

СРАВНЕНИЕ НА ДВЕ МЕТОДИКИ ЗА ЯКОСТНИ ИЗПИТВАНЯ НА СКАЛНИ ОБРАЗЦИ С НЕПРАВИЛНА ФОРМА

Венцислав Иванов

МГУ "Св. Иван Рилски", София 1700, България, e-mail: nis@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Приложени са два варианта на метода на точково натоварване за определяне якостните свойства на инертни скални материали. Извършен е сравнителен анализ на получените опитни резултати от настоящото и предишно [1] изпитване. Двата варианта на метода са съпоставени и на база сходимост в методическите постановки, техниката на изпитване и съответствие между получените резултати е предложена възможност за комбинирано приложение на вариантите за повишаване на качеството и количеството на получаваната информация.

COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO METHODS FOR STRENGTH DETERMINATION OF IRREGULAR SHAPED ROCK SPECIMENTS

Ventzislav Ivanov¹

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilsky", Sofia 1700, Bulgaria, e-mail: nis@mgu.bg

ABSTRACT. Two variants for Point Load Test are applied for determination of strength characteristics of inert rock materials. Comparative analysis of the experimental results from the present and previous research is made. The two variants are compared and on similarity base in methodical formulation, research technique and in conformity with the results, it is proposed an opportunity for combination application of the variants for quality and quantity improvement of the received information.

Увод

Проектирането на инсталации за добив на инертни материали изисква познаването на някои основни физико-механически параметри на скалите като якост на натиск, трошмост, абразивност, обемна плътност и т.н.

Най-често тези характеристики се определят чрез изпитване на образци с неправилна форма [2, 3, 8].

НИЛ по Механика на скалите на МГУ "Св. Иван Рилски" разполага с методики и оборудване за якостни изпитвания по два варианта на метода на точково натоварване [1]:

- общоприлаганият Point Load Test (PLT) [2,3] за определяне индекса на якост I_s
- разработени през 80-те години в МГУ метод и Отраслова Нормала (ОН) – А49/1577358-84 за определяне индекса на якост σ_c ; [4] на образци с неправилна форма

Цел на изследването

Методът на точково натоварване е известен отдавна и изпитването на якост е конвенционално [2,7]. В случаят, интерес представлява съпоставянето на възможностите и резултатите, получавани по двата метода в областта им на приложение. Основният определян параметър и за PLT и за ОН теста с якостта на едноосов натиск σ_c . При PLT той

се получава чрез индекса на точково натоварване I_s , при варианта ОН чрез индекса на якост σ_c . PLT теста е еднократен, докато ОН изследването позволява повторно изпитване на образци, разрушени от предходния опит, чрез ново разрушаване, по ос, не съвпадаща с оста на натоварване от предишния тест. Освен това, ОН варианта позволява определянето на якостно-деформационни характеристики, не получавани по метода PLT. Това са якост на опън σ_t и динамичен модул на еластичност E_d [4].

Съчетаването на двата метода, на практика, може да повиши качеството и надеждността на получаваната информация, при изпитване на една и съща серия пробни тела, което е важно предимство за този род изследвания.

