

DIGA DI CASSIGLIO

PROGRAMMA PRELIMINARE DI SPERIMENTAZIONE SU MATERIALI E GETTI E PROVE IN CORSO D'OPERA




2			
1	Prima emissione	11/01/2018	Marco Pegoraro
0	Bozza	04/10/2017	Marco Pegoraro
No.	Revisione	DATA	AUTORE

	PROGRAMMA PRELIMINARE DI SPERIMENTAZIONE SU MATERIALI E GETTI E PROVE IN CORSO D'OPERA	CAS-R-04		
		Page 1 of 17	Rev.: 1	04/12/2017

CONTENUTI

1.	Contenuto della relazione	3
2.	Barre di connessione	4
3.	Cemento dei nuovi getti – calore di idratazione	5
4.	Calcestruzzo dei nuovi getti – calore di idratazione	6
5.	Materiale adoperato per le riprese di getto	7
6.	Indagini sclerometriche	9
7.	Indagini ultrasoniche	11
8.	Indagini tramite metodo SonReb	14
9.	Prova a taglio di esercizio su concio con barre	15
10.	Prova a trazione di esercizio su barra nel corpo diga	17

 <small>passion for energy</small>	PROGRAMMA PRELIMINARE DI SPERIMENTAZIONE SU MATERIALI E GETTI E PROVE IN CORSO D'OPERA	CAS-R-04		
		Page 3 of 17	Rev.: 1	04/12/2017

1. CONTENUTO DELLA RELAZIONE

La presente relazione parla della sperimentazione sui materiali e sui getti inerenti l'appesantimento del corpo diga e delle prove in corso d'opera per verificare la bontà delle ipotesi tenute in conto durante la fase progettuale. Non vengono trattate le prove che, secondo la normativa vigente, devono essere normalmente effettuate per l'accettazione dei materiali in corso d'opera, quali le prove di schiacciamento su cubetti per il calcestruzzo.

La sperimentazione preliminare in laboratorio riguarda essenzialmente:

- o le barre di connessione che devono legare il nuovo appesantimento al paramento di monte del corpo diga;
- o il cemento e il calcestruzzo adoperato nel confezionamento dei nuovi getti;
- o il materiale adoperato per le riprese di getto.

Le prove che sono effettuate in corso d'opera riguardano invece il "sistema appesantimento", ovvero l'insieme dei conci di getto, delle barre di connessione e del materiale utilizzato per le riprese di getto. Esse sono tutte non distruttive.

Prove non distruttive

- o Indagini sclerometriche
- o Indagini ultrasoniche
- o Indagini tramite metodo Son-Reb
- o Prova a taglio di esercizio su concio (cls con barre)
- o Prova a trazione di esercizio su barra nel corpo diga

2. BARRE DI CONNESSIONE

Le barre di connessione utilizzate per la connessione tra vecchio e nuovo getto sono in acciaio inox AISI304 e diametro $\phi 30$. Esse sono inghisate nel corpo diga esistente per 110/120 cm (parte alta/parte bassa) e per 150 cm nel nuovo paramento (120 cm per la zona del cunicolo). Le barre sono disposte secondo una maglia variabile (75/75 cm, 75/150 cm, 150/150 cm dalle fondazioni verso il coronamento). Si prevede l'utilizzo di circa 860 barre.

Finalità

Verificare le caratteristiche meccaniche delle barre

Fase

Laboratorio

Normativa di riferimento

UNI EN-ISO15630-1 Metodi di prova per barre, rotoli e fili di acciaio per calcestruzzo armato

UNI EN10002-1 Materiali metallici-Prova a trazione

Descrizione

Si tratta della classica prova a trazione uniassiale.

I parametri ricavati dalle prove devono essere:

- o diametro nominale ϕ in mm;
- o diametro equivalente ϕ in mm;
- o area della sezione della barra equipesante A_{eq} , in mm^2 ;
- o il valore della tensione di snervamento f_y in N/mm^2 ;
- o il valore della tensione di rottura f_t in N/mm^2 ;
- o il rapporto $f_y/f_{y\ nom}$;
- o il rapporto f_t/f_y ;
- o l'allungamento percentuale totale sotto carico massimo A_{gt} .

Tali valori vengono confrontati con quelli dichiarati dal produttore.

Numero

Si testano 3 barre ogni 100.

