

RELAZIONI LABORATORIO DI GEOTECNICA

Relazioni delle prove su rocce

Anno Accademico: 2019/2020

Studente: Davide Lucchese matricola numero 825659 Gruppo: A2

Docente: Prof. Riccardo Pietro Castellanza

INDICE

Prova monoassiale su roccia.....	1
Point Load	5
Prova Brasiliana.....	7
Prove di classificazione dei giunti.....	9
Bibliografia.....	11

Prova monoassiale su roccia:

Normativa di riferimento

La normativa a cui si fa riferimento è la ASTM D2938-95 (Standard Test Methods for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens).

Scopo della prova:

Lo fine della prova è quello di valutare la resistenza a compressione monoassiale del campione di roccia (c) e le costanti elastiche E (modulo di Young) e ν (rapporto di Poisson).

Preparazione del provino:



Fig 1: provino con attaccati gli Strain Gauges

Per la seguente prova si sono utilizzati, come prevede la normativa, campioni cilindrici aventi un diametro $D = 54 \text{ mm}$ (D deve essere circa 10 volte il diametro massimo dei grani) e un'altezza H circa pari a 2,5 o 3,0 volte D (il rapporto H/D prende il nome di fattore di influenza). Il rapporto tra il diametro del campione e la sua altezza è questo in modo da evitare l'effetto colonna (campioni troppo alti rispetto al diametro) e delle due piastre (campioni con altezza troppo limitata). Per considerare la prova valida la

rottura del campione sottoposto a carico deve avvenire nel suo terzo centrale. Prima di iniziare la prova vengono posizionati sul campione degli estensimetri posto uno orizzontalmente l'altro verticalmente che seguendo la legge di Ohm ci danno i valori della deformazione del campione durante la prova.



Fig 2: macchina per la prova monoassiale

Sviluppo della prova

La prova, eseguita sulle basi piane perpendicolari all'asse del campione, consiste nell'applicazione di un carico N costante nel tempo, con $\sigma_1 = \sigma_{ax} = N/A$; la prova avviene in controllo di carico, con variazioni di sforzo pari a $\dot{\sigma} = 0,5 - 1 \text{ MPa/s}$. durante la prova si effettua una misura il più possibile continua della variazione di altezza ΔH e del diametro ΔD del campione. Calcolando successivamente la deformazione assiale, quella radiale e quella volumetrica:

Assiale $\rightarrow \epsilon_{ax} = \Delta H/H_0 [-]$ [anche in %]

Radiale $\rightarrow \epsilon_r = \Delta r = r_0 [-]$ [anche in %]

Volumetrica $\rightarrow \Delta = \epsilon_{ax} + 2\epsilon_r$

I dati di partenza che misuriamo sperimentalmente sono: la forza assiale F_v , lo spostamento verticale $S_v(\Delta H)$ e il tempo t . I dati rielaborati invece sono la deformazione (assiale e radiale) e lo sforzo assiale:

$$\sigma_{ax} = F_v [N] / A_0 [\text{mm}^2]$$



Fig 3: rottura del campione

Il grafico sforzo-deformazione che si ottiene ha lo stesso andamento del grafico forza-spostamento, è necessario quindi valutare a questo punto La

resistenza σ_c , ovvero lo sforzo a rottura e il valore corrispondente al coefficiente angolare della tangente alla curva nel punto sulla curva che corrisponde alla metà della resistenza, ovvero $\sigma_c / 2$, che prende il nome di rigidità (Et_{50}):

$$Et_{50} = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon = (\sigma_{ax2} - \sigma_{ax1}) / (\varepsilon_{ax1} - \varepsilon_{ax2})$$

