ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXIII 1956 3

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

К вопросу экспериментального определения упругих характеристик связных грунтов при сжатии

(Представлено Н. Х. Арутюняном 20. VIII. 1956)

Известно, что для определения упругих постоянных связных грунтов упругие перемещения определяются путем многократных последовательных нагружений и разгружений образца грунта при разных значениях уплотняющих нагрузок. При этом, модуль нормальной упругости определяется как отношение напряжения к величине упругих перемещений, определяемых как разность показаний месур при нагрузке и последующей разгрузке ([1, 2]).

Вышеуказанная методика определения упругих перемещений страдает недостатком, заключающимся в том, что при нагрузке и последующей разгрузке образца изменяются его механические свойства за счет необратимых (остаточных) деформаций и, следовательно, так называемые упругие перемещения, получаемые по разным циклам нагрузок-разгрузок, делаются не сопоставимыми между собой.

Существенным недостатком вышеуказанной методики является и то, что не учитывается влияние фактора времени ([1, 2, 3]).

Рассмотрим механическое поведение грунта под нагрузкой при его нагружении и последующем разгружении во времени.

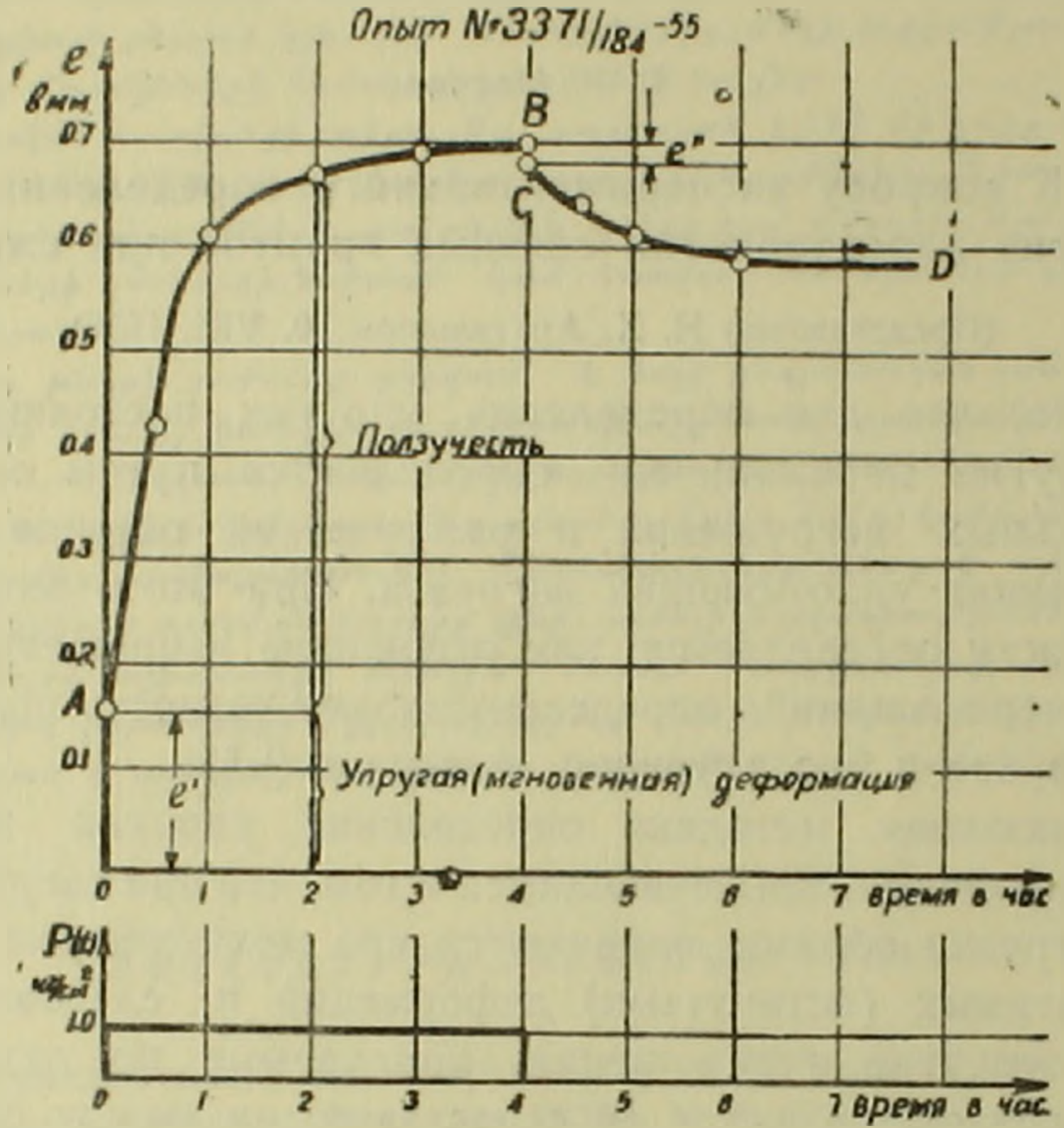
Согласно Н. Я. Денисову ([4]), в момент приложения внешней нагрузки на грунт проявляется упруго-мгновенная деформация, которая складывается из упругих деформаций скелета грунта и газосодержащей воды, структурных и структурно-адсорбционных деформаций, протекающих в течение времени. Структурные деформации необратимы, а структурно-адсорбционные деформации в зависимости от конкретных условий могут быть как остаточными, так и обратимыми.