3. CEMENTO DEI NUOVI GETTI – CALORE DI IDRATAZIONE

Il calore di idratazione del cemento influenza notevolmente gli stati tensionali interni dei manufatti in calcestruzzo, in particolare dei getti massivi, e di riflesso influisce sui tempi di lavorazione di cantiere.

Finalità

Controllo del valore del calore di idratazione

Fase

Laboratorio

Normativa di riferimento

UNI196-8 Metodi di prova dei cementi - Parte 8: Calore d'idratazione - Metodo per soluzione

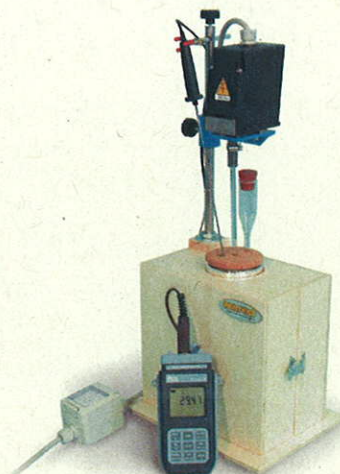
Descrizione

Il metodo viene usato per cementi Portland, pozzolanico e d'altoforno.

La prova si effettua introducendo in un contenitore isolante (vaso Dewar), a sua volta contenuto in un secondo involucro isolante, una soluzione di acqua e cemento. La soluzione viene miscelata con un agitatore elettrico a velocità costante, misurando con un termometro la temperatura che si genera.

Numero

Vengono effettuate 3 prove.



4. CALCESTRUZZO DEI NUOVI GETTI – CALORE DI IDRATAZIONE

Il calore di idratazione del cemento influenza notevolmente gli stati tensionali interni dei manufatti in calcestruzzo, in particolare dei getti massivi, e di riflesso influisce sui tempi di lavorazione di cantiere.

Finalità

Controllo del valore di temperatura raggiunto dal calcestruzzo in condizioni adiabatiche.

Fase

Laboratorio.


Normativa di riferimento

Descrizione

Si tratta di realizzare un manufatto in calcestruzzo di forma cubica di lato $l=1$ m, gettato in un cassero opportunamente coibentato (così da creare una condizione adiabatica) e misurare l'andamento della temperatura nel tempo mediante una sonda inserita al centro del manufatto. Le misurazioni saranno estese fino alla completa maturazione (28 giorni).

Numero

Viene effettuata 1 prova.

 <small>passion for energy</small>	PROGRAMMA PRELIMINARE DI SPERIMENTAZIONE SU MATERIALI E GETTI E PROVE IN CORSO D'OPERA	CAS-R-04		
		Page 7 of 17	Rev.: 1	04/12/2017

5. MATERIALE ADOPERATO PER LE RIPRESE DI GETTO

Finalità

Scopo della prova è verificare che, in una prova di trazione monoassiale, un provino cilindrico costituito da due parti aventi caratteristiche meccaniche prossime a quelle del calcestruzzo del corpo diga e del nuovo paramento, unite tra di loro da uno strato del materiale impiegato per le riprese di getto, si rompa non in corrispondenza della zona giuntata.

Fase

Laboratorio

Normativa di riferimento

Descrizione

Si prepara un piccolo manufatto in calcestruzzo (es. un cubo di 40 cm di lato, che rappresenta il corpo diga), sul cui estradosso si stende la resina epossidica bicomponente in questione (es. Sikadur 32, vedi rel. CAS-R-03). Successivamente, sull'estradosso così trattato si getta un secondo manufatto (es. 30x30*10h cm, il nuovo paramento). I manufatti devono avere aggregati di diametro massimo 16 mm.

