PROVA ULTRASUONO SCLEROMETRICA

1. Scopo

Scopo della prova è la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo indurito. La prova si articola in due fasi che si eseguono separatamente:

- Fase1: prova sclerometrica (per la determinazione dell'indice sclerometrico)
- Fase2: prova ultrasonica (per la misura della velocità di propagazione di un impulso sonico trasmesso).

Il metodo non fornisce in maniera univoca i valori della resistenza se non opportunamente tarato sul materiale di riferimento.

2. Norma di riferimento

- UNI EN 12504-2
- UNI EN 12504-4
- N.T.C. cap. 9.2[1]

3. Apparecchiature

Centralina di acquisizione dati M.A.E A3000-U. L'apparecchiatura è costituita da un telaio in alluminio inserito in una valigia in plastica rigida antischiacciamento.
L'alimentazione è a batteria 12V. La registrazione e il salvataggio dei dati avviene su memoria Compact Flash e/o in opzione su disk on key USB, per garantire la massima sicurezza anche in mancanza di alimentazione per lunghi periodi. L'unità è totalmente computerizzata e tutte le funzioni sono scelte da menu tramite Touch Screen integrato nel monitor. Il display LCD da 6,4'' Tft a colori permette la rappresentazione sia numerica che grafica dei dati.

Sonde di trasmissione sonica elettrodinamica (53 KHz), realizzate utilizzando una pastiglia di ceramica piezoelettrica.

---

[1] *Il programma delle prove, predisposto dal Collaudatore statico, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.) va sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista perchè ne convalidi la compatibilità con il progetto strutturale ed al Costruttore per accettazione.*
Nel caso di mancata convalida da parte del Progettista o di non accettazione da parte del Costruttore, il Collaudatore statico, con relazione motivata, potrà chiederne l'esecuzione al Direttore dei Lavori, ovvero dichiarare l'opera non collaudabile.
Le prove di carico devono essere svolte con le modalità indicate dal Collaudatore statico che ne assume la responsabilità mentre la loro materiale attuazione é affidata al Direttore dei lavori, che ne assume la responsabilità.
Nel caso di prove da effettuarsi nelle fasi di progettazione e finalizzate al livello di conoscenza tale ruolo viene rivestito dal tecnico verificatore e rilevatore delle strutture.

Il giudizio sull'esito della prova è responsabilità del Collaudatore.

© Riproduzione vietata

Sonda di ricezione di tipo piezoelettrico uguale a quella trasmettitrice.

Sclerometro costituito da un maglio di acciaio caricato a molla che quando è rilasciato colpisce un pistone di acciaio a contatto con la superficie del calcestruzzo.

Pietra o carta abrasiva necessaria per pulire eventuali superfici con tessitura grossolana.

Incudine di taratura necessaria per verificare lo stato di taratura dello sclerometro.

Cilindro di Taratura per la verifica della macchina ad ultrasuoni Lungh. 120 mm – velocità 50µs

Pacometro per individuare le barre d'armatura e quindi posizionare le sonde lontano da esse.

4. Modalità Esecutive

5.1. Operazioni preliminari:

a. Compilazione della Lettera d'ordine
Lo sperimentatore, non appena giunto in cantiere, procede alla compilazione, in ogni sua parte, della Lettera d'ordine (vedi ALLEGATO B).

b. Individuazione dell'elemento da sottoporre a prova
Lo sperimentatore individua l'elemento indicato nel programma di prova e verifica che in corrispondenza di esso ed al di sopra della postazione non vi siano parti strutturali o accessorie che producano rischio di caduta di oggetti dall'alto a scapito dell'operatore stesso. Le parti di calcestruzzo da sottoporre alla Fase1 della prova devono avere uno spessore di almeno 150 mm e non devono presentare nidi di ghiaia, scalfitture, tessitura superficiale grossolana e porosità elevata. Per la Fase2, bisogna altresì porre particolare attenzione all'eventuale presenza di armature, la quale diventa trascurabile solo se il rapporto tra le somme dei diametri attraversati dal treno d'onde e la lunghezza totale del percorso è minore di 0.06 (per armature disposte perpendicolarmente al percorso) o di 0.30 (per armature disposte parallelamente al percorso).

c. Preparazione della superficie di prova
La superficie di prova deve essere preparata in modo da risultare pulita, smerigliata e piana. A tal fine lo sperimentatore provvede a spicconare l'intonaco fino a portare a nudo la muratura o il calcestruzzo per una dimensione di circa 70 x 100. La spicconatura viene effettuata in modo da definire superfici sufficientemente piane atte all'applicazione delle sonde. Le eventuali superfici con tessitura grossolana vanno pulite con pietra abrasiva.

5.2. Esecuzione della prova

5.2.1 Esecuzione della Fase 1: prova sclerometrica

- Lo sperimentatore si accerta che lo sclerometro sia opportunamente tarato; a tal fine utilizza l'incudine di taratura, verificando che lo sclerometro, posto in verticale a contatto con essa, presenti un indice di rimbalzo pari a 80 +/- 2.

