

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

К вопросу о законе наложения для деформации ползучести
 связных грунтов при сжатии

(Представлено Н. Х. Арутюняном 8. VI. 1957)

Закон наложения для деформации ползучести материала является одним из основных предпосылок теории ползучести (1, 2). Для определения возможности применения указанной теории к связным грунтам (3) при их сжатии в условиях отсутствия бокового расширения, наряду с экспериментальной проверкой других предпосылок (4, 5, 6), необходима экспериментальная проверка закона наложения для деформации ползучести грунтов.

Закон наложения в теории ползучести применяется для перехода от деформаций ползучести, определенных при постоянных напряжениях, к определению деформаций ползучести при переменных напряжениях. Сущность закона наложения для деформации ползучести непосредственно вытекает из основного интегрального уравнения теории ползучести (1), которое получено из условия непрерывного роста напряжения. Если, для простоты, непрерывный рост напряжений, для материала, обладающего свойством старения, заменить ступенчатым нагружением, то при линейной и нелинейной ползучести закон наложения для деформации ползучести можно выразить выражениями вида (1) и (2):

$$I_n(t) = P_0(\tau_0) C(t, \tau_0) + P_1(\tau_1) C(t, \tau_1) + \dots + P_n(\tau_n) C(t, \tau_n) \quad (1)$$

$$I_n(t) = F[P_0(\tau_0)] C(t, \tau_0) + F[P_1(\tau_1)] C(t, \tau_1) + \dots + F[P_n(\tau_n)] C(t, \tau_n) \quad (2)$$

где (1): $C(t, \tau) = \varphi(\tau) [1 - e^{-\tau(t-\tau)}]$ (3)

$$\varphi(\tau) = C_0 + \frac{A_0}{\tau} \quad (4)$$

- $F[P]$ — функция напряжений, определенная из экспериментов (6);
- P — приращение напряжений;
- τ — момент приложения нагрузки, который соответствует данному возрасту материала;

t — момент времени, для которого определяется деформация;
 C_0 , A_0 и γ — параметры.

Из выражений (1) и (2) следует, что деформация ползучести от ступенчатого нагружения к моменту времени t (фиг. 1, а и 1, б) может быть определена суммированием деформаций ползучести, полученных при испытании образцов материала постоянными единичными нагрузками в возрастах, соответствующих его возрасту в моменты приложения нагрузок (фиг. 1, в), т. е. для проверки справедливости закона наложения необходимо сопоставить кривую деформации ползучести от ступенчатого нагружения с кривой деформаций ползучести, определенной суммированием приращений деформации от приращения напряжений. А это, в свою очередь, значит, что для выполнения экспериментальной проверки справедливости закона наложения необходимо экспериментально определить кривые деформации ползучести, соответствующие разным „возрастам“ материала (фиг. 1, в).

Рассмотрим методику определения деформации ползучести связанного грунта в разных состояниях его физико-механических свойств.