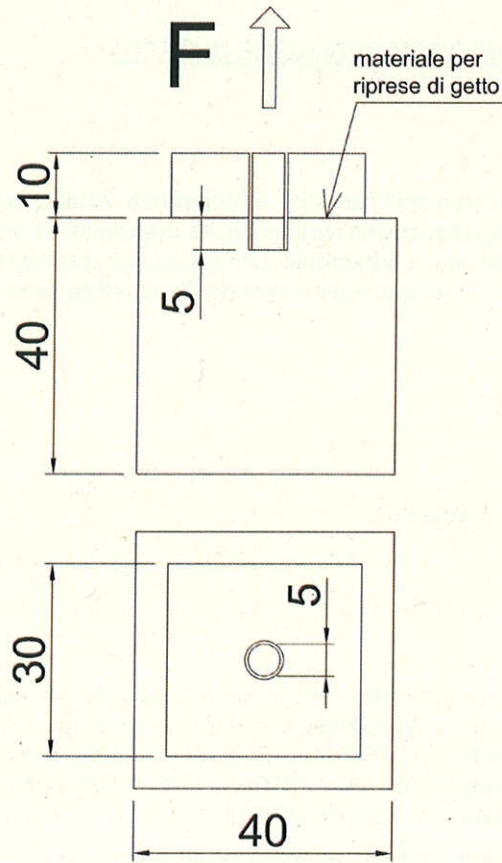
Una volta maturati i getti (28 giorni), si effettua con una carotatrice di diametro 50 mm, al centro della superficie di estradosso del secondo manufatto, una incisione in direzione verticale che penetra nel getto di base per almeno 5 cm. La carota così formata non viene estratta.

Successivamente si incolla sulla sommità della carota, tramite resina epossidica, un supporto metallico che serve da aggancio per un martinetto cavo. Tale martinetto esercita un carico di trazione gradatamente crescente fino al raggiungimento della rottura della carota.

Come detto prima, la prova si ritiene valida se la rottura si verifica non in corrispondenza della zona giuntata.

Numero

Si effettuano 3 prove



6. INDAGINI SCLEROMETRICHE

Le indagini sclerometriche consentono di stimare la resistenza a compressione del calcestruzzo in strutture già realizzate.

Questo metodo si basa sulla corrispondenza esistente tra il carico unitario di rottura a compressione e la durezza superficiale del calcestruzzo misurando l'energia elastica rimanente" (metodi di rimbalzo).

Lo sclerometro è lo strumento da utilizzare per condurre l'indagine. Il suo principio di funzionamento è abbastanza semplice: si misura l'entità del rimbalzo di una massa che sospinta da una molla sulla superficie da esaminare esaurisce la sua energia cinetica residua nel percorso di ritorno. La lettura sullo strumento dell'indice di rimbalzo consente, attraverso tabelle note, di stimare la resistenza del calcestruzzo.

Operando con questa metodologia, la resistenza del calcestruzzo può essere determinata con una precisione dell'ordine del 15÷20%, essendo la misura influenzata dalla non omogeneità e dall'umidità dello strato superficiale del calcestruzzo.

Finalità

Determinare la resistenza corticale e l'omogeneità del calcestruzzo di appesantimento del corpo diga.

Fase

Corso d'opera

Normativa di riferimento

UNI EN 12504-2:2012 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico

Descrizione

Si opera in questo modo:

- si procede alla taratura dello strumento mediante una decina di battute sull'incudine di taratura normalizzata (durezza Rockwell tipo C minima di 52 HRC e massa di 16 ± 1 Kg). La media degli indici di rimbalzo deve essere 80 ± 2 ;
- per evitare di effettuare battute in corrispondenza delle barre di armatura e delle staffe, si effettua una scansione pacometrica per individuare la loro posizione;
- la superficie di prova viene accuratamente levigata;
- per ogni concio da indagare sono individuate sulla sua superficie verticale di monte tre stazioni di prova seguendo la linea verticale mediana (alto, centro, basso); per ogni stazione di prova, si effettuano 9 battute sclerometriche utilizzando la griglia preforata a corredo dello strumento. Le stazioni di prova devono essere distanti tra di loro e dal bordo superiore o inferiore di almeno 25 cm;
- la taratura dello strumento è effettuata prima di iniziare le misure ad ogni stazione di prova e dopo le misure della terza stazione.

Le misure sono effettuate a maturazione avvenuta (28 giorni).

Numero

La procedura sopra descritta è ripetuta per ogni concio di base.



7. INDAGINI ULTRASONICHE

Le cosiddette prove ad ultrasuoni di "trasparenza" si eseguono nell'ambito dei controlli non distruttivi per la determinazione delle caratteristiche elastiche e meccaniche e sono un importante mezzo di supporto per le indagini su omogeneità del calcestruzzo, difetti di getto, variazioni delle proprietà (dovute a degrado, a sollecitazioni, ecc.), modulo di elasticità dinamico, coefficiente di Poisson dinamico, stima della resistenza del calcestruzzo (in combinazione con altre determinazioni). Il funzionamento dell'apparecchiatura si basa sugli effetti della propagazione di impulsi vibrazionali applicati ad un mezzo solido facendo leva sui seguenti principi:

- o la velocità con cui gli impulsi applicati si propagano è funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo utilizzato e della sua densità;
- o le disomogeneità (dovuta a fessure, zone degradate, cavità, ecc.) alterano la velocità di propagazione e attenuano il modulo dell'onda di vibrazione.

