

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

Экспериментальное исследование зависимости между
напряжениями и деформациями ползучести связных грунтов

(Представлено Н. Х. Арутюняном 4. XII.1956)

В теории ползучести бетона связь между напряжениями и деформациями материала в зависимости от величины напряжения σ , принимают линейной, если $\sigma \leq 0,5R$, и нелинейной, если $\sigma > 0,5R$, где R — величина временного сопротивления бетона (¹).

Для применения вышеуказанной теории к другим материалам, в частности к связным грунтам, которые обладают свойством ползучести и определения границ ее применимости, необходимо экспериментальное определение указанной зависимости.

Для этой цели нами были исследованы* пять различных связных грунтов нарушенной структуры при их сжатии в компрессионных приборах (²) под водой в условиях невозможности бокового расширения. В числе исследованных грунтов были: один тяжелый суглинок, два тяжелых пылеватых суглинка, одна пылевая глина и один пылеватый средний суглинок.

Сущность метода определения зависимости между деформациями ползучести грунта и напряжениями заключалась в параллельном определении деформаций ползучести на нескольких образцах-близнецах при разных значениях уплотняющих нагрузок. При этом, для возможности сравнения полученных результатов экспериментальных работ между собой исходили из того условия, чтобы исследуемые образцы до опыта имели бы одинаковые физические и механические свойства.

Для определения деформаций ползучести грунтов, обычно, попарно испытывались восемь образцов-близнецов нагрузками 0, 25, 0,5, 1,0 и 2,0 кг/см² в течение некоторого времени (от одного часа до 28—30 дней).

Размеры исследованных образцов; высота — 10 мм, диаметр 70 мм.

Исследования проводились двумя способами: а) способом испытания предварительно неуплотненных и б) способом испытания предварительно уплотненных образцов грунта.

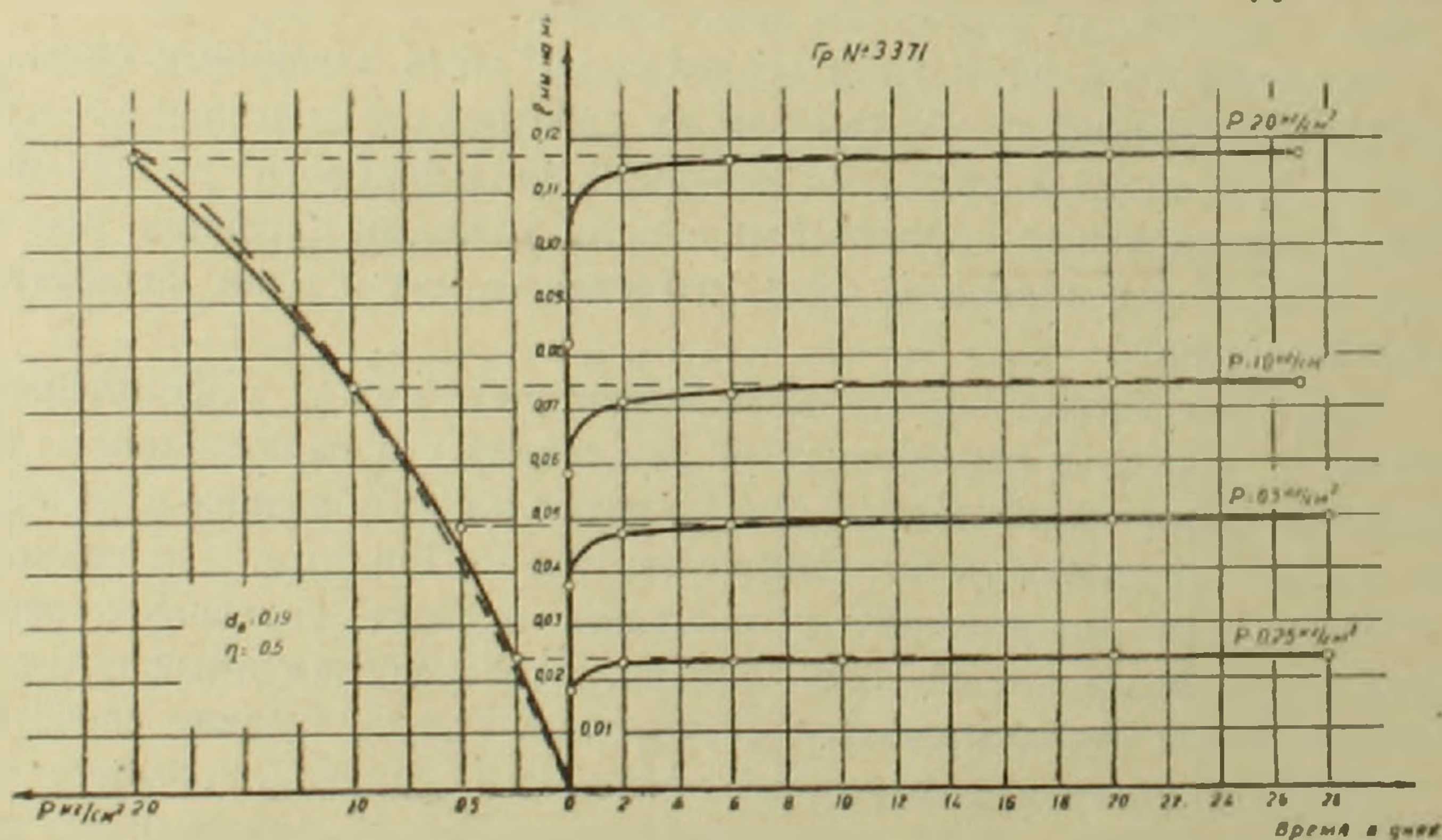
* Эксперименты выполнены в Институте стройматериалов и сооружений АН АрмССР.