Da notare che quando il provino viene caricato, si abbassa radialmente portando a una deformazione assiale positiva ($\varepsilon_{ax} > 0$) e si allarga radialmente portando a una deformazione radiale negativa ($\varepsilon_r < 0$). Il valore massimo delle due curve (che corrisponde a σ_c) è sempre uguale. Il parametro che mette in relazione il variare delle due deformazioni l'una rispetto all'altra è il rapporto di Poisson, pari a:

$$\nu = -\Delta\varepsilon_r / \Delta\varepsilon_{ax} [0; 0,5]$$

Tabelle dati

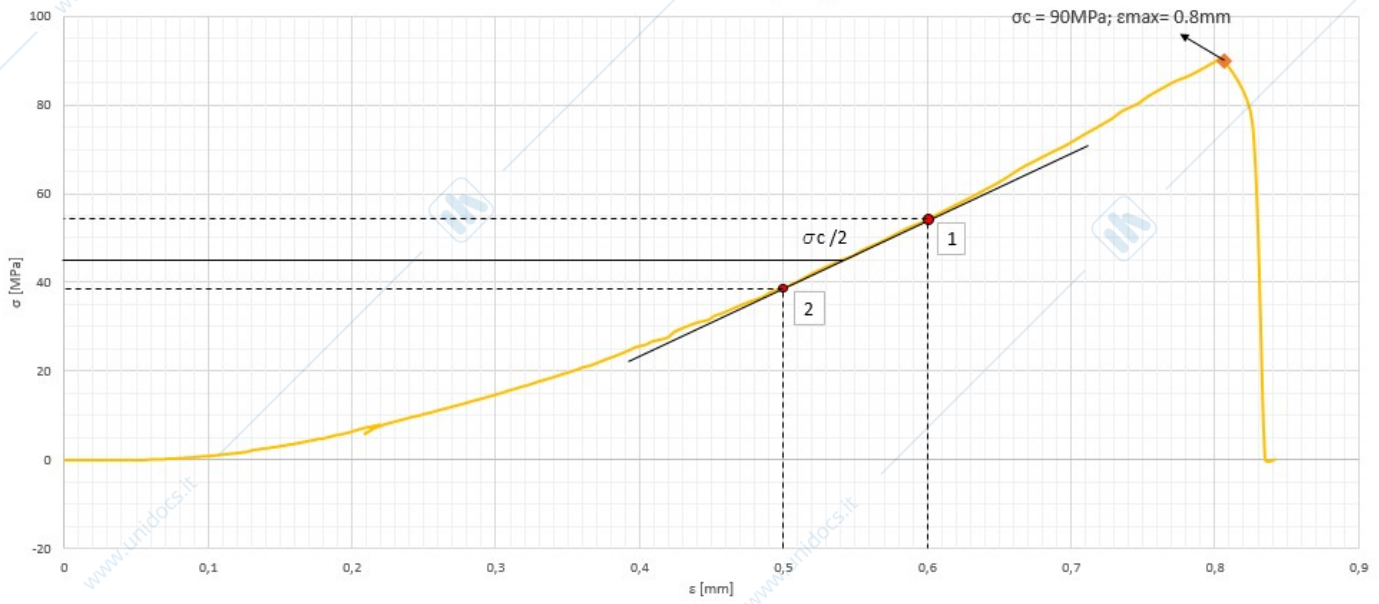
Prova eseguita in controllo di carico con dati presi al gruppo A1:

Rielaborazione Dati			
Massimo sforzo σ_c	90MPa	50% di σ_c	45MPa
Modulo di Young Tangente			
	1° punto	2° punto	
σ_c [MPa]	54,5	39	
ε	0,6	0,5	
Et_{50} [MPa]	155		
Modulo di Young Sacante			
	punto O	punto $\sigma_c/2$	Punto σ_c
σ_c [MPa]	0	45	90
ε	0,0001	0,54	0,8
Et_{50} [MPa]	83,35	Et_{100} [MPa]	112,51