L'impulso è generato mediante un trasmettitore sonico elettrodinamico (utilizzando una pastiglia di ceramica piezoelettrica. Per la rilevazione del segnale è utilizzato un ricevitore costituito da una sonda di tipo piezoelettrico uguale a quella trasmittitrice. Mediante il sistema di preamplificazione, amplificazione e filtraggio il segnale generato dalla sonda ricevitrice è trasmesso al sistema di elaborazione della misura in condizioni ottimali; il sistema provvede quindi alla visualizzazione sul monitor del computer. Il controllo della prova, l'acquisizione e la gestione dei dati sono eseguiti mediante il computer.

Finalità

Determinare le caratteristiche meccaniche e l'omogeneità del calcestruzzo di appesantimento del corpo diga.

Fase

Corso d'opera

Normativa di riferimento

UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.

Descrizione

Le stazioni da indagare sono esattamente quelle già sondate con lo sclerometro, ovvero interessano la faccia verticale di monte dei conci di base lungo la linea verticale mediana. Esse sono già state sondate con il pacometro e preparate secondo quanto indicato nel paragrafo precedente.

Il modo di operare è il seguente

- o si calibra il dispositivo o accostando la sonda trasmittitrice e quella ricevente (verificando che la velocità sia nulla), oppure interponendo tra di loro una barra di riferimento per la quale sia noto il tempo di transito;
- o si applicano le sonde ed al fine di evitare interposizioni di aria si può usare plastilina, sapone liquido o grassi;
- o si misura la distanza tra le sonde, che per calcestruzzo con aggregato avente dimensione nominale massima oltre i 20 mm sarà 150 mm o oltre. Nel nostro

caso, la prima distanza stabilità sarà di 200 mm;

- o per ogni stazione, si effettuano due serie distinte di misurazioni, ognuna delle quali caratterizzata da tre accoppiamenti, ovvero misurando la prima volta (posizione media), spostando di 1 cm verso l'alto con una seconda lettura (superiore), ed infine spostando di 1 cm verso il basso rispetto alla posizione media con una terza lettura (inferiore). Queste misure costituiscono la prima serie. La seconda serie ricalca le posizioni della prima con l'inversione della sonda trasmittitrice e quella ricevente. I valori ottenuti andranno mediati;
- o si ripete lo stesso procedimento per distanze tra le sonde di 400 mm e poi di 600 mm. In tal modo, riportando su un grafico distanza-tempi i risultati, in caso di calcestruzzo omogeneo si ottiene una retta;
- o la taratura dello strumento viene effettuata prima di iniziare le misure ad ogni stazione di prova e dopo le misure della terza stazione.

Qualora il calcestruzzo risulti omogeneo, si possono applicare i criteri in tabella:

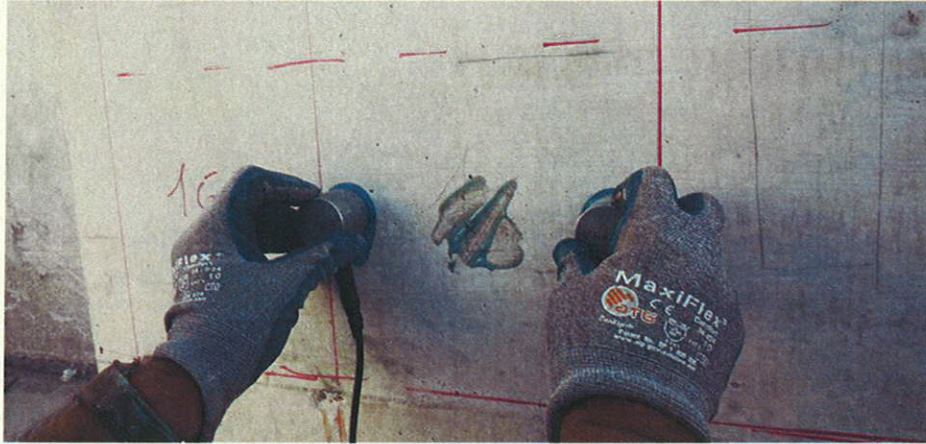
Velocità di transito [m/s]	Qualità del conglomerato corticale
>4.000	buona
3.000÷4.000	discreta
<3.000	ottima

Esistono in letteratura tabelle di altri autori (Leslie Cheesman, Sawczuk) che ricalcano quella, più generica, esposta.

