

LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITÀ DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Pier Paolo ROSSI

ISMES - Istituto Sperimentale Modelli e Strutture, Bergamo

1. INTRODUZIONE

La progettazione di grandi opere di ingegneria civile su ammassi rocciosi richiede una approfondita conoscenza delle caratteristiche fisico-meccaniche del mezzo destinato ad accogliere la struttura.

Le indagini di laboratorio eseguite su campioni in tatti di roccia non possono da sole fornire valutazioni attendibili dei parametri geomeccanici da introdurre nel calcolo della struttura. L' influenza dei sistemi di discontinuità presenti nell' ammasso roccioso può infatti essere tale da rendere scarsamente significativi i risultati ottenuti in laboratorio sulla matrice rocciosa.

Solo una sperimentazione "in situ" eseguita su campioni sufficientemente rappresentativi dell' intero ammasso roccioso è in grado di fornire al progettista dell' opera una valutazione quantitativa attendibile dei parametri geomeccanici.

L' ISMES, in collaborazione con l' ENEL, ha sempre svolto una intensa attività nel settore delle indagini "in situ", attraverso un lavoro continuo di messa a punto e di verifica delle tecniche sperimentali. Risultati di notevole interesse sono stati ottenuti in particolare nel campo delle prove di deformabilità per quanto riguarda sia le tecniche di applicazione dei carichi alla roccia che la strumentazione per la misura delle deformazioni.

Due sono i tipi di prova che normalmente vengono impiegati per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso:

- prova di carico su piastra
- prova con camera idraulica

In entrambe queste prove si è fatto uso di speciali tecniche di misura in grado di rilevare le deformazioni all' interno dell' ammasso roccioso durante l' intero arco della prova.

2. PROVA DI CARICO SU PIASTRA

Questa prova, che per motivi di costo e di rapidità di esecuzione è di gran lunga la più usata, è illustrata nelle figg. 1 e 2.

Per la scelta del sistema di carico si è fatto riferimento allo schema teorico di carico uniformemente distribuito, cioè allo schema con piastra perfettamente flessibile. La realizzazione pratica di questo schema teorico è stata ottenuta attraverso l' impiego di martinetti piatti ad elevata deformabilità applicati direttamente sulla superficie rocciosa preventivamente spianata. Si è abolito in questo modo qualunque tipo di ripartitore in calcestruzzo interposto fra la roccia e l' organo di carico con considerevole vantaggio dal punto di vista dell' interpretazione dei risultati sperimentali. Questa tecnica impone per contro di esegui

