

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

О методике экспериментального исследования ползучести скелета
 связных грунтов

(Представлено Н. Х. Арутюняном 13.I.1958)

Согласно теории фильтрационной консолидации, продолжительность сжатия слоев водонасыщенного связного грунта различной толщины прямо пропорциональна квадрату толщины этих слоев⁽¹⁾. Однако, как показывают эксперименты, указанный вывод теории фильтрационной консолидации не совсем точен, так как в ряде случаев имеет место существенное отклонение от него⁽²⁾.

Несоответствие указанного выше вывода теории фильтрационной консолидации результатам экспериментов объясняется тем, что до последнего времени (1953 г.) теория базировалась на таких предпосылках, которые не полностью учитывали факторы, влияющие на длительность деформирования грунтов. В частности, не учитывался фактор вязкого перемещения структурных элементов и частиц грунта друг относительно друга.

Для учета указанного выше фактора В. А. Флориным⁽³⁾ впервые было введено понятие о ползучести скелета грунта и была использована теория упруго-ползучего тела Г. Н. Маслова—Н. Х. Арутюняна^(4,5).

Для учета ползучести скелета грунта, при решении задач уплотнения по теории Г. Н. Маслова—Н. Х. Арутюняна^(4,5), необходимо путем экспериментирования определить применимость к связным грунтам указанной теории ползучести и разработать методику определения деформаций ползучести их скелета.

Известно⁽⁶⁾, что продолжительность деформирования слоев связного грунта различной толщины при сжатии в зависимости от их консистенции может идти как в соответствии с теорией фильтрационной консолидации, так и в соответствии с деформированием твердых тел во времени, когда фильтрационные явления не оказывают никакого влияния на продолжительность деформирования, когда этот процесс во времени протекает только за счет ползучести скелета грунта. А это в свою очередь значит, что длительность деформирования грунта не зависит от его толщины⁽⁶⁾, т. е.

$$T_{\omega} = t_{\omega} \left(\frac{H}{h} \right)^{\circ}$$

или

$$T_{\omega} = t_{\omega}, \quad (1)$$

где H — мощность слоя, для которого ведется определение;

T_{ω} — время, необходимое для уплотнения данного слоя под нагрузкой P до состояния влажности ω ;

h — мощность меньшего слоя, время уплотнения которого неизвестно;

t_{ω} — время уплотнения меньшего слоя под той же нагрузкой P до той же влажности ω .

Следовательно, критерием, определяющим роль ползучести скелета грунта и явления выжимания воды из его пор в процессе деформирования, должна служить продолжительность деформирования образцов разной толщины при их испытании одинаковыми нагрузками. Следует тут же добавить, что чем меньше толщина испытываемых образцов, тем больше роль ползучести скелета и меньше роль явления выжимания воды из пор грунта в процессе деформирования.

При проверке основных предпосылок теории упруго-ползучего тела для деформации ползучести скелета связного грунта нарушенной структуры, при его сжатии в условиях невозможности бокового расширения, нами (7-9) были испытаны образцы, полностью насыщенные водой, но влияние выжимания свободной воды из пор не было исключено. При определении характеристик ползучести скелета связных грунтов, мы считали, что ввиду малой толщины испытываемых образцов (10—20 мм) влиянием фильтрационных явлений можно пренебречь, что процесс уплотнения в основном протекает за счет ползучести скелета грунта.

Чтобы показать правильность примененной нами методики определения характеристик ползучести скелета грунта на водонасыщенных образцах небольшой толщины, необходимо определить влияние высоты образца на его деформацию ползучести.

Если длительность деформирования испытанных нами образцов толщиной 10—20 мм окажется равной длительности деформирования образцов, толщина (высота) которых несколько больше этой толщины, то это будет значить, что действительно влияние выжимания воды из пор незначительное и полученные результаты экспериментов можно отнести к скелету грунта.

В связи с вышеизложенным, в целях выявления влияния высоты образца на деформацию ползучести грунта, нами были исследованы образцы-близнецы высотой 20 и 60 мм.

Учитывая то обстоятельство, что при испытании образцов грунта на сжатие в условиях невозможности бокового расширения боковое трение о стенки грунтового кольца может повлиять на их дефор-

мацию, нами были поставлены специальные опыты для выявления роли бокового трения при испытании образцов разной толщины.

Были испытаны образцы-близнецы следующих размеров: 1) высотой 20 мм, диаметром 70 мм; 2) высотой 60 мм, диаметром 70 мм и 3) высотой 60 мм, диаметром 210 мм. Для испытания образцов диаметром 70 мм были использованы компрессионные приборы нашей конструкции (9) с грунтовыми кольцами высотой 20 и 60 мм, а также большие компрессионные приборы аналогичной конструкции с диаметром грунтовых колец 210 мм, высотой 60 мм. Испытание проводилось при одностороннем движении отражаемой воды (снизу вверх).

Общий вид испытательного стенда приведен на рис. 1.

