

## Испытания скальных грунтов на срез и срез по трещине



Испытания скальных грунтов на прямой срез во многих случаях могут оказаться более информативными, чем одноосное сжатие так как позволяют учитывать зоны ослабления и ориентацию имеющихся трещин. При этом нет необходимости использовать дорогостоящие камеры трехосного сжатия (камеры Хука). Тем не менее, в случае испытаний скальных грунтов возникает ряд дополнительных требований к оборудованию.

В новой статье из цикла о лабораторных методах испытаний рассматривается данный метод испытаний, его особенности и преимущества.

**Мирный Анатолий Юрьевич**

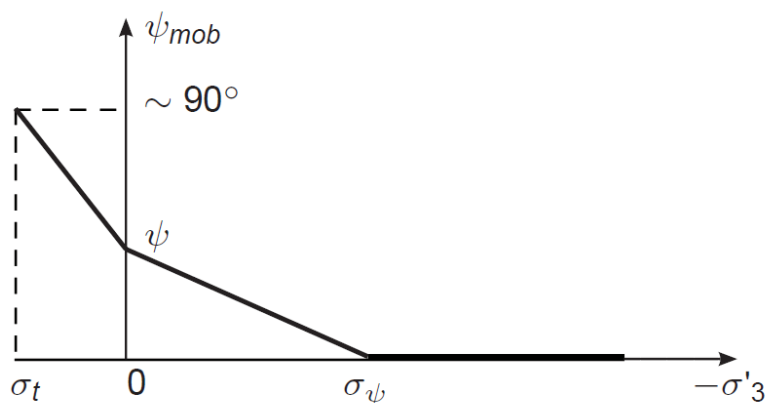
Старший научный сотрудник Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.т.н.

**Идрисов Илья Хамитович**

Генеральный директор ООО НПП «Геотек», к.т.н.

Устойчивость скального массива во многом обусловлена не прочностью материала, а наличием и ориентацией систем трещин. В зависимости от их состояния и заполнения мелкодисперсным материалом будет меняться сопротивление сдвигу по ним. Глинистая масса, образующаяся вдоль плоскости разрыва при дроблении и перетирании исходной горной породы - *глинка трения* - может приводить к значительному снижению трения, особенно при замачивании. Данное явление не раз становилось причиной крупных аварий, в первую очередь на объектах гидротехнического строительства. В связи с этим оценка сопротивления сдвигу и, в частности, сдвигу по трещине для скальных грунтов зачастую оказывается важнее, чем прочность на одноосное сжатие. Результаты опыта могут использоваться при расчете устойчивости откосов и склонов, искусственных сооружений.

Еще одним важным явлением, которое может оцениваться в ходе таких испытаний, является зависимость дилатансии от нормального усилия. Поверхность трещины всегда имеет шероховатость, которая будет приводить к раскрытию трещины при сдвиге. Но по мере увеличения давления, препятствующего раскрытию трещины, проявление дилатансии будет снижаться: шероховатость начнет сглаживаться при сдвиге. Данное явление учитывается специализированными моделями для скальных грунтов. Например, в модели Ноек-Броун представлен параметр  $\sigma_{\psi}$  - нормальное напряжение, при котором дилатансия не проявляется. Соответственно, текущий угол дилатансии  $\psi_m$  будет меняться от своего исходного значения (при отсутствии нормальных напряжений) до 0 при напряжении  $\sigma_{\psi}$ .

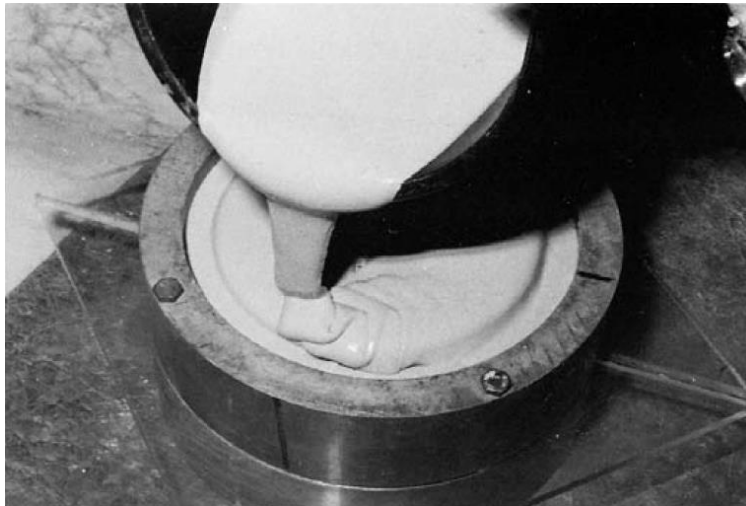


**Рис. 1. Изменение угла дилатансии в зависимости от сжимающих напряжений**

Проведение испытаний одноплоскостного среза на образцах скального грунта сопряжено с существенными трудностями. Во-первых, сопротивление сдвигу таких образцов на порядки превышает сопротивление дисперсных грунтов, в связи с чем стандартные сдвиговые каретки и нагрузочные устройства применяться не могут -

необходимо специализированное оборудование повышенной нагрузочной способности. Во-вторых, в силу очень высокой жесткости образцов, вертикальные и горизонтальные перемещения в ходе опыта могут составлять доли миллиметра, что требует применения измерительных устройств с высокой дискретностью. Помимо этого, требуется система обработки данных с высоким быстродействием, иначе система обратной связи не сможет поддерживать заданные параметры испытания, такие как скорость среза и вертикальное напряжение с необходимой точностью.

