HYDRO-GEOLOGICAL EFFECTS DETERMINED BY GEODYNAMIC PROCESSES IN THE EARTH CRUST

R. A. Pashayan, A. L. Ananyan, G. A. Toumanyan

Abstract

The work presents results of the study on the Earth crust stress-strain condition in the Gami test-ground, as well as within other sites of Armenia, based on the data of hydro-geodynamic and geochemical observations. Long-term time-series are obtained for water level variations in observation boreholes across the entire region, and manifestations of hydro-geological effects related to recent motions of the Earth crust. Relationship between seismic and hydro-geological processes is revealed [13]. The short-term hydro-geological effects recorded by variations of underground water level [14] are used as indicators of geodynamic processes in seismically active zones.

Известия НАН РА. Науки о Земле, 2001, **LIV**. *№2, 42-45*

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ И СТАНДАРТНОЙ ПРОЧНОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

© 2001 г. С. Р. Месчян

Институт механики НАН РА
375019 Ереван, пр Маршала Баграмяна, 24б, Республика Армения,
E-mail: mechins @sci.am
Поступила в редакцию 19.07.2001 г.

В статье приведены результаты применения метода повторного испытания образцов глинистых грунтов на кручение,в режимах как контроля крутящих моментов, так и деформации сдвига, для определения их прочностных свойств.

В работе [5] было отмечено,что часто в геотехнические лаборатории доставляют монолиты и керны небольших размеров, из которых невозможна вырезка необходимого для определения прочности глинистых грунтов количества образцов. Это значит, что порою отобранные из больших глубин монолиты и керны непригодны для определения указанных свойств, несмотря на значительные затраты сил и средств для их отбора. Поэтому разработка методов, позволяющих получение необходимой информации о прочности грунтов по результатам испытания небольшого количества образцов, является весьма актуальной. Она позволит избежать затрат на отбор новых монолитов и кернов грунтов.

Для решения этой проблемы нами [5] предложен метод определения остаточной прочности τ_r и стандартного сопротивления сдвигу $\tau_{|..|}$ глинистых грунтов путем повторного (многократного) испытания образцов под действием возрастающих ступенями по величине нормальных напряжений. Предложенный метод применим только при испытании образцов грунтов на кручение, когда их площадь остается неизменной и только для остаточной τ_r и стандартной $\tau_{|..|}$ прочности. В этом случае, в силу больших деформаций сдвига, имеет место практически полное нарушение структурных связей грунтов и отсутствие влияния структурного сцепления c_c [1] на τ_r и $\tau_{|..|}$.

Предложенный метод был опробирован испытанием большого числа глинистых грунтов, отобранных из ядер грунтовых плотин ряда водохранилищ Армении [5]. Образцы грунтов диаметром 101 *мм* ($A=80\ см^2$) и высотой 24 *мм* были подвергнуты многократному испытанию на приборах М-5 [2] в режиме контроля крутящих моментов M_{tor}.

Опытами установлено, что многократное кручение одного и того же образца под действием одного и того же нормального напряжения σ при больших деформациях закручивания (от 70 до 110 *мм*) практически не оказывает влияния на их остаточную прочность τ_r.

Для определения τ_r были испытаны от двух до четырех образцов, вырезанных из одного керна. Их испытания выполнены по следующим схемам (см. табл.1).

Таблица 1

Схемы повторного испытания двух, трех и четырех образцов-близнецов грунта на повторное кручение

σ_i	Испытание 2-х образцов		Испытание 3-х образцов			Испытание 4-х образцов			
	1	2	1	2	3	1	2	3	4
$\sigma_{i,1}$	$\tau_{r,1,1}$	$\tau_{r,1,2}$	$\tau_{r,1,1}$	$\tau_{r,1,2}$	-	$\tau_{r,1,1}$	$\tau_{r,1,2}$	-	-
$\sigma_{i,2}$	$(\tau_{r,2,1})$	$(\tau_{r,2,2})$	$(\tau_{r,2,1})$	-	$\tau_{r,2,3}$	$(\tau_{r,2,1})$	-	$\tau_{r,2,3}$	-
$\sigma_{i,3}$	$(\tau_{r,3,1})$	$(\tau_{r,3,2})$	-	$(\tau_{r,3,2})$	$(\tau_{r,3,3})$	-	$(\tau_{r,3,2})$	-	$\tau_{r,3,4}$

Примечание: скобками отмечены результаты повторного испытания образцов.

