

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ТРЕЩИНОВАТОСТИ СКАЛЬНЫХ МАССИВОВ

Ходжибаев С.Д.

(НИУ МГСУ, г. Москва)

Аннотация: Измерение параметров трещин актуально для решения задач проектирования дорог, гидротехнических и других сооружений в районах развития с поверхности скальных и полускальных грунтов. Параметры трещин определяют устойчивость откосов, прочность на сдвиг, деформируемость, водопроницаемость скальных массивов. Предлагается использование электронных технических средств и компьютерных технологий для получения и обработки массовых определений трещиноватости скальных массивов.

Ключевые слова: скальный массив, устойчивость откосов, трещины, шероховатость, круговая диаграмма.

Физико-механические и фильтрационные свойства скальных и полускальных горных пород в массиве существенно зависят от характера трещиноватости.

Для оценки фильтрации наиболее важным параметром является ширина раскрытия трещин, в то время как при оценке устойчивости откосов ширина трещин играет меньшую роль, но весьма большое значение приобретает их ориентировка и шероховатость трещин.

При расчетах фильтрации осреднение ширины недопустимо, так как расход потока пропорционален кубу ширины трещины [1].

$$Q=f(b^3) \quad (1)$$

В задачах расчета деформаций также актуально знание ширины трещин, но там допустимо использование средней ширины трещин, поскольку модуль деформации [1] массива:

$$E=f(b^1) \quad (2)$$

Таким образом, для каждой инженерной задачи нужны своя модель трещиноватости, и это модель всегда многопараметрическая. Обобщенные показатели трещиноватости, такие как коэффициент трещиноватости и пустотности, модуль трещиноватости не пригодны для каких либо инженерных расчетов.

Для расчета устойчивости скального откоса в массиве с системной сетью трещин по методике С.Н. Чернышева необходимо знать следующие параметры сети трещин [1]:

- α – азимут падения трещин;
- β – угол падения трещин;
- l – длина трещин;
- a – расстояние между трещинами;
- φ – угол трения по трещинам;

Характеристики могут быть взяты средними по системам трещин. Для получения характеристики φ , необходимо знать шероховатость поверхности трещины. Изучению шероховатости посвящены, в частности, работы С.Е. Могилевской [3]. Определены пределы изменения φ и c , для основных выделенных типов микрошероховатости (гладкого, шероховатого, грубошероховатого) С.Е. Могилевская получила уравнение зависимости φ (угла трения) от параметров шероховатости стенки трещины, а именно высоты выступа и угла наклона подъема на выступ по отношению к обобщенной поверхности плоскости трещины [3].

Для создания матрицы, характеризующей неоднородную систему трещин, необходимы массовые измерения параметров трещин на обнажениях и горных выработках. В

связи с этим возникает необходимость камеральной обработки массовых замеров и автоматизации замеров в полевых условиях.

Существующие программы позволяют легко обработать скалярные характеристики трещин, такие как: а- ширина, b-высота, l-длина.

Направление падения характеризуется двумя величинами: α -дирекционный угол и β -угол падения. Традиционно характеристика ориентации трещин дается на круговой диаграмме, построение которой представляет трудоемкую в ручном исполнении задачу. Попытки построить диаграмму с помощью ЭВМ пока не привели к окончательному решению (Рис. 1).

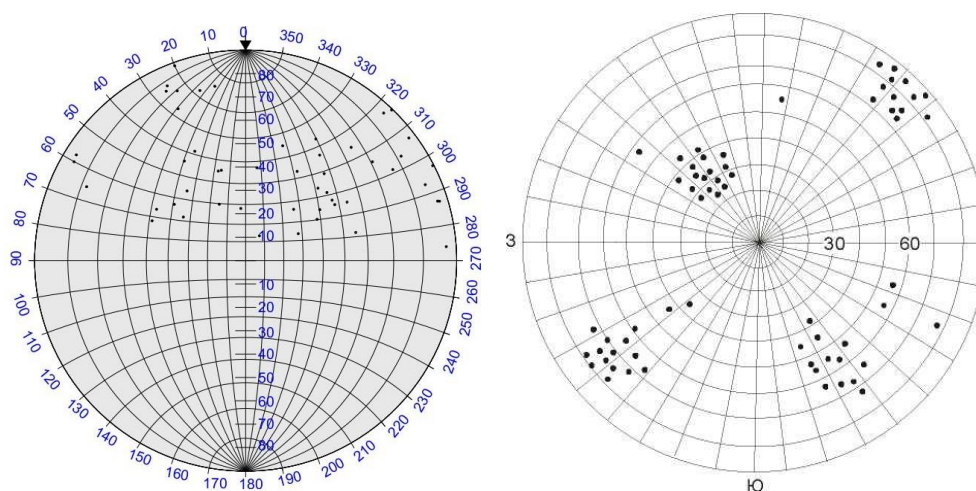


Рис. 1. Точечная круговая диаграмма трещиноватости.

