

Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su bulloni in roccia

Parte 1

Raccomandazioni per la determinazione della resistenza della fondazione del bullone (*pull test*)

Finalità

1. (a) Questa prova ha lo scopo di misurare la resistenza a breve termine della fondazione di un bullone installato in situ [1*]. La resistenza viene determinata mediante una prova di sfilaggio durante la quale si misura lo spostamento della testa del bullone in funzione del carico applicato al bullone stesso, in modo da ottenere una curva carichi-spostamenti. Di solito questa prova viene utilizzata per la scelta dei bulloni e per il controllo della qualità dei materiali e dei metodi di installazione [2].

(b) Occorrono almeno cinque prove per valutare il comportamento della fondazione in determinate condizioni geomeccaniche e di installazione [1]. Le prove sono distruttive, pertanto, non vanno eseguite su bulloni che verranno poi utilizzati per il sostegno.

Apparecchiatura

2. Per l'installazione dei bulloni di prova occorre:

(a) Attrezzatura per l'esecuzione e la pulitura dei fori conforme alle specifiche indicate dalla casa produttrice dei bulloni in modo da ottimizzarne le prestazioni, a patto che tale attrezzatura sia effettivamente utilizzabile sui bulloni in esercizio [3].

(b) Attrezzature per l'ispezione e la misura della geometria del foro, della fondazione e del bullone, quali ad esempio lampada, nastro d'acciaio, calibri per la misurazione interna ed esterna e strumenti per misurare la quantità di cemento eventualmente utilizzata.

(c) Insieme dei componenti standard forniti dai produttori per l'installazione dei bulloni ivi comprese le fondazioni da collaudare, il cemento ed il relativo dispositivo di iniezione (se richiesto), e l'attrezzatura

per installare i bulloni secondo le modalità raccomandate dalla casa produttrice [3].

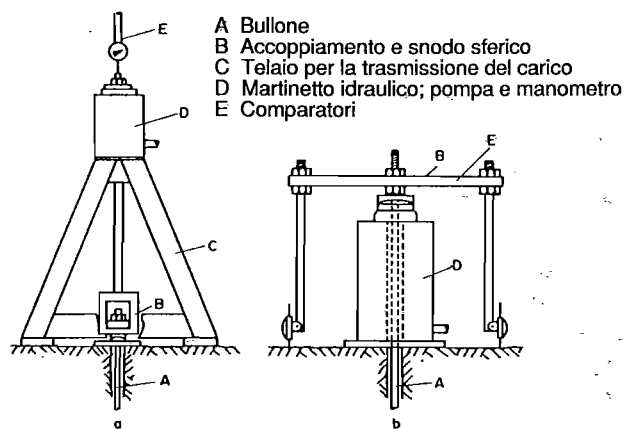


Fig.1 Apparecchiatura per prove su bulloni in roccia.

3. Attrezzature per l'applicazione del carico al bullone, come ad esempio, illustrato in Fig 1:

(a) Un martinetto idraulico con pompa a mano, tubo a tenuta e corsa superiore ai 50 mm, capace di applicare un carico maggiore sia della resistenza della fondazione sia di quella del bullone.

(b) Attrezzatura per trasferire il carico dal martinetto al bullone [4]. Per far sì che il carico applicato sia coassiale con il bullone occorre utilizzare uno snodo sferico e delle rondelle smussate e/o dei cunei da posizionare in funzione dello schema di carico adottato.

4. Strumentazione per misurare il carico e lo spostamento:

(a) Un dispositivo per misurare il carico, ad esempio una cella di carico oppure un manometro collegato alla pompa e tarato in unità di carico. La precisione delle misure dovrebbe essere pari al 2% del carico massimo raggiunto durante la prova. Il dispositivo dovrebbe essere dotato di un indicatore di carico massimo.

(b) Attrezzatura per misurare lo spostamento assiale della testa del bullone (corsa di almeno 50 mm e precisione di 0.05 mm) [5]. Ad esempio, può essere usato un unico comparatore montato sulla te-

* I numeri indicati fra parentesi quadre si riferiscono alle note elencate a conclusione della parte 1.

sta del bullone; in alternativa, lo spostamento può essere ottenuto come media di due o tre misure effettuate su comparatori equidistanti dal bullone come illustrato in Fig. 1b.

