

УДК 624.131

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ
ПРИ РЕЖИМНОМ ДЛИТЕЛЬНОМ ТРЕХОСНОМ
НАГРУЖЕНИИ**

Мирсаяпов И.Т., Королева И.В., Чернобровкина О.Ю.
*ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Казань, Россия*

Приведены результаты экспериментальных исследований прочности и деформаций глинистых грунтов в условиях трехосного сжатия при ступенчатом режимном длительном нагружении, моделирующем последовательность нагружения основания. Получены новые данные о развитии объемных и линейных деформаций в зависимости от режима нагружения и длительности действия нагрузки.

The Results over of experimental studies of strength and deformation of clay soils in a triaxial compression with stepwise modal long-term loading, simulating the sequence of loading the base. The new data on the development of linear and volumetric strain, depending on the mode of loading and duration of the load.

В практической геотехнике используются модели механического поведения грунта, требующие определения параметров из опытов на приборах трехосного сжатия. Такой подход позволяет моделировать напряженно-деформированное состояние грунта под фундаментом и таким образом перенести результаты испытаний малых образцов на прогноз конечной величины осадок зданий

и сооружений с учетом длительности в реальных условиях. При деформировании глинистых грунтов под нагрузкой ощутимы временные эффекты: релаксация, ползучесть и снижение прочности при длительном воздействии, т.е. происходит изменение напряженно-деформированного состояния во времени.

В реальных условиях строительства и эксплуатации нагрузки на грунтовое основание прикладываются поэтапно по мере возведения здания или сооружения. При этом чередуются этапы активного нагружения и длительной выдержки образца под нагрузкой.

Основываясь на том, что в основаниях, сложенных глинистыми грунтами, напряженно-деформированное состояние зависит от истории предшествующего нагружения, учет особенностей деформирования глинистых грунтов при режимном длительном нагружении дает возможность более точно изучить реальные свойства грунтов, и таким образом приблизить теоретические прогнозы к реальному поведению грунтов оснований. В связи с этим экспериментальное изучение напряженно-деформированного состояния глинистых грунтов в условиях режимного длительного трехосного сжатия является актуальной задачей.

Испытывались образцы глинистого грунта нарушенной структуры со следующими характеристиками: $W = 23 \%$, $W_p = 22,8\%$, $W_L = 40,1 \%$, $\rho = 1,94 \text{ г/см}^3$, $I_p = 17,3 \%$.

После изготовления образца были отобраны пробы грунта и определены его прочностные характеристики: $\varphi = 20,6^\circ$, $c = 67,47 \text{ кПа}$. Отклонение по плотности и влажности в пределах высоты образца составили менее 1 % от заданных величин, что позволило считать образец однородным.

Испытания проводились в приборе трехосного сжатия (рис. 1) в условиях трехосного режимного длительного статического нагружения, особенностью которого было чередование этапов ступенчатого приложения девиаторного нагружения и длительной выдержки образца под нагрузкой (рис. 2): на первом этапе образец подвергался всестороннему обжатию при $\sigma_m = 80 \text{ кПа}$, затем образец при постоянном значении бокового давления $\sigma_2 = \sigma_3 = 80 \text{ кПа}$ подвергался ступенчатому режимному девиаторному нагружению. Величина ступени составляла от 90 кПа, длительность выдержки до 5 суток.

