Ս. Բ. ՄԵՏՉՅԱՆ, Զ. Մ. ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ

К ВОПРОСУ ОТЖАТИЯ ПОРОВОЙ ВОДЫ И УПЛОТНЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ВО ВРЕМЕНИ

Сжимаемость полностью водонасыщенных грунтов (грунтовых масс [1]), фазами которых являются минеральные частицы и газонесодержащая вода, в основном, обусловлена уменьшением их пористости. Поскольку сжимаемость минеральных частиц и газонесодержащей воды при встречаемых на практике нагрузках пренебрежимо мала, уплотнение указанных грунтов возможно только при отжатии поровой воды. Однако, если в порах содержится некоторое количество газа (воздуха), грунты могут уплотниться и без удаления из них поровой воды.

Известно, что в общем случае процесс уплотнения водонасыщенного грунта обусловлен двумя основными факторами — фильтрацией и ползучестью скелета. Поэтому в первом случае для решения задач надо пользоваться теорией уплотнения пористой ползучей водонасыщенной среды, а во втором — решением смешанной задачи теории ползучести и фильтрации. Если в порах грунта содержится некоторое количество газа, в указанную теорию надо внести соответствующую поправку.

Теоретические исследования показывают, что при уменьшении степени влажности S от 1.0 до 0.85—0.90 поровое давление, определенное по теории фильтрационной консолидации, уменьшается в 5—10 раз [3]. Установлено также, что при учете ползучести скелета наличие даже весьма небольшого количества газа ($2^{\text{н}}$) в порах грунта оказывает существенное влияние как на величину, так и на характер изменчивости порового давления во времени [4].

Из изложенного следует, что, в зависимости от количества содержащегося в порах грунта газа и способности его скелета уплотняться в пределах заданных нагрузок, для решения задач надо пользоваться той или иной расчетной моделью той или иной теорией. При этом ясно, что, если в процессе уплотнения влажность остается неизменной, движение воды в порах грунта имеет местный характер, и поэтому оно не влияет на указанный процесс. Следовательно, изменчивость влажности может служить показателем участия, а неизменчивость — показателем неучастия фактора фильтрации в процессе уплотнения трехфазного грунта.

Поскольку в природе многие глинистые грунты содержат некоторое количество газа (воздуха) в свободном состоянии или в виде пузырьков [5, 6], исследование вопроса отжатия воды из пор, по изложенным выше соображениям, представляет известный интерес.

Именно поэтому нами была предпринята попытка исследовать вопрос отжатия поровой воды из двух глинистых грунтов при различных условиях их водонасыщенности.

Исследованы разданская (Армянская ССР) и часоваярская глины (табл. 1) нарушенной структуры. Исследования проводились на образцах, изготовленных из пасты и подвергнутых предварительному уплотнению нагрузками $\varepsilon_n = 1.0, 2.25, 4.0$ и 8.0 кг/см^2 от 41 до 60 дней. Для определения изменяемости влажности грунтов в указанных четырех состояниях (под состоянием понимается плотность-влажность и структурная прочность грунта, приобретенные вследствие предварительного уплотнения [7]) образцы подвергались последующему дополнительному уплотнению при $\varepsilon = 1 \text{ кг/см}^2$ в течение 12–35 дней.

Таблица 1

№ грунта	Наименование	Удельный вес $\gamma \text{ г/см}^3$	Влаж. пасты, %	Пределы пластичности, %		
				предел текучести	предел пластичности	число пластичности
9-63	Разданская глина	2.68	42.4	42.4	24.4	18
6-57	Часоваярская глина	2.65	63.5	59.1	21.2	37.9

При каждом ε_n предварительно уплотнялись по четыре образца, из которых два использовались для определения основных физических показателей грунта (влажность w , пористость I , степени влажности G) после предварительного уплотнения, а остальные два образца подвергались дополнительному уплотнению для определения изменяемости влажности под действием $\varepsilon = 1 \text{ кг/см}^2$.

Опыты проводились в компрессионных приборах [8] в условиях возможности двухстороннего отжатия поровой воды. Размеры образцов: высота—20 мм, диаметр—70 мм.