На фиг. 1 представлен график механического поведения связного грунта нарушенной структуры при его нагрузке и последующей разгрузке в компрессионно-фильтрационном приборе Г. Н. Тер-Степаняна ([5]). Опыт был проведен после предварительного уплотнения образца нагрузкой 0,25 *кг/см²* в течение одного часа.

Из графика (фиг. 1) следует, что в момент приложения нагрузки в 1 *кг/см²* грунт претерпевает упруго-мгновенную деформацию, вслед за чем, в течение времени, развиваются структурные и структурно-адсорбционные деформации (ползучесть), которые на графике

выражены интегральной кривой *AB*. В момент разгрузки образец грунта претерпевает упруго-восстанавливающуюся деформацию по *BC*, а в дальнейшем в течение времени развиваются деформации упругого последействия и набухания.

Из этого же графика следует, что за счет необратимых (структурных) деформаций со временем повышаются механические свойства грунта, что в конечном итоге выражается значительным умень-



Фиа. 1

шением величин мгновенных деформаций в момент разгрузки по сравнению с моментом нагрузки, т. е. в результате структурных и структурно-адсорбционных деформаций грунт уплотняется и его прежние механические свойства не восстанавливаются.

Следовательно, при последующем цикле нагрузки-разгрузки исходное состояние грунта, по сравнению с первым циклом, совсем иное и ясно, что результаты, полученные из этих разных исходных состояний, не могут быть сопоставимы.

Механические свойства связных грунтов повышаются не только за счет уплотнения в течение времени, но и за счет проявления сцепления упрочнения ([4]), которое является результатом протекания физико-химических процессов на границе раздела твердых и жидких фаз грунта в течение времени.

Для выяснения вышеизложенного воспользуемся результатами серии опытов, проведенных над образцами нарушенной структуры грунта (лаб. № 3454), физические свойства которых перед опытом приведены в нашей работе ([6]).

Четыре образца грунта нарушенной структуры были нагружены двумя ступенями нагрузок по 0.25 *кг/см*^{2}, в компрессионных приборах, с фиксацией мгновенных деформаций в момент приложения вторых ступеней нагрузок. Причем первая пара образцов была выдержана под первой ступенью в течение шести суток, а вторая пара—одного часа. Результаты опытов сведены в таб. 1.