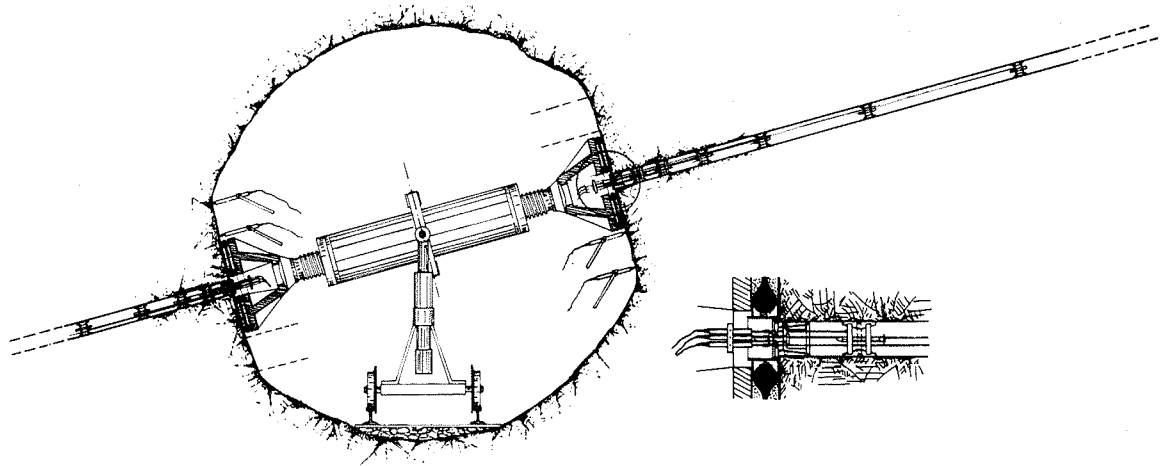


FIGURA 1

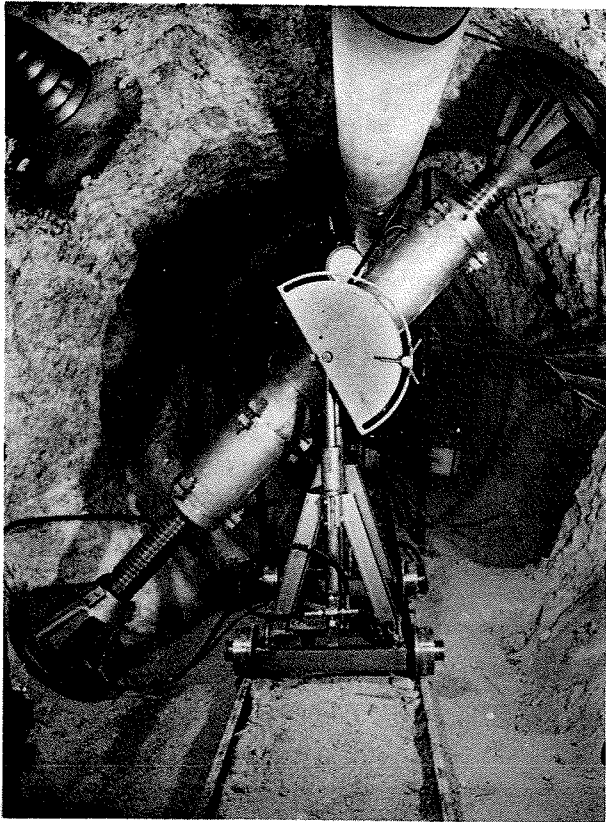


FIGURA 2

re un accurato lavoro di spianatura della superficie rocciosa. A questo scopo viene utilizzato uno speciale disco provvisto di utensili al diamante che permette di ot

tenere risultati particolarmente interessanti sia dal punto di vista della qualità del lavoro che della rapidità di esecuzione (figg. 3-4).



FIGURA 3

Per ottenere un quadro più completo dei processi deformativi indotti dalle sollecitazioni di prova si sono introdotti, a fianco degli strumenti per la misura delle deformazioni superficiali, speciali estensimetri da foro in grado di misurare le deformazioni all'interno dell' ammasso roccioso a differenti profondità dalla superficie caricata.

Gli estensimetri sono costituiti da ancoraggi ad



FIGURA 4

espansione meccanica fissati a diverse profondità all'interno di un foro da sonda ($\phi = 75 \text{ mm}$) e collegati, tramite astine rigide, a trasduttori di spostamento montati su un supporto solidale con la bocca del foro. L'ancoraggio più profondo, normalmente fissato ad una profondità pari a 6 volte il diametro della piastra di carico, può essere considerato con buona approssimazione punto fisso di riferimento per il calcolo degli spostamenti assoluti degli altri ancoraggi. La possibilità di eseguire misure di deformazione all'interno dell'ammasso roccioso rappresenta un elemento di fondamentale importanza per una corretta valutazione delle caratteristiche di deformabilità. È noto infatti che lo scavo di un qualunque cunicolo esplorativo all'interno di un ammasso roccioso determina la formazione di un certo spessore di roccia allentata nell'intorno dello scavo con caratteristiche meccaniche decisamente inferiori rispetto a quelle della sottostante roccia indisturbata. La conoscenza delle caratteristiche dell'ammasso roccioso indisturbato risulta indispensabile per esempio nel caso in cui si eseguano prove in cunicolo sperimentale allo scopo di raccogliere dati per l'esecuzione di scavi di dimensioni molto maggiori. Le misure di deformazione, eseguite con la tecnica qui illustrata, permettono, con l'aiuto di programmi di elaborazione relativamente semplici, di determinare se-

paratamente le caratteristiche di deformabilità dello strato superficiale allentato e quelle della roccia profonda indisturbata.

Il sistema di misura adottato si presenta inoltre estremamente utile nel caso di ammassi rocciosi strutturalmente complessi caratterizzati dalla presenza di numerosi giunti (fig. 5 a) o di tipi litologici con caratteristiche di deformabilità molto diverse (fig. 5 b).

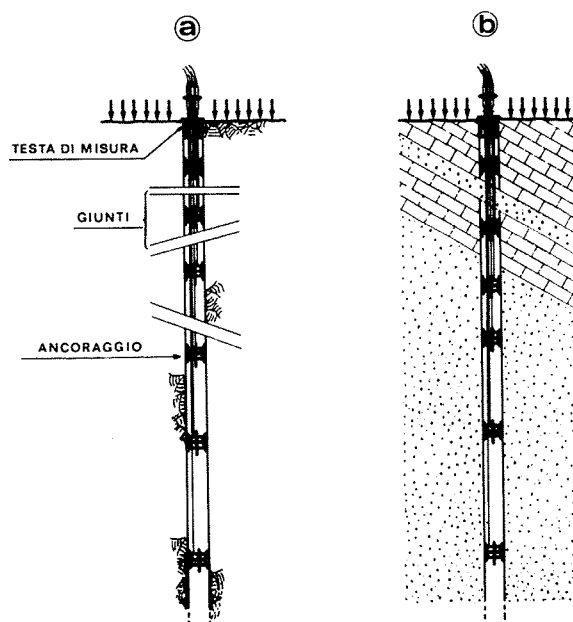


FIGURA 5

In questi casi il posizionamento degli ancoraggi deve essere eseguito dopo un attento esame sia dei campioni estratti dal foro che della parete del foro.