Рассмотрим результаты экспериментального исследования интересующей нас зависимости для трех грунтов, основные физические свойства которых сведены в табл. 1.

Таблица 1

Лаб. № грунтов.	Наимен. грунтов	Мех. состав			Ест. влаж. в %	Удельн. вес в г/см³	Объемн. вес в г/см³	Коеф. порист.
		фракции в мм в %						
		> 0,05	0,05— 0,005	< 0,005				
3371	Тяж. пыл. суглинок	20,71	56,20	23,09	27,9	2,69	1,89	0,82
3454		17,28	59,74	22,98	38,7	2,76	1,68	1,28
3455	Пылеватая глина	11,75	55,51	32,74	32,6	2,79	1,58	1,35

На правых половинах графиков фиг. 1 и 2 приведены результаты экспериментального определения кривых ползучести грунтов за лабораторными №№ 3371 и 3454, определенных при испытании предварительно неуплотненных образцов-близнецов нагрузками 0,25, 0,5, 1,0 и 2,0 кг/см². Основные физические свойства образцов до опыта грунта за лаб. № 3371 (фиг. 1) сведены в табл. 2, что касается грунта 3454



Фиг. 1

(фиг. 2), то его данные приведены в работе (3). На правых половинах вышеприведенных графиков по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — деформация ползучести, выраженная в мм на 1 мм.

Следует отметить, что при испытании неуплотненных образцов деформации ползучести выделялись из полных путем исключения из последних условно-мгновенных деформаций, соответствующих пятой секунде после приложения нагрузок (фиг. 3), а в случае испытания