Numero

La procedura sopra descritta è ripetuta per ogni concio di base.





8. INDAGINI TRAMITE METODO SONREB

Finalità

Affinamento delle indagini sulla resistenza del calcestruzzo.

Descrizione

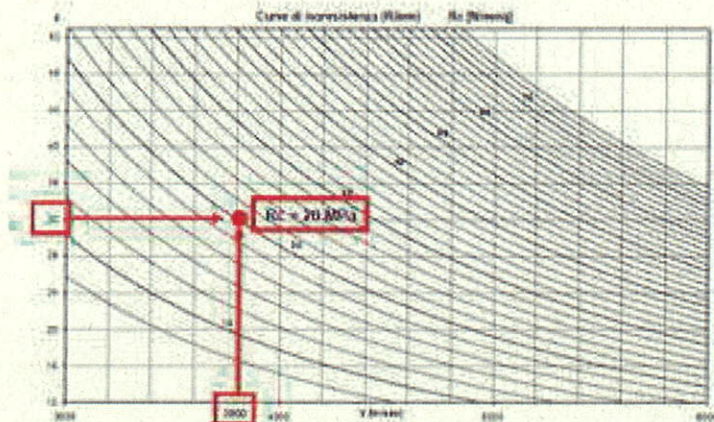
Il metodo SonReb (sonic+rebound) è costituito dall'accoppiamento dell'indagine ultrasonica e dell'indagine sclerometrica, combinando i loro risultati sullo stesso elemento di prova.


La validità del metodo SonReb deriva dalla compensazione delle imprecisioni dei due metodi non distruttivi utilizzati, in quanto si rileva che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce. Con tale metodo, è possibile ricavare la resistenza del calcestruzzo R_c dai valori di velocità ultrasonica (V) e dell'indice di rimbalzo sclerometrico (S) secondo la formula:

$$R_c = a \cdot V^b \cdot S^c$$

I parametri a , b e c rappresentano i valori da determinare per tarare la legge di correlazione al caso di volta in volta considerato.

Una volta tarati i parametri, si possono costruire delle curve di iso-resistenza aventi come assi V e S . Si riporta a titolo di esempio un grafico con curve di iso-resistenza. Entrando negli assi con i valori di prova ottenuti dalle prove sclerometriche e ultrasoniche, si determina un punto nell'intorno di una curva corrispondente a un determinato valore di R_c .



 passion for energy	PROGRAMMA PRELIMINARE DI SPERIMENTAZIONE SU MATERIALI E GETTI E PROVE IN CORSO D'OPERA	CAS-R-04		
		Page 15 of 17	Rev.: 1	04/12/2017

9. PROVA A TAGLIO DI ESERCIZIO SU CONCIO CON BARRE

Finalità

Questa prova serve per verificare la bontà della tenuta del sistema concio+barra di ancoraggio sotto gli sforzi di esercizio. Il nuovo paramento e il corpo diga esistente dovranno infatti funzionare a tutti gli effetti come un corpo monolitico.

Fase

Corso d'opera.