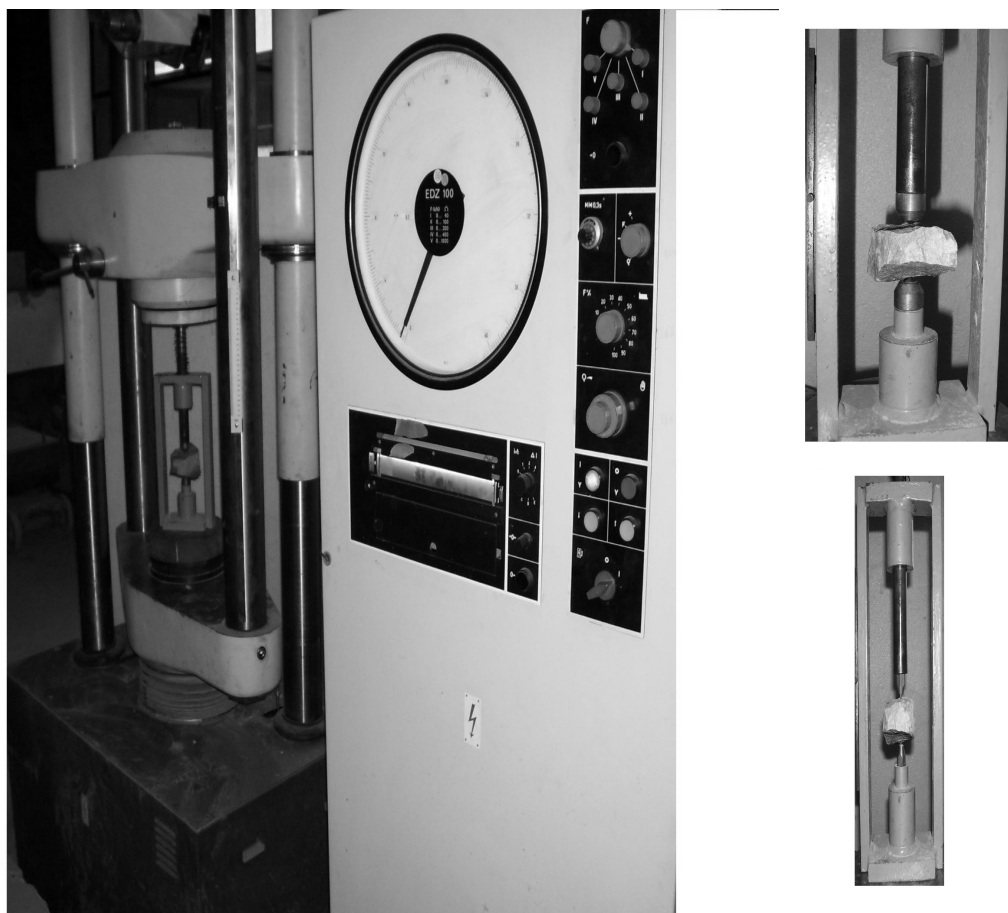
Изследване

За определяне на лабораторната якост на натиск са доставени 14 броя нехерметизирани пробни тела, разпределени в пет групи от заявителя. От тях са изготвени 20 броя образци, съгласно изискванията на ISRM [2].

Изследването е проведено при следната методична последователност:

- петроложка идентификация на скалите.
- определяне на обемната плътност ρ и коефициента на относителна абразивност A по групи.

- определяне на индекса на якост I_s и якостта на едноосов натиск σ_c чрез PLT теста.



Фиг. 1 . Опитна постановка на изследването

- чрез метода ОН са определени индекса на якост σ_i и якостта σ_c на образци, получени след PLT теста, на които е възможен експеримента;
- чрез резултатите от това изпитване са изчислени якостта на опън σ_t и динамичния модул на еластичност E_d .
- извършен е анализ на резултатите от настоящето и предишно изследване.

Опитни резултати

Петрографската идентификация¹ установява, че скалните късове от всички групи са доломити, с масивна текстура, в повечето образци. Изказано е предположение, че на терена е възможен слоест строеж на масива

Обемна плътност ρ [MN/m³]. В таблица 1 е дадена средната обемна плътност за образците по групи

Таблица 1

група	S ₁	S ₂	E ₁	E ₂	E ₃
ρ [MN/m ³]	0,0271	0,0238	0,0287	0,0287	0,0251

Тъй като в петрографски план всички представени образци са доломити, определена е средната обемна плътност по всички данни $\rho_{cp} = 0,0267 \text{ MN/m}^3$.