Как видно из табл.1, для получения необходимых шести определений при трех значениях

нормального напряжения σ_z при испытании двух образцов каждый из них подвергается трехкратному испытанию, при испытании трех образцов – двукратному испытанию, а при испытании четырех образцов только два из них испытываются два раза.

Повторное испытание образца осуществляется после завершения первого испытания под действием $\sigma_{z,1}$ и его выдерживания под действием следующей ступени нормального напряжения $\sigma_{z,2}$ до условной стабилизации деформации уплотнения. Уплотнение образца под действием $\sigma_{z,2}$ можно выполнить как непосредственно в приборе кручения, так и вне его, в приборе предварительного уплотнения *М-6* [2].

Следует отметить, что применение предложенного метода приводит к некоторому увеличению длительности определения tg φ и *c*.

В таблице 2 приведены результаты определения остаточной прочности τ_r пяти грунтов, отобранных из ядра грунтовой плотины Азатского водохранилища Армении, полученные испытанием четырех образцов в режиме контроля крутящих моментов $M_{кр}$ при перемещениях закручивания до 110 *мм*. На рис.1 приведена диаграмма сопротивления сдвигу грунта №16 (tg φ = 0,3475; φ =19,13°; *c* = 0). Крестиками обозначены результаты повторного испытания образцов.

Посмотрим каково влияние повторного испытания образцов на кручение в режиме контроля деформации сдвига Δ*s* на стандартное сопротивление грунта сдвигу $\tau_{r,st}$. Этот случай представляет большой интерес, поскольку в процессе испытания образцов проявляются все три стадии сдвиговой ползучести, а третья стадия – стадия исчерпания прочности грунта наступает при относительно небольших деформациях сдвига.

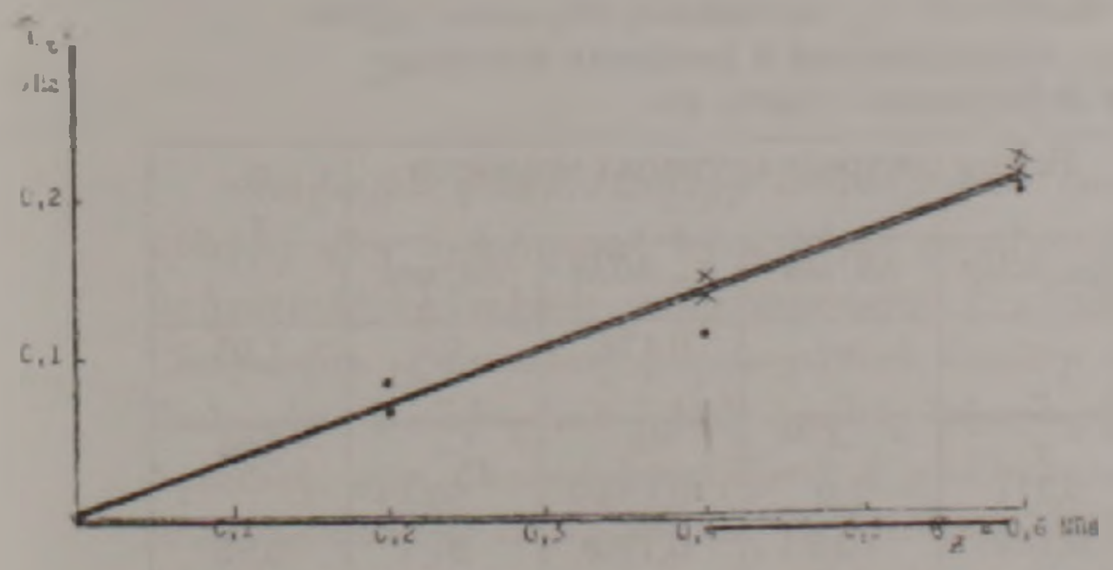

Рис.1.