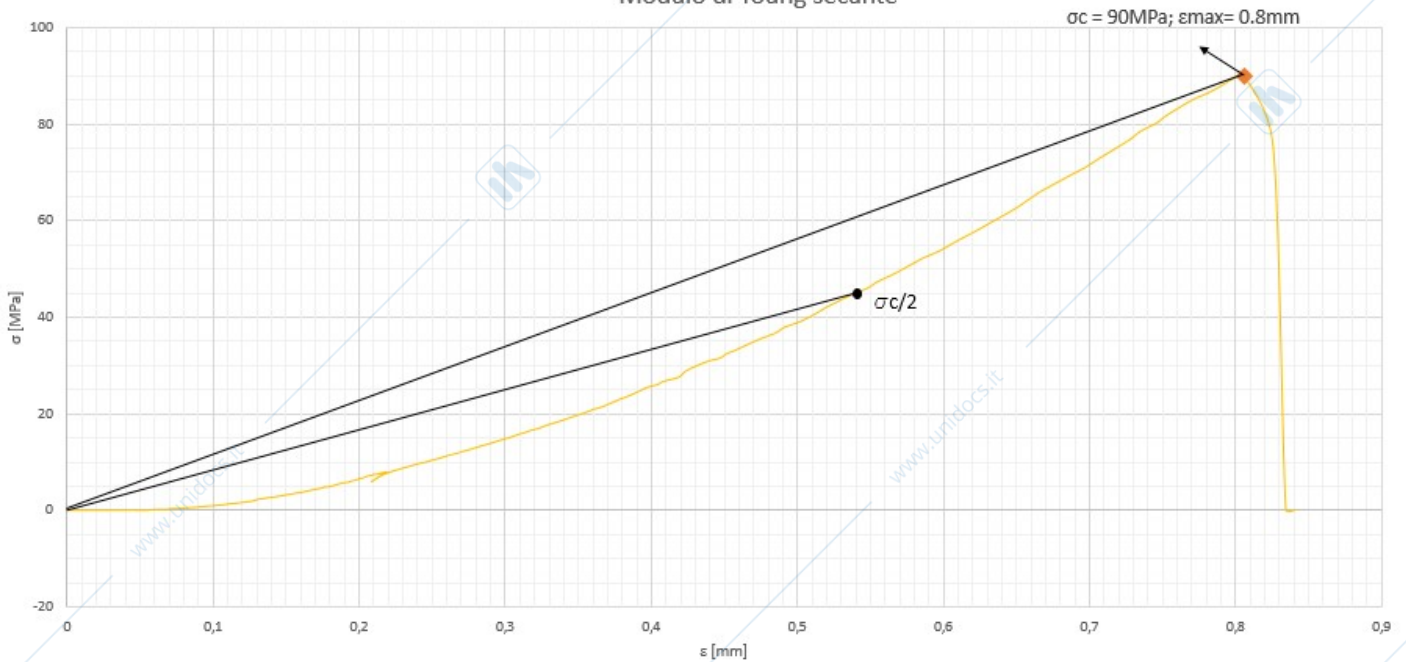
Elaborazione grafica



Modulo di Young tangente



Modulo di Young secante



Risultati e conclusioni:

I risultati di σ_c (MPa) e di rigidezza (E_{t50}) permettono di usare la classificazione di Deer&Miller in funzione di σ_c , per la classificazione della roccia, e del rapporto rigidezza- sforzo E/σ_c . La roccia presa in esame secondo questa classificazione appartiene, quindi, alle classi C e L.

Classificazione della roccia in base alla resistenza massima a compressione monoassiale	
σ_c	90 MPa
Scala sulla tabella (MPa)	Tra 56 e 112 MPa
Classe	C
Descrizione	Resistenza Media

Classificazione della roccia in base al rapporto E_{t50}/σ_c	
E_{t50}/σ_c	1,72
Classe	L
Descrizione	Rapporto E_{t50}/σ_c molto basso

Suddivisione delle rocce in base alla resistenza massima a compressione monoassiale $\sigma_c(ult)$

Classe	Descrizione	$\sigma_c(ult)$ kg/cm^2	MPa
A	Resistenza estremamente elevata	> 2250	>224
B	Resistenza elevata	2250 + 1125	112 - 224
C	Resistenza media	1125 + 560	56 - 112
D	Resistenza bassa	560 + 280	28 - 56
E	Resistenza estremamente bassa	< 280	< 28

Suddivisione delle rocce in base al rapporto $E_t/\sigma_c(ult)$

Classe	Descrizione	$E_t/\sigma_c(ult)$
H	Rapporto $E_t/\sigma_c(ult)$ elevato	> 500
M	Rapporto $E_t/\sigma_c(ult)$ medio	500 + 200
L	Rapporto $E_t/\sigma_c(ult)$ basso	< 200

Fig 4: tabella di Deer&Miller

Prova di carico puntiforme (point load test):

Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per il Point Load è la ASTM D5731-02 (Standard Test Methods for Determination of the Point Load Strength Index of Rock).

