

Е.Ф.Винокуров, д-р техн. наук (БПИ),  
В.Н.Дедок (БИСИ)

### О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ НАМЫВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Намывные грунты в основании крупных промышленных и гражданских зданий и сооружений работают в условиях сжатого напряженного состояния. Однако деформационные характеристики грунта, используемые в инженерных расчетах, обычно определяются на приборах одноосного сжатия и полученные в этих опытах величины не корректируются.

Деформационные свойства песчаного грунта находятся в большой зависимости от напряженного состояния вследствие возникающих при нагружении среды процессов уплотнения и разрыхления, влияния сил внутреннего трения.

В статье излагаются результаты экспериментального изучения деформируемости намывных песчаных грунтов III микрорайона г.Бреста на компрессионных приборах одноосного сжатия и в приборе трехосного сжатия конструкции Крыжановского-Воронцова, обеспечивающем возможность независимого изменения в опытах величин всех главных напряжений и измерения соответствующих трех главных деформаций. Исследования выполнены для грунтов однородных по гранулометрическому составу и структурному сложению с объемной массой  $1,73 \text{ т/м}^3$ , влажностью  $0,03-0,05$  и удельной массой  $2,66 \text{ т/м}^3$ .

Компрессионные испытания, представлявшие собой осесимметричное трехосное сжатие, осуществляемое без возможности поперечного расширения грунта, выполнены по стандартной методике.

Эксперименты в приборе трехосного сжатия выполнены при следующих условиях нагружения:

1. Образец грунта нагружался в вертикальном направлении, значение  $\sigma_1$  увеличивалось при условии невозможности бокового расширения, фиксировались возникающие реактивные давления  $\sigma_2 = \sigma_3$ .

2. Грунты подвергались всестороннему равномерному сжатию  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$  до величины  $0,1 \text{ МПа}$ , затем достигнутое значение поддерживалось постоянным и проводилось разрушение образца

путем увеличения одного из трех главных напряжений при двух других, равных по величине. С целью систематического изучения деформируемости грунтов опыты выполнены при различных значениях параметра вида напряженного состояния  $\mu_\sigma$ , определяющего соотношение между величинами главных напряжений согласно выражению

$$\mu_\sigma = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) + (\sigma_2 - \sigma_3)}{(\sigma_1 - \sigma_3)}$$

Напряжение на образец передавалось через резиновые мембраны и измерялось образцовыми манометрами, ошибка измерения не превышала 0,0025 МПа. Вертикальные линейные деформации фиксировались по показаниям волюмометра с ценой деления шкалы, соответствующей 1/200 мм среднего поступательного перемещения мембраны. Образцы доводились до разрушения, которым завершался опыт и момент наступления которого фиксировался по нестабилизировавшейся деформации в течение 15 мин. после приложения очередной ступени нагрузки.

Испытания производились с трехкратной повторяемостью на образцах ненарушенной структуры при одинаковой начальной плотности, характеризуемой коэффициентом пористости  $e = 0,6$ .

Результаты экспериментов по компрессионному сжатию намывно-го песчаного грунта с различным "возрастом" намыва в приборах одноосного и трехосного сжатия представлены в виде зависимостей  $\epsilon_1 = \epsilon_1(\sigma_1)$  на рис. I.

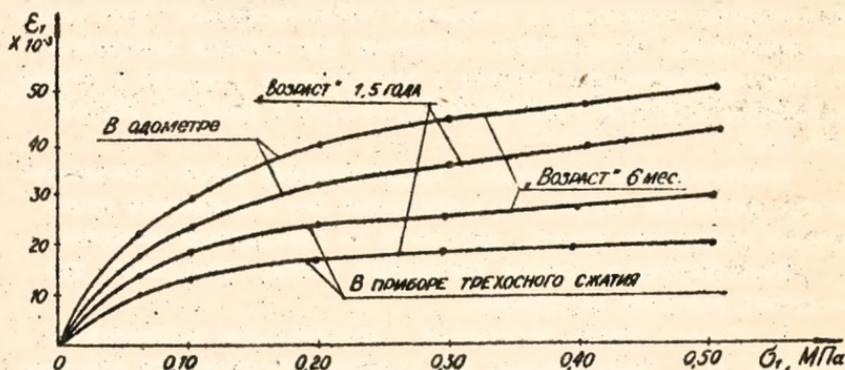


Рис. I. Зависимость  $\epsilon_1 = \epsilon_1(\sigma_1)$  для намывного песчаного грунта

Анализ этих зависимостей показывает увеличение значений модуля общей деформации с изменением давности намыва, а также более высокие значения величины  $\epsilon_0$  в приборах трехосного сжатия, которые хорошо согласуются со значениями  $\epsilon_0$ , полученными полевым методом испытания грунтов статическими нагрузками.