Таблица 1

№№ п/п.	№№ опытов	Деф., соотв. первому часу после приложения первой ступени нагр., в микронах	Деф., соотв. 6 суткам после приложения первой ступени нагрузки, в микронах	Мгновенная деформация от второ ступени нагрузки. в микронах
1	167—55	327	341	5
2	174—55	317	320	4
3	172—55	366	—	41
4	175—55	357	—	37

Анализируя результаты опытов, можно отметить следующее: несмотря на то, что за время выдерживания образцов грунта в течение шести суток имел место сравнительно небольшой рост деформации, упругие качества образцов, по сравнению с теми, которые были нагружены по истечению одного часа после приложения первой ступени нагрузки, очень повысились. Такое поведение грунта нельзя объяснить иначе, как проявлением сцепления упрочнения.

Следовательно, в повышении упругих свойств грунта участвует не только фактор уплотнения в течение времени, но и фактор проявления сцепления упрочнения, который обусловлен временем выдерживания образцов под нагрузками ([6]).

Учитывая непостоянство механических свойств связных грунтов, необходимо пересмотреть общепринятое понятие „упругое постоянное" грунта и пользоваться таким понятием, которое будет наиболее точно отражать действительные механические свойства материала с учетом такого независимого переменного—как время.

Известно, что в теории ползучести ([7]), разработанной для бетонных и железобетонных конструкций, исходя из специфических свойств бетона стареть в течение времени, пользуются понятием модуля мгновенной деформации, который для бетона не является постоянным, а изменяется в течение времени, вплоть до достижения бетоном своей старости.

Учитывая то обстоятельство, что связные грунты, как и бетоны, меняют свои механические свойства в течение времени под воздействием тех или иных факторов, от понятия модуля упругости грунта ([2]) мы перешли к понятию модуля мгновенной деформации, который не является постоянным и изменяется в течение времени вплоть до достижения грунтом упруго-уплотненного состояния. Модуль мгно-

венной деформации соответствует конкретным физико-механическим свойствам грунта в определенный момент времени.

Что касается методики определения модуля мгновенной деформации, т. е. зависимости между мгновенными деформациями и напряжениями, то для этого необходимо оперировать не с одним, а с несколькими образцами-близнецами, имеющими одинаковые физико-механические свойства.

Для определения мгновенных деформаций по разным значениям нагрузок, образцы-близнецы грунта параллельно испытывались под несколькими нагрузками, путем их мгновенного, безударного нагружения с фиксацией мгновенных или условно-мгновенных деформаций (⁸).

Опыты проводились двумя способами: 1) способом испытания предварительно неуплотненных и 2) предварительно уплотненных образцов грунта нагрузками 0,25 *кг/см*² в течение одного часа. При этом по первому способу определялись условно-мгновенные деформации, а по второму способу—мгновенные деформации.

Нами были использованы четыре значения нагрузок: 0,25; 0,5, 1,0 и 2,0 *кг/см*².

Результаты испытания шести различных грунтов показали, что зависимость как между условно-мгновенными деформациями и напряжениями, так и между мгновенными деформациями и напряжениями с достаточной точностью выражается линейным законом.

Рассмотрим два примера определения вышеуказанной зависимости по двум вышеизложенным способам для грунта нарушенной структуры под лаборат. № 3454. Основные физические характеристики испытываемых образцов приведены в табл. 2 и 3. Опыты проводились под водой в приборах, указанных выше. В таблицах 2 и 3 помимо основных физических характеристик испытываемых образцов приведены значения внешних нагрузок, под которыми они испытывались в течение времени.

