

УДК 624.131:624.131.216

ДИССИПАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ ПРОСТОМ СДВИГЕ

Месчян С.Р.

Ս.Ր. Մեսչյան

Պարզ սահքի դեպքում կավային գետնահողերի դիսիպատիվ հատկությունները

Բերված են ոլորման եղանակով մուշմեղի ցիլինդրի բեռնավորման և բեռնաթափման միջոցով պարզ սահքի դեպքում կավային գետնահողերի դիսիպատիվ հատկությունների փորձատական հետազոտությունների արդյունքները: Պարզված է որ բեռնավորման ցիլինդր տեսություններից կախված կավային գետնահողերի պարզ սահքի տատանման էներգիայի մարման գործակիցը կարող է փոխվել 1-ից 0,4-ի սահմաններում:

S.R. Meschyan

Dissipative qualities of clay soils under the simple shear

В статье приведены результаты определения коэффициента поглощения энергии колеблющихся глинистых грунтов методом циклического нагружения и разгрузки образцов при их кручении. Установлено, что при скоростях нагружения и разгрузки 50 Н·см×5с коэффициент поглощения колеблющихся практически равен единице, а при скоростях 100 и 200 Н·см×5с этот коэффициент практически является постоянной величиной, примерно равной 0,575.

В лабораторной практике диссипативные свойства грунтов определяют динамическим и статическим методами [5]. В первом случае для этой цели используют записи свободных затухающих колебаний образцов, а во втором случае — петли гистерезиса, определяемые испытанием образцов при нагружении и разгрузке. В частности, Р.Г. Ляндерс [1] показатели динамических свойств глинистых грунтов определял по результатам свободных затухающих колебаний цилиндрических образцов в условиях возможности и невозможности их бокового расширения (компрессии).

При сдвиге аналогичные исследования были выполнены Б.Ф. Рельтовым и Б.П. Ерыховым [3], О.Я. Шехтер и др. [6] методом свободных затухающих кругильных колебаний цилиндрических образцов. И.Н. Савченко [4] коэффициент поглощения энергии колебаний ψ глинистых грунтов определял при одноосном сжатии цилиндрических образцов, а песков — при двухплоскостном срезе образцов методом циклического нагружения и разгрузки.

Из изложенного выше следует, что диссипативные свойства глинистых грунтов при сдвиге, которые представляют большой интерес для определения их внутреннего трения в допредельном состоянии, исследованы далеко недостаточно. Чтобы в какой-то степени восполнить этот пробел, нами выполнено их исследование в условиях простого сдвига — методом кручения сплошных плоских образцов на приборах М-5 [2]՝.

Используя метод циклического нагружения и разгрузки, испытаны образцы суглинка нарушенного сложения, с плотностью твердых частиц $\rho_s = 2720 \text{ кг/м}^3$, влажностью на пределе текучести $w_L = 0,305$;

՝ -Опыты выполнены С.Г. Айрояном и Н.Г. Ахназаряном.

влажностью на пределе пластичности $w_p = 0,190$ и числом пластичности $J_p = 0,160$, под действием трех, различных по величине, уплотняющих давлений $\sigma_z = 0,1; 0,3$ и $0,5$ МПа. Основные показатели плотности ρ , влажности w и плотности скелета ρ_d , коэффициента текучести J_L , пористости e и степени водонасыщенности S_r образцов грунта перед их испытанием на кручение приведены в табл. 1.

Испытаны образцы диаметром 101 мм, высотой 24 мм.

Повторность опытов трехкратная.

Таблица 1.

Данные о показателях физических свойств образцов суглинки

σ_z МПа	ρ кг/м ³	w	ρ_d кг/м ³	J_L	e	S_r
0,1	1970	0,305	1510	0,72	0,801	1,0
0,3	2020	0,272	1590	0,51	0,711	1,0
0,5	2080	0,237	1680	0,29	0,619	1,0

Определены сопротивления сдвигу τ_f образцов грунта при приложении крутящих моментов ступенями 200 Н·см через каждые 10 с (200 Н·см×10 с). Данные определения сопротивления образцов сдвигу по закону Кулона

$$\tau_f = \sigma_z \operatorname{tg}\varphi + c$$

приведены в табл. 2, где $\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент трения, c – сцепление.