Абразивност. Показателят на относителна абразивност A [mg] е определен по метода на Барон [5]. Получените резултати са както следва:

Таблица 2

група	S ₁	S ₂	E ₁	E ₂	E ₃
A [mg]	0,5654	0,5965	0,7431	0,7972	0,8763

Средната стойност на показателя на относителната абразивност е $A_{cp} = 0,7157 \text{ mg}$, което отнася скалите към клас ниско абразивни.

Якостни изследвания. По метода PLT са изпитани 20, а съгласно Отрасловата Нормала 14 образци. Тъй като петрографското описание предполага слоестост, в хода на изследването са извършени 7 опита за установяване на анизотропия на якост.

Изпитванията и по двата метода са проведени на стационарна преса EDZ-100, с автоматично подаване на товара. Скоростта на натоварване е 0,1 МПа/сек [ISRM]. На фиг. 1 е показана снимка на опитната постановка.

¹ Петрографското определяне е извършено от гл. ас. Б. Банушев, кат. Минералогия и петрография, МГУ "Св. Иван Рилски"

Анализ на получените резултати

Общи положения. В описваните експерименти за базови са приети резултатите от PLT изпитванията, намерили широко практическо приложение [2,6,8]. Опитните резултати са дадени в таблица 2.

Опитните данни показват, че якостта на натиск на изследваната серия се изменя в широк диапазон дори в отделните групи. Така например в група E₃ диапазона на изменение на σ_c е от 74 до 171 МПа, а в група E₂, където образците са с най-голям брой $\sigma_c^{\min} = 53$ МПа, а $\sigma_c^{\max} = 126$ МПа. Аналогична е ситуацията и в група E₃, където обхвата на изменение е от 50-70 до 120-161 МПа.

Определена е средната якост на натиск на изследваните доломити, която по всички опитни данни от PLT теста е $\sigma_{c,p}^{PLT} = 85,4$, по ОН - $\sigma_{c,op}^{OH} = 84$ МПа.

По литературни данни [6] якостта на натиск на ненапукани, свежи, сухи и неизменени доломити е около 100 МПа, т.е. изпитваните образци имат якост в долната граница на параметъра за тази разновидност.

Възприемайки предположението за слоестост в масива от пробни тела 6 и 7 са подбрани образци, които са изпитани чрез прилагане на разрушаващо напрежение успоредно

и перпендикулярно на равнините на симетрия. Извършените опити доказват анизотропия на якост и при трите теста (вж. Таблица 3). При предишно изследване [1] също е установена якостна анизотропия, при слоест строеж на скалите.

Вариантът ОН дава възможност чрез установени емпирични зависимости да се изчислят якостта на опън σ_t и динамичния модул на еластичност Ed. Получени са следните резултати $\sigma_t^{\min} = 4,7$ МПа, $\sigma_t^{\max} = 28,2$ МПа и σ_t^{cp} (по всички данни) има стойност 14,8 МПа. Динамичният модул на еластичност за изпитаните доломити е Ed = (0,33 ÷ 8,33) GPa.