Таблица 2

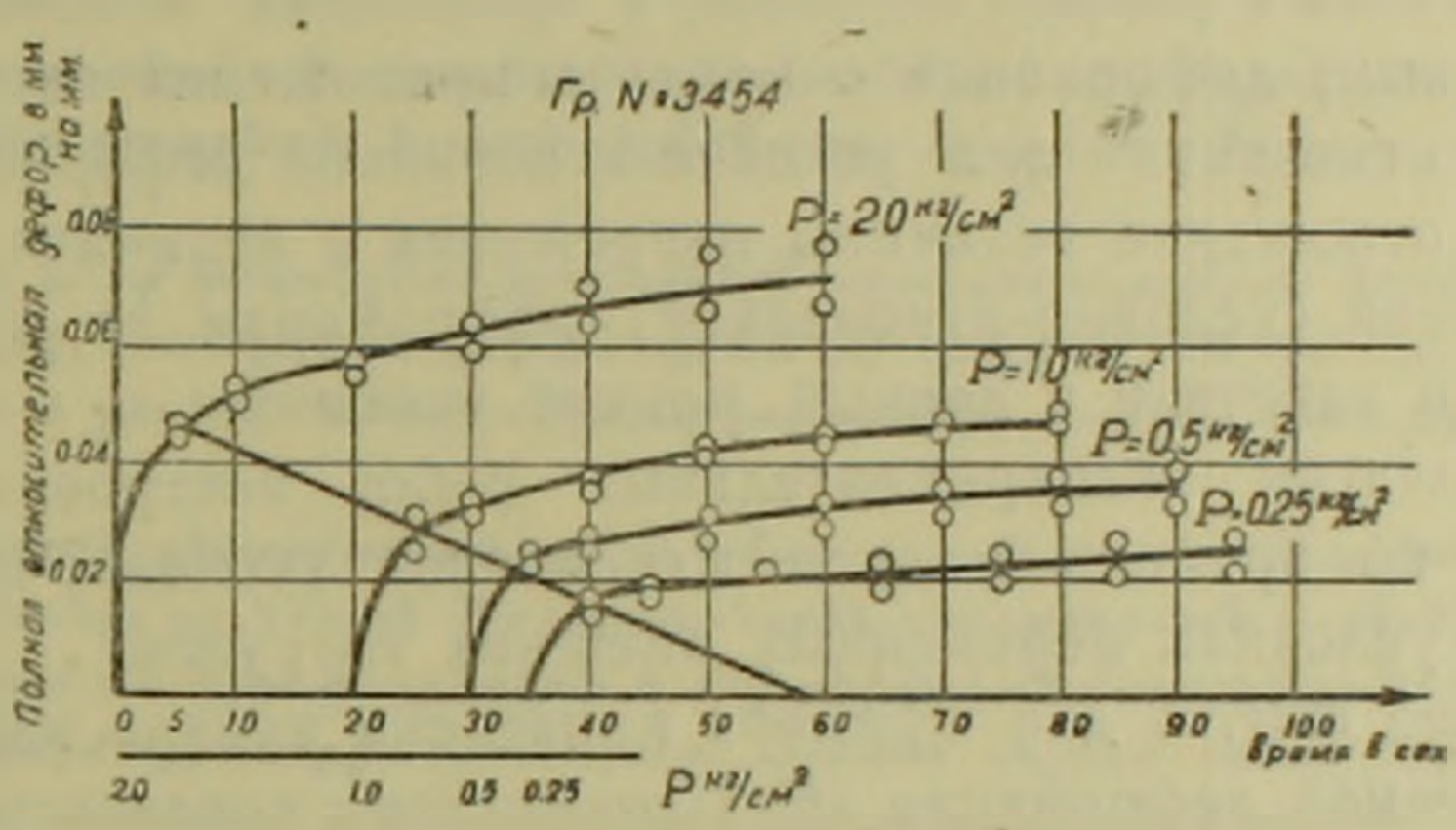
№ № п/п	№ № опытов	Удельный вес в *г/см*³	Объемный вес в *г/см*³	Влажн. в %	Коэффиц. порист.	Внешняя нагрузка в *кг/см*²
1	32—55	2,76	1,85	34,0	1,00	0,25
2	154—55	"	1,86	36,4	1,02	0,25
3	33—55	"	1,85	32,4	0,97	0,50
4	155—55	"	1,83	34,5	1,02	0,50
5	34—55	"	1,83	32,8	1,01	1,00
6	162—55	"	1,82	37,0	1,07	1,00
7	163—55	"	1,81	37,0	1,09	1,00
8	37—55	"	1,83	34,0	1,02	2,00
9	31—55	"	1,88	34,0	0,96	2,00

Результаты экспериментальных исследований приведены на графиках фиг. 2 и 3.