5. (a) Un modulo per registrare i risultati (ad es. Fig. 2).

PROVA DI RESISTENZA DELLA FONDAZIONE DEL BULLONE		MODULO DI PROVA		PROVA N.			
CANTIERE: _____		Data di installazione: _____		Data di prova: _____			
FONDAZIONE: Tipo _____		Lunghezza _____		Momento torcente all'installazione _____			
ROCCIA: Classificazione _____		Spaziatura delle frange _____		Resistenza _____			
BULLONE: Diametro _____		Resistenza _____		Lunghezza libera _____			
FORO: Diametro _____		Lunghezza _____		Direzione e scabrezza _____			
Pressione della pompa	Forza sul bullone	Lecture degli spostamenti					Osservazioni
		Letura	Spostamento	Letura	Spostamento	Media	
RISULTATI		Forza di trazione massima: _____					
Spost. alla forza di traz. max: _____		Massimo spostamento raggiunto: _____					
Tipo di rottura o snervamento: _____							
Altre osservazioni: _____							
PROVA ESECUITA DA: _____		CONTROLLATA DA: _____					

Fig. 2 Modulo per prove su bulloni.

Procedura

6. Preparazione della postazione di prova.

(a) I siti di prova vanno scelti in modo che le condizioni della roccia siano rappresentative di quelle in cui si troveranno a lavorare i bulloni [1].

(b) I fori vanno realizzati come da specifiche [3] e ubicati in funzione delle esigenze di prova [1, 3]. La parete rocciosa intorno a ciascun foro dovrebbe essere salda e regolare ed il foro deve essere perpendicolare alla parete ($\pm 5^\circ$).

(c) Prima ancora dell'installazione, sia i fori che i materiali per la fondazione vanno controllati affinché siano conformi alle specifiche. Sul modulo vanno riportati i dati preliminari, quali ad esempio le caratteristiche geometriche del foro del bullone e della fondazione nonché il tipo e le condizioni della roccia nel sito di prova (ad es. Fig. 2).

(d) I bulloni vanno installati come da specifiche [3], registrando particolari essenziali quali l'eventuale momento torcente all'atto dell'installazione [4] e la data e l'ora d'installazione.

7. Prova.

(a) Il dispositivo di carico viene montato facendo attenzione che la direzione del tiro sia in asse con il bullone, che l'attrezzatura aderisca perfettamente alla roccia e che nessuna parte del bullone o della

colonna di malta possa interferire con l'applicazione o la misura del carico durante la prova [5].

(b) Prima della prova va applicato un carico arbitrario, non superiore ai 5 kN (500 kgf) per eliminare eventuali giochi dell'attrezzatura. Viene quindi montata e controllata la strumentazione per misurare lo spostamento [6].

(c) La fondazione viene sottoposta a prova aumentando il carico fino a raggiungere uno spostamento totale di oltre 40 mm, oppure fino allo snervamento o alla comparsa di fratture nel bullone, se ciò si verifica prima.

(d) I carichi e gli spostamenti vanno registrati per incrementi di carico di circa 5 kN (500 kgf) o per spostamenti di 5 mm, a seconda di quale delle due eventualità si verifichi per prima. La velocità di applicazione del carico dovrebbe essere all'incirca 5-10 kN/min. Le misure vanno rilevate solo dopo che il carico e lo spostamento siano entrambi stabilizzati. Il tempo che occorre per la stabilizzazione va registrato.

Calcoli

8. (a) I valori degli spostamenti totali vengono calcolati mano mano che procede la prova, sottraendo le letture di zero dalle letture successive, utilizzando i valori medi se si usano più comparatori.