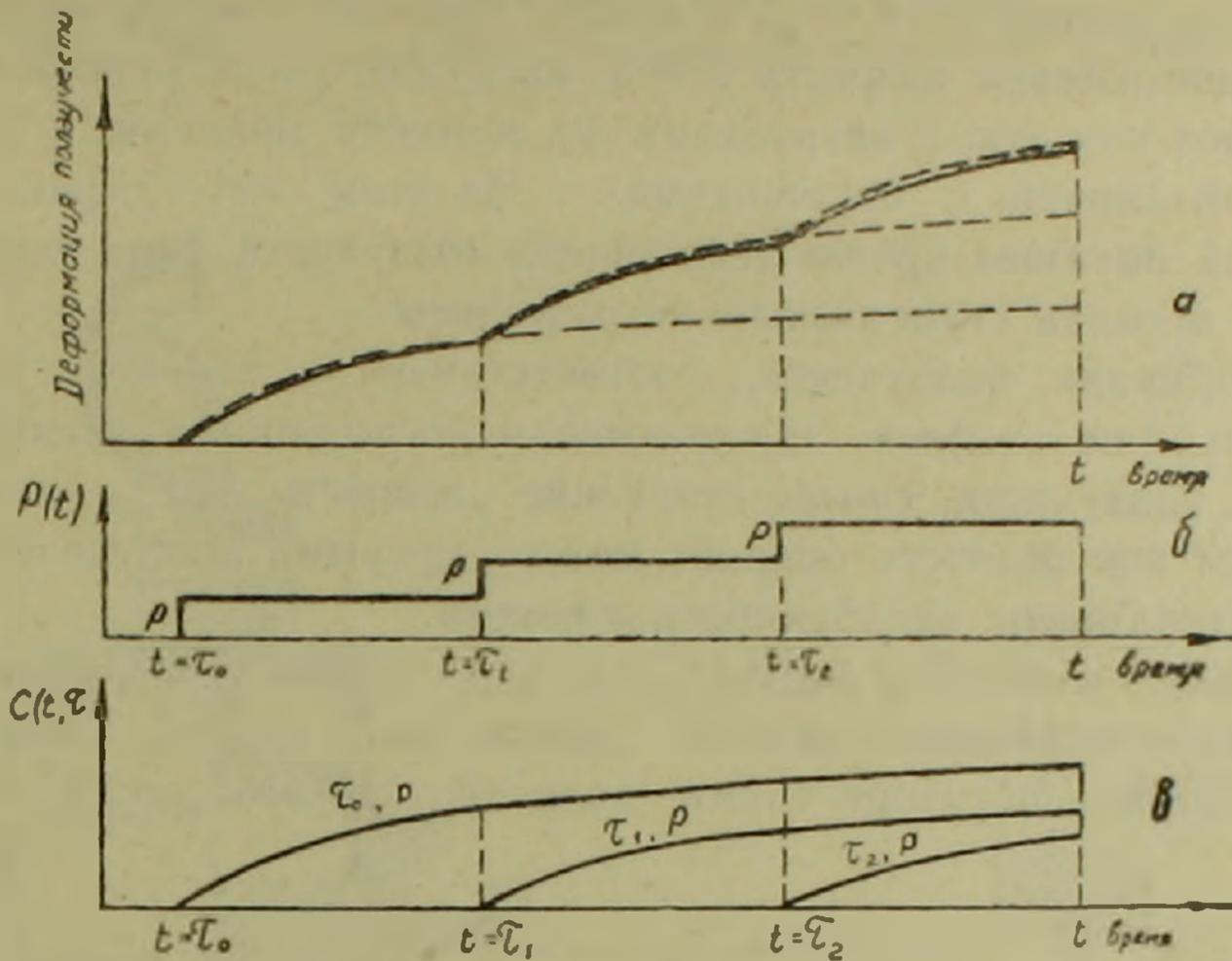
Известно, что, при приложении внешней нагрузки к образцу грунта, он в каждый момент времени приобретает определенные физико-механические свойства, отличные от свойств, соответствующих предыдущим моментам времени, как за счет уплотнения, так и за счет протекания внутренних физико-химических процессов⁽⁷⁾. Способность грунта изменять свои физико-механические свойства по указанным выше причинам, по аналогии со старением бетона, названо нами⁽⁴⁾ „старением“ грунта. При этом, конечно, надо иметь в виду то обстоятельство, что старение бетона обусловлено только его внутренними физико-химическими процессами, протекающими в течение времени, тогда как „старение“ грунта обусловлено как его уплотнением, так и протеканием внутренних физико-химических процессов в течение времени.

В связи с вышеизложенным, отметим, что, если для исследования влияния возраста бетона на его ползучесть обычно изготавливаются образцы-близнецы, которые выдерживаются некоторое время без нагрузки и после достижения требуемого возраста подвергаются испытанию, то ясно, что для исследования деформации ползучести грунта в разных его возрастах этого недостаточно. Для исследования влияния „возраста“ грунта на его ползучесть надо считаться как с фактором протекания внутренних физико-химических процессов, так и его уплотнением в течение времени.

В целях достижения полного соответствия между физико-механическими свойствами ступенчато-нагруженного образца в моменты приложения ступеней нагрузок с физико-механическими свойствами образцов, подлежащих исследованию в возрастах, соответствующих моментам приложения ступеней нагрузок, мы воспользовались методикой, изложенной ниже.