В этих графиках для построения кривых зависимостей между мгновенными (условно-мгновенными) деформациями и напряжениями использована двухшкальная ось абсцисс со шкалами времени и нагрузок.

Из графиков следует, что вышеуказанные зависимости с достаточной точностью выражаются линейным законом. При этом модуль мгновенной (условно-мгновенной) деформации определяется как отношение напряжения к относительной мгновенной (условно-мгновенной) деформации.

Наконец рассмотрим вопрос изменяемости во времени модуля мгновенной деформации, который тесно связан с переходом от понятия модуля упругости к понятию модуля мгновенной деформации.



Фиг. 2

Фиг 3.

Изменяемость механических свойств образца грунта во времени (старение) под действием постоянной нагрузки была показана на примере фиг. 1.

Для выяснения вопроса изменяемости мгновенных деформаций, когда внешняя нагрузка не постоянна, а нарастает во времени по не-

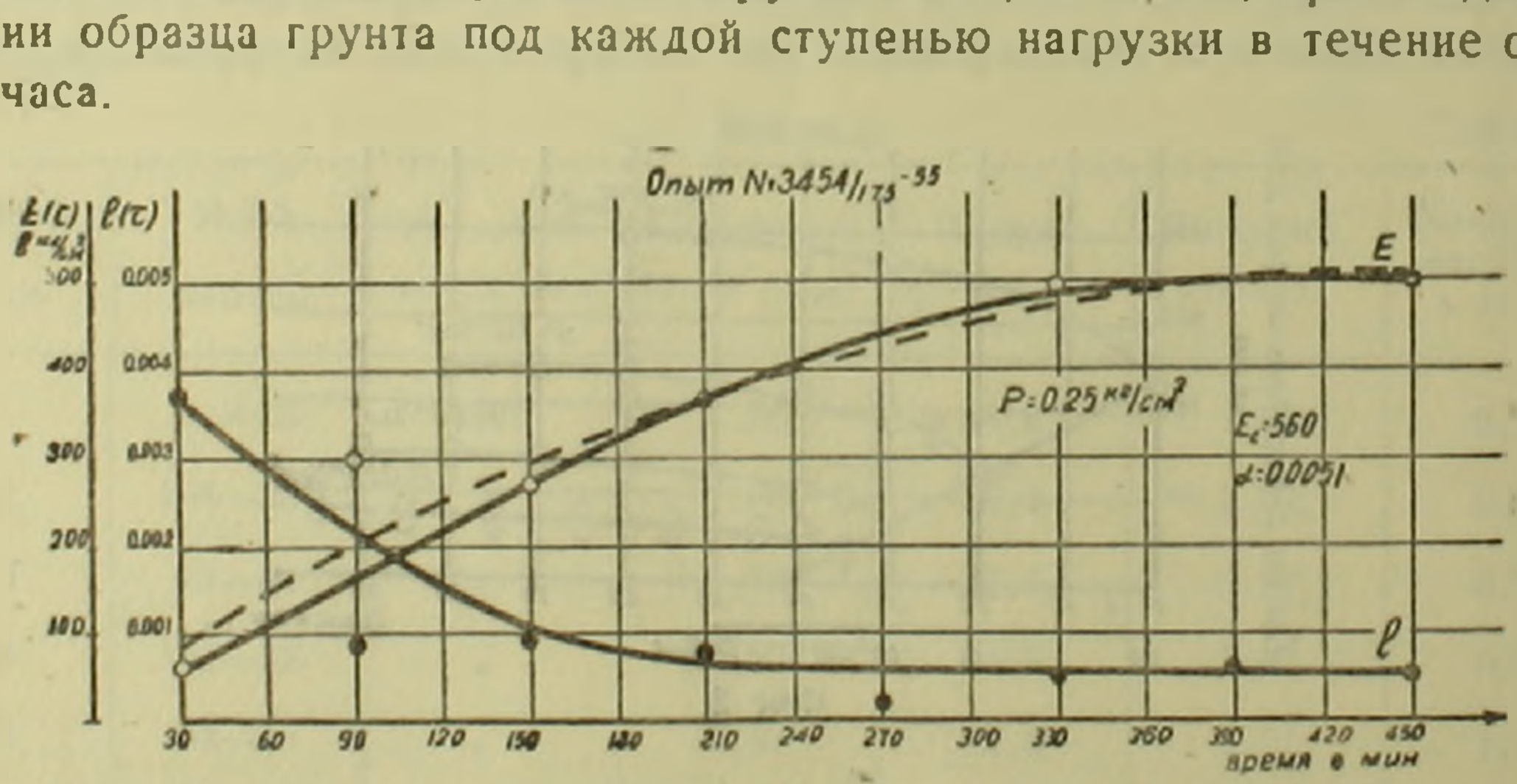
Таблица 3

№ № пп.	№ № опытов	Удельный вес в $г/см^3$	Объемный вес в $г/см^3$	Влажн. в $^0/_0{}^0/_0$	Коэффиц. порист.	Внешняя нагр. в $кг/см^2$
1	172—55	2,76	1,825	31,4	0,98	0,25
2	175—55	"	1,859	37,7	1,04	0,25
3	173—55	"	1,850	31,4	0,96	0,50
4	177—55	"	1,845	37,7	1,06	0,50
5	171—55	"	1,798	31,4	1,01	1,00
6	176—55	"	1,850	37,4	1,05	1,00
7	178—55	"	1,840	37,4	1,06	2,00