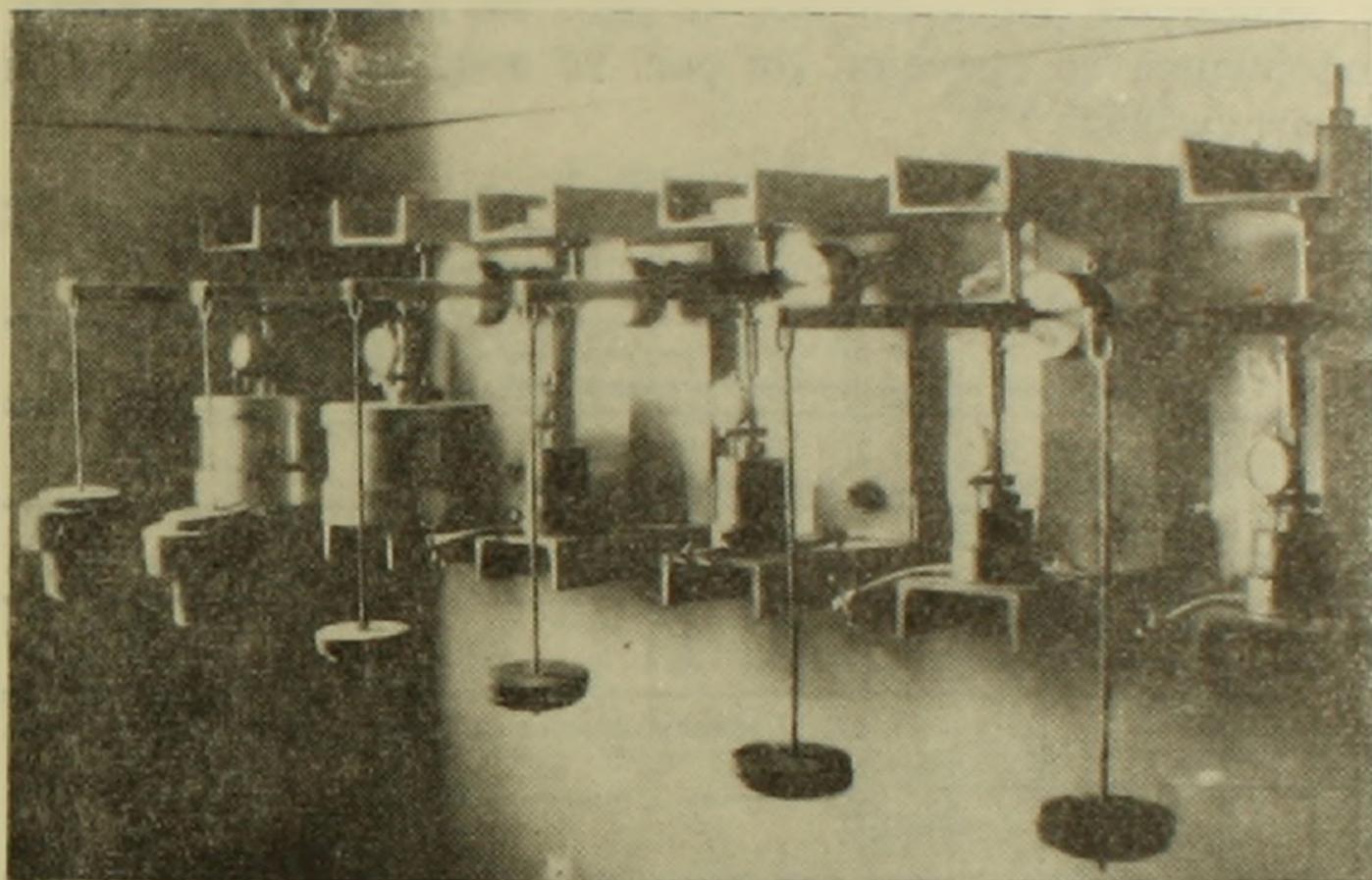


Рис. 1.

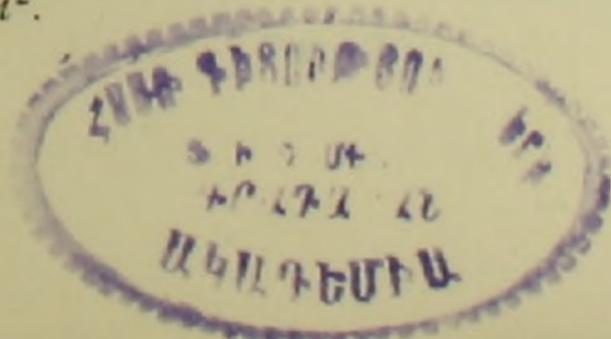
Здесь в качестве примера приводим результаты испытания ахтинского суглинка (Армянская ССР) нарушенной структуры, основные данные о физических свойствах которого сведены в табл. 1.

Таблица 1

Лаб. № грунта	Мех. состав			Удельный вес в г/см ³	Пределы пластичности		
	фракций в мм в %				граница текуче- сти	граница пластич- ности	число пластич- ности
	>0,05	0,05 0,005	<0,005				
2—57	21,8	67,4	10,8	2,66	31,3	18,6	12,7

Образцы-близнецы грунта вышеуказанных размеров попарно испытывались нагрузками 0,125 и 0,250 кг/см² с выдерживанием их под этими нагрузками от 9 до 44 дней при четырех „возрастах“ (9).

В табл. 2 приведены основные данные о физических свойствах образцов, испытанных при влажности, близкой к пределу текучести, нагрузками 0,125 кг/см².



№ опытов	Размеры образца		Удельный вес в г/см ³	Объемный вес в г/см ³	Влажность в %	Кoeffиц. пористости
	высота в мм	диаметр в мм				
2/57—57	20	70	2,66	1,83	34,4	0,96
2/58—57	20	70	2,66	1,82	34,4	0,97
2/55—57	60	70	2,66	1,81	34,4	0,98
2/56—57	60	70	2,66	1,80	34,4	0,99
2/59—57	60	210	2,66	1,80	34,4	0,99
2/60—57	60	210	2,66	1,79	34,4	1,00

В целях сравнения результатов испытания образцов толщиной 60 мм. диаметром 70 и 210 мм на рис. 2а приведены кривые полных деформаций во времени. На рис. 2б показан порядок их ступенчатого нагружения.