Scopo della prova:

Lo scopo della prova di carico puntiforme è la determinazione dell'indice di resistenza di una roccia al fine di classificare il materiale roccioso.

Sviluppo della prova

La macchina utilizzata per la prova si compone di una parte predisposta per il caricamento costituita da un telaio di carico, da una pompa, da punzoni, pistoni e un sistema per misurare il carico P necessario per portare a rottura il provino (manometro) e un sistema per la misura della distanza tra i due punti di contatto punte-provino, utile per la determinazione della distanza iniziale D_i e della distanza finale D_f . Innanzitutto il campione (frammenti di roccia di forma irregolare o parallelepipedica) viene misurato con il calibro nelle tre dimensioni e viene segnata su di esso la metà della faccia maggiore affinché sia centrato all'interno della macchina, successivamente svito per circa mezzo giro la vite la macchina così da abbassare la piastra inferiore e

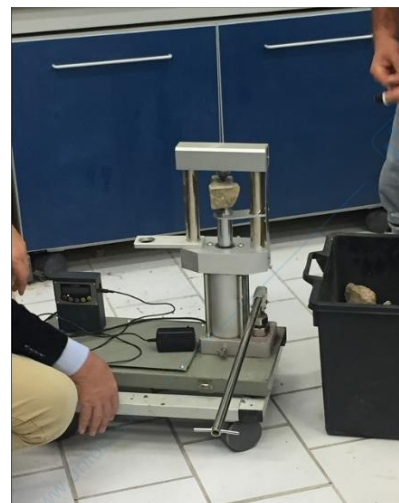


Fig 5: macchina per il point load



collocare il campione a questo punto chiudo la vite e inizio a far alzare la piastra inferiore fino a che il campione non rimane incastrato tra le due punte, chiudo il tutto con la protezione in plexiglass. A questo punto si inizia ad applicare una forza P fino a portare la roccia a rottura. Quando applico la forza, il corpo dapprima si deforma e poi si fessura, con le punte che penetrando nel materiale lo portano a rottura in due o più frammenti.

Fig 6: misurazione dei campioni

A questo punto è possibile stimare un indice di resistenza IS pari a:

$$IS = P_{\max} [\text{kN}] / D^2 [\text{m}^2]$$

Per rocce anisotrope la direzione di carico viene definita secondo gli elementi di anisotropia, in cui è possibile definire un indice di anisotropia pari a:

$$IA = IS_{\perp} / IS_{//}$$

Con:

$IS_{//}$ → direzione di carico parallela a S

IS_{\perp} → direzione di carico perpendicolare a S

materiale isotropo: $IA = 1$

materiale anisotropo: $IA > 1$.

Per campioni irregolari si prendono, come standard, campioni con distanza tra le punte $D > 30$ mm, rapporto con la lunghezza del campione L e con la larghezza del campione I pari a: $1 \leq L/D \leq 3$ e $1 \leq I/D \leq 3$. Per campioni cilindrici definisco l'indice di resistenza utilizzando la medesima procedura e, per carote con diametro di 50 mm avrò un valore standardizzato pari a:

$$IS_{50} = P_{\max} / D_{50}^2$$

Con un campione con un diametro diverso da 50 mm attraverso una carta di correzione è possibile risalire al valore equivalente. Il valore di IS_{50} è utile anche per confrontare IS con σ_c . Le relazioni tra le due variabili sono:

