

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ И ПРОЧНОСТИ ГРУНТА МЕТОДОМ РАЗДАВЛИВАНИЯ ОБРАЗЦА В СТАБИЛОМЕТРЕ»

В предыдущей лабораторной работе №3 были проведены испытания в приборе трехосного сжатия (стабилометре) для определения двух независимых характеристик деформируемости  $E_0$  и  $\nu$ . В работе была использована компрессионная схема испытания.

В данной лабораторной работе №4 испытание производится в стабилометре методом раздавливания образца. Схема стабилометра представлена на рис. 3.1.

Испытания заключается в постепенном нагружении образца грунта до разрушения вертикальной нагрузкой при неизменном значении радиальных напряжений, то есть  $\sigma_r = \text{const}$ . Увеличение вертикальной нагрузки соответствует увеличению наибольшего по величине главного напряжений  $\sigma_z = \sigma_1$ , радиальные напряжения являются меньшими по величине главными напряжениями  $\sigma_r = \sigma_2 = \sigma_3$ .

Образец грунта под действием увеличивающейся вертикальной нагрузки и при сохранении постоянного значения главных горизонтальных напряжений, деформируется как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, при этом цилиндрический образец постепенно принимает бочкообразную форму.

При испытании в стабилометре методом раздавливания образца определяются две прочностные характеристики – угол внутреннего трения  $\varphi$  в градусах и удельное сцепление грунта  $c$  в кПа. Эти две характеристики являются показателями сопротивления грунта сдвигу и определяются по значениям главных напряжений в момент разрушения образца.

Для обеспечения указанной схемы работы образец предварительно обжимают гидростатическим давлением, соответствующим радиальным напряжениям обжатия  $\sigma_r = \sigma_{обж} = 100$  кПа и нагрузкой  $P$ , которой соответствуют вертикальные напряжения  $\sigma_z = 100$  кПа.

Гидростатическое давление создается насосом, подающим воду в камеру прибора -10, регулируется компенсатором - 8 и контролируется манометром - 3 (рис.3.1). Вертикальное давление передается через штамп -2.

Затем, производят увеличение напряжения  $\sigma_z = \sigma_1$ , увеличивая нагрузку  $P$  на штамп (с переменным шагом от 25 кПа до 100 кПа).

Боковое напряжение обжатия  $\sigma_{обж.}$  в процессе эксперимента, поддерживается постоянным с помощью вентиля -7 и остается равными 100 кПа.

После стабилизации деформации каждой ступени снимаются отсчеты по обоим индикаторам часового типа.

По результатам экспериментальных исследований, на линейном участке кривой определяется относительная вертикальная деформация  $\varepsilon_z$  по формуле:

$$\varepsilon_{zi} = \frac{S_i}{h_0} \quad (4.1.)$$

$S_i$  – вертикальная деформация (осадка),  $h_0$  - высота образца

Для определения модуля деформации  $E$  строится график зависимости относительной вертикальной деформации  $\varepsilon_z$  образца от приращения главного вертикального напряжения  $\sigma_z$ , представленный на рис. 4.1.



Рис. 4.1. График зависимости вертикальной деформации  $\epsilon_z$  от вертикального напряжения  $\sigma_z = \sigma_1$

По результатам определения  $\epsilon_z$  вычисляется модуль общей деформации по формуле:

$$E = \frac{\Delta \sigma_z}{\Delta \epsilon} \quad (4.2)$$

Момент разрушения регистрируется по появлению прогрессирующей скорости вертикальных деформаций (по индикаторам) без увеличения вертикальной нагрузки. Разрушенные образцы представлены на фото, рис. 4.2.



Рис. 4. 1. Результаты разрушения образцов грунта в стабилометре:

*А) - в форме «бочки» - рыхлый грунт; В) - в форме «скола» (плотный грунт).*

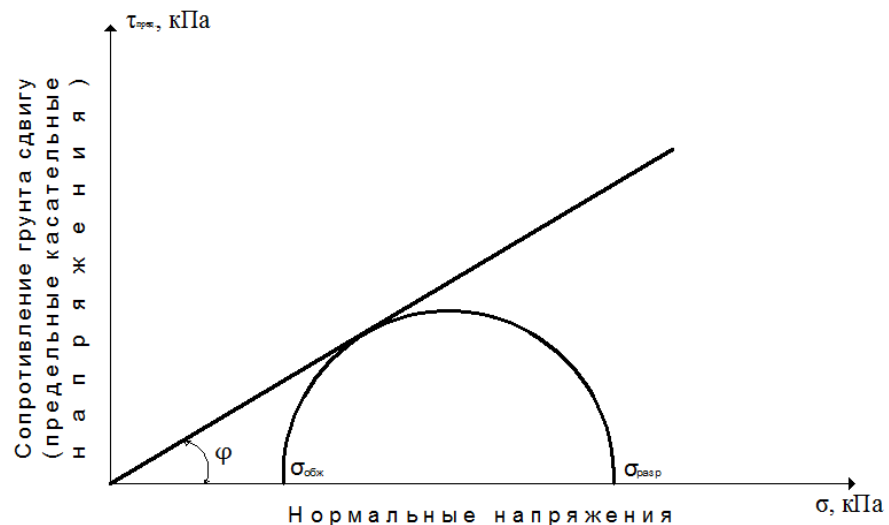
Действующие по боковой поверхности образца и по его торцам нормальные напряжения являются главными напряжениями:  $\sigma_z = \sigma_1$ ,  $\sigma_{обж.} = \sigma_2 = \sigma_3$ . Это позволяет для интерпретации результатов испытаний использовать теорию прочности Мора. Диаграмма, построенная на основе испытаний образцов грунта, получила название диаграммы Кулона-Мора.