(b) Le misure vengono riportate in un grafico, come illustrato nella Fig. 3, nel quale si indicano la resistenza della fondazione, definita come carico massimo raggiunto durante la prova prima dello

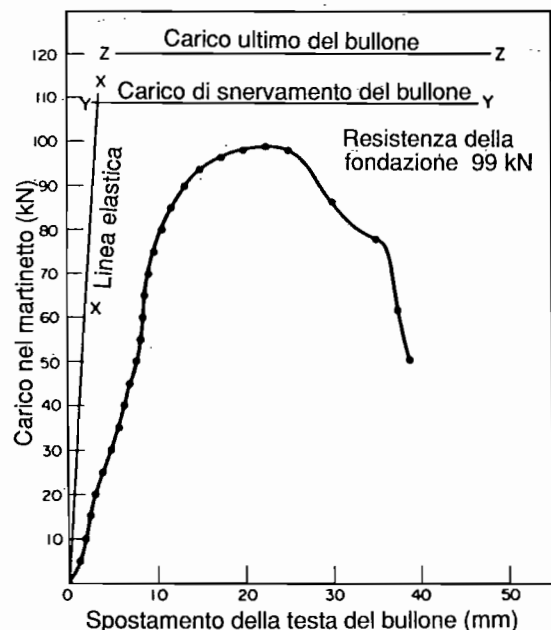


Fig. 3 Esempio di restituzione dei risultati di una prova per la determinazione della resistenza della fondazione di un bullone.

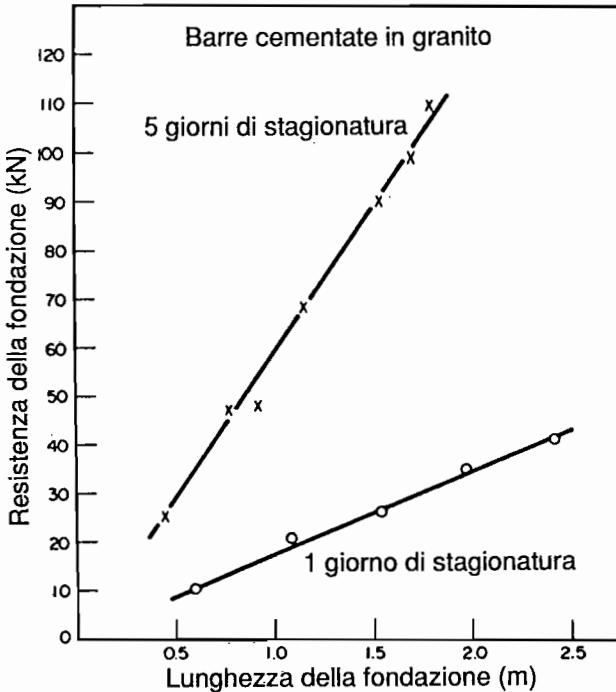


Fig. 4 Influenza della lunghezza della fondazione e del tempo di stagionatura del cemento sulla resistenza della fondazione (i risultati sono ipotetici).

snervamento o della rottura del bullone. In caso di snervamento o rottura del bullone viene riportato il carico 'X' a cui si è verificato il fenomeno, e la resistenza della fondazione è indicata come « valore incognito ma maggiore di 'X' » [2].

(c) Per un dato carico, è possibile calcolare l'allungamento elastico del bullone con la seguente formula:

$$\text{allungamento al carico } P = (P \times L) / (A \times E)$$

dove A è l'area della sezione del bullone, E è il modulo di elasticità dell'acciaio del bullone ed L è la lunghezza del tratto di bullone in tensione non cementato (lunghezza libera) + un terzo della lunghezza del tratto cementato (lunghezza della fondazione) + la lunghezza della barra di allungamento, qualora sia utilizzata.

Si costruisce quindi una retta X-X che congiunga il punto X con l'origine della curva carichi-spostamenti (Fig. 3). Successivamente si tracciano le rette Y-Y e Z-Z in corrispondenza del carico di snervamento e del carico ultimo del bullone. Un raffronto tra queste tre rette e la curva ottenuta dalle prove consente una valutazione oggettiva del comportamento della fondazione e del bullone.