$$\sigma_c = 23,7 IS_{50} [\text{Brockh}]$$

$$\sigma_c = 25 IS_{50} [\text{Bieniawski}]$$

Tabelle dati e rielaborazione

Campione	Dimensione A (mm)	Dimensione B (mm)	Dimensione C (mm)	D_i (mm)_Distanza iniziale tra le punte	D_r (mm)_Distanza di carico	Carico con campione posizionato (kN)	Carico letto sullo strumento nel momento della rottura (kN)	Carico a rottura definitivo (kN)	IS [MPa]	IS (50) [MPa]	σ_c [Brockh] [MPa]	σ_c [Bieniawski] [MPa]
1-Roccia sedimentaria	49,2	49,4	102	47	45	0,37	8,33	8,7	3,938434	3,830284834	90,777751	95,75712084
2-Roccia metamorfica	53,8	51,7	72	50	46	0,18	8,52	8,7	3,48	3,48	82,476	87
3- Roccia metamorfica	41	100	28	44	36	0,2	4,19	4,39	2,267562	2,140801349	50,736992	53,52003372
4- Roccia metamorfica	62,5	60,6	59	65	59	0,54	NON VALIDO	-	-	-	-	-
5- Roccia metamorfica	45	126,2	74,1	36	27	0,16	7,8	7,96	6,141975	5,297947979	125,56137	132,4486995
6- Roccia ignea vulcanica	46,3	78	50,2	46	41	0,3	1,58	1,88	0,888469	0,855749607	20,281266	21,39374017
7- Roccia ignea vulcanica	73	60	46,8	50	47	0,51	3,84	4,35	1,74	1,74	41,238	43,5
8- Roccia metamorfica	40	49,7	80	39	37	0,61	16,82	17,43	11,45957	10,24733052	242,86173	256,183263

Risultati e conclusioni

I campioni possono essere classificati nel seguente modo:

Campione	σ_c medio (MPa)	Classificazione Deer&Miller	Descrizione
1-Roccia sedimentaria	93,27	C	Resistenza media
2-Roccia metamorfica	84,74	C	Resistenza media
3-Roccia metamorfica	84,74	D	Resistenza bassa
4-Roccia metamorfica	non registrato		
5-Roccia metamorfica	129,01	B	Resistenza elevata
6-Roccia ignea vulcanica	20,84	E	Resistenza estremamente bassa
7-Roccia ignea vulcanica	42,37	D	Resistenza bassa
8-Roccia metamorfica	249,52	A	Resistenza estremamente elevata

Prova di Trazione Indiretta:**Normativa di riferimento**

La normativa di riferimento per la prova di trazione indiretta è la ASTM D3967-95 (Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Intact Core Specimens).

Scopo della prova

Lo scopo della prova è ricavare la resistenza a trazione uniassiale (t) mediante compressione diametrale di campioni cilindrici; molte rocce sottoposte a campi di sforzo biassiale giungono a rottura per trazione. Questo vale se uno sforzo principale è di trazione, σ_t , e l'altro sforzo principale è di compressione con $\sigma_c < 3\sigma_t$.

Sviluppo della prova

I campioni sono provini cilindrici (discoidali) aventi diametro di 54 mm e con spessore (t) pari a $D/2$ aventi superficie liscia e regolare. Secondo normativa bisogna testare almeno 10 provini per ogni direzione di carico. È indispensabile che il campione poggia su ganasce di metallo ricurve aventi come nel point load uno spuntone che viene a contatto con il campione per primo ed è dove avviene la rottura in modo da poter sfruttare la compressione per generare forze di trazione. Una volta montato il provino sulla macchina, si applica un carico sulle piastre che viene trasferito al campione così da solleccarlo diametralmente; un istante prima della rottura, si ha la formazione di linee di forza a forma di cuneo dove si ha scomposizione della forza in due componenti perpendicolari alle facce del cuneo, a volta scomponibili in componenti orizzontali e verticali, la componente orizzontale di queste forza