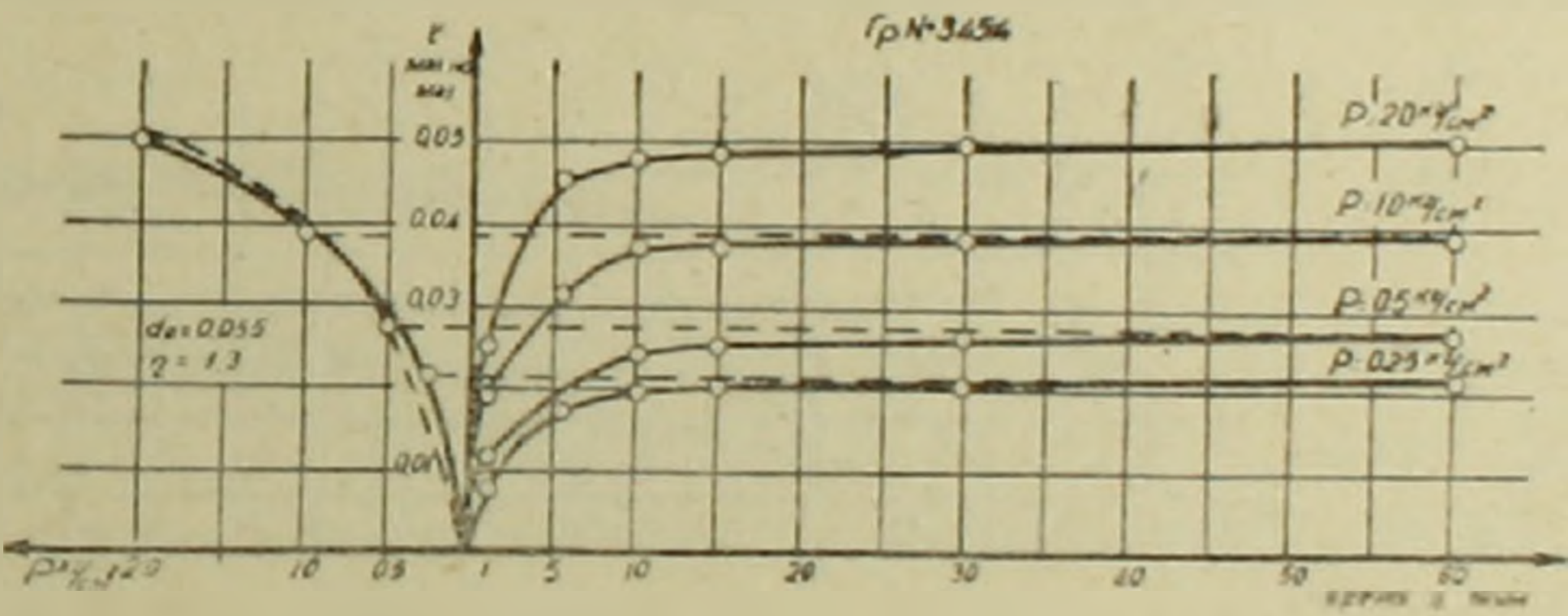
предварительно уплотненных образцов исключались мгновенные деформации (3).

Таблица 2

№ п.п.	№ опытов	Удельн. вес в г/см ³	Объемный вес в г/см ³	Влажн. в %	Коэф. порист.	Внешняя нагрузка в кг/см ²
1	2	3	4	5	6	7
1	3371—14/54	2,69	1,78	43,5	1,17	0,25
2	3371—40/54	•	1,80	44,7	1,17	0,25
3	3371—152/55	•	1,76	41,3	1,17	0,25
4	3371—15/54	•	1,84	45,0	1,12	0,50
5	3371—153/55	•	1,76	41,3	1,17	0,50
6	3371—16/54	•	1,79	48,5	1,22	1,00
7	3371—17/54	•	1,72	41,5	1,20	2,00
8	3371—43/54	•	1,76	43,5	1,18	2,00