(d) Per valutare il comportamento di fondazioni cementate è necessario presentare separatamente in forma grafica i risultati di più prove per illustrare l'influenza del tempo di presa del cemento e della lunghezza del tratto di bullone cementato (lunghezza della fondazione) sulla resistenza della fondazione (ad es. Fig. 4).

Presentazione dei risultati

9. Nella presentazione dei risultati vanno inclusi i moduli di prova ed i grafici illustrati nelle figure 2, 3 e 4 oltre ad una descrizione completa dei seguenti elementi:

- (a) la roccia in cui sono stati installati i bulloni di prova;
- (b) le fondazioni e le relative attrezzature;
- (c) la lunghezza, il diametro, il metodo di perforazione, la curvatura, la pulizia, il grado di umidità e la direzione dei fori;
- (d) il metodo e la durata dell'installazione;
- (e) il metodo e la durata della prova;
- (f) il tipo di rottura ed altre osservazioni pertinenti ai risultati della prova.

10. Se richiesto, nella relazione allegata alle misure può risultare utile raffrontare la prestazione dei bulloni di prova con un modello di comportamento ricavato da un più vasto numero di prove eseguite in precedenza. Nel raffronto è opportuno considerare la resistenza della fondazione, gli spostamenti totali nonché lo spostamento registrato per ogni incremento di carico.

Note

1. È essenziale che le condizioni di prova dei bulloni siano il più possibile rappresentative di quelle di esercizio. È comunque accettabile scegliere dei siti di prova più convenienti e sicuri purché la roccia e i metodi di installazione siano identici a quelli che si incontrano nell'uso dei bulloni su ampia scala. Ad esempio se la roccia è scistosa, l'angolo formato dai fori di prova con i piani di scistosità dovrà essere lo stesso per il quale è stato previsto l'uso dei bulloni. Se la roccia presenta caratteristiche variabili, essa va suddivisa in classi di qualità per ognuna delle quali vanno eseguite le prove.

2. La prova ha lo scopo di misurare il comportamento della fondazione e questo è possibile soltanto se il bullone, le filettature, i dadi e gli altri componenti sono più resistenti della fondazione. In alcuni casi è opportuno rafforzare il bullone o la filettatura ai fini della valutazione della fondazione. Nel caso in cui il bullone risulti comunque più debole della fondazione la prova in situ può essere sostituita con dei controlli di qualità condotti in laboratorio sui bulloni e sugli altri componenti. Può essere comunque utile, come supplemento alle prove in situ, richiedere dei controlli in laboratorio per valutare le caratteristiche dei componenti come la resistenza alla corrosione, la qualità dei materiali e l'adeguatezza delle dimensioni.

3. Prima della prova è opportuno controllare che

le specifiche del produttore riguardanti il dimensionamento dei fori e il metodo di installazione siano compatibili con le limitazioni operative imposte dalle condizioni in situ; in caso di compatibilità, durante le prove ci si dovrebbe attenere strettamente a tali specifiche.

4. Per i tipi di bullone la cui tesatura va eseguita durante la posa in opera, si debbono scegliere opportunamente il sistema di accoppiamento ed un telaio per il trasferimento del carico dal martinetto al bullone (Fig. 1a). Laddove possibile, comunque, i bulloni vanno sottoposti a prova senza il pre-tensionamento, nel qual caso si può usare un martinetto toroidale posizionato sopra al bullone (Fig. 1b). L'allestimento illustrato in Fig. 1a può essere anche utilizzato per effettuare delle prove a campione sui bulloni di un intervento di sostegno già in esercizio, purché si abbia la sicurezza di non arrecare danno all'opera nel suo insieme. Il rapporto in percentuale tra la forza di trazione presente al momento della prova e quella originariamente impartita al bullone, può essere stimato in base al carico necessario per allentare appena la piastra di ripartizione e le rondelle.

5. Se le prove interessano bulloni che resistono a carichi esterni (come ad esempio quelli esercitati dai controventi delle gru o da cavi sospesi), l'apparecchiatura di prova non deve applicare forze di reazione ad una distanza dal foro inferiore ad una volta la lunghezza del bullone.

