

УДК 624.15:624.042

В.Л. Дедов

Расчет значения модуля упругости
связных грунтов под воздействием
повторных вертикальных нагрузок

Исследования проводили в лаборатории механики грунтов ТГТУ на компрессионных приборах. Грунты (суглинок и супесь) отбирали в Красненском карьере г. Тамбова.

Модуль упругости E и ν еляли методом компрессионного сжатия по результатам испытаний образцов грунта в компрессионных приборах (рис. 1), исключающих возможность бокового расширения образца грунта при его нагружении вертикальной нагрузкой.

Для испытаний использовали образцы грунта с природной влажностью, изготовленные методом режущего кольца (рабочего кольца одометра). Образец грунта в рабочем кольце взвешивали, покрывали с торцов влажными фильтрами и помещали в компрессионный прибор. После помещения образца проводили следующие операции:

- 1) устанавливали образец на перфорированный штамп;
- 2) регулировали механизм нагружения образца;
- 3) устанавливали приборы для измерения вертикальных деформаций образца;
- 4) запи 4 вали начальные показания приборов.

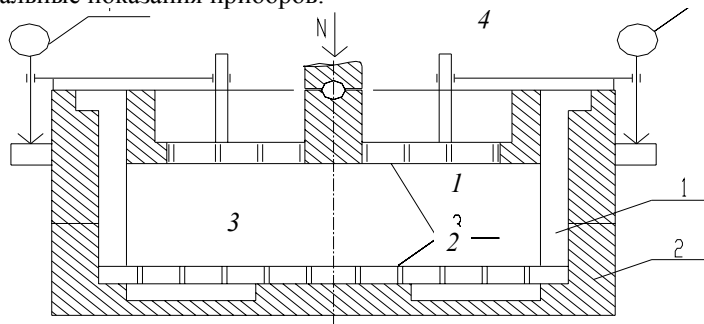


Рис. 1 Схема компрессионного прибора (одометра):

1 – компрессионное кольцо; 2 – корпус прибора;

3 – перфорированные штампы; 4 – индикаторы

В [1, 2] показано, что повторные нагружения вызывают изменение прочностных характеристик грунтов. Для выяснения данного вопроса проводили многочисленные исследования. Циклические испытания проводились на грунтах как ненарушенной, так и нарушенной структуры, поэтому для грунтов нарушенной структуры необходимо осуществить их подготовку для дальнейших испытаний. Подготовка грунта заключается в изготовлении образцов с заданными значениями влажности и плотности сухого грунта. Осуществляем уплотнение грунта послойным трамбованием непосредственно в рабочем кольце, заполнение объема которого обеспечивает заданную плотность сухого грунта. После уплотнения рабочее кольцо помещаем в компрессионный прибор, производим регулировку механизма вертикальной нагрузки и далее приступаем к циклическим испытаниям.

На основании исследований выяснили основные факторы, влияющие на изменение значения модуля упругости. Ими являются: вид связного грунта, структура связного грунта; количество циклов нагружения N ; величина вертикального давления σ , коэффициента асимметрии цикла ρ_c , скорости нагружения f_c , плотности грунта ρ ; нестационарное нагружение с возрастанием вертикального давления.

Для расчета значения модуля упругости E после действия повторных нагружений была проведена аппроксимация полученных опытных данных. Общее значение модуля упругости для совместного действия статической и циклической нагрузок E_{tot} определяется как

$$E_{tot} = E_{stat} + E_{cyc}, \quad (1)$$

где E_{stat} – модуль упругости, определяемый от действия статической нагрузки по [3, п. 6.5]; E_{cyc} – модуль упругости, определяемый от действия циклической нагрузки по формуле

$$E_{cyc} = N \cdot \sum K_i, \quad (2)$$

где N – количество циклов нагружения; $\sum K_i$ – сумма коэффициентов, учитывающих повышение значения модуля упругости от различных факторов, описанных выше.

Разные уровни нагружения σ учитываются коэффициентом K_σ :

$$K_\sigma = 0,007\sigma + 0,0036, \quad (3)$$

где σ – уровень нагружения, МПа.

Изменение значения модуля упругости с ростом коэффициента асимметрии цикла ρ_c учитываем, подставляя в формулу (2) коэффициент K_{ρ_c} :

$$K_{\rho_c} = 0,0823 - 0,1532\rho_c, \quad (4)$$

где ρ_c – коэффициент асимметрии цикла.