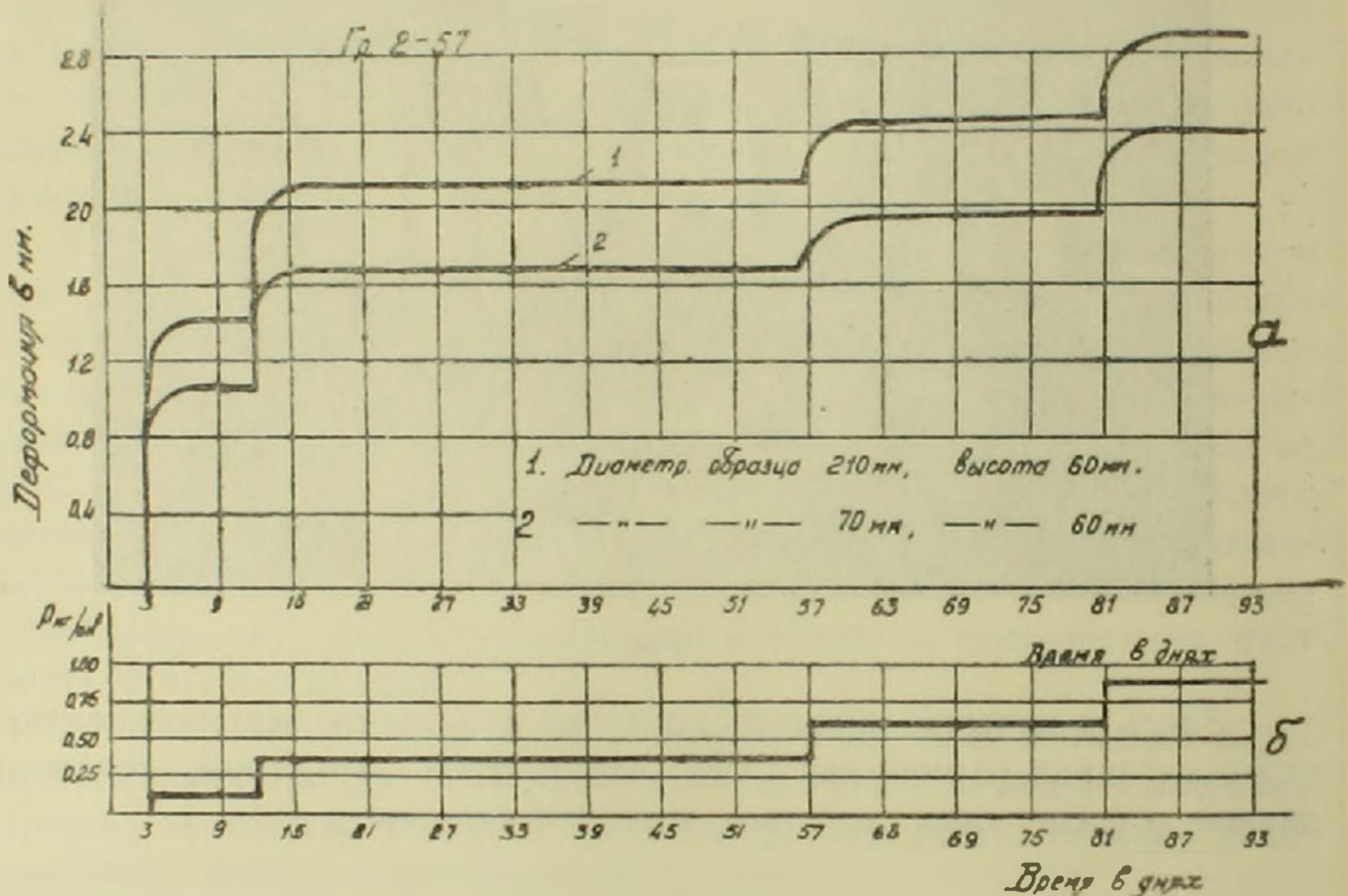


Рис. 2.

Из приведенного графика следует, что, несмотря на одинаковые значения высоты образцов, ввиду влияния бокового трения, при их сжатии имеет место существенное расхождение между величинами деформации, достигающее для самого молодого „возраста“ до 30% полной деформации.

Для получения представления о влиянии „возраста“ грунта на значение бокового трения на рис. 3 приведены кривые полных деформаций во времени, соответствующие разным ступеням нагрузок. На графиках кривые деформации во времени, определенные испытанием образцов диаметром 210 мм, показаны сплошными

