). При высоте образца $h=8$ мм боковое трение практически не влияет на прочностные характеристики грунта.

Судя по полученным опытным данным, высота зоны сдвига испытанных на одноплоскостных срезных приборах образцов является величиной переменной. Для грунтов 2—57 и 4—57 она меньше 8 мм, а для грунта 8—61 при высоте образца $h=15$ мм равна 15 мм, а при $h=35$ мм— больше 15 мм. Из этого следует, что чем меньше влажность грунта и выше жесткость его скелета, тем меньше высота зоны сдвига, и наоборот. Исключением является диатомитовый грунт (5—57), который хотя и имеет большую влажность, но, поскольку

* Поскольку при испытании грунтов на приборах одноплоскостного среза зона сдвига по сечению образца распространяется неравномерно (*), под высотой зоны сдвига подразумевается ее среднее значение.

обладает свойствами суглинка, его поведение не отличается от поведения суглинка и глины.

Приведенные выше результаты были получены при величине зазора (между нижней и верхней каретками и обоймами приборов одноплоскостного среза и кольцевого сдвига), равной 0,5 мм. Чтобы определить влияние величины зазора на сопротивление сдвигу, одновременно с изложенными выше опытами, были испытаны кольцевые образцы высотой $h = 24$ мм при различных величинах зазора (от 1,0 до 2,7 мм). Опыты показали, что сопротивление сдвигу практически не зависит от величины зазора.

Аналогичные опыты были выполнены ранее А. А. Ничипоровичем⁽⁴⁾ на приборах одноплоскостного среза, собственной конструкции, при величинах зазора от 1—2 до 7—8 мм и высоте образца 15—20 мм. При величине зазора 8 мм ставились кольца с расстоянием между ними около 1,0 мм (опыты проводились на грунтах нарушенной структуры). Было также установлено, что величина зазора не оказывает влияния на результаты опытов. Это и понятно, потому что сопротивление сдвигу зависит не от зоны среза⁽⁴⁾, а от высоты зоны сдвига.

Интересно отметить, что приведенные в книге П. Д. Евдокимова⁽⁵⁾ данные о величинах углов внутреннего трения (φ) и сцепления (C) среднего пылеватого суглинка и тяжелого пылеватого суглинка (кембрийская глина), полученные при испытании на приборах одноплоскостного среза и трехосевого сжатия, также показывают их зависимость от метода испытания. Установлено, что испытание глинистых грунтов методом трехосевого сжатия приводит к уменьшению углов внутреннего трения (φ) указанных грунтов в среднем на 8° (около 30%), сцепление (C) среднего пылеватого суглинка в среднем уменьшается на $0,15$ кг/см² (около 50%), а кембрийской глины увеличивается на $0,03$ кг/см² (около 17%). Т. е. и в случае испытания грунтов по методу трехосевого сжатия наблюдается понижение сопротивления глинистых грунтов сдвигу по сравнению с методом одноплоскостного среза.

Нетрудно понять, что причиной изложенного является различная высота зон сдвига грунта при различных методах его испытания. Величина зоны сдвига при трехосевом сжатии больше, чем при одноплоскостном срезе, и поэтому прочность грунта меньше, так как в первом случае образец обладает большей возможностью свободного деформирования.

В заключение считаем нужным отметить, что, поскольку сопротивление глинистых грунтов сдвигу зависит от высоты зоны сдвига, причем увеличение ее высоты приводит к понижению их прочности, во избежание ошибок всегда необходимо учитывать влияние этого важного фактора.

**Նստահատի և սահմանի գոտու բարձրությունների ազդեցությունը
կապալին բնահողերի սահմանի դիմադրության վրա**

Բնահողի սահմանի դիմադրության վրա նմուշի և սահմանի գոտու բարձրությունների ազդեցությունը ուսումնասիրվել է կտրման մեկ հարթություն ունեցող և օղակային կտրման գործիքներում տարբեր բարձրության երկվորյակ նմուշների փորձարկումների հիման վրա: Կտրման մեկ հարթություն ունեցող սարքերում փորձարկվել են 15 և 35 մմ, իսկ օղակային կտրման սարքերում՝ 8,15 և 24 մմ բարձրություն ունեցող երկվորյակ նմուշներ:

Փորձերը ցույց են տվել, որ նմուշի բարձրության փոքրացումը բերում է օղակային սարքերում որոշված սահմանի դիմադրության ավելացմանը, իսկ կտրման մեկ հարթություն ունեցող սարքերում որոշված սահմանի դիմադրության վրա այն չի ազդում: Պարզված է նաև, որ նշված սարքերում որոշված միևնույն բարձրություն ունեցող նմուշների սահմանի դիմադրությունը իրարից բավականին տարբերվում են: Օղակային սարքերում որոշված բնահողի սահմանի դիմադրությունը համարյա թե միշտ ավելի փոքր է, քան կտրման մեկ հարթություն ունեցող սարքերում որոշվող սահմանի դիմադրությունը:

Ստացած արդյունքների հիման վրա հեղինակը եկել է այն եզրակացությանը, որ եթե օղակային կտրման սարքերում սահմանի գոտու բարձրությունը հավասար է նմուշի բարձրությանը, ապա մյուս գործիքում սահմանի գոտու բարձրությունը շատ ավելի փոքր է քան նմուշի բարձրությունը: Արդյունքն ալայմանավորված է կտրման մեկ հարթություն ունեցող սահմանի կոնստրուկտիվ առանձնահատկություններով:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Н. Н. Маслов, Прикладная механика грунтов, Машстройиздат, М., 1949. ² С. Р. Месчян, Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, т. XV, № 5 (1962). ³ Н. Н. Маслов, О значении, при проведении опытов на сдвиг, некоторых факторов, Свирстрой, Л., 1935. ⁴ А. Л. Ничипорович, Сопротивление связных грунтов сдвигу при расчете гидротехнических сооружений на устойчивость, Стройиздат, 1948. ⁵ Г. И. Покровский, Трение и сцепление в грунтах, 1941. ⁶ З. В. Костерин, О методике определения сопротивления сдвигу глинистых грунтов. Гидротехническое строительство, № 7, 1957. ⁷ П. Д. Евдокимов, Прочность оснований гидротехнических сооружений на мягких грунтах, Госэнергоиздат, М.—Л., 1956.