Эксперименты показывают, что, независимо от состояния к началу испытания, после уплотнения при $\varepsilon = 1 \text{ кг/см}^2$ степень влажности разданской глины $G < 1$, а уплотнение протекает без изменения влажности — без отжатия воды из пор грунта (табл. 2). Очевидно, что, поскольку вода не отжимается из пор грунта, фактор фильтрации не участвует в процессе уплотнения, а длительность этого процесса (независимо от мощности сжимаемой толщи) обусловлена ползучестью скелета. Ясно, что после удаления, растворения газа и поровой воде и достижения условия полной водонасыщенности ($G = 1$) в процессе уплотнения включается фактор фильтрации, и, начиная с этого момента, этот процесс будет обусловлен совместным действием ползучести скелета и фильтрации.

Влияние фактора фильтрации на процесс уплотнения будет зависеть от водонасыщенности грунта и ползучести скелета и момент начала удаления воды из пор. Но, учитывая, что в рассмотренных ус-

лониях вследствие уплотнения роль ползучести скелета сильно возрастает, а величина порового давления обычно бывает небольшой, во многих случаях влиянием фактора фильтрации можно пренебречь и задачу уплотнения рассмотреть как задачу теории ползучести.

Таблица 2

№ и наименование грунта	$\sigma_{\text{пл}} \text{ кг/см}^2$	Влажность, %		Коэффициент пористости		Степень влажности	
		до опыта	после опыта	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта
№ 9—63, разданская глина	1.0	34.8	35.0	1.03	0.935	0.906	0.92
	2.25	31.7	31.4	1.01	0.904	0.93	0.93
	4.0	30.5	30.8	0.915	0.903	0.88	0.92
	8.0	27.8	27.3	0.83	0.85	0.90	0.86
№ 6—57, часовярская глина	1.0	48.5	43.3	1.39	1.18	0.92	0.97
	2.25	42.9	41.1	1.18	1.11	0.97	0.96
	4.0	39.9	37.1	1.13	1.01	0.93	0.98
	8.0	35.4	32.2	0.98	0.86	0.95	0.99

Точность измерения влажности в опытах не превышает 0.15% .

Несколько иная, чем в рассмотренном случае, картина наблюдается при испытании часовярской глины, обладающей в начале испытания сравнительно высокой пористостью, влажностью и степенью влажности ($G = 0.92 - 0.97$). Несмотря на то, что, как в рассмотренном выше случае, после уплотнения степень влажности образцов всех четырех состояний $G < 1$, процесс их уплотнения сопровождается уменьшением влажности и пределах $5.2 - 1.8\%$ — отжатием некоторого количества поровой жидкости. В этом случае, кроме ползучести скелета, длительность процесса уплотнения обусловлена также фактором фильтрации. Поэтому для решения задачи уплотнения надо воспользоваться решением смешанной задачи теории ползучести и фильтрации с учетом сжимаемости свободных или заземленных в поровой воде пузырьков газа [2, 4].

Совершенно ясно, что отжатие поровой воды при испытании часовярской глины обусловлено присутствием слабым грунтам высокой пористостью влажностью и большой скоростью деформируемости. Здесь, благодаря большим деформациям, возникает более высокое поровое давление, чем при испытании разданской глины, способствующей отжатию некоторого количества поровой воды из зон, примыкающих к горизонтальным поверхностям образца. Надо полагать, что в этих зонах $G < 1$, хотя для всего образца в целом среднее значение степени влажности колеблется в пределах $G_w = 0.96 - 0.99 < 1$.

Таким образом, из изложенного следует, что испытанием образцов грунта на изменение влажности весьма просто можно установить,

участвует ли фактор фильтрации в процессе уплотнения и определить границы применимости к полностью водонасыщенным грунтам теории ползучести.

Если же уплотнение сопровождается отжатием поровой воды, очевидно, что влияние фактора фильтрации на этот процесс зависит как от фильтрационных свойств грунта, ползучести его скелета, так и скорости загрузки. При этом, скорость загрузки имеет первостепенное значение, поскольку уменьшением и увеличением скорости загрузки можно добиться уменьшения и увеличения роли фактора фильтрации в процессе уплотнения [9].

Приведенные выше результаты опытов и соображения о процессе уплотнения непорочно водонасыщенных грунтов дают нам возможность считать, что, за исключением слабых, все остальные глинистые грунты, в порах которых содержание газа превышает $10-15\%$, при обычно встречаемых на практике нагрузках ($1-5 \text{ кг/см}^2$) и скоростях их приложения всецело будут зависеть от ползучести скелета.