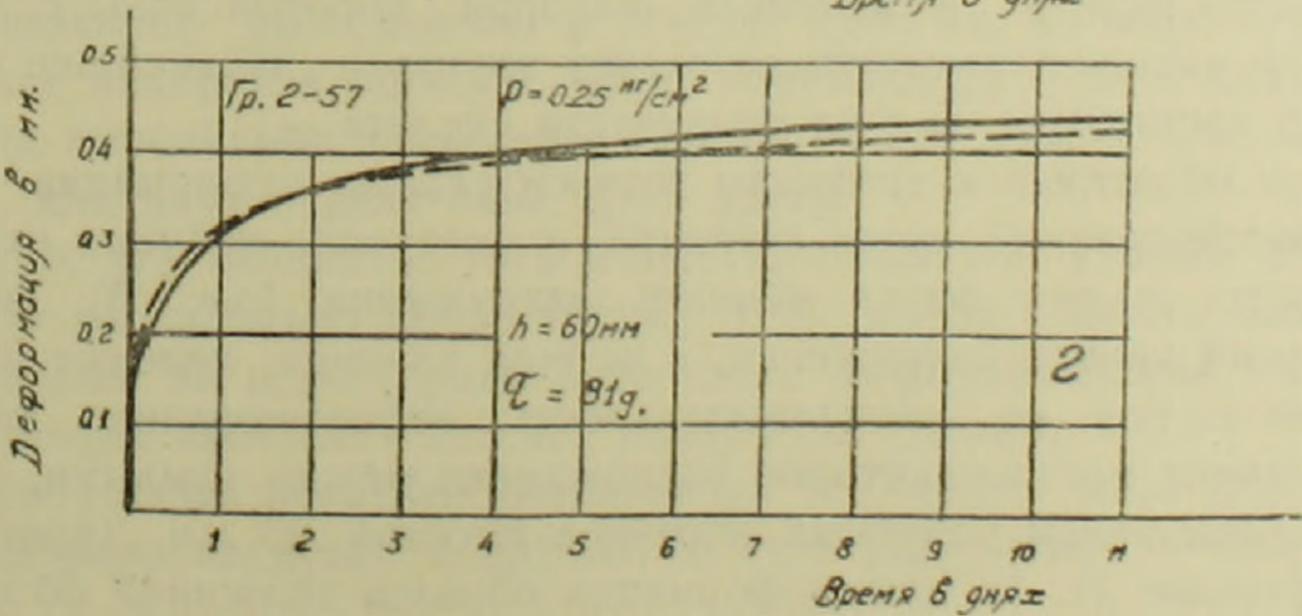
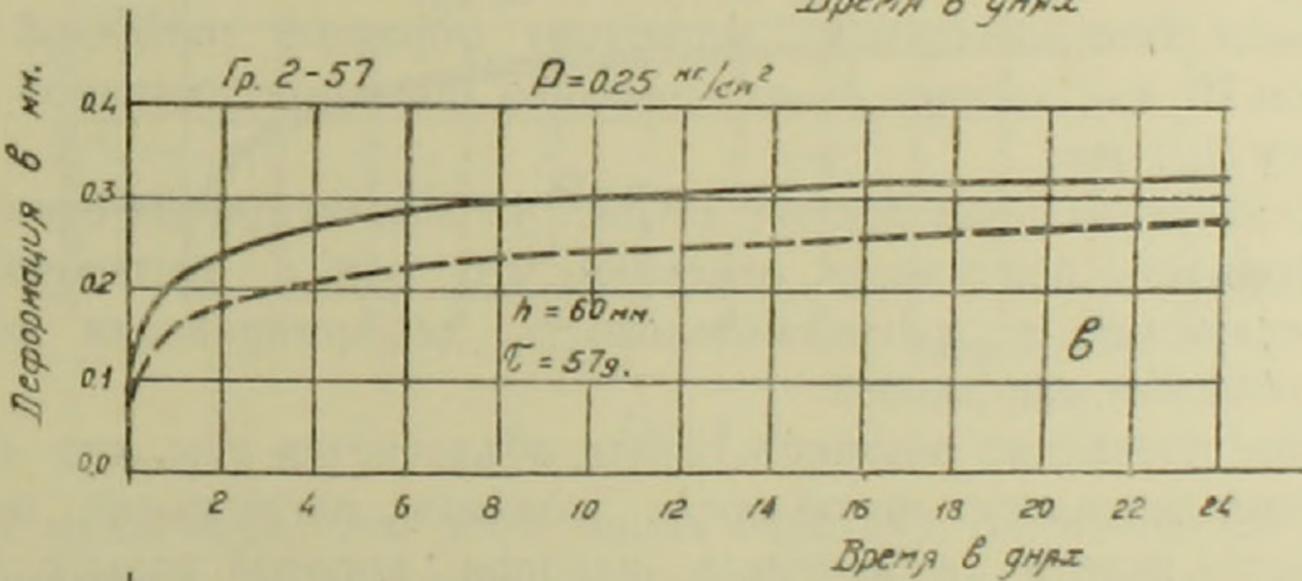
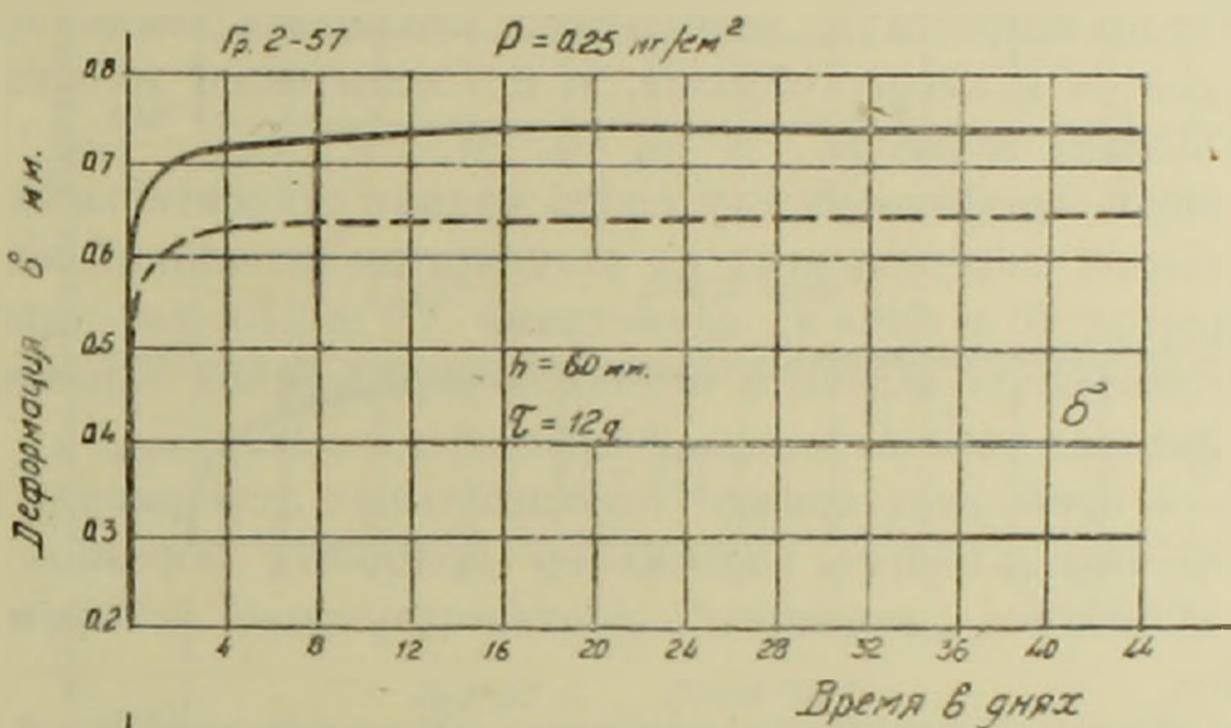
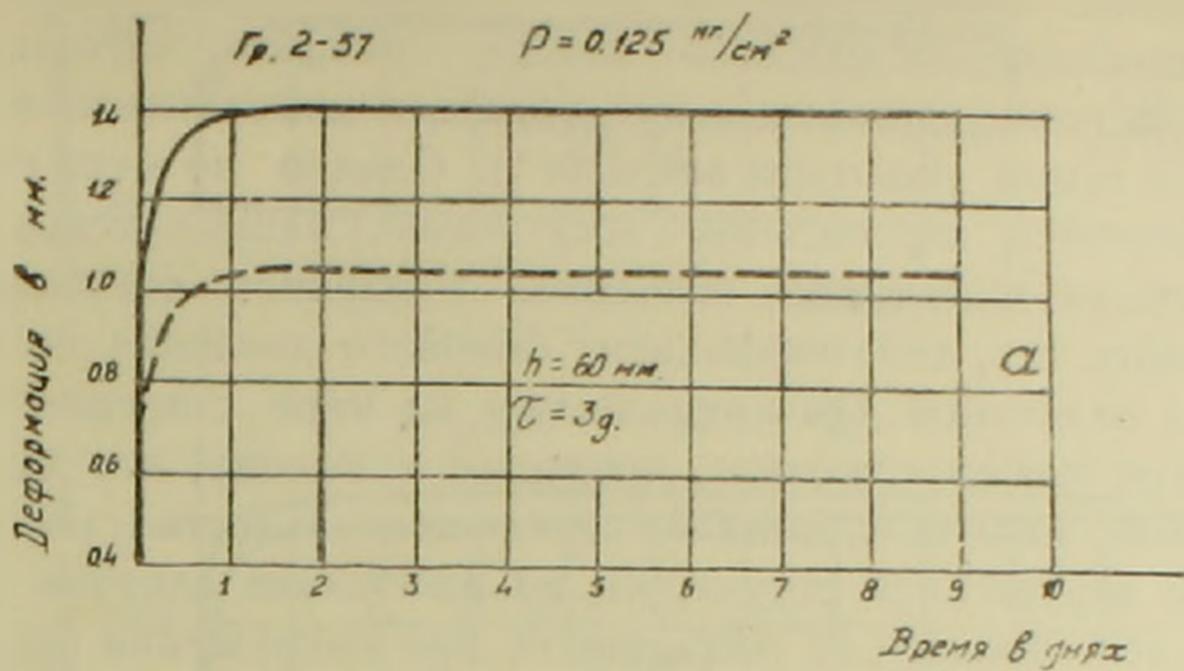


Рис. 3.