Таблица 2

Параметры сопротивления сдвигу образцов грунта

σ_z МПа	τ_f МПа	$\operatorname{tg}\varphi$	c МПа
0,1	0,0659	0,428	0,019
0,3	0,139		
0,5	0,237		

Образцы грунта подвергались циклическому испытанию после приложения начального касательного напряжения под действием уровня крутящего момента $M_{\text{тор}} / M_{\text{тор,lim}} = 0,2$ ($M_{\text{тор,lim}}$ – предельный крутящий момент). Испытание образцов осуществлялось по двум режимам:

а) при изменяемости амплитуды уровня крутящего момента $M_{\text{тор}} / M_{\text{тор,lim}}$ от 0,2 до 0,6 и от 0,2 до 0,8;

б) при ступенчатом режиме циклического нагружения и разгрузки под действием постоянного уровня крутящего момента $M_{\text{тор}} / M_{\text{тор,lim}} = 0,2$ с интервалами: 0,2–0,4; 0,4–0,6 и 0,6–0,8.

В этом случае каждый цикл испытания начинался после завершения предыдущего и выдержки на несколько дней для полной стабилизации деформации сдвига.

Опыты показали, что при скорости загрузки и разгрузки 200 Н·см×10с во всех случаях испытания образцов (фиг. 1) деформации сдвига практически полностью необратимы, а коэффициент поглощения энергии колебаний $\psi \cong 1$. Это означает, что в рассмотренном случае мы имеем дело с пластическими деформациями, обусловленными сдвиговой ползучестью и упрочнением грунта под действием заданных нормальных напряжений.

Чтобы проверить влияние рычажной системы механизма нормального давления прибора М-5 на результаты опытов, выполнено

испытание предварительно уплотненных под действием $\sigma_{z,0} = 0,1; 0,3$ и $0,5$ МПа образцов супеси ($w_L = 0,186; w_p = 0,123$ и $J_p = 0,063$) после их полной разгрузки и последующего нагружения давлением $\sigma_z = 0,025$ МПа. Нагружение части образцов осуществлялось рычажной системой, а другой части — непосредственно, без использования рычага. Опыты показали, что рычажная система нагружения не оказывает влияния на результаты опытов.

С целью уменьшения влияния сдвиговой ползучести, накопления пластических деформаций и упрочнения грунта на результаты опытов осуществлено циклическое нагружение и разгрузка образцов со скоростями: 50 Н·см×5с; 100 Н·см×5с; 200 Н·см×5с.

В табл. 3 приведены данные о показателях физических свойств испытанных образцов супеси, а в табл. 4 — данные о предельных крутящих моментах $M_{tor,lim}^0$ и $M_{tor,lim}$ до и после их испытания на циклическое нагружение и разгрузку. Повторность опытов трехкратная.

Таблица 3

Показатели физических свойств супеси

№ серии	$\sigma_{z,0}$ МПа	σ_z МПа	ρ_s кг/м ³	ρ кг/м ³	w	e
I	0,1	0,025	2700	1900	0,234	0,752
II	0,3	0,025	2700	1940	0,211	0,683
III	0,5	0,025	2700	1980	0,198	0,633

Таблица 4

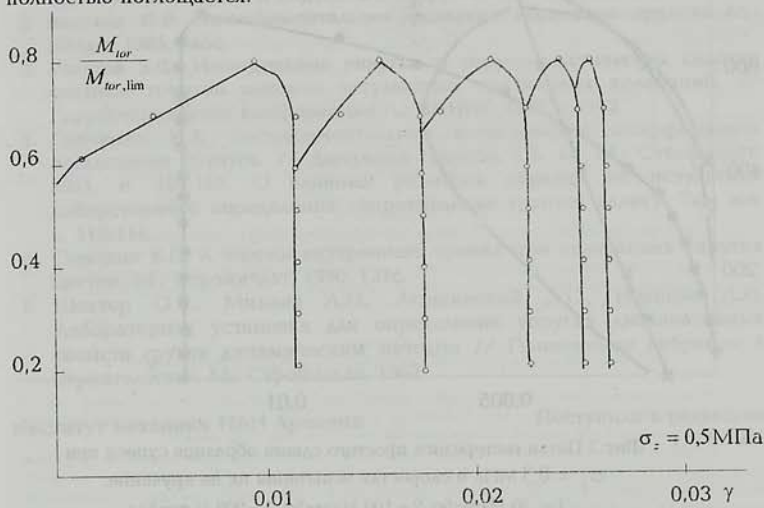
Результаты испытания образцов супеси

№ серии	$M_{tor,lim}^0$ Н·см	$M_{tor,lim}$ в Н·см при скоростях испытания Н·см×5с			ψ при скоростях испытания Н·см×5с		
		50	100	200	50	100	200
I	800	1000	900	850	1,0	0,582	0,433
II	1050	1200	1150	1100	1,0	0,524	0,710
III	1250	1450	1350	1250	1,0	0,704	0,498