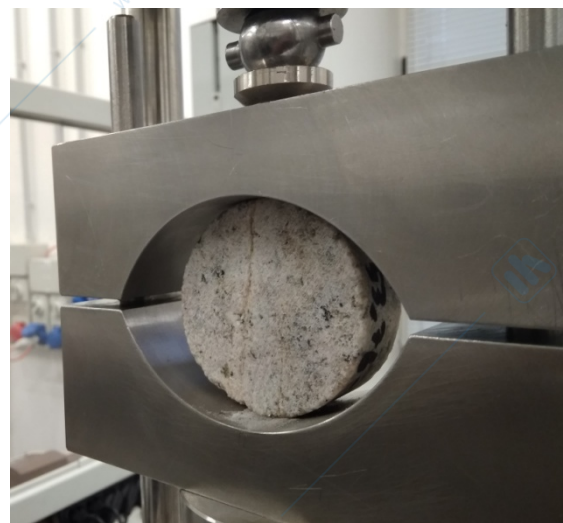


Fig 7: macchina per la prova di trazione indiretta

favorisce i movimenti di trazione del provino. Tuttavia, dato che si tratta comunque di una prova di compressione vi è comunque una componente della forza che svolge una compressione sul provino; tuttavia poiché la resistenza a trazione è minore della resistenza a compressione, il campione arriva a rottura per trazione. Per quanto concerne gli sforzi principali questi non sono uniformi e si concentrano di più a contatto con le ganasce.

La resistenza a trazione uniassiale è pari a:

$$\sigma_t = P_{\max} / \pi R t \rightarrow R = D/2 \quad t = H.$$

Nel caso in cui il campione sia stratificato o foliato, quindi anisotropo, bisogna eseguire la prova sia parallelamente che perpendicolarmente alla foliazione, in modo da constatare il differente comportamento della roccia.

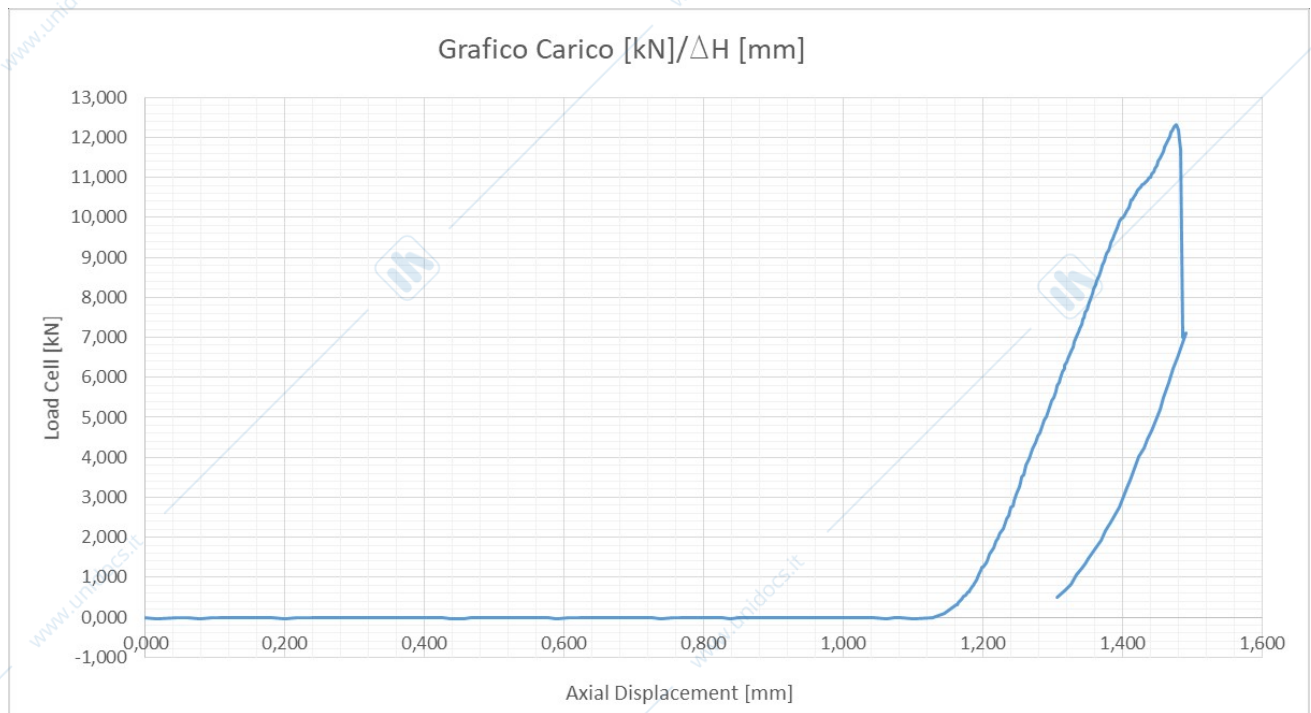


Fig 8: dettaglio del campione dopo la rottura

Tabelle dati

Dati di partenza	
Sigla del campione	S4C
Altezza iniziale [mm]	25,6
Diametro iniziale [mm]	60,2
Area del Provino [mm ²]	2846,3
Carico Massimo P _{max} [kN]	12,3
Resistenza a Trazione σ_t [MPa]	4,33