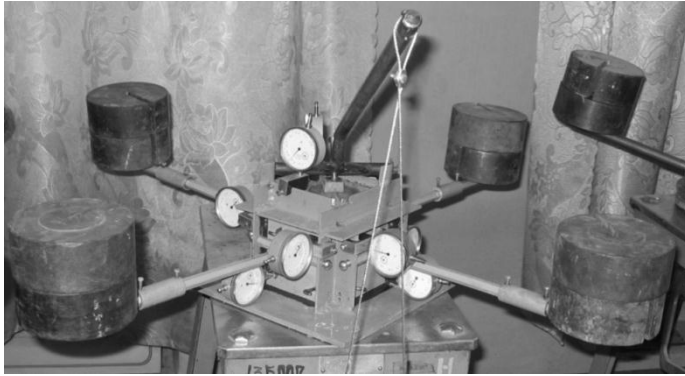


Рис. 1. Внешний вид прибора трехосного сжатия

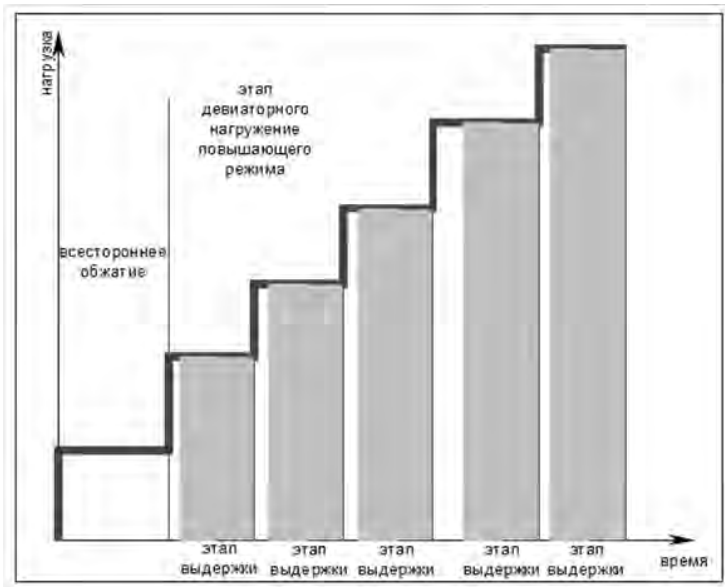


Рис. 2. Режимы нагружения

По результатам испытаний построены графики зависимости между средними напряжениями σ_m и объемными деформациями ϵ_v , между интенсивностью касательных напряжений τ_i и интенсив-

ностью деформаций сдвига γ_i (рис. 3) и между средними напряжениями σ_m и интенсивностью деформаций сдвига γ_i , паспорт грунта (рис. 4) и паспорт ползучести грунта (рис. 5). Совместный анализ приведенных графиков показывает, что при увеличении средних напряжений и времени действия нагрузки происходит развитие деформаций изменения объема и деформации изменения формы при уплотнении грунта в пределах испытанного объема.

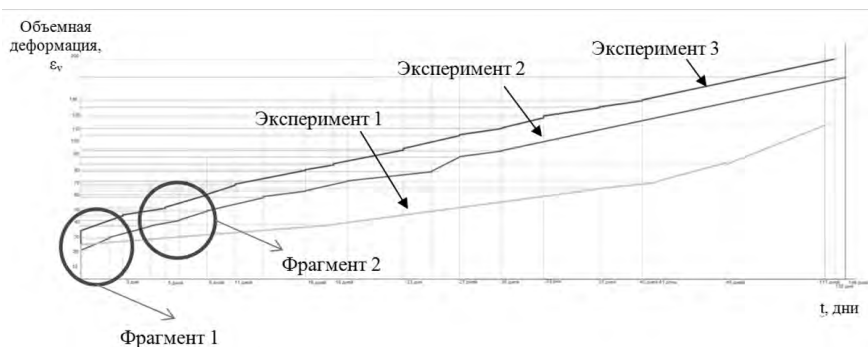


Рис. 3. График развития объемных деформаций во времени

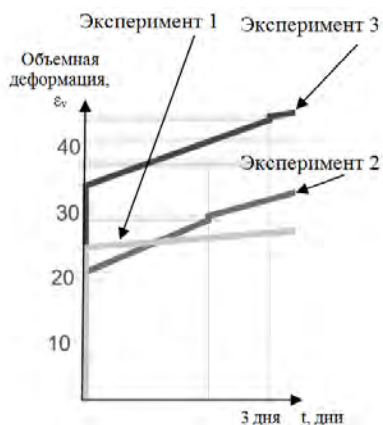


Рис. 4. График развития объемных деформаций во времени. Фрагмент 1

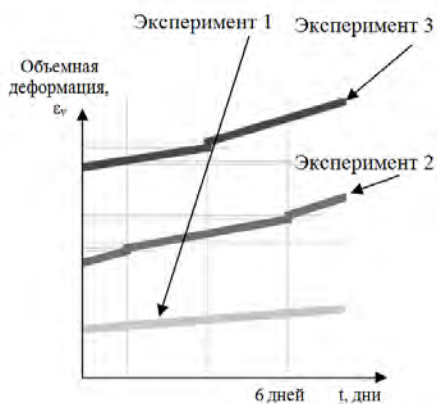


Рис. 5. График развития объемных деформаций во времени. Фрагмент 2

На рис. 4 и 5 показаны фрагменты графика изменения объемных деформаций во времени, по которым можно проследить изменение деформаций в образце. Деформации развиваются на протяжении всего испытания. При этом наиболее интенсивный прирост деформаций на каждой ступени активного девиаторного нагружения наблюдается в момент приложения нагрузки и составляет до 3 % от максимальных значений объемных деформаций, достигнутых при разрушении образца. На этапе выдержки образца под нагрузкой при активном девиаторном нагружении существенный прирост деформаций установлен в первые 5–10 минут наблюдения, который составляет от 5 % до 8 % от прироста объемных деформаций за весь блок нагружения, затем скорость деформирования уменьшается. В тех случаях, когда выдержка ступени нагружения продолжалась более 1 суток, прирост объемных деформаций составляет от 2 % на первых этапах длительного режимного нагружения до 40 % на последнем этапе выдержки перед разрушением. Следует отметить, что скорость деформирования образца на этапе длительной выдержки снижается до 10 раз.