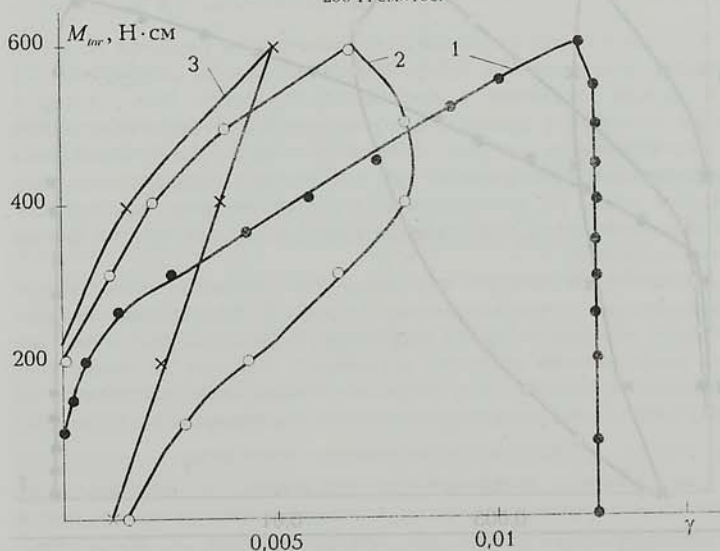
Эксперименты показали (табл.4), что после испытания образцов на циклическое нагружение и разгрузку замечается возрастание предельного крутящего момента (сопротивления сдвигу) грунта и некоторое его уменьшение по мере возрастания скорости испытания (до 15%). Эксперименты показали также, что при скорости нагружения и разгрузки 50Н·см×5с длительность цикла испытания образцов, предварительно уплотненных под действием $\sigma_{z,0} = 0,1$ МПа, равна 55с, а при $\sigma_{z,0} = 0,3$ и $0,5$ МПа она равна 70с. В этих случаях деформация сдвига образцов практически полностью необратима (пластическая), коэффициент затухания энергии колебаний $\psi \approx 1$. При скорости циклического испытания образцов 100Н·см×5с длительность цикла испытания почти в два раза, а при 200Н·см×5с почти в четыре раза меньше рассмотренных величин. В этих случаях деформации сдвига полностью обратимы (фиг. 2-4).

Из табл.4 следует, что при скоростях испытания 100Н·см×5с и 200Н·см×5с коэффициент ψ практически является постоянной величиной. Отмеченное его изменение от среднего значения на $\pm 15\%$ можно отнести к разбросу опытных данных. Это означает, что в этих случаях ψ практически не зависит как от скорости испытания образцов

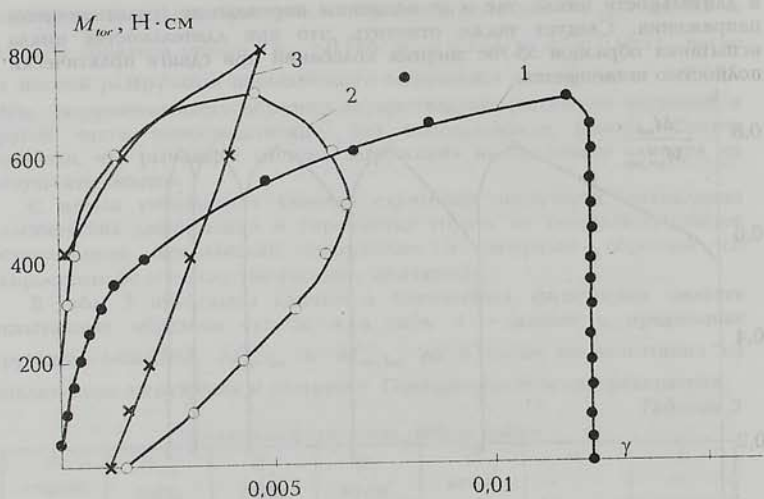
и длительности цикла, так и от величины нормального (уплотняющего) напряжения. Следует также отметить, что при длительностях цикла испытания образцов 55-70с энергия колебаний при сдвиге практически полностью поглощается.