Поэтому вопрос уплотнения таких грунтов вообще, а в особенности маловлажных грунтов, на которых обычно воздвигаются земляные сооружения (насыпи, ядра плотин), должен быть предметом рассмотрения теории ползучести.

Институт математики и механики
АН Армянской ССР

Поступила 4 II 1966

Ս. Ի. ՄԵՍՅԱՆ, Ի. Մ. ԱՄԻՐՅԱՆ

ԿԱՎՈՅԻՆ ԲՆԱՀՈՎԵՐԻ ԾԱԿՈՏԿԵՆԱՅԻՆ ՋՐԻ ԳՈՐԲ ԸՐՈՄԱՆ
ԵՎ ԺԱՄԱՆԱԿԻ ԸՆԹԱՅՔՈՒՐ ԽՏԱՅՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՁԸ

Ա. մ. Վ. Ն. Վ. Ն. Վ.

Հոդվածում դիտարկվում է ջրով ոչ լրիվ հստակացված, խառնարկավոր հստակացված և անհոդ երկու կավային բնահողերից ծակոտկենային ջրի գործը հրման հարցը՝ միայնակ խտացման պայմաններում:

Փորձերի հիման վրա պարզվում է, որ Հրապանի կավի (պլաստիկության թիվը -18 , $G = 0.88 : 0.93$, $\varepsilon = 0.83 : 1.03$) խտացումը ընթանում է առանց ծակոտկենային ջրի գործը հրման, իսկ շաստվյարչան կավինը՝ (պլաստիկության թիվը -37.9 , $G = 0.92 : 0.97$, $\varepsilon = 0.98 : 1.39$) ծակոտկենային ջրի գործը հրմամբ:

Հեղինակները գտնում են, որ ծակոտկենային ջրի գործը հրմամբ կարելի է դատել կավային բնահողի խտացման վրա ազդող գործոնների մասին և ընտրել նրա հաշվարկային մոդելը:

S. R. MESCHIAN, E. M. MARKARIAN

ON THE QUESTION OF EXTRACTION OF VOID WATER
AND THE COMPACTION OF CLAY GROUNDS IN TIME

S u m m a r y

In the paper the question of void water extraction of two clay grounds of structural damage in conditions of one dimensional consolidation at various degrees of their water saturation has been observed.

It has been experimentally established that compaction of Hrazdan clay (the plasticity index—18; $G = 0.88 \div 0.93$; $E = 0.83 \div 1.03$) takes place without extraction while the compaction of the Chasovyar clay (the plasticity index—37,9; $G = 0.92 \div 0.97$; $E = 0.98 \div 1.39$) with extraction of void water.

The authors consider that depending on the extraction of void water it is possible to judge on the factors effecting the process of composition of clay grounds and to choose their theoretical model.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Герсеванов Н. М. Основы динамики грунтовой массы. Строиниздат, М., 1937.
2. Флорин В. А. Одномерная задача уплотнения сжимаемой пористой полужидкой земной среды. Изв. АН СССР, ОТН, № 6, 1953.
3. Малышев М. В. Расчет порового давления в период строительства в насыпях из грунта, содержащего в порах воду и воздух. Основания, фундаменты и механика грунтов, № 5, 1964.
4. Тер-Миртиросян Э. Г., Цытович Н. А. О вторичной консолидации глин. Опасения, фундаменты и механика грунтов, № 5, 1965.
5. Флорин В. А. Основы механики грунтов, т. II. Госстройиздат, М., 1961.
6. Булычев В. Г. Теория газонасыщенных грунтов. Стройвоенмориздат, М., 1948.
7. Месчян С. Р. Экспериментальное изучение закономерностей деформации ползучести глинистого грунта. Изв. АН АрмССР, сер. физ.-мат. наук, т. 16, № 1, 1963.
8. Месчян С. Р. Ползучесть материалов (на арм. ямке). Айпетрат, Ереван, 1963.
9. Ахнажарян Н. Г., Месчян С. Р. Об одном факторе, влияющем на уплотнение глинистого грунта. Изв. АН АрмССР, сер. физ.-мат. наук, т. 15, № 3, 1962.