6. L'apparecchiatura usata per misurare lo spostamento deve essere ben fissata e la porzione della parete rocciosa su cui sono a contatto i comparatori deve essere ben salda e piana. Se necessario si possono cementare sulla roccia delle piastre di vetro o metallo per essere sicuri che la superficie di misura sia liscia e perpendicolare al bullone. Tutte le attrezzature di misura vanno controllate e tarate a intervalli regolari affinché la precisione richiesta da queste «raccomandazioni» si mantenga uniforme durante le prove.

Parte 2

Metodo per la determinazione della forza di trazione nel bullone con la chiave dinamometrica

Finalità

1. (a) Questo metodo può essere utilizzato per applicare una forza di trazione prestabilita al bullone durante la posa in opera o per valutare il calo di tensione in un bullone precedentemente installato.

(b) Lo stesso metodo può essere utilizzato per verificare che la resistenza della fondazione sia maggiore di un valore specificato, congruente con la forza di trazione massima applicabile con la chiave dinamometrica.

Apparecchiatura

2. (a) Una chiave dinamometrica, preferibilmente dotata di un indicatore del momento torcente massimo applicato, in grado di fornire misure con una ripetitività del 5% nell'ambito dei valori di momento torcente da misurare. La chiave deve essere dotata di alloggi in grado di accoppiarsi con i dadi e le teste dei bulloni da sottoporre a prova, e va custodita, unitamente al più recente certificato di taratura, in luogo asciutto per preservarne la precisione di misura.

(b) Attrezzature per la taratura della chiave (Fig. 5) inclusa una testa di bullone fissata rigidamente, un piattello porta-pesi, dei pesi ed una rotella metrica.

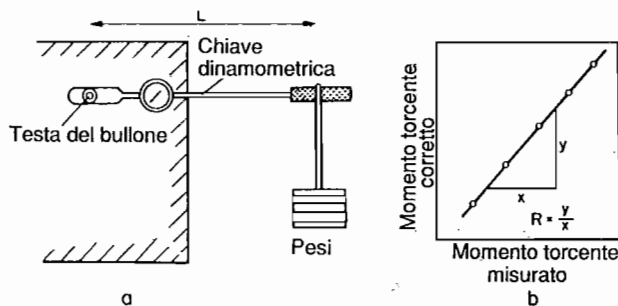


Fig. 5 Taratura di una chiave dinamometrica.

(c) Attrezzatura per determinare il rapporto tra forza di trazione e momento torcente (Fig. 6), composto da un bullone installato, con piastra di ripartizione identica a quella che verrà usata in pratica, ed un martinetto idraulico con pompa manuale e manometro (per misurare la forza di trazione) o, in alternativa, una cella di carico per bulloni in roccia. La forza di trazione va misurata con approssimazione migliore del 2% del valore massimo raggiunto durante la prova.

Procedura di prova

3. Taratura della chiave

(a) La chiave, tenuta orizzontalmente, si alloggia sulla testa del bullone rigido. Al centro del manico della chiave si appende un piattello (Fig. 5) su cui si aggiungono i pesi. Si prende nota del momento

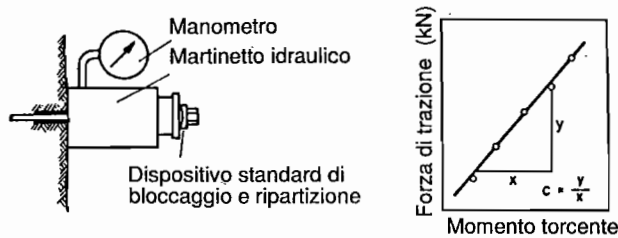


Fig. 6 Determinazione del rapporto tra forza di trazione e momento torcente.

torcente e dei pesi applicati alla chiave (incluso quello del piattello). La procedura viene ripetuta per pesi crescenti in modo da ottenere almeno cinque letture di momento torcente nel campo in cui la chiave è chiamata ad operare.

Si prende nota anche della distanza L tra il centro del manico della chiave ed il centro della testa del bullone.