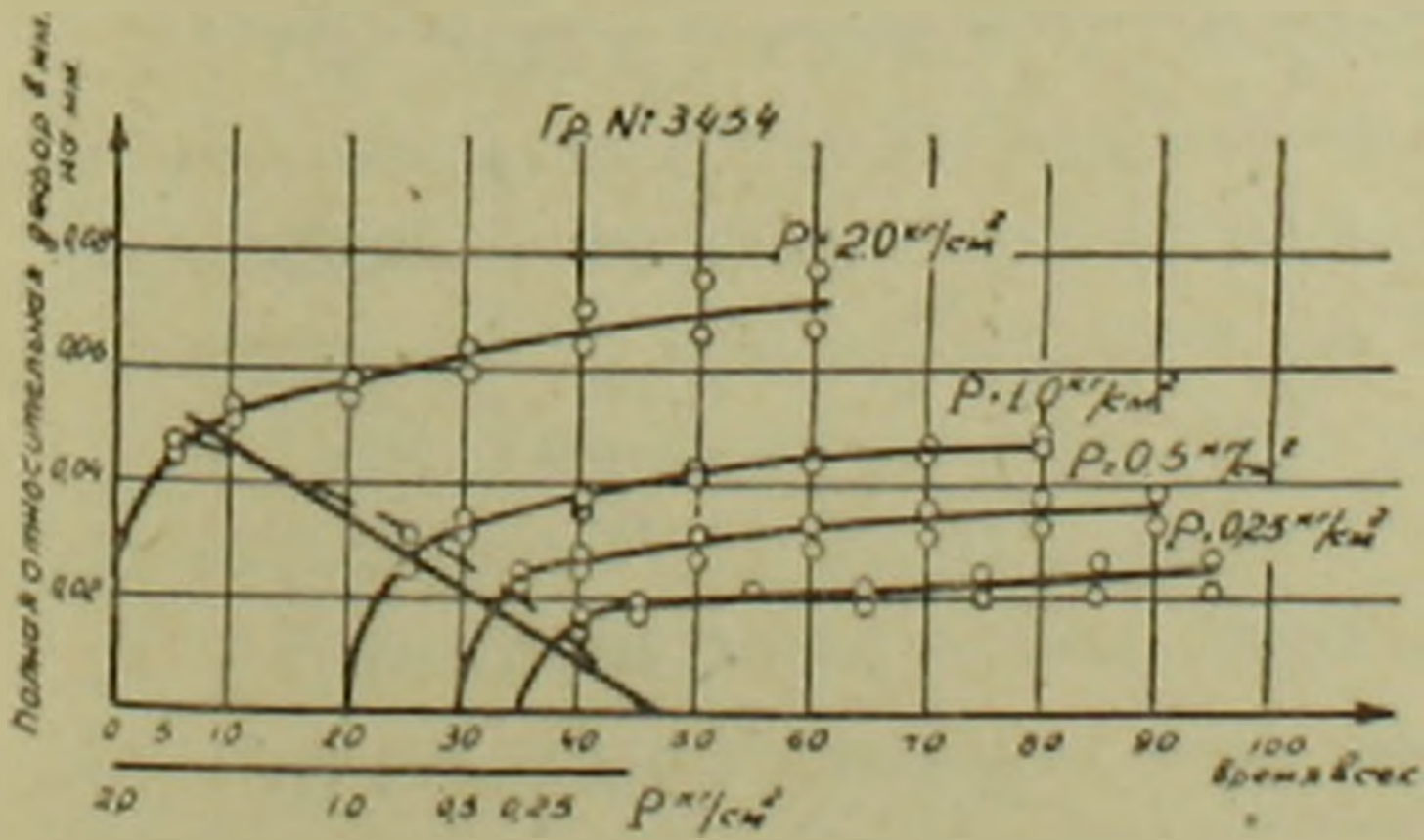
В приведенной таблице, помимо основных физических свойств, приведены те значения нагрузок, под которыми образцы грунта испытывались в течение времени.

На правых половинах графиков фиг. 4 и 5. приведены семейства кривых ползучести грунтов за лаб. №№ 3371 и 3455, определенные после предварительного их уплотнения



Фиг. 2.

нагрузками 0,25 кг/см² в течение одного часа. В таблицах 3 и 4 сведены результаты определения основных физических свойств исследованных образцов до приложения уплотняющих нагрузок (таблица 3).