Осуществлено дву-трехкратное испытание шести образцов грунта нарушенного сложения в режиме контроля деформации сдвига Δ*s*, уплотненных в течение двадцати дней под действием σ_z = 0,2; 0,4 и 0,6 *МПа*. Испытание образцов выполнено по стандартному методу – методу затухающих деформаций сдвига [2] после их полного водонасыщения.

В табл.3 приведены показатели свойств образцов грунта после их испытания. В этой таблице приведены также результаты дву-трехкратного определения стандартного сопротивления образцов сдвигу $\tau_{r,st}$, а также их соотношения.

Из табл.3 следует, что в рассматриваемом

Таблица 2

Результаты определения τ_r в режиме контроля крутящих моментов $M_{кр}$ грунтов ядра плотины Азатского водохранилища

Грунт № 3	h=25,1 м, ρ_s=2,72 г/см³, w_0=0,208, I_L=0,232			
σ, МПа	τ, МПа			
0,2	0,074	0,061	-	-
0,4	-	(0,110)	0,110	-
0,6	-	-	(0,170)	0,140
ρ, г/см³	2,10	2,15	2,25	2,08
Грунт № 4	h=37,9 м, ρ_s=2,73 г/см³, w_0=0,181, I_L=0,048			
0,2	0,055	0,070	-	-
0,4	(0,104)	(0,153)	0,110	-
0,6	-	(0,220)	(0,170)	0,182
ρ, г/см³	2,18	2,18	2,15	2,18
Грунт № 11	h=46,3 м, ρ_s=2,72 г/см³, w_0=0,189, I_L=0,004			
0,3	0,0994	0,0970	-	-
0,5	-	(0,168)	0,161	-
0,7	-	(0,223)	(0,215)	0,264
ρ, г/см³	2,17	2,06	2,13	2,18
Грунт № 16	h=20,5 м, ρ_s=2,72 г/см³, w_0=0,214, I_L=0,209			
0,2	0,064	0,084	-	-
0,4	(0,151)	(0,139)	0,112	-
0,6	(0,225)	-	(0,213)	0,201
ρ, г/см³	2,11	2,07	2,03	2,15
Грунт № 20	h=50,1 м, ρ_s=2,70 г/см³, w_0=0,193, I_L=0,016			
0,3	0,105	0,118	-	-
0,5	(0,152)	-	0,175	-
0,7	-	-	(0,230)	0,242
ρ, г/см³	2,15	2,15	2,14	2,15

случае повторное испытание образцов практически не повлияло на их прочность. Наблюдаемое небольшое уменьшение прочности грунта можно обьяснить некоторой неоднородностью плотности искусственно приготовленных образцов.

Опытами установлено уменьшение от 5-ти до долей *мм* деформации сдвига начала наступления третьей стадии сдвиговой ползучести, протекающей при постоянном крутящем моменте, и практически хрупкое разрушение грунта при его повторном испытании. Это явление, по-видимому, можно обьяснить охрупчиванием образцов грунта вследствие больших деформаций (от 80 до 100 *мм*) сдвига на третьих стадиях ползучести при первом их испытании.

Ниже приведен пример применения метода повторного испытания образцов глинистого грунта №4 (ρ_s = 2,71 *г/см³*; w = 0,34; w_L = 0,438; w_P = 0,209; I_P = 0,229; I_L = 0,572) природного сложения,отобранного из плотины Базмабердского водохранилища (Армения) для определения стандартного сопротивления сдвигу $\tau_{r,st}$ в режиме контроля деформации сдвига по ГОСТ 12248-96 под действием σ_z = 0,1; 0,2 и 0,3 *МПа*. Попарно испытаны шесть образцов-близнецов под действием указанных нормальных напряжений: образцы, испытанные под действием σ_z = 0,1 *МПа*, уплотнены под действием σ_z = 0,2 и 0,3 *МПа* и после условной стабилизации деформации подвергнуты повторному испытанию.

Результаты испытания образцов грунта № 4 приведены в таблице 4 и рис.2.

Данные, полученные при повторном испытании образцов, в табл.4 взяты в скобки, а на рис.2 отмечены черными точками.

