

Примечание для редактора:

Испытания скальных грунтов на срез сопряжены с техническими трудностями – вместо этого нормативными документами рекомендуется метод испытания на срез со сжатием. Данный метод позволяет проводить испытания на срез с помощью единственного нагрузочного устройства, без усложнения и удорожания конструкции.

Новая статья из цикла о лабораторных методах испытаний посвящена порядку проведения данных испытаний и интерпретации результатов опыта.

Испытания скальных грунтов на срез со сжатием

Мирный А.Ю., к.т.н., старший научный сотрудник Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Идрисов И.Х., к.т.н., генеральный директор ООО НПП «Геотек», г. Пенза

В ненарушенных горных породах сопротивление разрушению обусловлено преимущественно внутренними связями. Это обстоятельство позволяет использовать для оценки их прочности испытания одноосного сжатия. Однако с ростом количества внутренних дефектов (трещиноватости, выветрелости) прочность скального грунта начинает все больше определяться внутренним трением. Помимо этого, относительное расположение наиболее крупных трещин и направления действия усилий может существенно влиять на результат опыта – а, значит, ориентация образца в установке становится принципиально важной.

Реализация в лабораторных условиях испытания одноплоскостного среза в скальных грунтах связана с некоторыми трудностями. В силу объективных причин далеко не всегда имеется возможность изготовить образец скального грунта заданной формы. Если при обжатии дисперсного грунта любые неплотности и зазоры между стенками прибора и образцом устраняются, то в скальном грунте будут возникать концентраторы напряжений, и схема испытания будет реализована с нарушениями. Помимо этого, сопротивление скальных грунтов срезу может достигать десятков МПа, в результате для проведения опыта потребуется два силовых нагрузочных устройства значительной мощности и два соответствующих датчика силы. Испытательное оборудование будет пропорционально увеличивать стоимость, вес и занимаемую площадь.

Вместо этого ГОСТ 21153.5-88 предлагает остроумный метод испытания – срез со сжатием. С помощью сменных матриц образец в форме куба или цилиндра устанавливается в нагрузочном устройстве. Матрицы обеспечивают фиксированный угол Θ между осью

действия сжимающего усилия и осью образца (например, 25°, 35° и 45°). Высота образца подбирается таким образом, чтобы зазор между матрицами составлял около 2-3 мм. Одна из матриц устанавливается на роликовой постели с возможностью горизонтального перемещения.

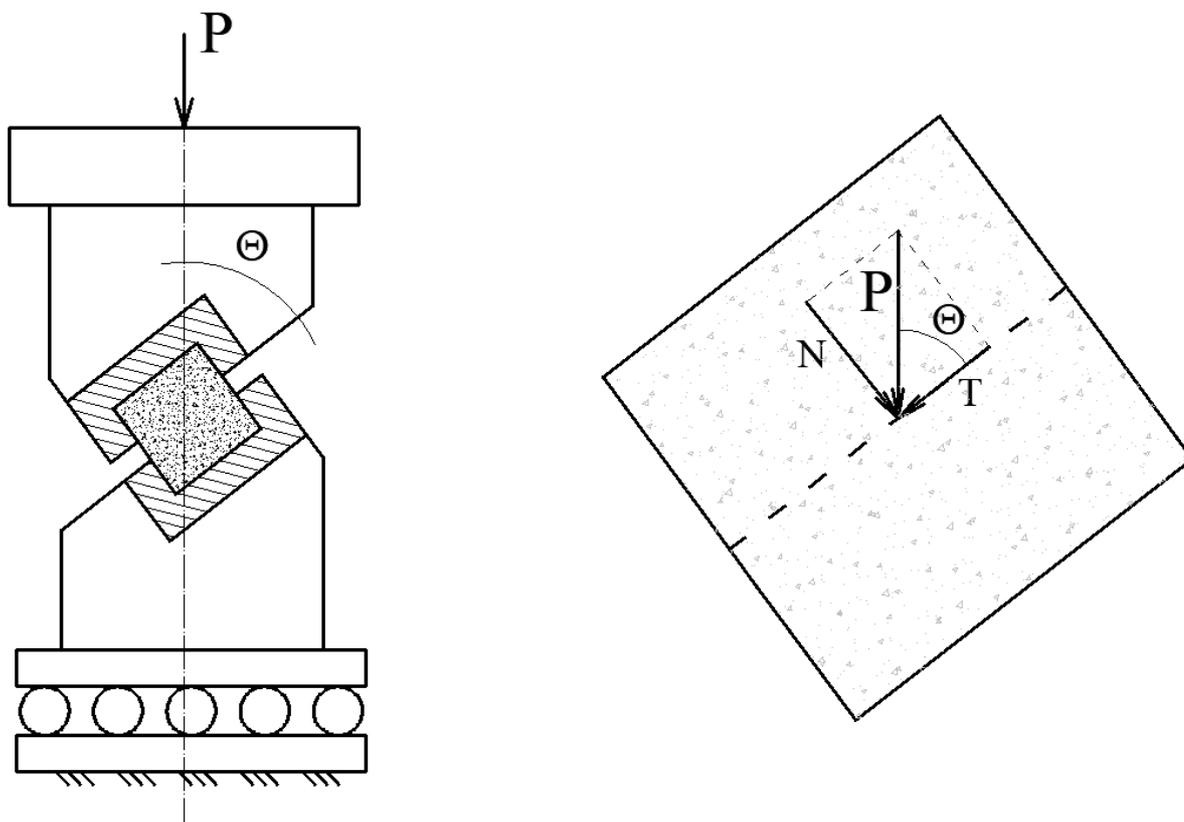


Рис. 1. Схема испытания на срез со сжатием и усилия в образце

В ходе опыта по мере увеличения осевого усилия на плоскости будущего среза в образце возникают нормальная сила N и касательная T . В зависимости от заданного комплектом матриц угла из чисто геометрических соображений будет меняться и соотношение между этими силами:

