

## ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЯКОСТТА НА НАТИСК НА СКАЛНИ ОБРАЗЦИ С ПОЛУПРАВИЛНА ФОРМА

**Венцислав Иванов**

*Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** Стандартните лабораторни изпитвания на физико-механичните свойства на скалите (ФМС) се правят на образци с правилна форма и определено съотношение на геометричните им размери (ISRM). Известно е, че много слабите скали и въглища при лабораторни изпитвания трудно се поддават на операциите по изрязване, поради структурните си особености. В публикацията е описано определянето на плътността и якостта на натиск на туфи чрез извънстандартен лабораторен тест, за нуждите на специфичен геотехнически проект.

### DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGTH OF ROCK SAMPLES WITH SEMIREGULAR SHAPE

*Ventsislav Ivanov*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT:** Standard laboratory tests of physical and mechanical properties of rocks (PMR) are being done with samples of regular shape and definite proportion of their geometrical dimensions (ISRM). It is known that very weak rocks and coals are hardly to be cut because of structural peculiarities in laboratory tests. The paper describes the determination of density and compressive strength on tufts by nonstandard laboratory test for the needs of a specific geo engineering projects.

### Въведение

При изучаване и оценка на процесите на деформиране и разрушаване на скалите, се използват разнообразни механически характеристики, най-важните, от които са плътностните и якостно-деформационните, определят чрез лабораторни изпитвания.

По проблема изследване на ФМС е натрупан огромен обем експериментални данни [1, 2, 3]. Известни са многобройни анализи, теоретични изследвания и критични обобщения за методологията на лабораторните изпитвания [5, 3].

Прегледът на достиженията и състоянието, на този раздел от експерименталната геомеханика, позволява следните обобщения:

- Основните идеи, заложи в методологията на лабораторните изпитвания на ФМС на скалите не са променени във времето. Нарастнал е опитът и е налице съществено технологично развитие в апаратурата и оборудването за реализацията им.
- Процесите на деформиране и разрушаване на скалите все още не са изучени, в тях има приети условия, въпреки разнообразието и количеството информация и обема на този вид изследвания. Причините за това се обуславят от две групи основни фактори:
  - генетични – разнообразието в състава, строежа, структурните особености и нарушеността на типовете скали [7], които определят свойствата и поведението им, под силови въздействия;

- методологични и метрологични – обуславящи споменатата условност на изследване – размери, форма на образците, мащабен ефект, тип и характеристики на изпитвателните машини, условия, схеми и режими на натоварване, обработка и интерпретация, представителност и надеждност на резултатите и др.

Горните обстоятелства обуславят тенденцията за търсене на начини за преодоляването им в публикациите на водещите изследвания [1, 4, 5, 3]. Те са в основата на решенията на ISRM и работата на нейната комисия за създаване на стандартизирани процедури и документи, за регламентиране на методите за характеризация на скалите. Както е известно обаче, за сега, Комисията има приети и публикувани процедури само за някои от най-използваните лабораторни тестове [10].

### I. Проблем

В НИЛ „Механика на скалите“ бяха доставени девет броя пробни тела, получени чрез ядрово сондиране, с диаметър ~90 mm и дължини 140-210 mm. Заявителят, определил скалите като туфи, иска определението на плътността (обемната маса) и якостта на натиск, съгласно ASTM.

Още при разопаковането, пробните тела се фрагментираха на части. Визуалната оценка установи, че те съдържат петроложки включения и нееднородности от III клас [3] и са нарушени. Извършените полеви идентификации [10], определиха скалите като много слаби

– клас VV от класификацията ASTM D3148-72 – и са с якост на натиск  $\sigma_c < 7 \text{ MPa}$  [2].

При опитите за изрязване на стандартни (NX) образци, от пробните тела, те се разпаднаха от подаваната вода, а при сухо рязане се разрушаваха от усилието в захватите, поради ниската си якост.

Изложените обстоятелства, илюстрирани на фиг. 1 са в основата на решението, да се предложи на заявителя нестандартен метод за изпитване, осигуряващ получаването на необходимите характеристики.

## II. Методическа постановка на изследванията

1. Определяне на обемната маса – стандартно, чрез хидростатично претегляне [10].

2. Якост на натиск – чрез изпитване на образци с полуправилна форма [2, 9]

Образецът с полуправилна форма (с две успоредни, обработени повърхности за осигуряване на контактните условия) се натоварва равномерно нарастващо усилие ( $0,5 \div 1 \text{ MPa/s}$ ), до разрушаване (фиг. 1 б, в).

Якостта на натиск се определя по известна зависимост [3] -  $\sigma_c = P/F.k$ , където:  $P$  е разрушаващото усилие [MN],  $F$  - сечение на образца [ $\text{m}^2$ ],  $k$ - коригиращ коефициент, за отчитане влиянието на формата, чрез отношението на височината ( $h$ ), към диаметъра ( $d$ ) на образца [1, 2].

## III. Анализ и оценка на получените резултати

Изпитани са 18 опитни образци – 9 за плътностни и 9 за якостните тестове, по интервалите на опробване в дълбочина. Получените резултати са дадени в табл. 1.