(b) Il momento torcente corretto va calcolato moltiplicando la distanza L per i pesi applicati. Si riportano su un grafico i valori del momento torcente corretto e misurato che vengono interpolati con una retta (Fig. 5b). Viene misurata la pendenza della retta, pari al rapporto R tra torsione corretta e torsione misurata. Le successive letture di momento torcente effettuate con questa chiave andranno moltiplicate per il rapporto R per ricavare i valori corretti.

(c) Le chiavi dinamometriche vanno ritirate almeno ogni sei mesi.

4. Determinazione del rapporto C tra forza di trazione nel bullone e momento torcente applicato

(a) La cella di carico, o in alternativa un martinetto idraulico con pistone elongato per tre quarti della corsa, viene posizionata in modo concentrico e coassiale sopra il bullone ed il dado viene stretto per eliminare il gioco tra i vari pezzi (Fig. 6). Prima della prova, si aumenta la pressione del martinetto fino a raggiungere un valore nominale piccolo e si chiude con fermezza la valvola della pompa.

(b) Il diametro del bullone, il passo della filettatura, le piastre di ripartizione, le rondelle, e la loro lubrificazione dovrebbero corrispondere a quelli che si riscontrano nelle reali condizioni di installazione.

(c) Si applica la torsione al dado per incrementi successivi; ad ogni incremento si prende nota del momento torcente e della forza di trazione agente sul bullone. La torsione va applicata in modo uniforme agendo sul centro del manico della chiave. Occorrono almeno cinque misure che coprano l'intero campo di momenti torcenti da applicare.

(d) Si costruisce un grafico in cui si riporta la forza di trazione nel bullone in funzione del momento torcente applicato; i punti saranno interpolati con una retta la cui pendenza C è pari al rapporto tra forza di trazione e momento torcente (Fig. 6(b)).

(e) Il rapporto C viene rideterminato ogni qual volta varino il diametro del bullone, il passo della filettatura, le condizioni di lubrificazione o qualunque altro elemento dell'insieme bullone/fondazione/piastra di ripartizione che possa incidere sul rapporto forza di trazione/momento torcente.

5. Determinazione della forza di trazione nei bulloni usando la chiave dinamometrica

(a) Se si utilizza una chiave dinamometrica capace di imprimere un momento torcente preimpostato, la regolazione del momento torcente deve avvenire per incrementi minimi, appena sufficienti a far ruotare il dado di bloccaggio. Nel modulo di prova debbono essere riportati il momento torcente impostato, i dati identificativi del bullone e la data di prova.

(b) Se la chiave dinamometrica è provvista di indicatore di momento massimo applicato, la torsione può essere impressa in maniera continua piuttosto che per piccoli incrementi. Ad ogni modo, in entrambi i casi, occorre far sì che il carico venga applicato uniformemente e sul centro del manico.

(c) La forza di trazione nel bullone viene calcolata utilizzando il fattore di correzione R ed un valore del rapporto forza di trazione/momento torcente C determinati per un bullone ed un dispositivo di ripartizione e serraggio dello stesso tipo, seguendo le modalità descritte al punto 4.

(d) Un controllo approssimativo sulla resistenza minima della fondazione si ottiene imprimendo un momento torcente crescente pari al numero di rotazioni della chiave oltre le quali non si riesca ad applicare ulteriore torsione o non si osservino segni di cedimento della fondazione.

Presentazione dei risultati

6. Nel rapporto vanno inclusi i diagrammi e i grafici illustrati nelle figure 6 e 7, oltre ad una descrizione dettagliata:

(a) La taratura della chiave dinamometrica, tipo di chiave scelta, metodi di taratura e risultati ottenuti.

(b) La determinazione del rapporto C (forza di trazione/momento torcente) metodi utilizzati e risultati ottenuti.

(c) Bulloni sottoposti a prova; tipo, ubicazione, data di installazione del bullone, caratteristiche della roccia, metodo di perforazione e di installazione del bullone, caratteristiche e condizioni del dispositivo di ripartizione e di serraggio al momento della prova.