Для исследования деформации ползучести грунта $C(t, \tau_0)$, соответствующей „возрасту“ $t = \tau_0$ (фиг. 1, а), достаточно было изготовить

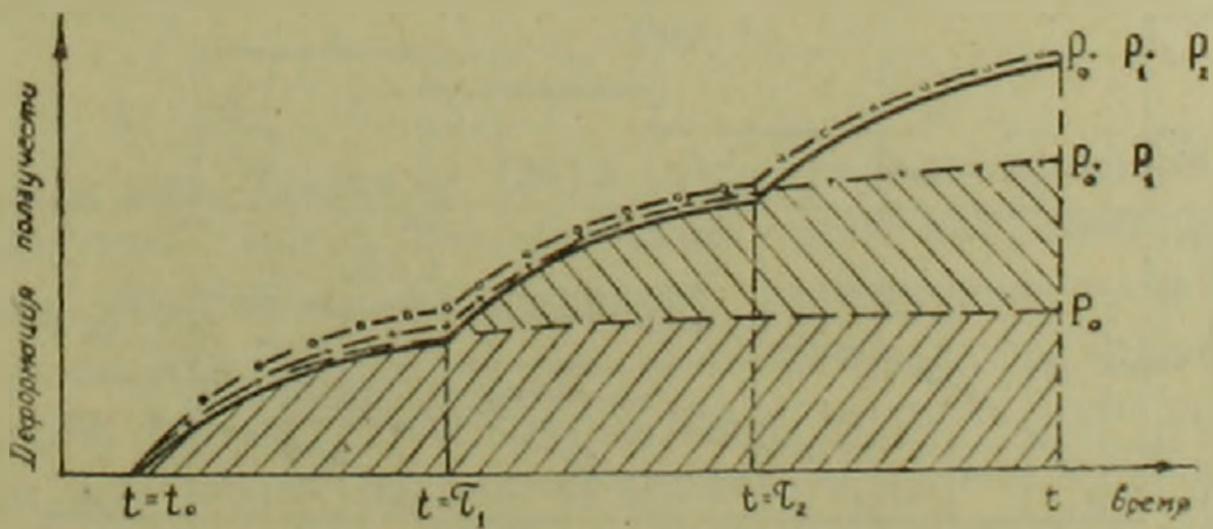
образец-близнец, обладающий физико-механическими свойствами ступенчато-нагруженного образца в момент приложения первой ступени нагрузки (фиг. 1, а и 1, б), и нагрузить постоянной единичной нагрузкой



Фиг. 1.

P и выдержать до момента времени t . Для исследования деформации ползучести грунта, соответствующей „возрасту“ грунта в момент приложения некоторой ступени нагрузки, приготавливали образец-близнец, обладающий физико-механическими свойствами („возрастом“) ступенчато-нагруженного образца в момент приложения первой ступени нагрузки и уплотняли точно так, как был уплотнен ступенчато-нагруженный образец при достижении интересующего нас возраста.

Порядок нагружения образцов-близнецов показан на фиг. 2.