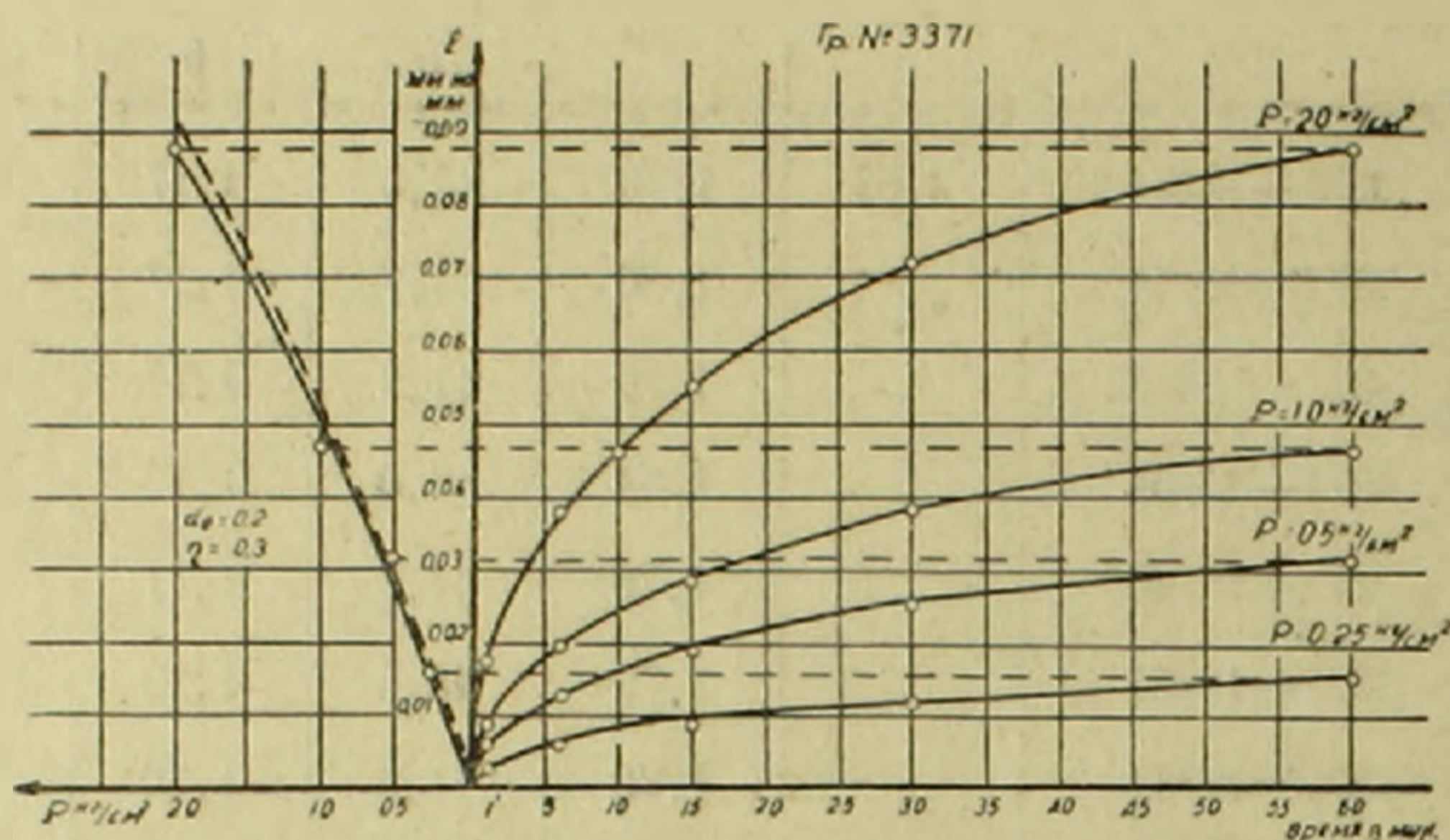


Фиг. 3.

сравнение тех результатов, которые получены в результате их испытания.

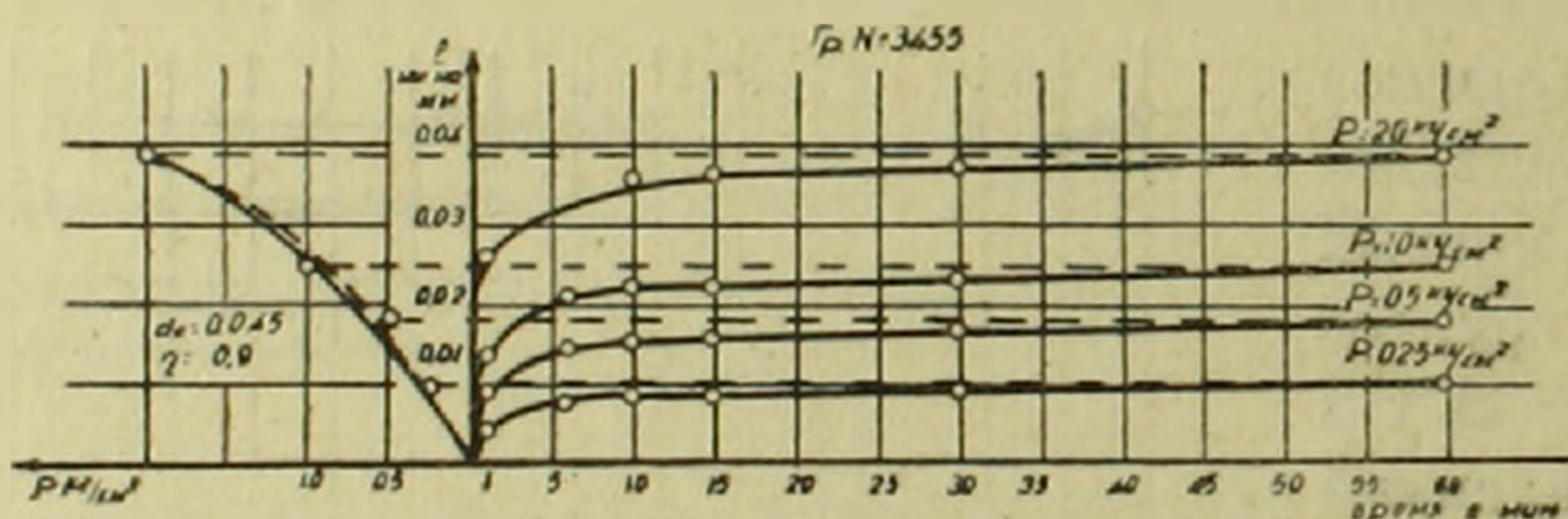
Анализируя результаты определений физических свойств образцов грунта, приведенных в табл. 2, 3 и 4, нетрудно прийти к выводу, что искусственно приготовленные образцы обладают достаточно близкими физическими свойствами и мы в праве их называть образцами-близнецами. Следовательно, вполне допустимо