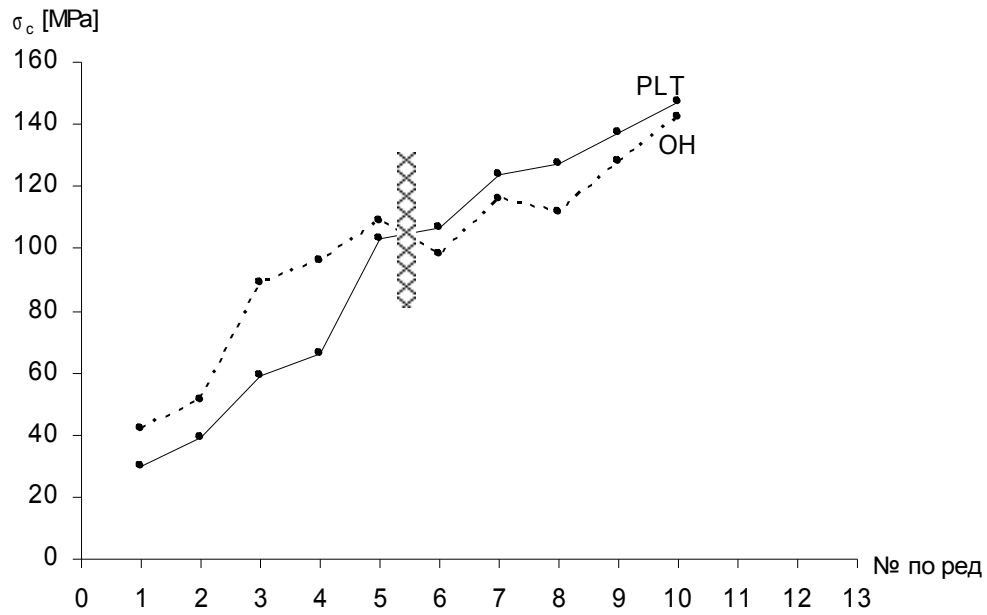
Сравнителен анализ. Мотивът за това изследване идва от методическата съпоставимост на двата теста и тяхното оборудване, установена в [1], както и от обстоятелството, че с практическото удвояване на резултатите ще се повиши статистическата представителност и надеждност на изпитваната серия образци, което е важно предимство при определяне на якостни характеристики.

Опитните резултати от настоящото и едно предишно якостно изследване са представени във възходящи вариационни редове и по тях са построени графиките показани съответно на фиг. 2 и 3.