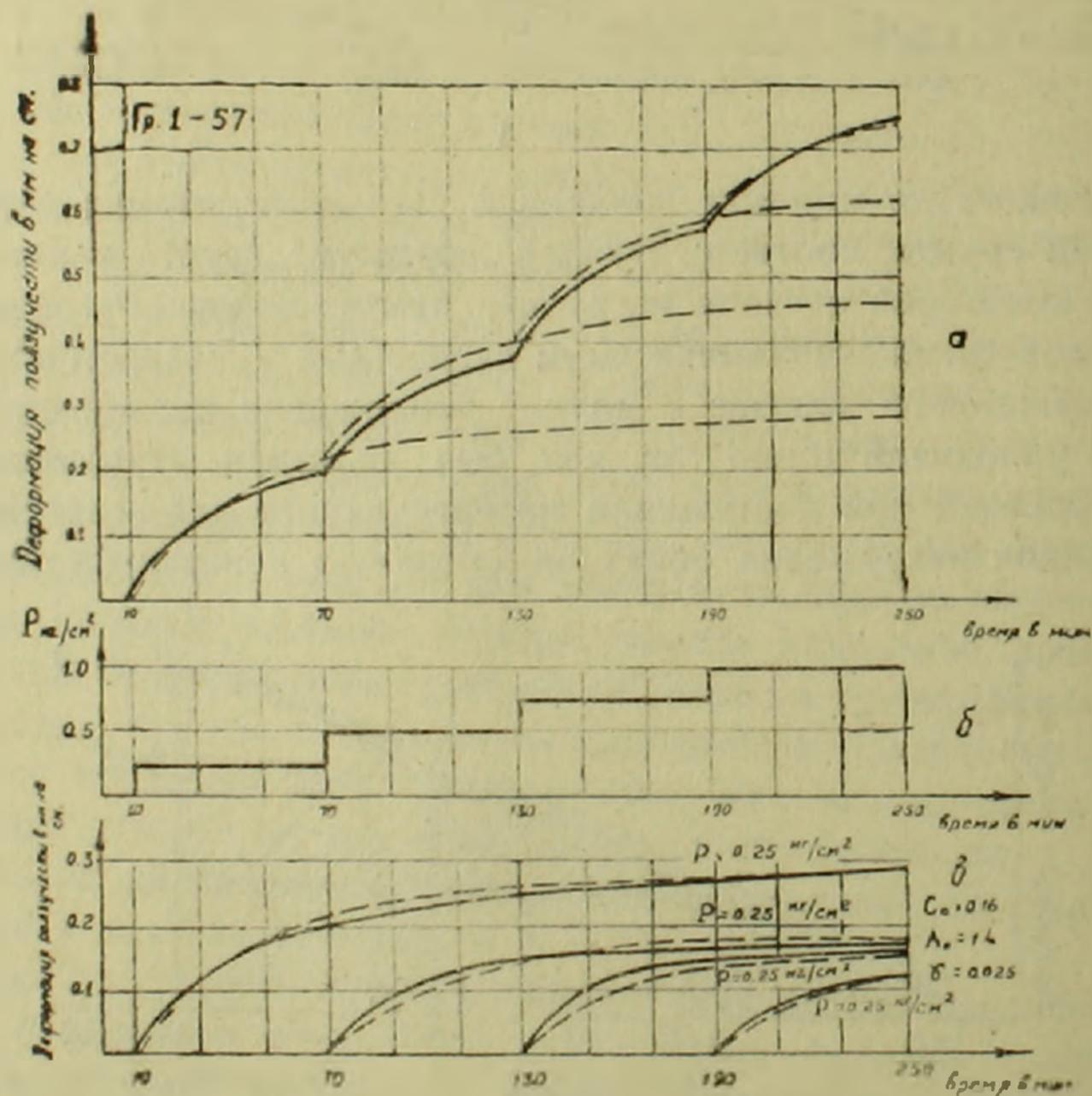
Фиг. 2.

В соответствии с вышесказанным для испытания образца грунта в „возрасте“ $t = \tau_0$ (фиг. 2) необходимо образец-близнец нагрузить нагрузкой P_0 в указанном возрасте и выдержать под нагрузкой до момента времени t (показано пунктиром). Для испытания образца в „возрасте“ $t = \tau_1$ другой образец-близнец в „возрасте“ $t = \tau_0$ нагружается нагрузкой P_0 и, после достижения „возраста“ $t = \tau_1$, нагрузкой P_1 и

выдерживается под ними до момента времени t (показано пунктирной линией с крестиками). И, наконец, для приведения третьего образца-близнеца в „возраст“ $t = \tau_2$ он сперва уплотняется нагрузкой P_0 , приложенной в „возрасте“ $t = \tau_0$, в момент времени $t = \tau_1$ — нагрузкой P_1 и после достижения возраста $t = \tau_2$ нагружается нагрузкой P_2 и выдерживается под этими нагрузками до момента времени t (показано пунктирной линией с кружочками). На этом же графике сплошной линией показана кривая деформации ползучести, определенная испытанием образца ступенчатым нагружением.

Деформации ползучести, соответствующие возрасту $t = \tau_0$, на указанном выше графике заштрихованы восходящими линиями, а деформации ползучести, соответствующие „возрасту“ $t = \tau_1$, которые определяются как разность ординат между кривыми ползучести $(P + P_1)$ и P_0 , заштрихованы нисходящими линиями.