На основании семейств кривых ползучести построены кривые зависимости деформаций ползучести от напряжений. Эти кривые показаны на левых половинах графиков фиг. 1, 2, 4 и 5, где по оси абсцисс отложены напряжения в кг/см^2 , а по оси ординат деформации ползучести в мм на мм .



Фиг. 4.

Из рассмотрения указанных кривых непосредственно следует, что при нагрузках $2,0 \text{ кг/см}^2$ между деформациями ползучести грунтов и напряжениями нет линейной зависимости. Следовательно, в пределах внешних уплотняющих нагрузок до $2,0 \text{ кг/см}^2$ при сжатии



Фиг. 5.

Таблица 3

№ п п	№ опытов	Удель- ный вес в г/см^3	Объем- ный вес в гр/см	Влажн. в %	Коэф. порист.	Внешняя нагрузка в кг/см^2
1	2	3	4	5	6	7
1	3371—182/55	2,69	1,80	39,0	1,08	0,25
2	3371—187/55	•	1,81	41,4	1,10	0,25
3	3371—183/55	•	1,78	39,0	1,10	0,5
4	3371—188/55	•	1,81	41,4	1,10	0,5
5	3371—184/55	•	1,81	39,0	1,07	1,00
6	3371—186/55	•	1,81	41,4	1,10	1,00
7	3371—185/55	•	1,73	39,0	1,10	2,00
8	3371—189/55	•	1,83	41,2	1,08	2,00
9	3371—190/55	•	1,82	41,2	1,08	2,00

грунтов нарушенной структуры в условиях отсутствия бокового расширения следует пользоваться нелинейной теорией ползучести.

Сделанный выше вывод справедлив, как для предварительно-уплотненных, так и предварительно неуплотненных грунтов, нарушенной структуры.

Так как нет прямой пропорциональности между деформациями ползучести и напряжения, то для возможности получения кривой ползучести при любом напряжении необходимо ординаты кривой при единичном напряжении умножить на некоторый множитель, являющийся функцией напряжений $\varphi(P)$ ⁽¹⁾.

таблица 4

№ пп	№ опытов	Удельный вес в г/см ³	Объемн. вес в г/см ³	Влажн. в %	Коеф. порист.	Внешняя нагрузка в кг/см ²
1	2	3	4	5	6	7
1	3455—191/55	2,79	1,84	38,6	1,10	0,25
2	3455—192/55	.	1,81	38,6	1,14	0,25
3	3455—193/55	.	1,84	40,3	1,13	0,50
4	3455—194/55	.	1,82	40,3	1,16	1,00
5	3455—195/55	.	1,84	40,3	1,13	1,00
6	3455—196/55	.	1,82	40,3	1,16	2,00
7	3455—197/55	.	1,84	40,3	1,13	2,00

Обработка экспериментальных данных показала, что для исследуемого нами случая функция напряжений $\varphi(P)$ может быть аналитически приближенно выражена экспоненциальной зависимостью вида(1).

$$\varphi(P) = d_0(1 - e^{-\eta P}), \quad (1)$$

где: d_0 и η — параметры, подбираемые по результатам экспериментов, P — напряжение, e — основание натуральных логарифмов.

На левых половинах графиков фиг. 1, 2, 3 и 4 пунктирными линиями показаны теоретические кривые, которые построены по выражению (1) с соответствующим подбором параметров d_0 и η . Значения параметров d_0 и η приведены на графиках.