Occorre rilevare inoltre che il foro al centro dell'area di carico permette di eseguire tutta una serie di indagini collaterali:

- determinazione degli indici di qualità dell'ammasso roccioso
- prove di laboratorio sui campioni estratti
- carotaggio sonico

- prove di deformabilità con dilatometro.

Questo complesso di informazioni permette di acquisire una conoscenza sufficientemente completa delle caratteristiche fisico-meccaniche dell' ammasso roccioso in esame.

In fig. 6 sono riportati a titolo di esempio i risultati relativi a prove di carico su piastra eseguite su un ammasso roccioso con marcate caratteristiche di anisotropia (scisto) in direzione normale e parallela al piano di scistosità. Sono diagrammate le deformazioni in funzione della profondità per diversi valori della sollecitazione applicata fino ad un massimo di 120 Kg/cm^2 . Occorre osservare al proposito che, attra-

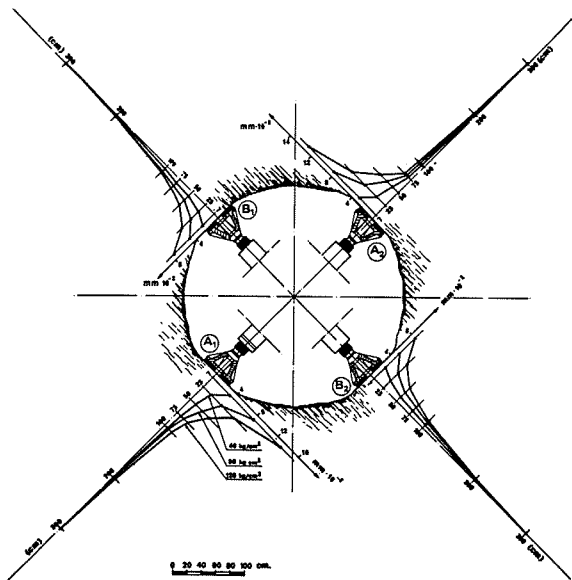


FIGURA 6

verso le misure delle deformazioni all' interno dell' ammasso roccioso e con l' aiuto di programmi di elaborazione relativamente semplici, è possibile valutare con soddisfacente approssimazione le caratteristiche di anisotropia del mezzo.

Gli estensimetri da foro qui illustrati si sono rile-

vati inoltre un validissimo strumento di indagine per la determinazione, mediante prove di carico a lunga durata, delle caratteristiche reologiche di un ammasso roccioso. In fig. 7 è riportata la curva delle deformazioni misurate al centro della piastra di carico (di diametro 1 m) in funzione del tempo per diversi valori della sollecitazione applicata. La prova è stata eseguita su un ammasso roccioso marnoso con durata complessiva superiore a 60 giorni.

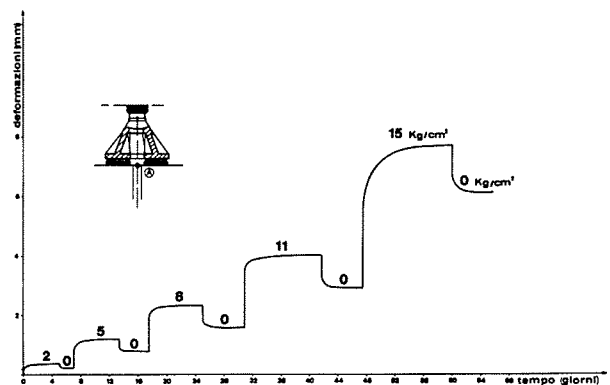


FIGURA 7

3. PROVA CON CAMERA IDRAULICA

E' una prova di deformabilità su grande scala eseguita mediante l' applicazione di un carico idrostatico sulla superficie laterale di un tronco di cunicolo sperimentale (fig. 8). La prova è particolarmente significativa in considerazione dell' elevato volume di roccia interessato dai processi deformativi.