Модуль упругости E определяется с учетом разной плотности грунта по формуле (2) и оценивается коэффициентом K_ρ :

$$K_\rho = 0,1575\rho - 0,243, \quad (5)$$

где ρ – плотность грунта, г/см³.

Изменение значений относительных деформаций (статических и циклических) в зависимости от разной плотности грунта показано на рис. 2.

Нестационарные нагрузки также оказывают влияние на динамику роста модуля упругости. При увеличении уровня нагружения происходит дополнительное увеличение деформаций, вследствие самого скачка нагружений. Данное дополнительное увеличение деформаций учитывается в расчетах с помощью коэффициента $K_{\sigma_{\max}}$:

$$K_{\sigma_{\max}} = 0,5175 \sigma_{\max} - 0,073, \quad (6)$$

где σ_{\max} – уровень максимального нагружения, МПа.

Изменение значения модуля упругости с ростом скорости нагружения учитываем, подставляя в формулу (2) коэффициент K_{f_c} :

$$K_{f_c} = 0,0969 - 0,9119 f_c, \quad (7)$$

где f_c – скорость нагружения, циклов/мин.

Итак, с учетом всех исследуемых параметров формула (2) приобретает вид:

$$E_{\text{cyc}} = N (K_{\sigma} + K_{\rho_c} + K_{\rho} + K_{\sigma_{\max}} + K_{f_c}). \quad (8)$$

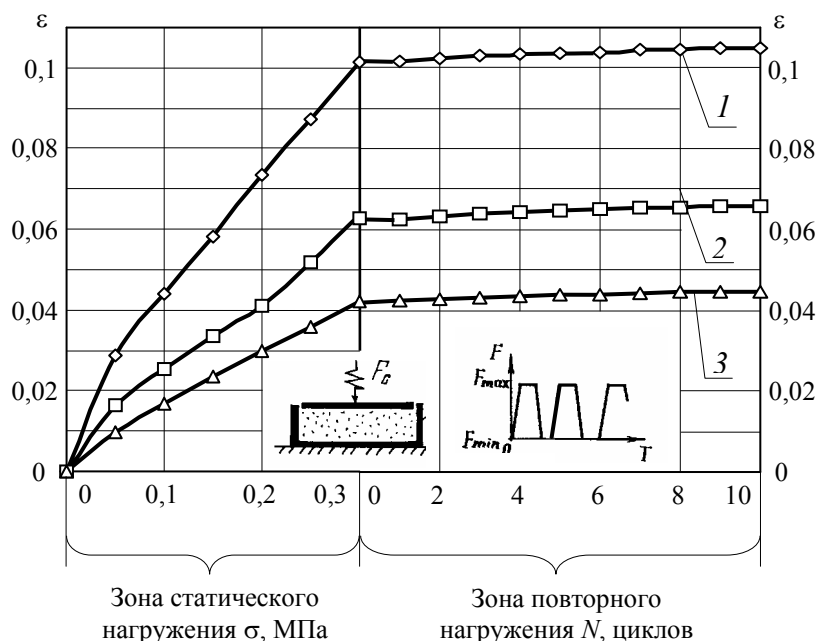


Рис. 2 Зависимость относительных деформаций от величины статического и повторного нагружений для супеси нарушенной структуры при $f_c = 0,1$ ц/мин; $W = 0,076$ и ρ , г/см³:
1 – 1,6; 2 – 1,7; 3 – 1,8

С помощью данной зависимости можно оценить значение модуля упругости E после повторных нагружений с учетом всех перечисленных выше параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Леденев, В.В. Исследование оснований заглубленных фундаментов при действии плоской системы сил : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.В. Леденев. Тамбов, 1996.
- 2 Евдокимцев, О.В. Влияние повторности нагружения на перемещения и несущую способность основания : автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.В. Евдокимцев. Тамбов, 2001.
- 3 ГОСТ 26447–85. Породы горные. Метод определения механических свойств глинистых пород при одноосном сжатии : Постановление Государственного комитета СССР по стандартам № 379 от 26.02.1985. Срок действия установлен / Министерство геологии СССР.
- 4 СНИП 2.02.01.83*. Основания зданий и сооружений / Министерство строительства Российской Федерации. М., 1995.