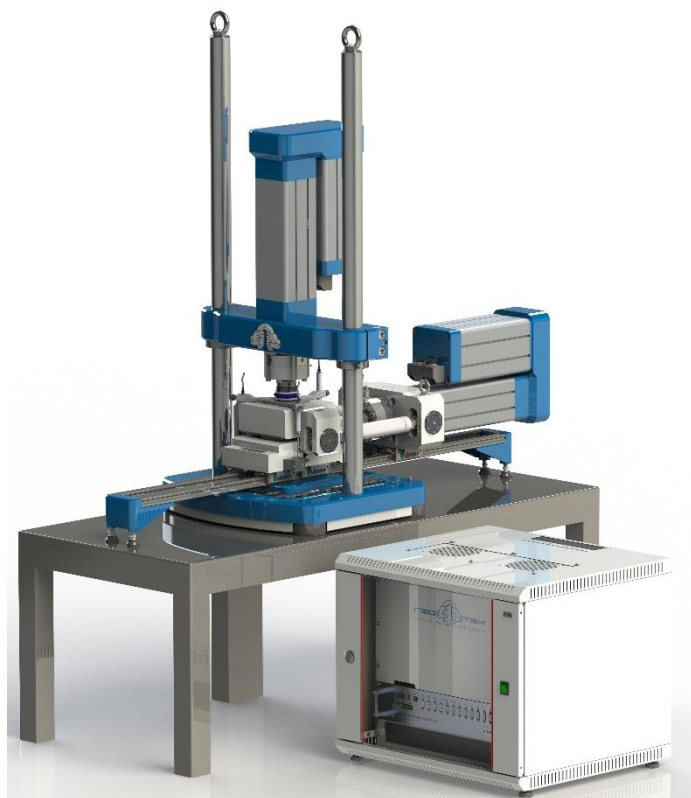
Высокая жесткость образцов может приводить к выраженной концентрации напряжений в отдельных точках, в результате чего могут возникать существенные отклонения от предполагаемого напряженного состояния. Этого можно избежать с использованием фиксации образца методом капсулирования. Для этого образец произвольной формы ориентируется в камере прибора необходимым образом и фиксируется с помощью твердеющего вяжущего (цементного раствора, эпоксидной смолы или подобных материалов). Фактическая площадь сечения измеряется после завершения испытания. Такой метод позволяет обеспечить плотное прилегание образца к стенкам камеры до начала опыта и сократить расходы на изготовление образцов правильной геометрической формы с высокой точностью.



**Рис. 2. Процесс фиксации образца методом капсулирования (ASTM D 5607-16)**

Данный метод испытаний не регламентирован отечественной системой нормативных документов, но на него могут быть распространены требования ГОСТ 21153.5-88. Исчерпывающие рекомендации по проведению данного испытания приведены в ASTM D 5607-16. Помимо процедуры проведения испытания, документ так же описывает возможные способы косвенно охарактеризовать массив на основании описания полученной трещины.

В составе комплекса АСИС Про ООО НПП «Геотек» предлагает комплект оборудования для проведения испытаний на срез по зоне ослабления скальных грунтов. В состав оборудования входит силовое устройство мощностью 100 кН, для создания осевой нагрузки и срезное устройство мощностью 100 кН, для создания срезной нагрузки соответственно. Устройства оснащены электромеханическими приводами обеспечивающие статическое и кинематическое силовое воздействие. Оборудование позволяет проводить испытания образцов произвольной формы.



**Рис. 3. АСИС для проведения испытаний на срез по зоне ослабления скальных грунтов**

Максимальное пространство под образец размером 100 x 100 мм с фиксацией методом капсулирования. В состав комплекса входит необходимая измерительная аппаратура, обеспечивающая измерение с большой разрешающей способностью. Испытания проводятся в автоматизированном режиме с контролем всех параметров испытания в реальном времени.

Более подробную техническую информацию можно получить у специалистов компании или на сайте [www.npp-geotek.ru](http://www.npp-geotek.ru).

### Список литературы

1. ГОСТ 21153.5-88 Метод определения предела прочности при срезе со сжатием
2. Механика горных пород. Учебное пособие под ред. Гребёнкина С.С. Донецк, ДонНТУ, 2004.
3. ASTM D 5607-16. Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force.