Nel tratto di cunicolo scelto per l' esecuzione della prova viene realizzato un rivestimento in calcestruzzo con due robusti tamponi di chiusura; il rivestimento è tagliato da numerosi giunti per evitare ogni possibile collaborazione con la roccia. Sulla superficie del calcestruzzo è applicato un rivestimento impermeabilizzante in fogli di PVC in grado di sopportare pressio-

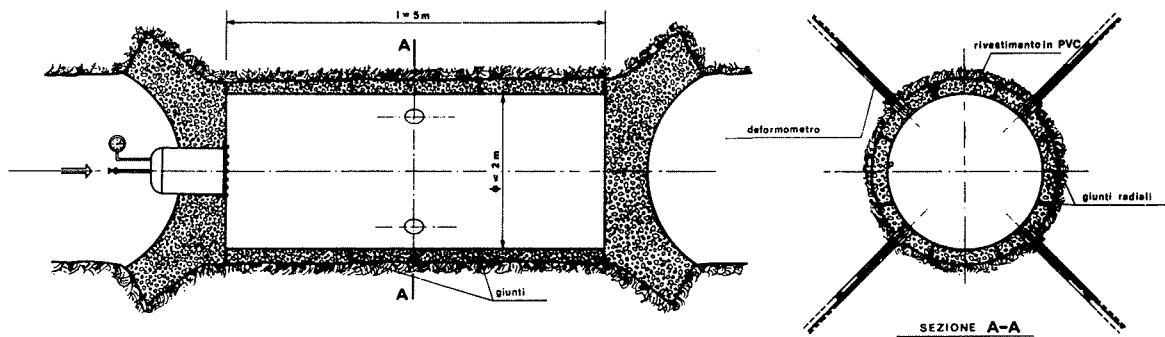


FIGURA 8

ni superiori a 50 Kg/cm^2 . Per la misura delle deformazioni all' interno dell' ammasso roccioso sono stati impiegati con successo gli stessi estensimetri da foro in precedenza illustrati. In questa prova, l' ancoraggio più profondo, che costituisce il punto fisso di riferimento, è normalmente fissato ad una profondità della superficie rocciosa pari a circa 3 volte il diametro del cunicolo di prova.

La fig. 9 illustra i risultati di una prova eseguita su un ammasso roccioso granitico. I diagrammi delle deformazioni in funzione della profondità per diversi valori del carico applicato mettono chiaramente in luce la notevole estensione del volume di roccia interessato dalla prova. A questo considerevole vantaggio dal punto di vista tecnico fa però riscontro un costo di prova relativamente elevato, in buona parte da imputarsi all' esecuzione delle opere civili di rivestimento e di chiusura della camera. Per ovviare a questo inconveniente si sta attualmente mettendo a punto una diver-

sa tecnica di contrasto della spinta idrostatica che ridurrà in misura considerevole i costi di preparazione della camera di prova. Con questi accorgimenti si conta di ampliare il campo di impiego di questa interessante tecnica di prova.

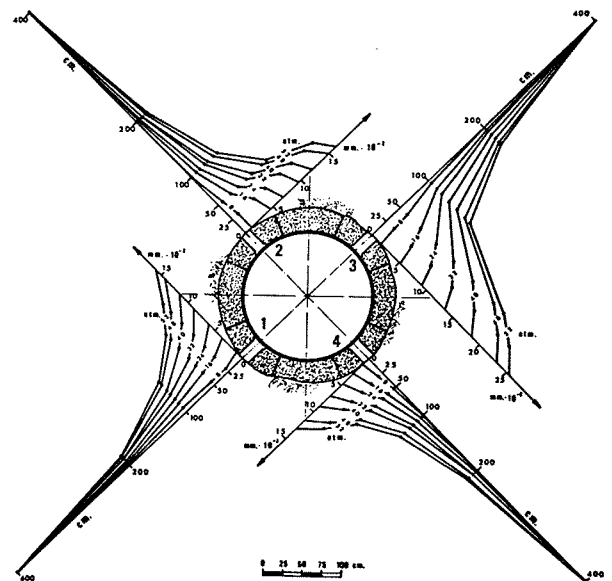


FIGURA 9

4. BIBLIOGRAFIA

G. MANFREDINI, S. MARTINETTI, P. P. ROSSI,

A. SAMPAOLO :

"Observation on the procedures and on the interpretation of the plate bearing test" III Congr. Int. Soc. Rock Mech. Denver, Colorado (USA), Sept. '74, Vol. II A, pp. 451-457.

G. OBERTI:

"Experimentelle Untersuchungen über die Charakteristiken der Verformbarkeit der Felsen" Kolloquium IAFG Salzburg, Oktober 1959, ISMES Bulletin n. 15.

G. OBERTI, A. REBAUDI, L. GOFFI:

"Comportement statique des massifs rocheux (calcaires) dans la réalisation de grands ouvrages souterrains" II Congr. Int. Soc. Rock Mech. Belgrade, 1970, Vol. II, pp. 705-713.

P. P. ROSSI:

"In situ Versuche zur Bestimmung des Verformungsmoduls von Fels", Februar 1977, ISMES Bulletin n. 87.