Таблица 3

Результаты определения стандартной прочности $\tau_{f,st}$ шести образцов-близнецов грунта нарушенного сложения при двух-трехкратном испытании на кручение в режимах контроля деформации сдвига Δs

№	ρ_s, г/см³	ρ, г/см³	w	I_p	I_L	σ_z МПа	$\tau_{f,st}$, МПа			2/1	3/1
							1	2	3		
1	2,71	1,94	0,29	0,20	0,35	0,2	0,081	0,087	0,075	1.07	0.92
2	2,71	-	0,31	0,20	0,43	0,2	0,086	0,073	-	0.84	-
3	2,71	2,01	0,29	0,20	0,35	0,4	0,163	0,163	0,157	1.00	0.96
4	2,71	-	0,29	0,20	0,35	0,4	0,156	0,132	-	0.84	-
5	2,71	2,00	0,26	0,20	0,20	0,6	0,236	0,222	0,235	0.94	0.99
6	2,1	-	0,26	0,20	0,20	0,6	0,208	0,195	-	0.93	-

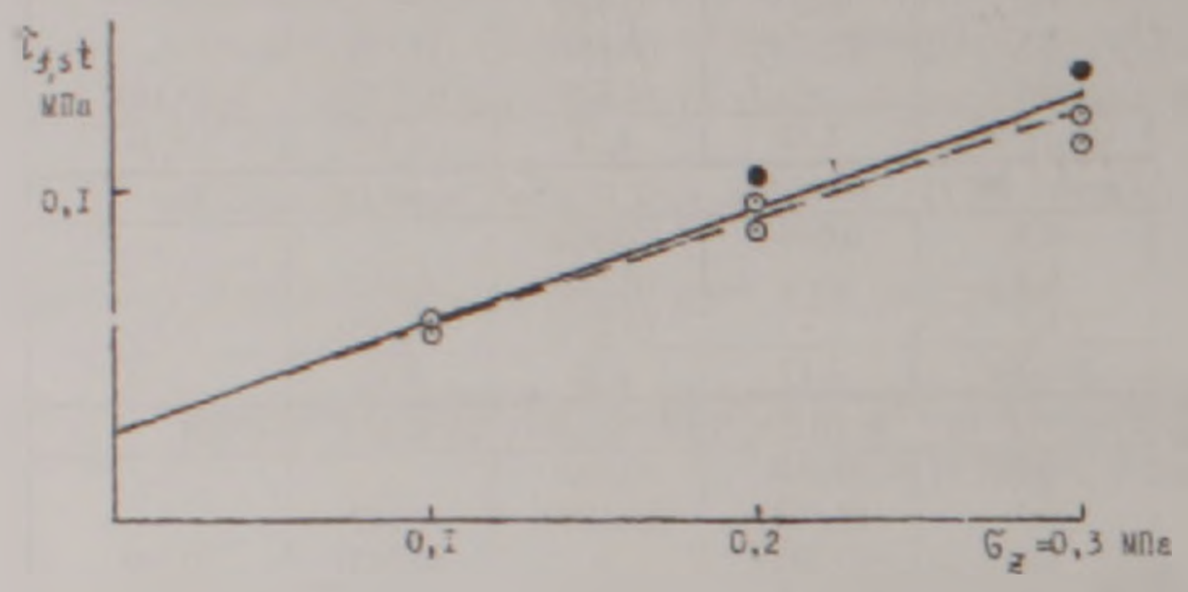

Рис 2

Таблица 4

Результаты определения стандартного сопротивления сдвигу $\tau_{f,st}$ грунта N 4 при испытании образцов в режиме контроля деформации сдвига Δs.

№ № образцов	$\tau_{f,st}$, при нормальных напряжениях σ_z МПа		
	0,1	0,2	0,3
1	0,060	(0,106)	-
2	0,057	-	(0,138)
3	-	0,0882	-
4	-	0,0970	-
5	-	-	0,115
6	-	-	0,129

На рис.2 штриховой линией изображена диаграмма сопротивления сдвигу грунта, построенная по данным однократного испытания шести образцов (tg φ = 0.3175; φ = 17,61⁰; *c* = 0.0275 *МПа*), а сплошной линией – по данным всех восьми испытаний образцов (tg φ = 0.3409; φ = 18,83⁰; *c* =0.0262 *МПа*).