В ходе нашего исследования разрабатывается программа, которая позволит получить точечную круговую диаграмму трещиноватости по численным значениям (рис1) [1].

В данный момент стоит задача подсчета плотности точек, для построения диаграммы в изолиниях. Основная проблема при построении изолиний интенсивности трещиноватости, заключается в том, что в некоторых местах образуются разрывы, которые показаны на рис. 2.

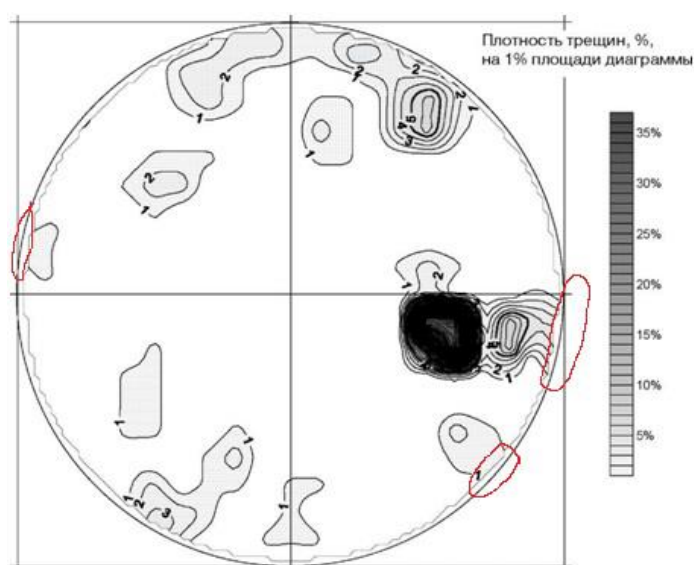


Рис. 2. Ошибки при построении изолиний интенсивности трещиноватости, полученной в программе Surfer [2].

Несомненно, работы по сбору характеристик трещин в полевых условиях зависят от количества человек в бригаде, сложности рельефа и т.д., а точность замеров не всегда оказывается высокой.

Сегодня на аппарат типа смартфон может быть установлена программа Geolocalcompass – она позволяет использовать прямоугольную форму телефона в качестве прямоугольного компаса, с длинной и короткой сторонами. Прикладывая их соответствующими сторонами к плоскости трещин, можно измерить азимут по длинной стороне устройства и угол падения трещины по короткой стороне. Измерения производятся с точностью до секунд в угловой мере, что намного превышает необходимую точность определения наклона реальной поверхности трещины в силу ее шероховатости. Автором настоящей статьи в 2018 году этим способом было проведено измерение ориентации несколько сотен трещин на обнажениях в Таджикистане. Измерения по данной методике проводились в Ромитском ущелье, Варзобе и Нуреке.

Программа «горный компас» фиксирует в памяти аппарата результаты измерений, что сокращает бригаду с двух до одного человека. В камеральных условиях результаты измерений выводятся на компьютер, в результате чего мы получаем точечную круговую диаграмму трещиноватости.

Другой задачей полевой работы является определение шероховатости поверхности трещины. Для получения параметра φ по формулам С.Е Могилевской надо знать, амплитуду колебания поверхности и крутизну волны, что можно сделать путем сканирования поверхности трещины с помощью тахеометра Trimble S6 с последующей его обработкой в программе - 3D Reshaper или Survey Bundle.

С помощью Trimble S6 были просканированы поверхности стен и памятников архитектуры [4], но сканирование скальных массивов для построения модели трещин в трехмерном пространстве еще не проводилось.

Таким образом, разработана методика, которая позволяет резко сократить время на построение моделей трещиноватости и повысить их точность.

Литература

1. Чернышев С.Н. Трещиноватость горных пород и ее влияние на устойчивость откосов. - М.: Недра, 1984. 111 с.
2. Кузьмин В.С., Копытин А.С. Применение компьютерных технологий для решения задач, связанных с изучением трещиноватости скальных массивов//Материалы научно-технической конференции: РУДН, серия №3, Москва, 2013, 83-92с.
3. Могилевская С.Е. Экспрес-Метод определения параметров сопротивления сдвигу.
4. Чернышев С.Н., Елманова Е.Л., Рубцов И.В. Исследование рельефа стены памятника архитектуры, как подобия рельефа территории//Материалы научно-технической конференции-Москва: МГСУ, 2018. №4. с.44-49
5. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. -Москва: Недра, 1970. — 164 с.