$$N = P \sin \Theta;$$

$$T = P \cos \Theta.$$

Учитывая, что площадь сечения образца известна, можно перейти к нормальным и касательным напряжениям на поверхности среза. В результате набор матриц с различными заданными углами позволяет получить несколько точек с различным соотношением нормальных и касательных напряжений (см. таблицу).

Таблица. Углы наклона и соответствующие им значения усилий

Θ	T	N	T/N
25°	0,42P	0,91P	0,47
35°	0,57P	0,82P	0,7
45°	0,71P	0,71P	1

При каждом из углов наклона выполняется не менее 6 испытаний образцов-близнецов. Для каждого угла наклона вычисляют предел прочности τ_{Θ} и нормальное напряжение σ_{Θ} . Результат испытания представляется в виде пар средних значений предела прочности и соответствующих нормальных напряжений, а также коэффициентов вариации. Также по результатам строят предельную кривую прочности горных пород при срезе в зависимости от нормального давления, действующего на плоскость среза, в координатах σ и τ (рис. 2). По оси абсцисс откладывают для каждого из углов наклона матриц Θ значения нормальных давлений, а по оси ординат соответствующие им значения пределов прочности породы при срезе. В результате может быть получена кривая, представленная на рисунке, где τ_0 – предел прочности при чистом сдвиге.

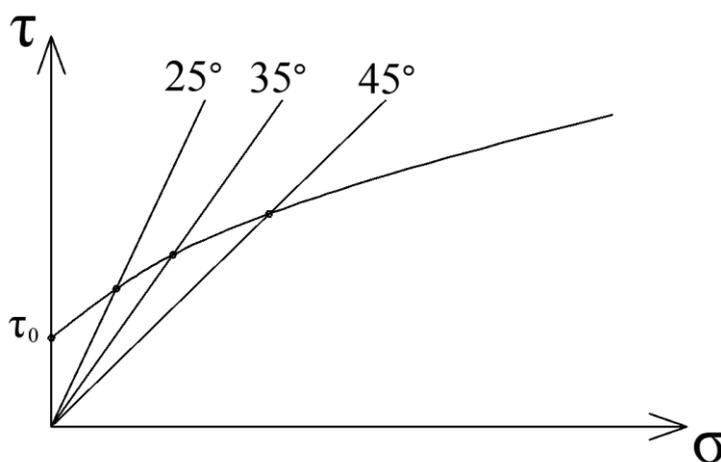


Рис. 2. Графическое представление результатов испытания на срез со сжатием

Данный метод испытания позволяет оценить изменчивость сопротивления сдвигу в зависимости от ориентации действующих усилий и структурно-текстурных особенностей грунта. Соответственно, небольшая разница между пределами прочности, полученными под разными углами, указывает на изотропное строение и незначительное количество

ориентированных внутренних дефектов. Внутреннее трение в данном случае не проявляется, так как сопротивление сдвигу обусловлено жесткими связями. Напротив, если наблюдается закономерное уменьшение предела прочности по мере увеличения угла, значит, образец в целом имеет внутренние дефекты, и трение вносит вклад в сопротивление сдвигу.

Кроме того, этим методом можно оценить и анизотропию прочностных свойств скального грунта в тех случаях, когда в образцах явно выражено направление трещин. Образец при этом может быть ориентирован требуемым образом путем закрепления в матрицах с помощью полимерных или цементных растворов.

Несмотря на кажущуюся простоту устройства, к оснастке для данных испытаний предъявляются высокие технические требования, в первую очередь по твердости поверхности деталей. Схема испытания предполагает значительную концентрацию напряжений на отдельных ребрах и поверхностях, что может привести к быстрому выходу оборудования из строя. Именно поэтому для обеспечения долговечности работы установки при ее проектировании и изготовлении следует выбирать материалы и технические процессы, позволяющие предотвратить повреждение в ходе эксплуатации.

ООО НПП «Геотек» в составе комплекса «АСИС Про» предлагает комплект оборудования для испытаний на срез со сжатием. В состав комплекса входит необходимое оборудование для создания статического или кинематического вертикального воздействия, необходимая измерительная аппаратура и программное обеспечение, а также специализированные приспособления со сменными матрицами для испытаний на срез со сжатием по углам 25° , 35° , 45° . Испытания проводятся в автоматизированном режиме с контролем всех параметров испытания в режиме реального времени.

Более подробную техническую информацию можно получить у специалистов компании или на сайте 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.