Порядок проведения испытаний для песчаных и глинистых грунтов один и тот же, различие в том, что для определения двух прочностных характеристик глинистого грунта необходимо проведение нескольких опытов на раздавливание с образцами одного и того же грунта, но при различных значениях бокового обжимающего напряжения  $\sigma_{обж.} = \sigma_2 = \sigma_3$ .

В лабораторной работе проводятся испытания песчаного грунта, по результатам испытаний строятся графики, представленные на рис. 4.1. и 4.3.

Учитывая, что для песчаных грунтов определяется лишь угол внутреннего трения (сцепление грунта с близко нулю), в учебных целях можно ограничиться проведением одного опыта.

Для этого от начала координат откладывают по оси абсцисс сначала величину горизонтального главного напряжения  $\sigma_{обж.} = \sigma_2 = \sigma_3$ , а, затем, величину максимального вертикального напряжения в момент разрушения образца  $\sigma_1 = \sigma_{разр.}$  (рис.4.3).



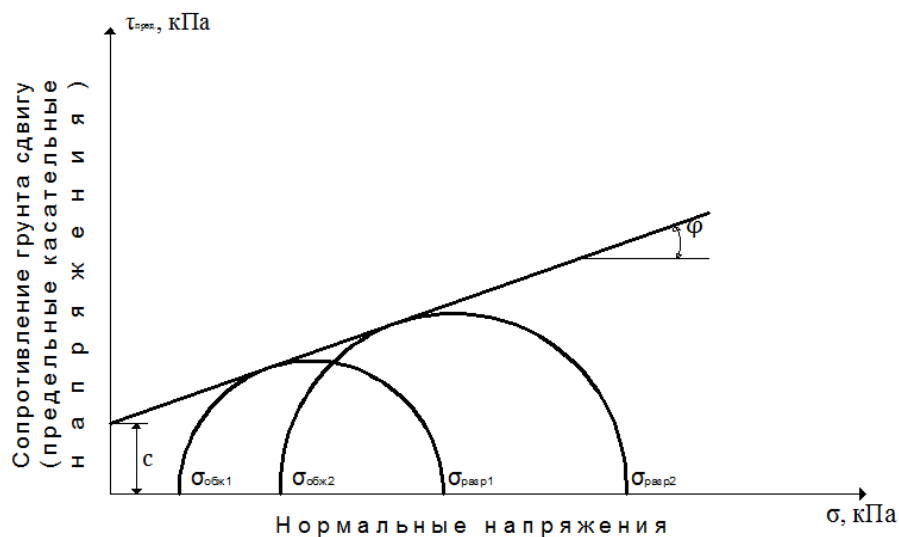
**Рис. 4.3. График зависимости предельных касательных напряжений  $\tau_{пр}$  от нормальных напряжений  $\sigma$  для песчаных грунтов**

На отрезке  $\Delta\sigma=(\sigma_1-\sigma_3)$ , как на диаметре, строят полуокруг – необходимую для дальнейших определений часть круга Мора. Прямая, характеризующая сопротивление сдвигу сухих песков, является касательной к кругу Мора, и проходит через начало координат, так как у этого грунта сцепление равно 0. Ордината точки касания соответствует значению предельных касательных напряжений  $\tau_{пр}$ . Предельная прямая (рис.4.3.) описывается зависимостью:

$$\sin \varphi = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3) \quad (4.3.)$$

и позволяет определить угол внутреннего трения грунта  $\varphi$ , как угол наклона касательной к оси абсцисс.

При испытании глинистых грунтов на диаграмме строят несколько кругов Мора и проводят к ним общую касательную до пересечения с осью ординат (Рис. 4.4). Угол наклона касательной к оси абсцисс равен углу внутреннего трения  $\varphi$ , а отрезок, получаемый на оси ординат при ее пересечении с касательной равен сцеплению грунта  $c$  (кПа).



**Рис. 4.4. График зависимости предельных касательных напряжений  $\tau_{пр}$  от нормальных напряжений  $\sigma$  для пылеватоглинистых грунтов**

Предельная прямая (рис.4.4.) описывается зависимостью:

$$\sin \varphi = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cdot \operatorname{ctg} \varphi) \quad (4.4.)$$

#### **Вопросы к лабораторной работе №4.**

1. Каким методом проводятся исследования образца?
2. Какие характеристики грунта определяются по главным напряжениям в момент разрушения образца?
3. Чем отличается схема испытания образца в 4-й лабораторной работе, от схемы испытаний в 3-ей лабораторной работе?
4. Какая теория прочности используется для определения прочностных характеристик образца?
5. Какие параметры можно определить по диаграмме Кулона - Мора?
6. Почему для определения прочностных характеристик глинистого грунта требуется проведение большего числа испытаний, чем для песчаного грунта?