Модуль деформации оказывает наиболее существенное влияние на величину осадки, однако в ряде случаев значительным оказывается и влияние коэффициента Пуассона. Из решений теории упругости следует, что с увеличением коэффициента Пуассона осадки поверхности полупространства уменьшаются, поэтому очень важным является проведение экспериментов по уточнению значения коэффициента  $\mu$  для намывных песчаных грунтов.

Измерение боковых реактивных давлений  $\sigma_2, \sigma_3$  при испытании грунта по схеме одометра в приборе трехосного сжатия, дает возможность получения величины коэффициента поперечной деформации (коэф. Пуассона). Используя зависимость  $\mu = \frac{k_0}{1+k_0}$ , получили значения  $\mu$ , которые изменяются в пределах 0,30-0,375, составляя в среднем 0,333, что на 11% выше значения  $\mu = 0,3$ , рекомендуемого нормативной литературой [ I ] для применения в расчетах по определению осадок основания.

Для получения зависимостей интенсивности деформаций от интенсивности напряжений  $\epsilon_i = \epsilon_i(\sigma_i)$  (рис. 2) исследуемых грунтов, использованы следующие инварианты напряженно-деформированного состояния:

1. Среднее напряжение 
$$\sigma_{ср.} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3};$$

2. Интенсивность касательных напряжений, равная корню квадратному из второго инварианта девиатора напряжения

$$\sigma_1 = \frac{I}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2};$$

3. Интенсивность деформации, определяющая деформацию формоизменения и равная корню квадратному из второго инварианта девиатора деформации

$$\epsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2}.$$

Рассмотрение кривых 1,2,3, построенных по результатам опытов при постоянном значении  $\sigma_{ср.} = 0,1$  МПа и значениях  $\mu_{\sigma}$ , соответственно равных +1, 0, -1, показывает существенную зависимость деформации формоизменения от параметра  $\mu_{\sigma}$ . Этим выявлено практически значимое влияние промежуточного главного на-

пряжения на формоизменение при изучении деформируемости намывных грунтов, что подтверждает исследования других авторов [2], выполненные для песчаных и глинистых грунтов.

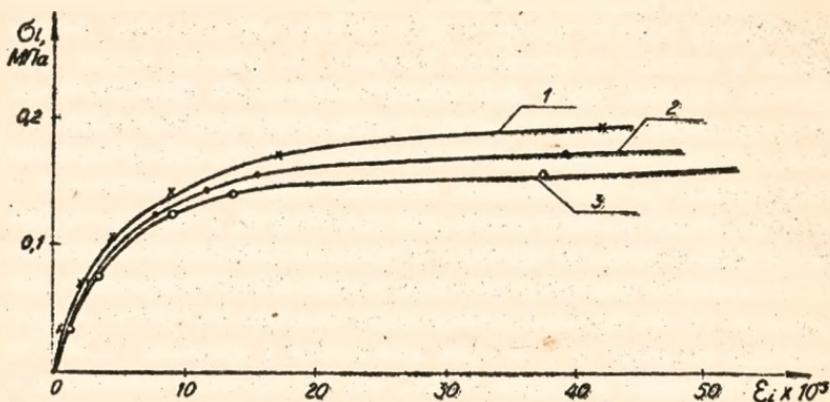


Рис. 2. Зависимость  $\epsilon_i = \epsilon_i(\sigma_i)$  для намывного песчаного грунта.

При наличии общей закономерности формоизменения экспериментами установлено, что в начальной области формоизменения практически отсутствует влияние параметра вида напряженного состояния на деформацию формоизменения, последняя является лишь функцией от интенсивности напряжения. Можно предположить, что в этой области не происходит существенных изменений структуры, а сопротивление деформированию определяется внутренними молекулярными силами, обусловленными структурной прочностью намывного песчаного грунта.

#### Л и т е р а т у р а

1. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений.— М., 1977, 375 с. 2. Ломизе Г.М., Крыжановский А.Л., Воронцов Э.И. Исследования закономерностей деформируемости и прочности грунтов при пространственном напряженном состоянии (Труды УИ Международного конгресса по механике грунтов и фундаментостроению).— М., 1969, с. 35–38.