которому закону, рост нагрузок был представлен в виде последовательно приложенных равных ступеней с фиксацией мгновенных (условно-мгновенных) деформаций в моменты приложения нагрузок. При этом, модуль мгновенной или условно-мгновенной деформации определялся, как отношение величины напряжения к величине относительной мгновенной (условно-мгновенной) деформации от приложения данной ступени нагрузки в данный момент времени.

По результатам экспериментальных работ построены графики изменяемости во времени модуля мгновенной (условно-мгновенной) деформации в условиях переменных внешних нагрузок.

На графике фиг. 4 для примера приведена кривая изменяемости модуля мгновенной деформации (E_τ) совместно с соответствующей ей кривой изменяемости относительных мгновенных деформаций (l_τ) во времени рассмотренного выше нами грунта при последовательном приложении равных ступеней нагрузок по 0,25 $кг/см^2$, при выдерживании образца грунта под каждой ступенью нагрузки в течение одного часа.



Фиг. 4

Кривая изменяемости во времени модуля мгновенной деформации описана известным выражением (1) из теории ползучести Н. Х. Арутюняна ([7])

$$E(\tau)=E_c\,(1-\beta e^{-\alpha\tau}) \qquad (1)$$

при $\beta=1$ и соответствующем подборе параметров E_c и α по экспериментальной кривой (значения параметров показаны на графике). Построенная кривая по вышеуказанной зависимости на графике фиг. 5 показана пунктирной линией.

В вышеприведенной зависимости $E(\tau)$—модуль мгновенной деформации при возрасте материала τ.