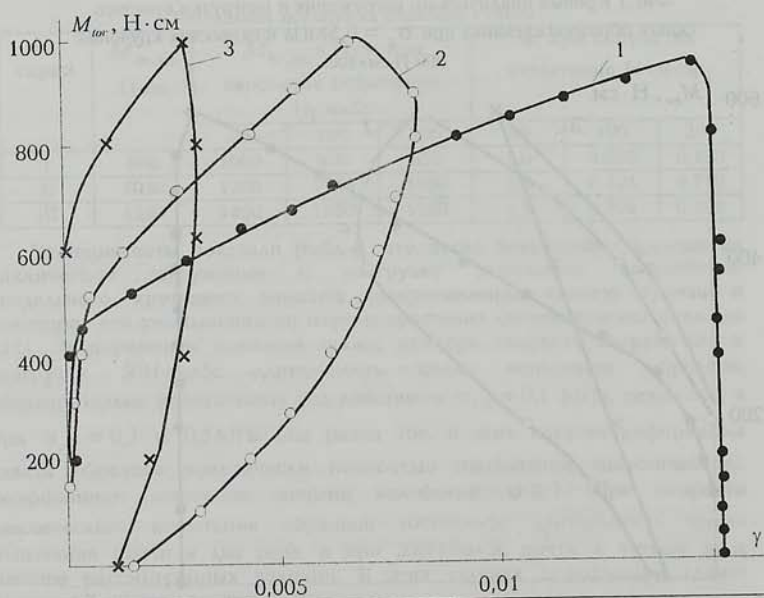
Фиг.1 Кривые циклического нагружения и разгрузки простого сдвига образцов суглинка при $\sigma_z = 0,5$ МПа и скоростях кручения: $200 \text{ Н}\cdot\text{см}\times 10\text{с}$.



Фиг.2 Петли гистерезиса простого сдвига образцов супеси при $\sigma_z = 0,1$ МПа и скоростях испытания их на кручение: 1— $50 \text{ Н}\cdot\text{см}\times 5\text{с}$; 2— $100 \text{ Н}\cdot\text{см}\times 5\text{с}$; 3— $200 \text{ Н}\cdot\text{см}\times 5\text{с}$



Фиг.3 Петли гистерезиса простого сдвига образцов супеси при $\sigma_z = 0,3$ МПа и скоростях испытания их на кручение:
 1- 50 Н·см×5с; 2- 100 Н·см×5с; 3- 200 Н·см×5с



Фиг.4 Петли гистерезиса простого сдвига образцов супеси при $\sigma_z = 0,5$ МПа и скоростях испытания их на кручение:
 1- 50 Н·см×5с; 2- 100 Н·см×5с; 3- 200 Н·см×5с

1. Ляндерс Р.Э. Лабораторные исследования упругих свойств грунтов. Тр. НИИ оснований и подземных сооружений. № 16, 1950.
2. Месчян С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов.-М.: Недра, 1985. 346с.
3. Рельтов Б.Ф. Исследование упругих и упруго-пластических свойств связанных грунтов методом затухающих крутильных колебаний. // Гидротехническая конференция А.: ВНИИГ, 1957, с 1-12.
4. Савченко И.А. Экспериментальное исследование коэффициента поглощения грунтов. // Динамика грунтов. Сб. 44. М.: Стройиздат, 1961, с. 103-106. О влиянии размеров образца на результаты лабораторного определения сопротивления грунтов сдвигу. Там же. с. 112-114.
5. Сорокин Е.С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем.-М.: Стройиздат, 1960. 131с.
6. Шехтер О.Я., Минаев Л.Н., Левшинский Д.С., Иванова Л.И. Лабораторная установка для определения упругих диссипативных свойств грунта динамическим методом // Применение вибрации в строительстве.-М.: Стройиздат, 1962.

Институт механики НАН Армении

Поступила в редакцию
17.06.1996