Normativa di riferimento

-

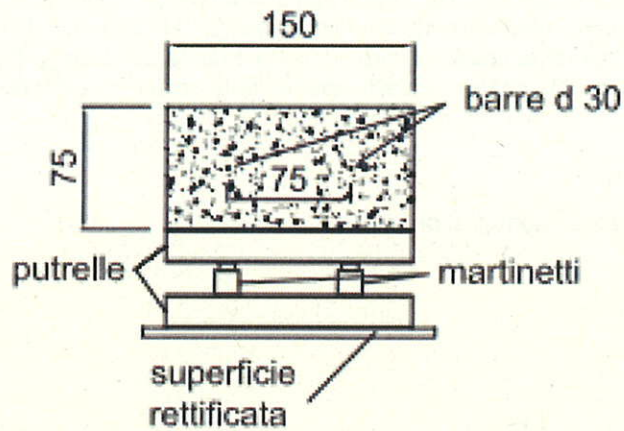
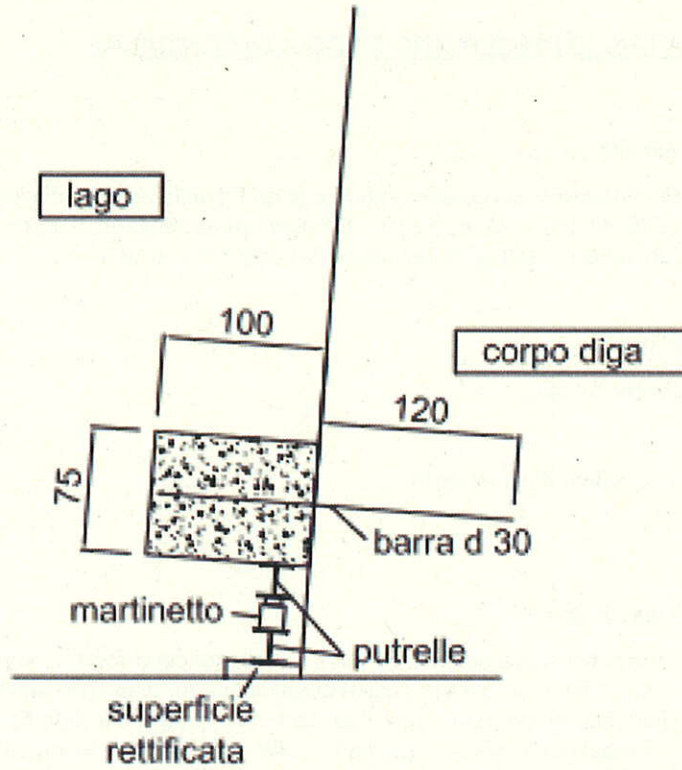
Descrizione

La zona di prova è posta a circa 2 m dalla roccia di fondazione. Si tratta di pulire accuratamente la superficie rocciosa di base e di rettificarla mediante un getto di calcestruzzo armato con rete. Si inghisano poi nel corpo diga, come da disegno, le due barre di connessione. La superficie interessata del corpo diga viene pulita e trattata come indicato nella relazione CAS-R-03 par. 3.3.3. e par. 3.3.4. Si procede quindi al getto di un blocco di calcestruzzo delle dimensioni di 150x75 cm e di spessore 100 cm, che viene lasciato maturare per 28 giorni.

In seguito si posizionano due martinetti che spingono il blocco di calcestruzzo secondo la direzione di taglio, interponendo alla base e sotto il concio dei profili metallici per distribuire meglio il carico. La forza totale da applicare è corrispondente ai valori indicati nella relazione di calcolo, con step successivi pari a $\frac{1}{4}$ del carico massimo e soste ai vari livelli di carico di circa 30 min. Si effettueranno due cicli di carico. Il blocco, alla fine della prova, dovrebbe rimanere perfettamente adeso al corpo diga. La mancanza di cali repentini di pressione nei martinetti è un'adeguata conferma del funzionamento della connessione.

Numero

Si testa un concio di prova.



10. PROVA A TRAZIONE DI ESERCIZIO SU BARRA NEL CORPO DIGA

Finalità

Verificare che le barre lavorino correttamente in esercizio e che non si manifestino meccanismi di rottura nel calcestruzzo del corpo diga dovuti allo sfilamento della barra.

Fase

Corso d'opera

Normativa di riferimento

-

Descrizione

La massima azione di esercizio a trazione sulla barra è desunta dai calcoli effettuati e si riferisce alla relazione di calcolo. Si effettuano step successivi pari $\frac{1}{3}$ del carico massimo e soste ai vari livelli di carico di circa 10 min. Il ciclo viene ripetuto due volte.

Per la prova si utilizza un martinetto idraulico cavo. L'estremità della barra è vincolata al martinetto da un manicotto con bulloni laterali.

La mancanza di cali repentini di pressione nel martinetto indica la perfetta tenuta del sistema barra/calcestruzzo.

Numero

Si testano 2 barre a varie altezze (1,5,10,15,20 m), per un totale di 10 prove.