Из вышесказанного следует, что, если кривые деформации ползучести, соответствующие разным „возрастам“ грунта, определяются после доведения образцов грунта до необходимого „возраста“ уплот-

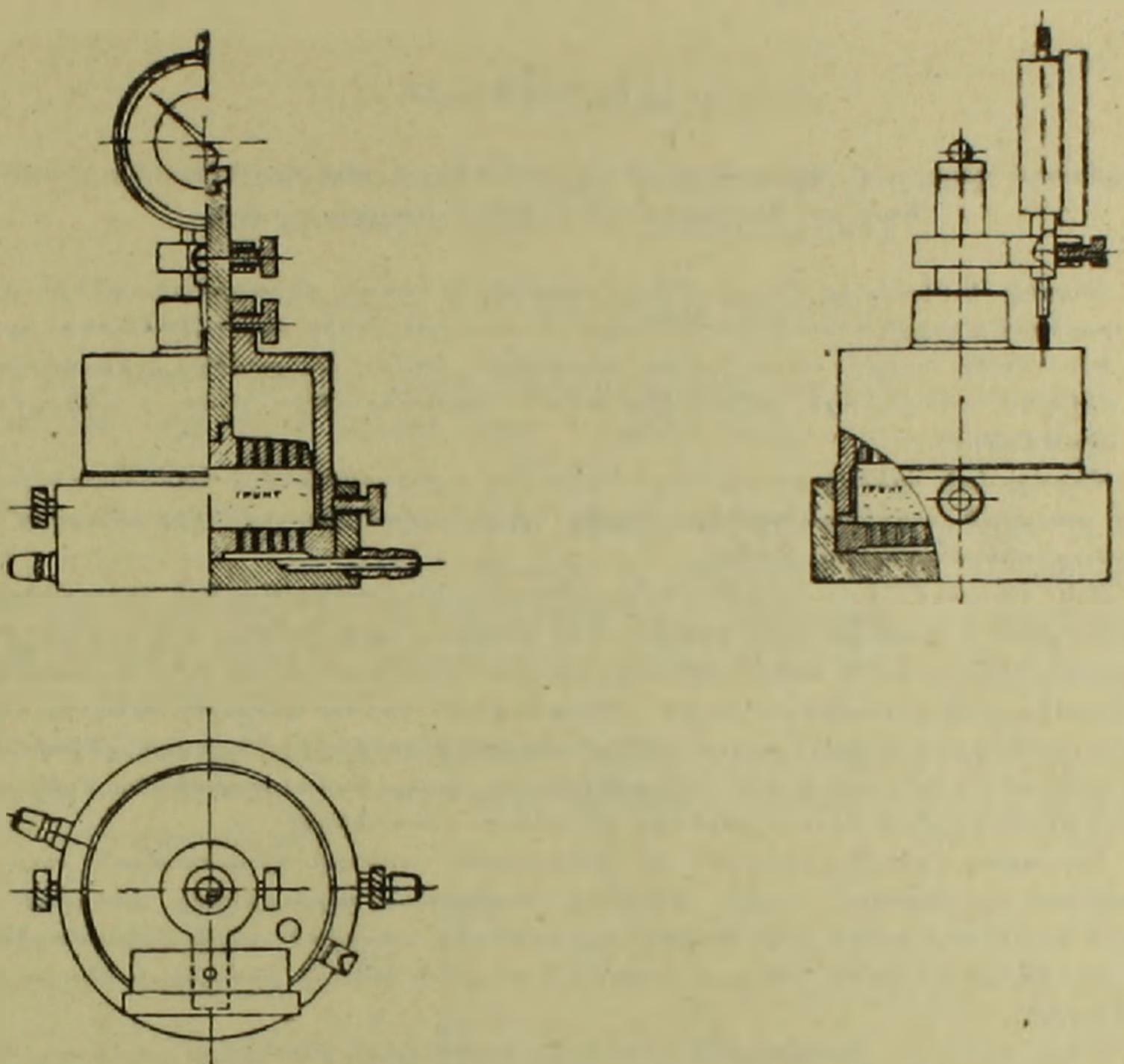


Фиг. 3.

нением путем их ступенчатого нагружения, то ясно, что расхождение между кривой, построенной путем суммирования элементарных приращений деформаций от приращений напряжений, и кривой, определенной ступенчатым нагружением образца, будет в пределах точности параллельных испытаний образцов-близнецов.

Следовательно, весь вопрос перехода от деформации ползучести при постоянных нагрузках к определению деформации ползучести при переменных нагрузках сводится к описанию семейства кривых ползучести грунта (4), определенных в разных его возрастах, от точности которого и зависит точность указанного перехода.