Из данных, приведенных в табл.4, следует, что разброс данных, полученных при попарном испытании образцов, находится в пределах 10%, а разброс их среднего значения – от данных повторного испытания образцов – 12%. Это значит, что при определении $\tau_{f,st}$ в режиме испытания образцов в условиях контроля деформации сдвига применение метода повторного испытания образцов вполне оправдано.

Следует отметить, что применение предлагаемого метода практически не уменьшает объема работ по определению характеристик прочности грунтов. Поэтому он может быть применен для их определения при недостаточном количестве образцов.

Представляет большой интерес установление влияния последовательности испытаний на сопротивление сдвигу грунтов методом повторного кручения при контроле крутящих моментов и деформации сдвига. Для решения этого вопроса нами осуществлено испытание образца вначале в режиме контроля деформации сдвига Δs и определения $\tau_{p,st}$, а затем в режиме контроля крутящих моментов и определения пиковой $\tau_{f,0}$ и остаточной прочности τ_r. Двукратное испытание образцов можно выполнить также обратной последовательностью применения режимов испытаний.

Ниже приведены результаты испытания образцов грунта (w_l =0.381, w_p =0.155 и I_p =0.226),

Таблица 5

Показатели пиковой $\tau_{f,0}$, остаточной τ_r и стандартной $\tau_{f,st}$ прочности образцов грунта ядра плотины Тавушского водохранилища, определенные в режимах контроля крутящих моментов M_{tor} и деформации сдвига Δs.

№ образца	σ_z МПа	Последовательность испытания	Режим контроля деформации сдвига		Режим контроля крутящих моментов				$\frac{\tau_{f,st}}{\tau_r}$
			$\tau_{f,st}$, МПа	Δs, мм	$\tau_{f,0}$, МПа	Δs, мм	τ_r, МПа	Δs, мм	
1	0,4	1	–	–	–	–	0,176	50	1,05
		2	0,185	>5	–	–	–	–	
2	0,4	1	0,166	>5	–	–	–	–	0,96
		2	–	–	0,211	2,0	0,173	50	
3	0,4	1	–	–	0,180	10,0	0,170	50	0,98
		2	0,167	1,7	–	–	–	–	
4	0,4	1	(0.225)*	>6	–	–	–	–	(1,18)*
		2	–	–	0,191	5,0	0,190	50	
5	0,8	1	–	–	–	–	0,327	90	1,15
		2	0,375	>5	–	–	–	–	
6	0,8	1	0,310	>10	–	–	–	–	0,89
		2	–	–	0,36	1,0	0,347	70	
7	0,8	1	–	–	–	–	0,314	60	1,07
		2	0,336	2,38	–	–	–	–	
8	0,8	1	(0,283)*	>7,95	–	–	–	–	(0,80)*
		2	–	–	0,385	–	0,355	60	
9	0,2	1	–	–	0,094	10	0,087	50	1,06
		2	0,092	>6	–	–	–	–	
10	0,2	1	0,092	>5	–	–	–	–	1,01
		2	–	–	–	–	0,091	50	

)* – исключены из рассмотрения, как грубо ошибочные

отобранных из ядра плотины Тавушского водохранилища (Армения). Подвергнуты испытанию 10 образцов, из которых по 4 образца под действием σ =0.4 и 0.8 *МПа* и два образца – при σ = 0,2 *МПа*. Испытания образцов выполнены в различной последовательности применения режимов испытания.

В табл.5 приведены результаты определения прочностных свойств испытанных образцов, а также деформации сдвига Δs, соответствующие как началу наступления третьей стадии ползучести, так и определения остаточной прочности. В табл.6 приведены средние значения сопротивления сдвигу образцов, определенные различными режимами двукратного испытания, а также их влажность w_f и показатель консистенции $I_{L,f}$ после опыта.

Таблица 6

Средне значения показателей пиковой $\tau_{f,0}$, остаточной τ_r и станадартной $\tau_{f,st}$ прочности грунта ядра Тавушского водохранилища, определенные в режимах контроля крутящих моментов M_{tor} и деформации сдвига Δs.