Теоретические кривые, построенные по подобранным параметрам, по выражению (1), дают хорошее совпадение с данными опытов.

Следует отметить, что при малых значениях нагрузок (порядка 1,0 кг/см²) интересующую нас зависимость с достаточной точностью можно выразить линейным законом.

Пользуясь случаем, сообщаем, что в графике фиг. 2 нашей предыдущей работы ⁽³⁾ была допущена неточность. Здесь приведен указанный график в исправленном виде (фиг. 3).

Автор выражает глубокую благодарность академику АН АрмССР Н. Х. Арутюняну, ценные указания которого были учтены при подготовке статьи к опубликованию.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР.

Ս. Ռ. ՄԵՍԻՅԱՆ

Կապակցված գրույթների սողքի ղեֆորմացիաների և լարումների միջև եղած առնչության էքսպերիմենտալ ուսումնասիրությունը

Բետոնի սողքի տեսության մեջ ընդունված է, որ նյութի ղեֆորմացիաների և լարումների ε առնչությունը, կախված լարումների մեծությունից, կարող է լինել զծային երբ $\varepsilon \leq 0.5 R$, և ոչ զծային երբ $\varepsilon > 0.5 R$, որտեղ R —բետոնի ժամանակավոր զիմադրության մեծությունն է ⁽¹⁾:

Սողքի վերոհիշյալ տեսությունը այս կամ այն նյութի նկատմամբ կիրառելու և նրա կիրառման սահմանները որոշելու համար անհրաժեշտ է էքսպերիմենտների միջոցով որոշել հիշյալ առնչությունը:

Այդ իսկ պատճառով, մեր կողմից հետազոտված են կապակցված գրույթների հինգ տարատեսակներ նրանց սեղման ղեպքում, երբ բացակայում է կողային ընդարձակման հնարավորությունը:

Լարումների և սողքի ղեֆորմացիաների միջև եղած առնչության էքսպերիմենտալ որոշման մեթոդի էությունը կայանում է նրանում, որ մի քանի նմուշներ, որոնք ունեն նույն ֆիզիկական և մեխանիկական հատկությունները, ենթարկվում են սեղման ժամանակի ընթացքում տարբեր բեռնվածության պայմաններում:

Սողքի ղեֆորմացիաների որոշման համար գրույթի նմուշները փորձարկվել են 0.25, 0.5, 1.0 և 2.0 կգ/սմ² լարումների տակ ժամանակի ընթացքում (մեկ ժամից մինչև 28—30 օր), ըստ որում սողքի ղեֆորմացիաները որոշելու համար ընդհանուր ղեֆորմացիաներից անջատվել են ակնթարթային կամ պայմանական ակնթարթային ղեֆորմացիաները ⁽³⁾:

Նմուշների չափսերն են՝ բարձրությունը—10 մմ, տրամագիծը—70 մմ: Հետազոտությունները կատարվել են երկու եղանակով՝ ա) նմուշների ոչ նախնական սեղման և և բ) նմուշների նախնական սեղման եղանակներով:

Հոդվածում բերված են գրույթների երեք տարատեսակների հետազոտության արդյունքներ, որոնք փորձարկված են վերոհիշյալ եղանակներով:

Նույն գրույթի նմուշների տարբեր բեռնվածության տակ փորձարկումներից ստացված սողքի կորերի հիման վրա կառուցված է լարումների և սողքի ղեֆորմացիաների միջև եղած առնչության կորը:

Փորձերը ցույց են տալիս, որ խախտված ստրուկտուրա ունեցող գրույթների համար մինչև 2.0 կգ/սմ² լարումների ղեպքում վերոհիշյալ առնչությունը ունի ոչ զծային տեսք: Ըստ որում կորը լավ գրանցվում է (1) ֆունկցիայով, d_1 և d_2 պարամետրերի համապատասխան ընտրության միջոցով:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 Н. Х. Арутюнян, Некоторые вопросы теории ползучести, Изд. технико-теоретической лит., М., 1952. 2 Г. И. Тер-Степанян, Изв. АН АрмССР, серия ФМЕТ наук, IX, № 4 (1956). 3 С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, XXIII, № 3 (1956). 4 И. И. Васильев, Изв. ВНИИГ, т. 45, 1951.