На фиг. 3,в для примера приведено описание семейства кривых



Фиг. 4.

ползучести зависимостями (3) и (4), определенных приведенным выше способом, при сжатии шенгавитской глины нарушенной структуры в условиях невозможности бокового расширения в приборах нашей конструкции (фиг. 4), а на фиг. 3,а сопоставлена кривая деформации ползучести, определенная ступенчатым нагружением равными ступенями по $0,25 \text{ кг/см}^2$ (сплошная линия) с кривой деформации ползучести, определенной по зависимостям (1), (3) и (4) при соответствующем подборе параметров γ_0 , C_0 и A_0 .

Кривые эти дают довольно хорошее совпадение.

Следует отметить, что приведенный выше способ исследования образцов грунта в разных его возрастах путем испытания нескольких образцов-близнецов диктовался необходимостью исключения влияния

предыдущих ступеней нагрузок. однако, если деформации ползучести от предыдущих нагрузок успевают затухать за период выдерживания образца под предыдущими ступенями, или же это влияние незначительное, то без большой погрешности указанные выше определения можно будет выполнить испытанием только одного образца⁽⁴⁾.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ռ. ՄԵՍՉԻԱՆ

Սեղմման դեպքում կապակցված գրունտների սողքի դեֆորմացիաների համար վերադրման օրենքի հարցի շուրջը

Հայտնի է (1,2), որ սողքի դեֆորմացիաների համար վերադրման օրենքն իրենից ներկայացնում է սողքի տեսութայան հիմնական նախադրյալներից մեկը: Հետևաբար, գրունտների նկատմամբ սողքի տեսությունը կիրառելու համար անհրաժեշտ է էքսպերիմենտների միջոցով ստուգել այդ օրենքի կիրառման հնարավորությունը սողքի դեֆորմացիաների նկատմամբ:

Վերադրման օրենքը սողքի տեսութայան մեջ օգտագործվում է հաստատուն լարումներից ստացված սողքի դեֆորմացիաներից՝ փոփոխական լարումներից ստացվող սողքի դեֆորմացիաներն որոշելու համար:

Այն դեպքում, երբ նյութն ունի «ծերացման» հատկություն և լարումների աճը պատկերացված է աստիճանաձև, դժային և ոչ դժային սողքի համար, այդ օրենքը կարելի է ներկայացնել (1) և (2) առնչություններով: Դա նշանակում է, որ նմուշի աստիճանաձև բեռնավորումից ստացված սողքի դեֆորմացիան կարելի է որոշել միավոր, հաստատուն լարումներից ստացված սողքի դեֆորմացիաների գումարից, երբ այդ դեֆորմացիաներն որոշված են նմուշների այն «հասակներում», որոնք համապատասխանում են աստիճանաձև բեռնավորված նմուշի բեռները կիրառելու «հասակին»:

Հոգվածում ցույց է տրված, որ վերադրման օրենքի կիրառության ստուգումը կապակցված գրունտների համար, այսինքն հաստատուն լարումներից ստացված սողքի դեֆորմացիաներից դեպի փոփոխական լարումներից ստացված սողքի դեֆորմացիաների անցումն, վերջին հաշվով հանդում է սողքի ծերացման կորերի ընտանիքի նկարագրման հարցին (4):

Մեկ օրինակի վրա ցույց է տրված, որ այդ կորերի ընտանիքը բավարար ճշտությամբ նկարագրվում է սողքի տեսութայան (3) և (1) առնչություններով: Ցույց է տրված նաև, որ (1), (3) և (4) առնչություններով կառուցված տեսական կորը փոքր չափով է տարբերվում աստիճանաձև բեռնավորումից ստացված սողքի դեֆորմացիաների էքսպերիմենտալ կորից:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- 1 Н. Х. Арутюнян, Некоторые вопросы теории ползучести, Изд. технико-теоретич. лит., М., 1952. 2 П. И. Васильев, Изв. ВНИИГ, т. 49, 1953. 3 В. А. Флорин, Изв. АН СССР, ОТН, № 6, 1953. 4 С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXI, № 2 (1955). 5 С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXIII, № 3 (1956). 6 С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXIV, № 2 (1957). 7 С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXIII, № 2 (1956).