линиями, а результаты испытания образцов диаметром 70 мм показаны пунктирными линиями.

Рассматривая приведенные на фиг. 3 графики, приходим к выводу, что максимальное расхождение между кривыми деформации во времени при сжатии указанных выше образцов имеет место в начале нагружения (в самом „молодом возрасте“). Однако по мере старения грунта (⁹) указанное расхождение постепенно уменьшается и принимает сравнительно небольшое значение. Указанное обстоятельство можно объяснить тем, что коэффициент бокового давления не является постоянной величиной. Он уменьшается по мере старения грунта.

Резюмируя вышесказанное, приходим к выводу, что для определения влияния высоты образца на продолжительность деформирования грунтов нарушенной структуры, во избежание влияния бокового трения на этот процесс (в особенности при нагружении образцов в более „молодом возрасте“), необходимо соблюдать постоянство отношения диаметра к высоте образца, т. е. испытанию должны подвергаться подобные образцы.

Если теперь сравнить между собой кривые относительных деформаций ползучести, определенных из результатов испытаний подобных образцов высотой 20 и 60 мм, диаметрами 70 и 210 мм, приходим к решению поставленной задачи о методике определения характеристик ползучести скелета грунта.

На рис. 4 приведены кривые относительных деформаций ползучести грунта, определенные испытанием подобных образцов разной толщины при четырех „возрастах“, соответствующие четырем ступеням нагрузок.

Кривые 1 определены из испытания образцов толщиной 20 мм, диаметром 70 мм, кривые 2 — из испытания образцов толщиной 60 мм, диаметром 210 мм.

Рассматривая приведенные на рис. 4 графики кривых относительных деформации ползучести, замечаем, что они с достаточной точностью совпадают и продолжительность деформирования образцов разной толщины одинаковая.

Такое поведение образцов грунта объясняется тем, что в течение первых нескольких часов после момента нагружения образцов имеет место падение избыточных напоров поровой воды с полной передачей внешней нагрузки на скелет грунта и дальнейшее их уплотнение происходит за счет ползучести скелета.

Если обратимся к графикам относительных деформации ползучести рассмотренных выше ступеней, в интервале времени от одного до четырех часов после момента нагружения (рис. 5), заметим, что в самом начале нагружения, в период влияния явления выжимания воды из пор на продолжительность деформирования образцов грунта, имеет место некоторое расхождение между кривыми, определенных испытанием подобных образцов высотой 20 мм (кривая 1) и 60 мм (кривая 2). То есть деформация образца толщиной 60 мм про-