Elaborazione grafica



Risultati e conclusioni

La prova fornisce il valore di resistenza a trazione del campione in esame che in questo caso è di 4,328 MPa.

Prove per la classificazione dei giunti

Scopo delle Prove

Tali prove sono volte a ricavare valori e parametri utili al fine di classificare i giunti attraverso una classificazione geomeccanica in funzione dello sforzo.

Le discontinuità vengono classificate mediante caratteristiche geometriche (JRC - pettine di Barton); mediante caratteristiche meccaniche (JCS – sclerometro, prova di taglio su giunto) e criteri di resistenza (equazione empirica di Barton). Ogni sistema di giunti è definito attraverso parametri geometrici come giacitura, spaziatura, frequenza di giunti di un sistema, numero volumetrico dei giunti e parametri morfologici come continuità/persistenza, resistenza di parete, apertura e riempimento.

Al fine di classificare i giunti vengono proposte di seguito due prove:

1. Pettine di Barton

Il pettine di Barton serve per stimare la rugosità dei giunti ovvero ondulazioni o scalettature a diverse scale e ricavare il JRC (Joint Roughness Coefficient). In questo senso, esistono ondulazioni di primo o secondo ordine, differenziate da una maggiore lunghezza d'onda nel secondo caso; nella maggioranza dei casi le ondulazioni di primo ordine controllano il fenomeno della dilatazione durante lo scorrimento al taglio tra le due parti del giunto, invece, le asperità di secondo ordine conferiscono attrito tra le due parti di un giunto. Per valutare il JRC attraverso il pettine di Barton devo: scegliere una superficie rappresentativa; adattare il pettine in modo parallelo ed ortogonale alla direzione di massima pendenza del giunto; ricalcare il profilo su un foglio annotandone la direzione rispetto alla giacitura della discontinuità; ripetere il processo per almeno 10 volte;

confrontare ogni profilo con i profili della tabella comparativa di riferimento, riportante i valori di JRC corrispondenti a ogni profilo. Una volta completato il procedimento valutare il JRC massimo, medio e minimo.

Qualora i giunti fossero aperti e contenessero del terreno, bisogna eseguire una prova anche sul terreno. Resistenza di un campione:

$$\tau = \sigma_n \tan (\varphi_b + JRC \log(JCS/\sigma_n))$$

Dove φ_b è l'angolo di attrito di base.

Più il materiale è rugoso, maggiore è l'angolo di attrito e più sarà resistente il giunto ad influenzare la resistenza di un giunto contribuirà anche l'acqua riducendo φ_b di 2°-3°.