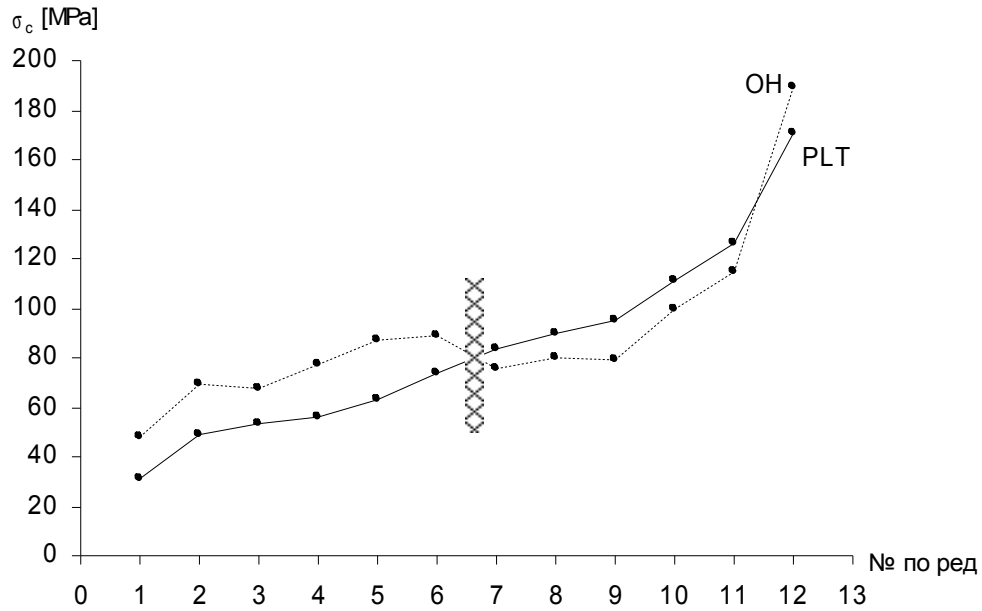
Таблица 3

Якостни изследвания чрез PLT и ОН тестове

Група	Литоложко описание	Образец	σ_c [MPa]	Метод на изпитване	Коментар
S ₁	Доломит масивна текстура тъмно сив	1	33,2	PLT	
		1'	53,3	ОН	Допълнително изпитване
		1-1	28,6	PLT	
		1-1'	49,4	ОН	Допълнително изпитване
		1-2	41,8	ОН	Допълнително изпитване
S ₂	Доломит масивна текстура светъл	2	74,0	PLT	
		2'	89,1	ОН	
		2-1	171,0	PLT	По-плътен от образец 2
		2-1'	188,8	ОН	Допълнително изпитване
E ₁	Доломит масивен сивочерен	3	7,9	PLT	Некоректно разрушаване - брак
		3-1	48,6	PLT	
		3-1'	69,1	ОН	
E ₂	Доломит масивен плътен наситен тъмен на терена е възможно да е слоест	4	95,2	PLT	
		4'	79,1	ОН	
		4A	126,3	PLT	
		4A'	114,5	ОН	Допълнително изпитване
		8	111,3	PLT	
		8'	100,4	ОН	Допълнително изпитване
		8A	89,6	PLT	
		8A'	80,0	ОН	Допълнително изпитване
		9	53,3	PLT	
		9'	68,1	ОН	Допълнително изпитване
		9A	84,2	PLT	
		9A'	75,6	ОН	Допълнително изпитване
		5	55,6	PLT	
		5A	76,7	ОН	Допълнително изпитване
E ₃	Доломит масивна текстура в образца – възможна слоестост на терена	10	62,5	PLT	
		10'	87,0	ОН	Допълнително изпитване
		6	68,3	PLT	Перпендикулярно на слоистостта
		6A	22,4	PLT	Успоредно на слоистостта
		6Б	126,0	PLT	Успоредно на слоистостта
	6B	161,0	PLT	Перпендикулярно на слоистостта	
	7	160,7	PLT	Перпендикулярно на слоистостта	



Фиг. 2 Сравнителен анализ на резултатите от PLT и OH изследването, описани в [1].



Фиг. 3 Сравнителен анализ на резултатите от PLT и OH тестове при настоящото изследване

Сравнението на данните, получени по двете методики показват една обща сходимост в резултатите за якостта на натиск σ_c и при двете изследвания. Разхожданията в резултатите са по-големи в областта на ниските якостни показатели, докато при високоякостните образци сходимостта в данните е по-добра. Този факт се потвърждава и при двата експеримента, проведени с различни видове скали. На графиките са нанесени зацриховани вертикални маркери, разделящи данните по сходимост при нарастването на σ_c . Видно е, че и при двете петрографски разновидности има съответствие. Според нас, тъй като методологично PLT и ОН теста са подобни, вариациите в резултатите могат да се обяснят с различните начини за прилагане на товара. В областта на ниските якостни, където разхожданията в резултатите са по-големи, вероятно наред с вида на натоварващото устройство се проявява и установената от много автори нестабилност на метода на точково натоварване при изпитване на слаби скали [7,8].

Заклучение

Проверена е възможността за съвместно прилагане на два варианта на метода на точково натоварване за определяне на якостните характеристики на скални образци с неправилна форма. Изследването е на база представителен обем образци. Анализът на данните показва стабилна сходимост и съответствие в опитните резултати

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

при изпитване на различни литоложки разновидности. Това потвърждава приложимостта на подхода в областта на използване на метода. Осигурява се възможност, без съществена загуба на време (при експериментите само се сменят крайниците; при изчисленията – формулите) да се увеличи съществено надеждността и достоверността на определянето на якостните характеристики на изпитваните скали.

Литература

1. Иванов В. Определяне индекса на якост на скални образци с неправилна форма, Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски", 2005
2. Brown E.T. "Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM, Pergamon Press, Oxford, 1981
3. Geomechanical Criteria for Underground Coal Mine Design, IBSM, SMI, 1995
4. Отраслова Нормала А 49/1577358/84. Скали и скални материали. Метод за определяне на якостта
5. Практикум по обогатяване, Техника, 1982
6. Stacey T.R, S. H. Page "Practical Handbook for Underground Rock Mechanics", Trans Tech Publications, 1986
7. Goodman R.E Introduction to Rock Mechanics, John Wiley & Sons, 1980 NY
8. Прочность и деформируемость горных пород, Недра, 1979