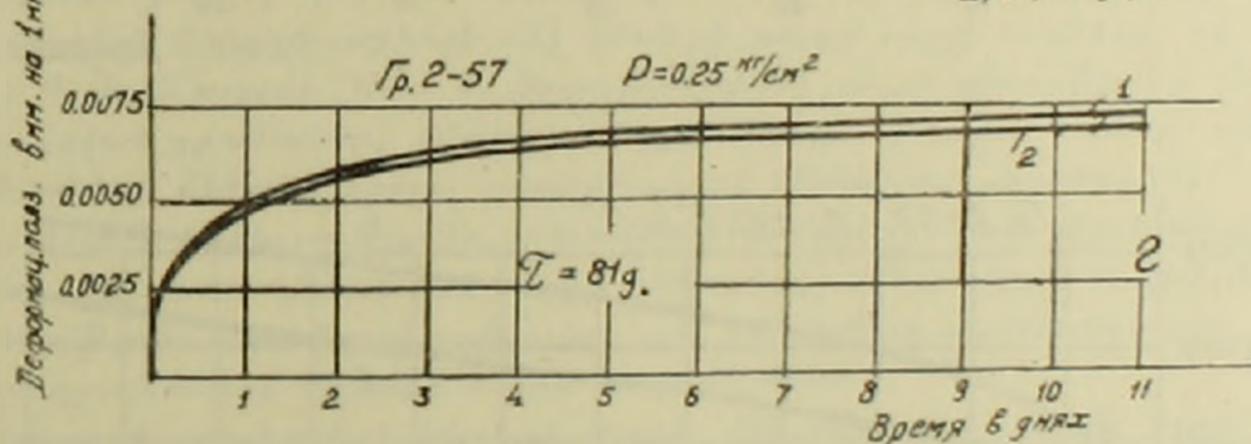
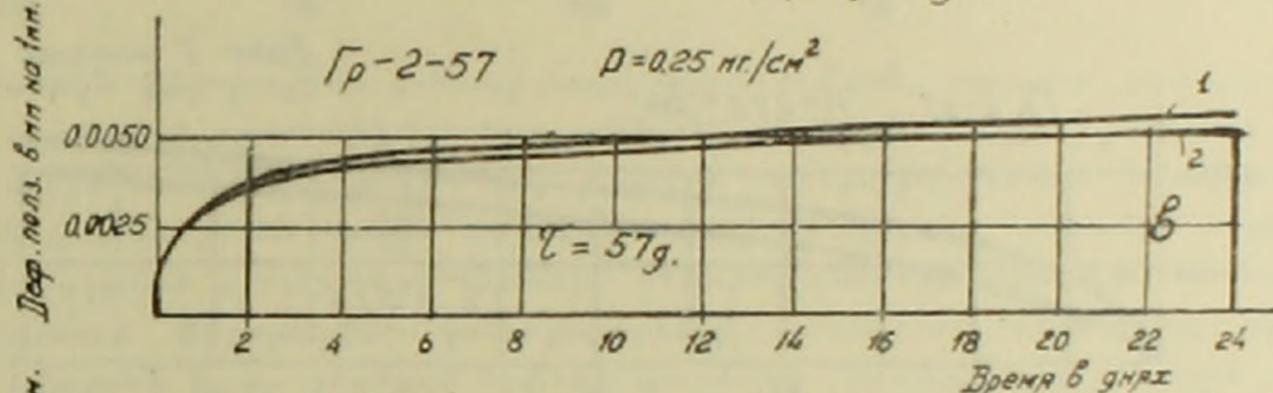
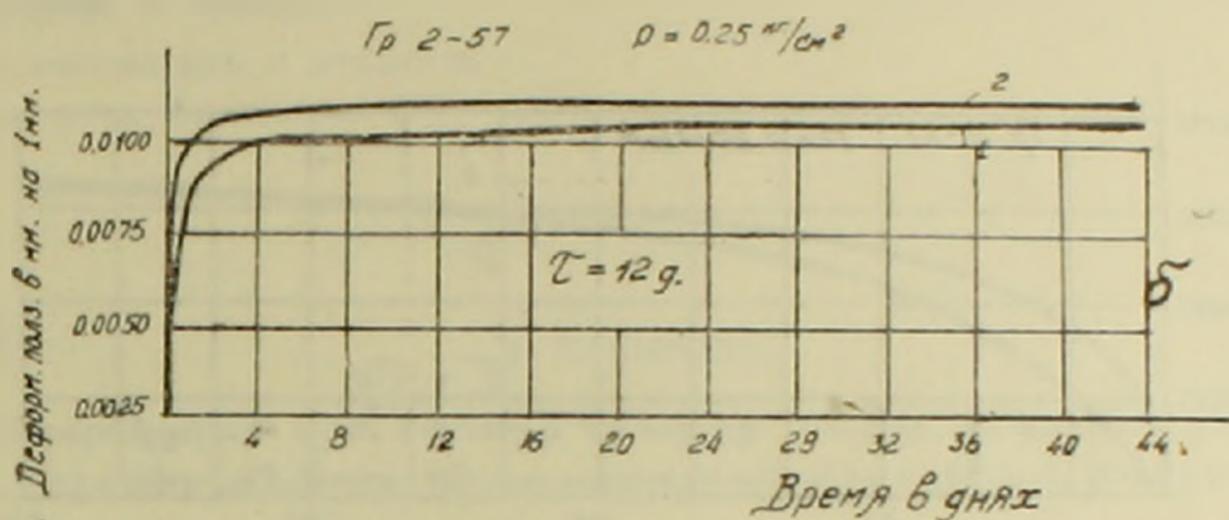
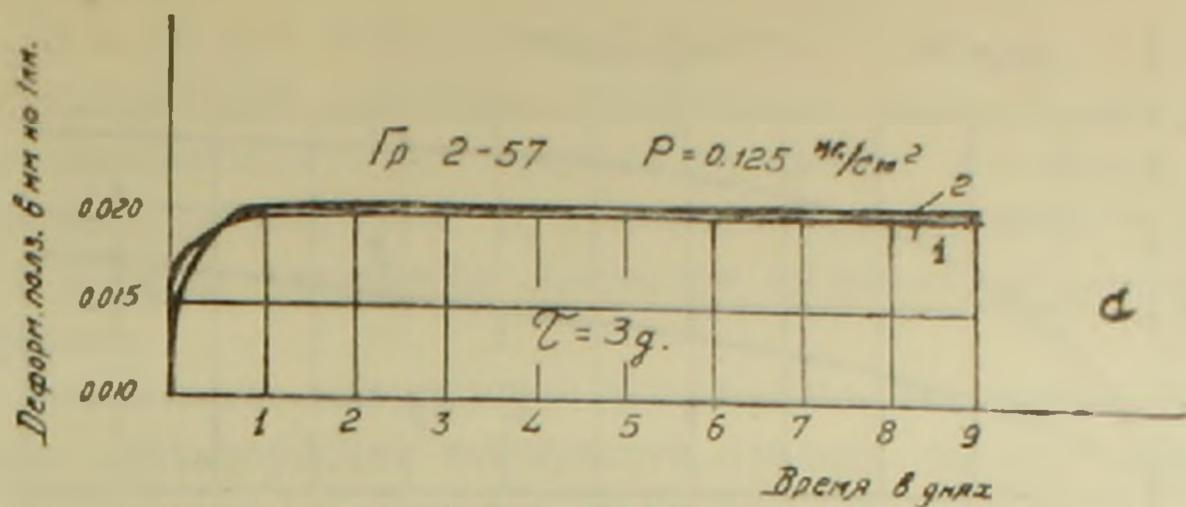


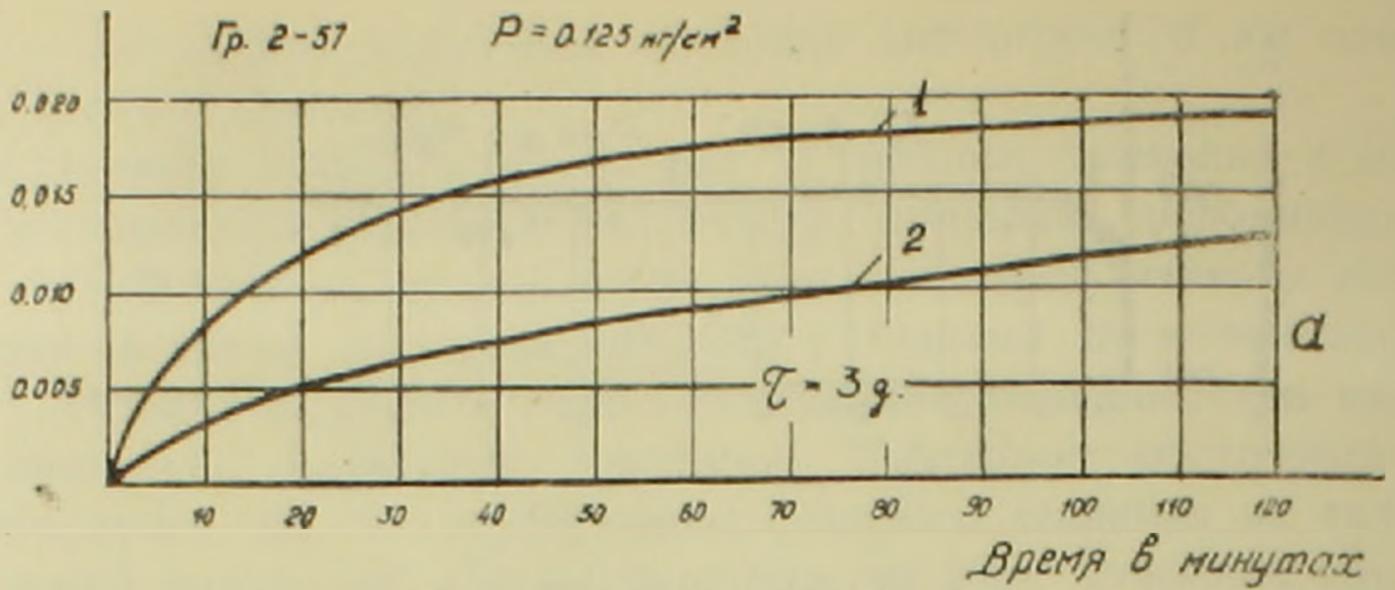
Рис. 4.