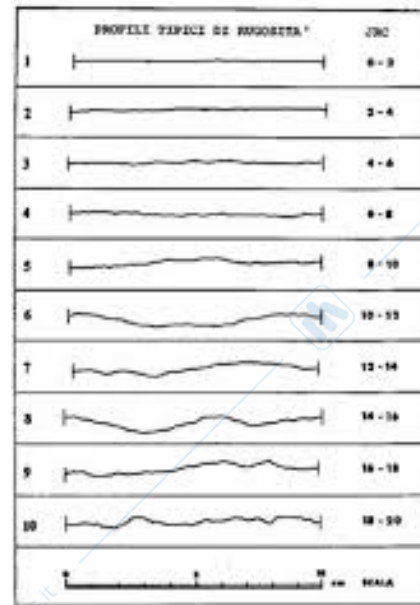


Fig 9: tabella comparativa di riferimento

2. Martello di Schmidt



Fig 10: martello di Schmidt

Il martello di Schmidt (sclerometro) viene utilizzato per misurare la "durezza di rimbalzo" della roccia, dalla prova si ricava quindi l'indice di rimbalzo R e la JCS (Joint wall Compressive Strength). La procedura per usare il martello di Schmidt è: scelgo superfici rappresentative, lontane da fratturazione; prendo la giacitura della discontinuità e l'inclinazione del martello rispetto al piano orizzontale, carico il martello, do il colpo e leggo il rimbalzo (R). Ripeto la prova almeno 10 volte per caratterizzare una famiglia o una singola discontinuità correggendo il valore letto con l'orientazione dello strumento indicando la misura corretta con R*.

Si fa la media delle letture più alte. A questo punto, dalla carta di correlazione, noto γ , si ricava il JCS che corrisponde alla resistenza a compressione uniaassiale della superficie

alterata: $JCS = \sigma_{capp}$. La carta vale per superfici con indice di rugosità JRC inferiore o uguale a 8: σ

$$\sigma_{capp} = 10^{(0,00008\gamma R^* + 1,01)}$$

Il grado di alterazione può essere espresso confrontando il σ_c della roccia intatta (point load test) con il σ_c della superficie alterata:

$$alterazione = \sigma_c \text{ intatta} / \sigma_c \text{ alterata}$$

Durante l'esperienza in laboratorio con il martello di Schmidt abbiamo ottenuto sul nostro campione un valore di circa 29 (26-33-31-30-22), se il peso specifico del materiale si assume sia 27 kN/m, la resistenza a compressione sarà di circa 50 MPa.

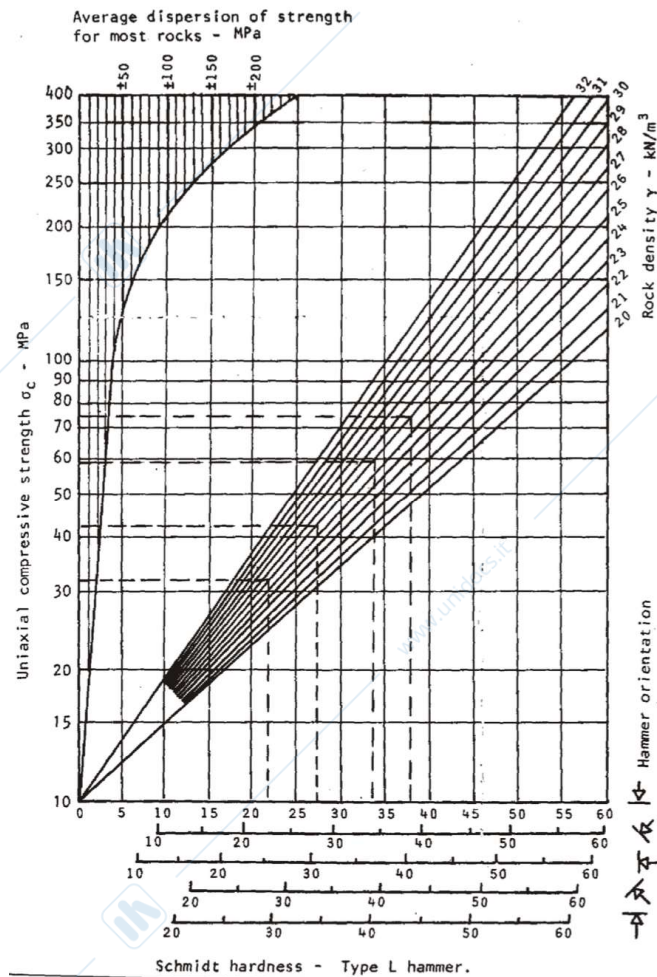


Fig 11: Carta di correlazione che fornisce una stima della resistenza a compressione uniaassiale a partire dalla durezza

Bibliografia:

siti consultati:

<http://intrageo.it/geotecnica>

<http://geoplanning.it/laboratorio-geotecnico>

<http://geologobarbero.it>

altre consultazioni:

Slide delle lezioni

Schede caricate su e-learning

Appunti presi durante le prove