σ, *МПа*	№ № образцов	w_f	$I_{L,f}$	$\tau_{f,st}$ *МПа*	τ_r, *МПа*	$\tau_{f,0}$ *МПа*	$\tau_{f,st}$ / τ_r	τ_r / $\tau_{f,0}$
0,4	1–4	0,212	0,25	0,172	0,177	0,194	0,97	0,91
0,8	5–8	0,180	0,11	0,340	0,335	0,337	1,01	0,99
0,2	9–10	0,223	0,30	0,092	0,089	0,094	1,03	0,94

Из анализа данных, приведенных в табл.6, следует, что режим двукратного испытания образцов грунта и порядок их применения практически не влияют на сопротивление их сдвигу. Полученные данные полностью согласуются с полученными ранее [3] при двух режимах параллельного испытания образцов-близнецов грунтов нарушенного сложения. Они еще раз подтверждают практическое равенство стандартного $\tau_{f,st}$ остаточного τ_r сопротивления глинистых грунтов сдвигу.

Определение $\tau_{f,st}$ методом повторного испытания образцов в режиме контроля деформации сдвига Δs, справедливо для глинистых грунтов нарушенного сложения. Этот метод справедлив также для глинистых грунтов ненарушенного сложения при консистенции $I_L > 0,25$, у которых пиковое сопротивление сдвигу неярко выражено и $\tau_{f,0}$ отличается от остаточной прочности τ_r не более 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Маслов Н.Н.** 1982. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высшая школа. 511 с.
2. **Месчян С.Р.** 1985. Экспериментальная реология глинистых грунтов. М.: Недра. 342 с.
3. **Месчян С.Р.** 1995. Длительное и предельно-длительное сопротивление сдвигу глинистых грунтов. Геоэкология, N1. с.50-59.
4. **Месчян С.Р.** 1996. Два способа определения предельно-длительного сопротивления глинистых грунтов Основания, фундаменты и механика грунтов. N1. с.14-18.
5. **Месчян С. Р.** 2000. Определение сопротивления сдвигу глинистых грунтов методом повторного (многократного) испытания образцов. – Основания, фундаменты и механика грунтов. N5. с.2-4.

ԿԱՎԱՅԻՆ ԳԵՏՆԱՀՈՂԵՐԻ ՄՆԱՑՈՐԴԱՅԻՆ ԵՎ ՍՏԱՆԴԱՐՏ ԱՄՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ

Ս. Ռ. Մեսչյան

Ամփոփում

Կավային գետնահողերի ամրության (սահքի դիմադրության) բնորոշիչները որոշվում են հինգից-վեց երկվորյակ-նմուշների փորձարկումներից ստացված արդյունքներով: Սովորաբար երկրատեխնիկական լաբորատորիա է բերվում գետնահողերի փոքր չափերի հանույկ, որից հնարավոր չէ ստանալ փորձարկման համար անհրաժեշտ քանակի նմուշներ: Որպեսզի չխոտանել հանույկը և ստիպված չլինել կրկնել նմուշարկումը, որը կապված է մեծ ծախսերի հետ, մշակվել է եղանակ, որը հնարավորություն է ընձեռնում իրականացնել նմուշների կրկնակի փորձարկումը աստիճաններով աճող նորմալ լարումների ազդեցության տակ: Փորձարկումները իրականացվում են ինչպես չոշափող լարումների, այնպես էլ սահքի ձևախախտումների հսկողության պայմաններում:

Առաջարկված մեթոդը կիրառելի է միայն այն դեպքում, երբ գետնահողերի ամրությունը որոշվում է նմուշների ոլորման եղանակով, երբ փորձարկման ընթացքում չի փոխվում նմուշի մակերեսը:

RETAINED AND STANDARD STRENGTH DEFINITION METHOD FOR CLAYEY SOILS

S. R. Meschian

Abstract

The article presents the results of application of the repeated testing method to estimate strength properties of clayey soils in torsion testing of clayey soil samples under controlled torsional moments, and controlled shear deformation modes.