исходит медленнее, чем деформация образцов толщиной 20 мм. Однако указанное расхождение в течение времени, по мере падения избыточных напоров в поровой воде уменьшается и, в зависимости от точности выполнения параллельных опытов, эти кривые или сливаются в одну, или идут параллельно друг другу.

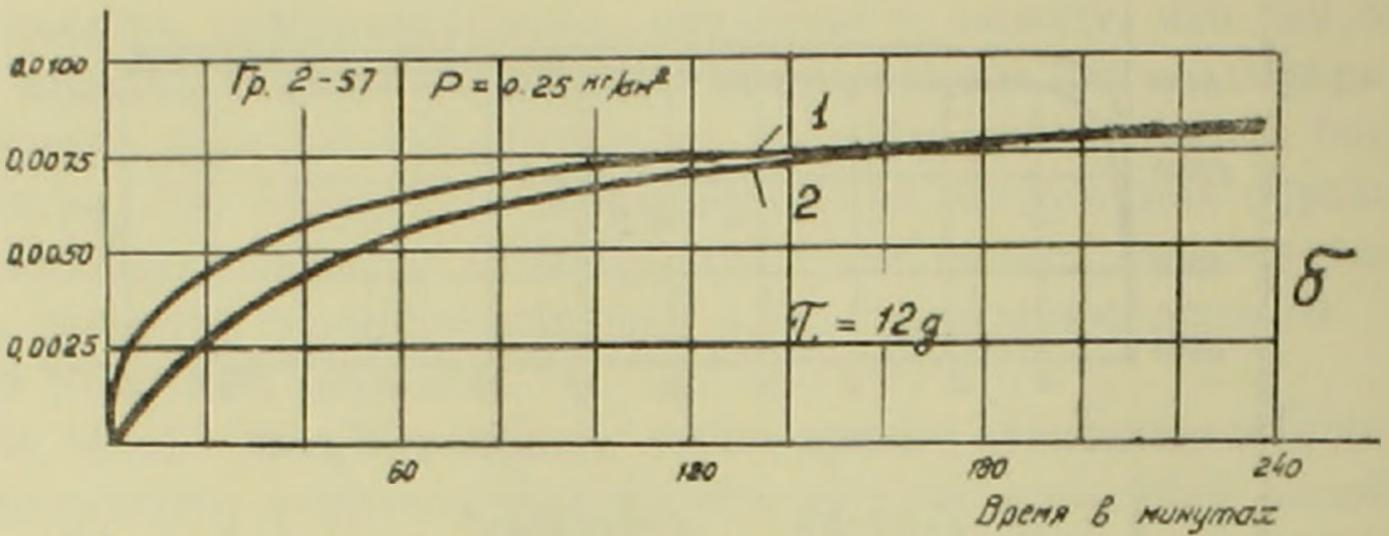
Ясно, что начиная с того момента, когда эти кривые сливаются или идут параллельно друг другу, т. е., когда явление выжимания воды больше не играет роли в процессе деформирования, деформация образцов протекает за счет ползучести скелета.

Необходимо обратить внимание на то, что по мере перехода от одной ступени нагрузки к другой, за счет уплотнения и повышения

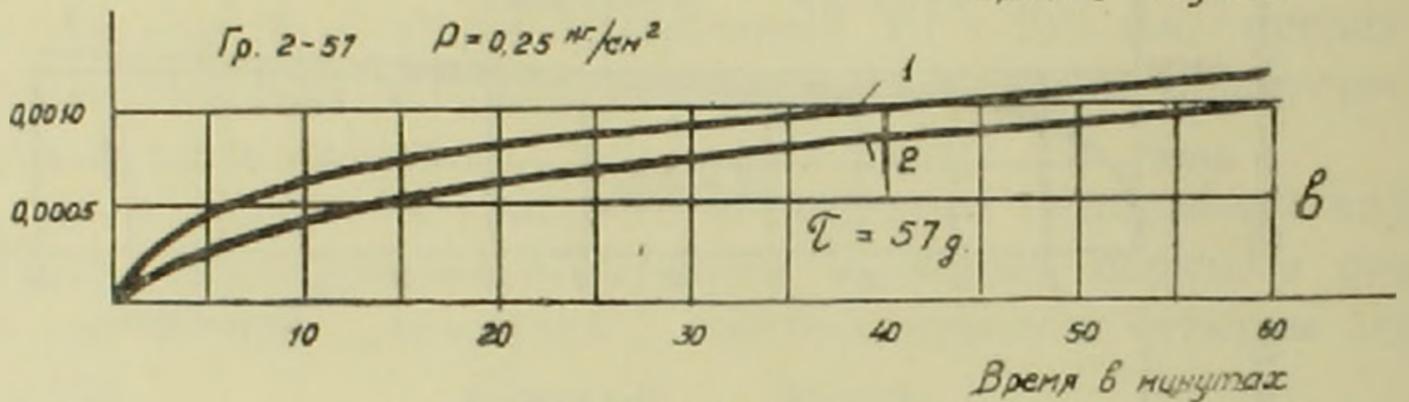
Деф. полз. в мм на 1 мм.



Деф. полз. в мм на 1 мм.



Деф. полз. в мм на 1 мм.



Деф. полз. в мм на 1 мм.