(d) Il metodo utilizzato per determinare la forza di trazione nel bullone; dati identificativi del bullone, momento torcente applicato per far ruotare il dado, forza di trazione corrispondente nel bullone e qualsiasi altra osservazione pertinente ai risultati delle prove.

7. Se il metodo viene utilizzato per controllare la resistenza minima della fondazione, è opportuno includere dei diagrammi del momento torcente in funzione della rotazione del dado, corredati di scale per la conversione, rispettivamente nella forza di trazione applicata al bullone e nello spostamento del dado. Nel rapporto si può altresì fare un raffronto tra questi risultati e delle prestazioni di riferimento ottenute da estese campagne di prova eseguite in precedenza. Nel confronto è opportuno considerare la curva completa della forza di trazione nel bullone in funzione dello spostamento.

Parte 3

Raccomandazioni per il controllo della forza di trazione nei bulloni con celle di carico

Finalità

1. Il presente metodo è volto al controllo delle variazioni della forza di trazione nel bullone nel corso di un periodo di tempo seguente l'installazione [1]*.

Apparecchiatura

2.(a) Celle di carico per bulloni per il controllo della forza di trazione in un bullone su dieci del sistema di sostegno in esame (per studi particolari può essere necessario tenere sotto controllo un numero maggiore o minore di bulloni). In dipendenza di esigenze economiche e della precisione richiesta, le celle di carico possono essere, ad esempio, del tipo meccanico, fotoelastico, idraulico, elettrico o del tipo con cuscinetto a compressione in gomma. Le celle dovrebbero avere curve di taratura reversibili e preferibilmente lineari (vedi paragrafo 3) e dovrebbero essere dotate di snodo sferico o di un altro dispositivo per assicurare che il trasferimento del carico e le misure siano riproducibili. Dovrebbero essere in grado di resistere agli effetti delle detonazioni di cariche esplosive nelle vicinanze ed all'azione dell'acqua e della polvere per periodi prolungati.

Procedura

3. Taratura delle celle di carico

(a) La taratura è necessaria quando si debba selezionare il tipo di cella adeguata alla funzione da svolgere; ogni cella dovrebbe essere tarata singolarmente prima dell'uso.

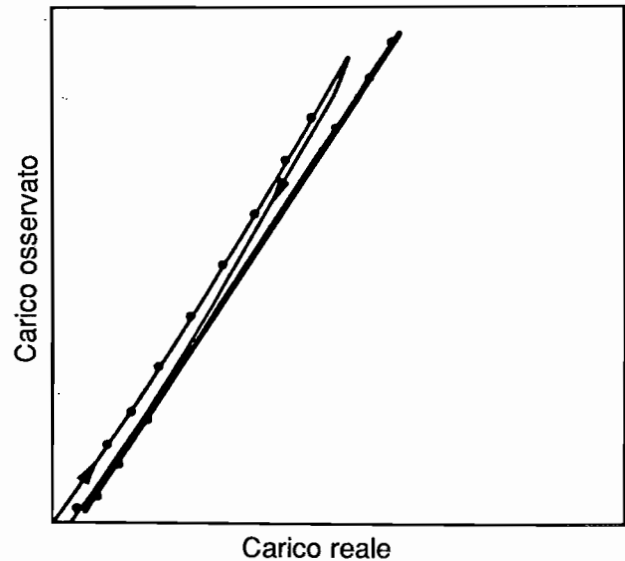


Fig. 7 Taratura di una cella di carico.

(b) La taratura per periodi brevi va eseguita in laboratorio aumentando il carico per incrementi successivi; ad ogni incremento si registrano i valori «osservati» e quelli «veri»[2]. Si procede quindi allo scarico, anch'esso per successivi decrementi in corrispondenza dei quali si prendono le letture. Si ripete il ciclo di carico/scarico e si riportano su grafico i punti delle letture con le relative curve di interpolazione (Fig. 7).