В проведенных исследованиях ((рис.6–10) на этапе всестороннего обжатия образца интенсивность деформации сдвига равна 0,01056, при этом интенсивность касательных напряжений составляет 0,00058, на втором этапе девиаторного нагружения 0,010875 и 0,525, на третьем же этапе нагружения эти показатели составляют 0,01128 и 0,1045 соответственно. На третьем этапе прирост составил 44% и 17% соответственно. В этапе нагружения предшествующему разрушению эти показатели были 0,02522 и 0,5981 также соответственно. Что касается объемных деформаций то тут можно сказать, что на втором этапе девиаторного нагружения прирост составил 4,9 %, на третьем этапе 3,5 %, на 9 этапе 4,6 %, а на последнем этапе 34,5 %. Значение же объемного модуля деформации от роста напряжений на этапе всестороннего обжатия составляет 8,278 от максимального значения при разрушении, при втором этапе девиаторного нагружения составляет 22 %, а после длительной выдержки на этапе разрушения 35 % или 7,259 МПа. В момент приложения нагрузки на этом же этапе значение модуля составило 11,095, то есть за 92 суток изменение составило 92 %. Значение объемной деформации выросло на 16 % за время длительной выдержки, то есть за все 14 этапов.

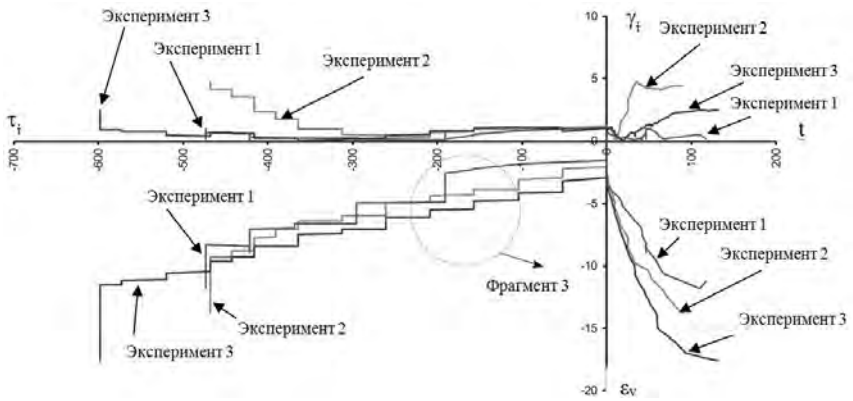


Рис. 6. Паспорт ползучести

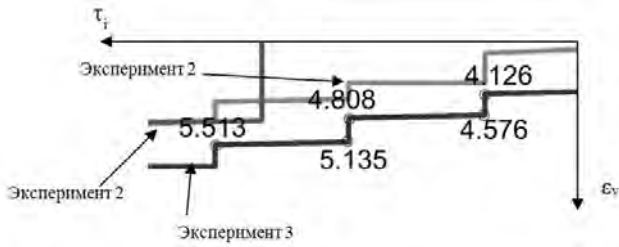


Рис. 7. Паспорт ползучести. Фрагмент 3

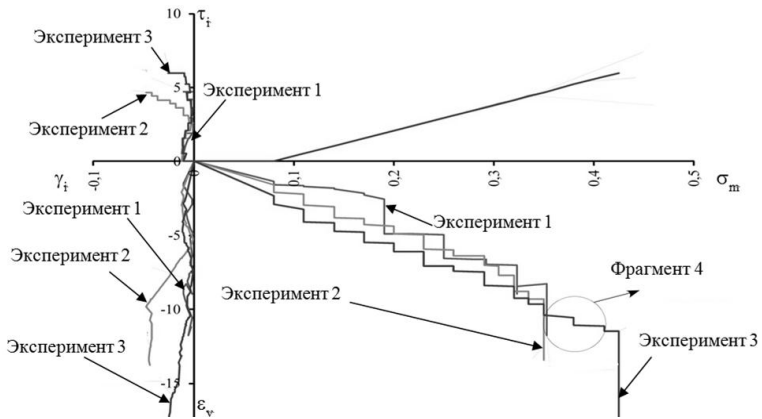


Рис. 8. Паспорт грунта



Рис. 9. Паспорт ползучести. Фрагмент 4

Деформации с различной интенсивностью развивались на всем протяжении испытаний. Наиболее интенсивно они росли в первом этапе при начальном периоде нагружения (до 40 минут), а закономерности их развития в этих этапах были такие же как и при стационарном режиме. При переходе на более высокий уровень нагрузки наблюдался скачок полных деформаций грунта. Внутри второго этапа начинается плавный рост деформаций по мере увеличения времени действия нагрузки аналогично второй стадии первого этапа нагружения. Однако скорость их развития была меньше, чем на первом этапе нагружения. При переходе к другим блокам вышеописанные закономерности повторялись, но в каждом последующем блоке скорость развития деформаций уменьшилась.