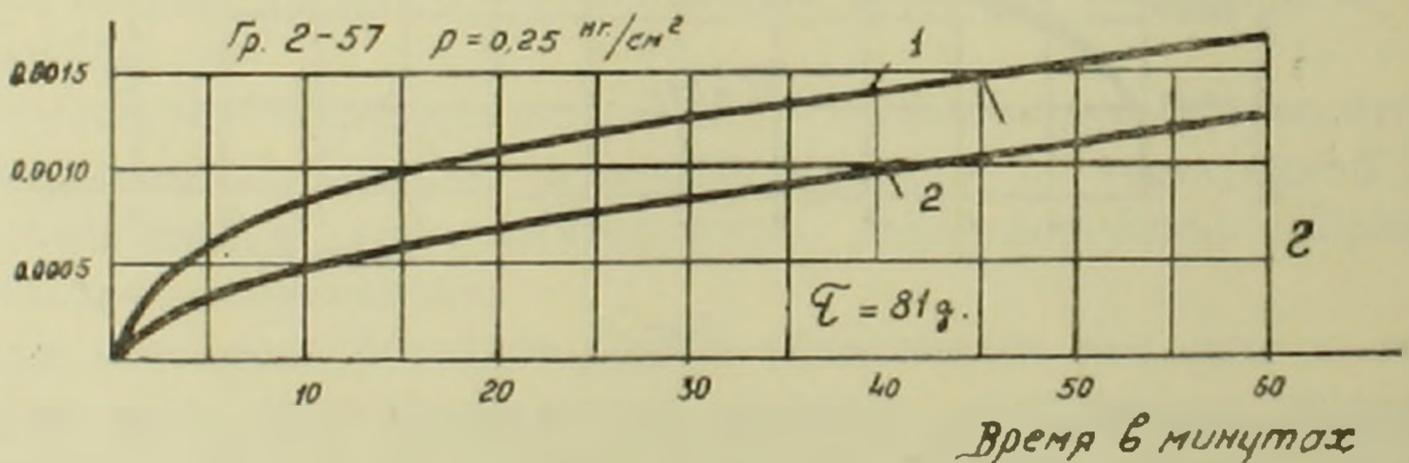


Рис. 5.

сцепления между частицами и агрегатами грунта, период влияния явления выжимания воды на процесс деформирования постепенно уменьшается. Если для первой ступени нагрузки (нагрузка $0,125 \text{ кг/см}^2$) продолжительность влияния выжимания свободной воды из пор грунта равна 10–12 часам (рис. 4), для второй ступени нагрузки она равна 3–4 часам (рис. 5б), для третьей и четвертой ступеней 30 минутам (рис. 5в и 5г).

Учитывая то обстоятельство, что при исследовании основных характеристик ползучести скелета грунта (7–9) испытывались образцы

высотой 10 и 20 мм, нагрузками 0,25 кг/см² и более, притом в условиях двухстороннего движения отжимаемой воды, то при испытании таких же водонасыщенных образцов на сжатие в условиях невозможности бокового расширения, при влажности, близкой к влажности грунта на пределе текучести, влиянием выжимания воды из пор можно пренебречь.

Следовательно, полученные результаты экспериментального исследования характеристик ползучести грунта, определенных испытанием водонасыщенных образцов толщиной 10—20 мм, можно отнести к их скелету.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ռ. ՄԵՍԶՅԱՆ

Կապակցված գրունտների կմախքի սողքի ղեֆորմացիայի էքսպերիմենտալ հետազոտության մեթոդիկայի մասին

Համաձայն ֆիլտրացիոն կոնսոլիդացիայի տեսության, տարբեր բարձրություններ ունեցող կապակցված գրունտի շերտերի ղեֆորմացիաների տևողությունները սեղմելու ժամանակ ուղիղ համեմատական են այդ շերտերի բարձրությունների բառակուսուսն (1): Ոակայն, ինչպես ցույց են տալիս փորձերը, որոշ ղեպքերում տարբեր բարձրություն ունեցող կապակցված գրունտների շերտերի ղեֆորմացիաների տևողությունները չեն համապատասխանում ֆիլտրացիոն կոնսոլիդացիայի տեսության վերոհիշյալ եզրակացությունը (2): Հայտնի է, որ վերևում նշվածի պատճառը կմախքի սողքը հաշվի չառնելն է:

Ֆիլտրացիոն կոնսոլիդացիայի մեջ կմախքի սողքը հաշվի բառնելու համար օգտագործվում է Դ. Ն. Մասլովի և Ն. Ս. Հարությունյանի սողքի տեսությունը (3,5):

Կապակցված գրունտների կմախքի սողքը հաշվի առնելու համար անհրաժեշտ է էքսպերիմենտների միջոցով որոշել կմախքի սողքի իմնական ընթացիկը: Հաշվի առնելով վերոհիշյալի կարևորությունը գրունտների խտացման տեսության խնդիրները լուծելու համար, հողվածում բերված է սողքի ղեֆորմացիաների վրա նմուշների բարձրության ազդեցության ուսումնասիրությունը, որն իր ներթիվն անմիջականորեն կախված է կապակցված գրունտների կմախքի սողքի որոշման հետ:

Կապակցված գրունտների կմախքի սողքի որոշման մեթոդիկան մշակելու համար օգտագործված է այն փաստը, որ երբ տարբեր բարձրություններ ունեցող նմուշների ղեֆորմացիաների տևողությունները հավասար են իրար, նմուշների ղեֆորմացիաները իմնականում ընթանում են ի հաշիվ կմախքի սողքի և ծակոտկենային ջրի հեռացումը կամ բոլորովին ազդեցություն չունի ղեֆորմացիայի տևողության վրա կամ էլ այդ ազդեցությունը շատ փոքր է:

Նախքան տարբեր բարձրություններ ունեցող նմուշների փորձարկման անցնելը, մշակված է տարբեր բարձրություններ ունեցող նմուշների փորձարկման մեթոդիկան և ցույց է տրված, որ կողային շփման ազդեցությունը վերացնելու համար անհրաժեշտ է փորձարկել նման նմուշներ, որոնց բարձրության հարաբերությունը տրամագծին միևնույնն է:

Հողվածում ցույց է տրված, որ երբ փորձարկվող շերտերի բարձրությունները փոքր են (10—20 մմ), ապա այդ ղեպքում ծակոտկենային ջրի հեռացման ազդեցությունը նմուշի ղեֆորմացիայի տևողության վրա շատ փոքր է: Իսկ այդ նշանակում է, որ կապակցված գրունտների կմախքի սողքի ընթացիկը որոշելու համար անհրաժեշտ է օգտվել 10—20 մմ բարձրություն ունեցող նմուշների փորձարկումից:

- ¹ Н. М. Герсеванов, Основы динамики грунтовой массы, Стройиздат, М., 1937.
² Г. И. Покровский, Материалы Всесоюзного совещания по основаниям и фундамен-
там 1938 г., Госстройиздат, М.—Л., 1939. ³ В. А. Флорин, Изв. АН СССР, ОТН, № 6
(1953). ⁴ Г. Н. Маслов, Изв. ВНИИГ, т. 28 (1941). ⁵ Н. Х. Арутюнян, Некоторые воп-
росы теории ползучести, Гостехиздат, М., 1952. ⁶ Н. Н. Маслов, Условия устойчиво-
сти склонов и откосов в гидротехническом строительстве, Госэнергоиздат, М.—Л.,
1955. ⁷ С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXIII, № 3 (1956). ⁸ С. Р. Месчян, ДАН
АрмССР, т. XXIV, № 2 (1957). ⁹ С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXV, № 4 (1957).