(c) Va controllata anche la stabilità nel tempo delle misure rilevate. A tale scopo il carico viene portato ad un valore che si avvicina al valore atteso in situ e viene mantenuto il più a lungo possibile prendendo nota di eventuali «derive» della lettura. Va osservato anche l'effetto dell'acqua sulla cella, nonché l'effetto dell'accoppiamento o disaccoppiamento dei collegamenti elettrici.

4. Installazione e monitoraggio

(a) Le celle di carico vengono installate su bulloni prescelti al momento della realizzazione dell'intervento di sostegno. Occorre assicurarsi che gli snodi sferici siano posizionati correttamente e che siano lubrificati. I bulloni strumentati devono essere numerati, eventualmente con colori diversi, per essere facilmente riconoscibili anche nel tempo. Sul modulo di prova vanno indicati la lunghezza, il diametro ed il tipo di bullone.

(b) Il valore della forza di trazione va rilevato subito dopo l'installazione e poi a distanza di qualche ora. Ulteriori letture possono essere effettuate ad intervalli dipendenti dalla velocità con cui cambiano i valori. Nelle vicinanze di un fronte di scavo in avanzamento le misure andrebbero effettuate a distanza di ore, mentre nel caso in cui le misure varino con regolarità, come accade in aree dove non vi sono attività, i rilievi possono essere più distanziati con in-

* I numeri indicati fra parentesi quadre si riferiscono alle note elencate a conclusione della Parte 3.

tervalli dell'ordine di qualche giorno o settimana. Ogni valore rilevato va accompagnato dal numero identificativo del bullone, ubicazione, ora e data di lettura.

Calcoli

5.(a) Le letture della forza di trazione nel bullone vanno corrette servendosi delle curve di taratura. Per ogni bullone va tracciato un diagramma della forza di trazione in funzione del tempo (Fig. 8). Per confrontare più curve relative a diversi bulloni, l'aumento o la perdita di forza di trazione possono essere riportati come percentuale del valore iniziale al momento della taratura.

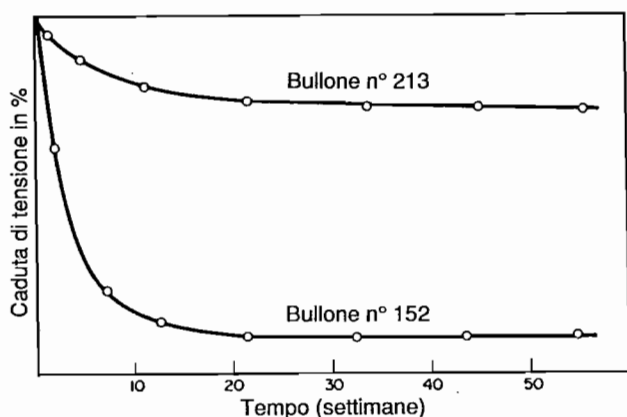


Fig. 8 Caduta di tensione nel bullone al variare del tempo.

Presentazione dei risultati

6. Nella relazione sulle misure vanno riportati i seguenti dati:

- (a) descrizione della cella di carico, metodi di taratura e risultati ottenuti;
- (b) ubicazione dei bulloni strumentati;
- (c) descrizione delle caratteristiche della roccia, del tipo e delle dimensioni del bullone e della fondazione, date e metodi di installazione e cementazione;
- (d) risultati delle misure, presentati in forma grafica e tabellare per ogni bullone strumentato, in cui si riporta la forza di trazione nel bullone in funzione del tempo.

Note

1. La forza di trazione nel bullone può scendere al di sotto di quella applicata al momento della taratura a causa di allentamenti o scorrimenti in corrispondenza della fondazione o della piastra di ripartizione; tali fenomeni possono essere imputati a creep della roccia, corrosione della fondazione, fenomeni di fatica al contatto tra roccia e piastra di ripartizione, vibrazioni causate da volate. Inoltre la forza di trazione nei bulloni può aumentare o diminuire in conseguenza di operazioni di scavo nelle aree circostanti, a seconda che l'ammasso roccioso abbia comportamento dilatante o contraente.

2. Nella relazione va riportata anche una descrizione degli strumenti di taratura con l'indicazione della loro precisione.