Заключение. Анализ вышеприведенных результатов экспериментальных исследований позволяет раскрыть закономерности развития деформаций грунта при повышающемся режиме трехосного длительного нагружения, когда уровень нагрузки повышается ступенями при переходе от одного блока к другому.

При действии длительной статической нагрузки в пределах каждого этапа во всех испытанных образцах происходило увеличение деформаций грунта: объемных – от 2 % до 5 % на каждом этапе нагружения от максимальных значений при разрушении, лишь на последнем этапе длительной выдержки они выросли от 30 % до 40 %; линейные – от 3 % до 10 % от максимальных значений; деформации сдвига – на первых этапах режимного длительного нагружения составили от 30 % до 45 %, затем отмечается снижение интенсивности деформаций сдвига до 5 %, на этапе, предшествующем разрушению, деформации сдвига увеличились до 35 %).

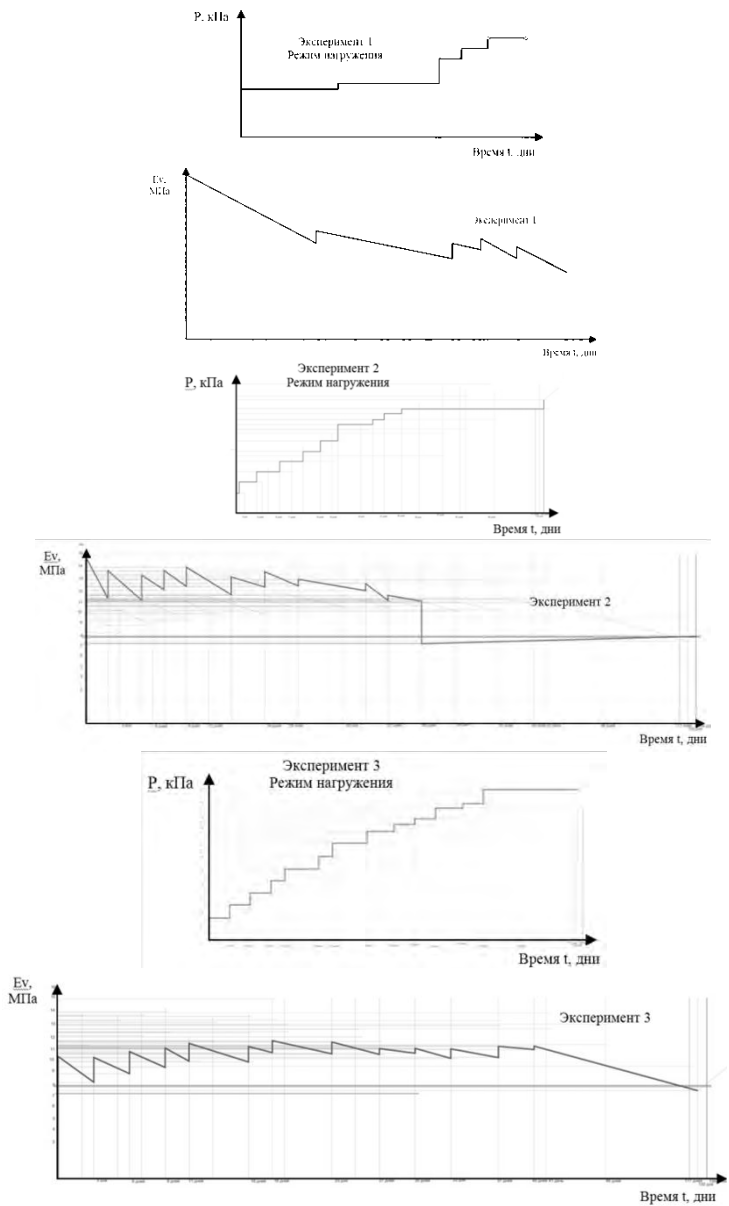


Рис. 10. Графики изменение объемного модуля деформации во времени для каждого режима нагружения

Литература

1. Вялов, С.С. Реологические основы механики грунтов / С.С. Вялов // Уч. пособие для вузов. – М., Высшая школа, 1978. – 447 с.
2. Мирсаяпов, И.Т. Исследование прочности и деформативности глинистых грунтов при длительном трехосном сжатии / И.Т. Мирсаяпов, И.В. Королева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – №2 (12). – С.167–172.