Всички опитни резултати показват, че изследваните скали са с много ниска якост, в диапазона 1,5 – 3,5 МПа. Плътността им се изменя от 0,015 - 0,020  $\text{MN/m}^3$ . С нарастване на дълбочината има тенденция към увеличение на плътността и якостта. Формите на разрушаване са чрез надлъжно разцепване по посока на товара, т. е. Реализира се разрушаване от опън (вж. фиг. 1 в). Всички разрушавания, при изпитванията, са с аналогичен характер. Якостните свойства са силно зависими от водата, а изследваните скали са изразено хидрофилни.

С цел увеличаване на представителността на изследването, бе извършен опит за определяне индекса на точкова якост  $I_s (50)$  на скалите, чрез PLT тест (Point Load Test) [3, 4]. Изпитани бяха късове от разрушените, при едноосовите изпитвания образци №№ 2, 3, 5, 6. Направените четири PLT опита не дават достоверни резултати, поради некоректни разрушавания. Вероятната причина е отново ниската якост на скалите, обуславяща нестабилни резултати [8] при използване на PLT метода.



Фиг. 1. а) фрагментиране на пробното тяло след разопаковане; б) изрязани образци с полуправилна форма; в) образците, след изпитване на едноосов натиск

Таблица 1.

Плътносни и якостни свойства на изследваните скали

Образец № \ Параметър	Интервал на опробване	Обемна маса [MN/m <sup>3</sup> ]	Якост на едноосов натиск $\sigma_c$ [MPa]	Забележка
1	16,5 - 18	0,017	1,68	Разрушаване чрез надлъжно разцепване, без звукови ефекти, нехомогенен образец
2	16,5 - 18	0,015	1,17	Намалено сечение от жлеб по цялата височина, пукнатина, вероятно през целия образец
3	18 - 21	0,018	1,52	Разрушаване чрез разцепване, нехомогенен, с включения без видими пукнатини
4	18 - 21	0,016	0,99	Нарушена форма, напукан, разрушаване по нарушенията надлъжно и напречно
5	21 – 23,25	0,019	3,61	Правилна форма, хомогенен, без видими пукнатини, разрушаване без звук
6	21 – 23,25	0,020	2,91	Хомогенна структура, без нарушения, разрушава се без звук с разцепване по височина на образца
7	21 – 23,25	0,020	2,88	Правилна форма, хомогенен, разцепване без звук, надлъжно разцепване
8	21 – 23,25	0,018	1,68	Нарушена форма, отлюспвания по височина, наличие на пукнатини в двете равнини
9	21 – 23,25	0,019	3,33	Разрушение от надлъжни пукнатини, по-едри включения, леко нарушена форма.

## Заклучение

Различни са нивата и сложността на инженерните решения, свързани с използването на механичните свойства на скалите. Това разнообразие определя степента на точност и надеждност на резултатите както и необходимите изпитвания. Оптимално приложено е онова лабораторно изследване, което използва метод, адекватен по цена, надеждност и точност на условията на конкретната инженерна задача.

Много често в практиката се работи със слаби, напукани или разслояващи се скали, които не позволяват изрязването на образци за изпитване, отговарящи на стандартните процедури. Това блокира прилагането на стандартните методи и получаването на необходимите данни за ФМС. В същото време, инженерната задача няма решение.

Описаното противоречие, както е и в конкретното изследване, обуславя прилагането на т.н. опростени методи за изследване на ФМС на скалите [3, 5, 8]. Опростените методи се характеризират с това, че на първо място са косвени т.е. базирани са на корелация между  $\sigma_c$  и други якостни характеристики на скалите (специфична енергия на разрушаване, обемна якост и др.) Изпитването се опростява, но в определена степен се намалява представителността на получаваните резултати [3].

Основното предимство е, че методите осигуряват количествени данни и използването им позволява параметрично, а не експертно или интуитивно решаване

на конкретни задачи, базирани на якостно-деформационните характеристики на скалите.

## Литература

1. Stagg K. G. , Zienkiewicz D. C. – Rock Mechanics in Engineering Practice – Willey, L., 1968
2. Hoek E. Support of Underground Excavations in Hard Rock – AA Balkema, 1980
3. Фадеев А. Б. – Прочность и деформируемость горных пород – М., „Недра”, 1979
4. Иванов В. Определяне на якостно-деформационните характеристики на скалите при различни видове натоварвания – Сб. Доклади програма RIFREN, 2008
5. Abdullah H. et al – Some implications of empiricism assumptions in Laboratory Testing – SINOROCK, 2004
6. ISRM Suggested Methods for determining uniaxial compressive strength of rock materials – Document № 1, first revision, 1977
7. Hoek E. – Rock engineering - 2003, AABalkema
8. Иванов В. – Сравнение на две методики за якостни изпитвания на образци с неправилна форма – Годишник МГУ, т. 49, св. II, 2006
9. Турчанинов, И.А. - Основы механики горных пород - Л., Недра, 1989.
10. Broun E. T. - Editor Rock Characterisation Testing and Monitoring. Published for the Commission on Testing and Monitoring - ISRM, Pergamon Press, 1981

Препоръчана за публикуване от Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