Институт стройматериалов и сооружений
Академии наук Армянской ССР

Ս· Ռ. ՄԵՍՉՅԱՆ

Կապակցված գրունտների սեղմման առաձգականության բնութագրերի էքսպերիմենտալ որոշման հարցի շուրջը

Հայտնի է, որ կապակցված գրունտների առաձգականության հաստատունների որոշման ժամանակ, առաձգական դեֆորմացիաները որոշվում են նմուշը հետևողականորեն բեռնավորման և բեռնաթափման միջոցով լարումների տարբեր մեծությունների պայմաններում։

Առաձգական դեֆորմացիաների որոշման վերոհիշյալ մեթոդիկան ունի այն կարևոր թերությունը, որ նմուշի հետևողականորեն բեռնավորման և բեռնաթափման ժամանակ փոփոխվում են նրա ֆիզիկական և մեխանիկական հատկությունները ի հաշիվ ճկացորդային դեֆորմացիաների, հետևաբար, այսպես կոչված «առաձգական դեֆորմացիաները», որոնք ստացվում են նմուշի բեռնավորման-բեռնաթափման տարբեր ցիկլերից համեմատելի չեն իրար հետ։

Վերոհիշյալ մեթոդիկայի կարևոր թերություններից մեկն էլ այն է, որ հաշվի չի առնվում այնպիսի կարևոր անկախ փոփոխականի ազդեցությունը, ինչպիսին—ժամանակն է։

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ վերոհիշյալ եղանակով որոշված այսպես կոչված «առաձգականության մոդուլը» չի համապատասխանում իր իսկական կոչմանը, քանի որ հաշվարկի հիմքում ընկած «առաձգական դեֆորմացիաների» մեջ մտնում են նաև մողքային դեֆորմացիաները, ապա առաձգականության մոդուլի փոխարեն առաջարկվում է որոշել ակնթարթային դեֆորմացիայի մոդուլը։ Ըստ որում ակնթարթային դեֆորմացիայի մոդուլը դիտվում է որպես փոփոխական մեծություն։

Ակնթարթային դեֆորմացիայի մոդուլի էքսպերիմենտալ որոշման էությունը կայանում է նրանում, որ մի քանի նմուշներ, որոնք ունեն միևնույն ֆիզիկական և մեխանիկական հատկությունները, բեռնավորվում են տարբեր մեծություն ունեցող բեռներով և որոշվում է ակնթարթային դեֆորմացիաները։

Փորձերը կատարվել են երկու եղանակով՝

1. Նմուշների ոչ նախնական ճնշման և 2) նմուշները նախնական ճնշման եղանակներով։ Ըստ որում, առաջին դեպքում որոշվել են պայմանական—ակնթարթային դեֆորմացիաները (որոնք համապատասխանում են բեռնավորումից հետո 5-րդ վայրկյանին), իսկ երկրորդ եղանակով՝ ակնթարթային դեֆորմացիաները։ Էքսպերիմենտների միջոցով պարզված է, որ խախտված ստրուկտուրա ունեցող գրունտների համար ակնթարթային և պայմանական—ակնթարթային դեֆորմացիաների ու լարվածությունների միջև ճշտության նույնատրելի սահմաններում գոյություն ունի գծային կապ և ակնթարթային ու պայմանական—ակնթարթային դեֆորմացիայի մոդուլների փոփոխման կորը ժամանակի ընթացքում գրանցվում է Ն. Մ. Հարությունյանի սողքի տեսության հայտնի առնչությամբ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Д. Д. Баркан*, Динамика оснований и фундаментов, изд. Стройвоенмориздат, М., 1948. [2] *Р. З. Ляндрес*, Сборник трудов, № 16, Вибрации оснований и фундаментов, М., 1950. [3] *О. А. Савинов*, Фундаменты под машины, изд. лит-ры по ст-ву и ар-ре, Л.—М., 1955. [4] *Н. Я. Денисов*, О природе деформирования глинистых пород, изд. Минречфлота, М., 1951. [5] *Г. И. Тер-Степанян*, Изв. АН Арм ССР, серия ФМЕТ наук, т. IX, № 4, 1956. [6] *С. Р. Месчян*, ДАН АН Арм. ССР, т. XXIII, № 2, 1956. [7] *Н. Х. Арутюнян*, Некоторые вопросы теории ползучести, Изд. технико-теоретической лит., М., 1952. [8] *С. Р. Месчян*, ДАН АН Арм ССР, т. XXI, № 2, 1955.