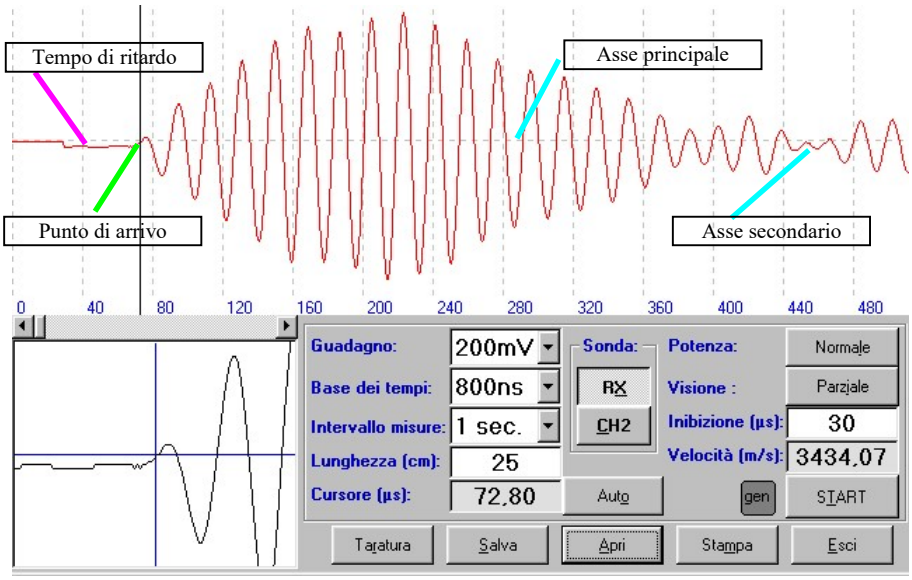
© Riproduzione vietata

- Si procede a posizionare lo strumento perpendicolarmente alla superficie di prova, si aumenta gradualmente la pressione sul martello fino a produrre l'urto.
- Lo sperimentatore legge, quindi, sulla scala graduata l'indice di rimbalzo e lo annota.
- Su ogni superficie di prova, dette operazioni vengono iterate per 12 volte onde ottenere almeno 10 risultati significativi.
- Tutti i dati vengono annotati sui moduli specifici per la prova (vedi ALLEGATO C).

5.2.2 Esecuzione della Fase2: prova ultrasonica

- Lo sperimentatore, a seconda delle caratteristiche dell'elemento da indagare, valuta quale tra le seguenti modalità di prova può essere effettuata:
  - *misura diretta* - posizionando trasmettitore e ricevitore in direzioni opposte, con in mezzo l'elemento da indagare, metodo che si rivela particolarmente utile anche per la rilevazione di lesioni interne;
  - *misura semidiretta* - posizionando le sonde su due facce adiacenti;
  - *misura indiretta* - posizionando parallelamente trasmettitore e ricevitore, a distanze in scala (10, 20, 30 cm), metodo che è più influenzato dalla pelle superficiale del materiale.
- Si applicano le sonde, avendo cura che l'adesione di queste ultime alle superfici dell'elemento da sottoporre a prove sia particolarmente accurata, al fine di escludere l'inclusione di aria che provocherebbe un'attenuazione del segnale. I materiali che realizzano tale adesione possono essere diversi: plastilina, grasso di vasellina o altri tipi di grasso.
- Viene misurata ed annotata la distanza tra le sonde.
- Lo sperimentatore procede a misurare il tempo di propagazione dell'onda tramite oscilloscopio (così come mostrato nella figura che segue).
- Nel caso la misura non fosse "diretta", il procedimento viene iterato posizionando le sonde a diverse distanze reciproche.
- Tutti i dati vengono annotati sui moduli specifici per la prova (vedi ALLEGATO C).

© Riproduzione vietata



5. Esposizione dei risultati

I risultati della prova vengono trascritti su appositi moduli e nello specifico:

- per la Fase1, per ogni postazione, vengono calcolati i valori medi degli indici di rimbalzo avendo cura di escludere dalla media il valore più alto ed il valore più basso;
- per la Fase2, nel caso siano state fatte più misurazioni nella stessa postazione, vengono calcolati i valori medi delle velocità di propagazione. Qualora siano state effettuate misure semidirette o indirette, la velocità di propagazione dell'onda determinata dovrà essere amplificata a mezzo di un coefficiente; detto coefficiente

© Riproduzione vietata

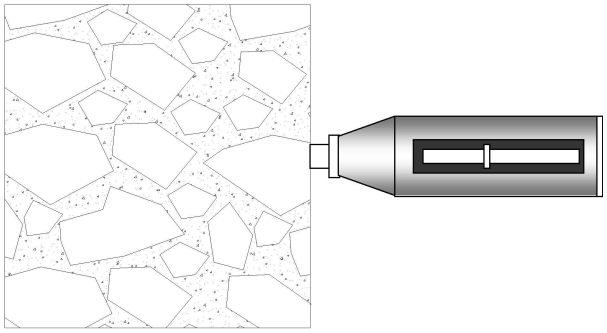
può essere tarato sulla base di una misura diretta disponibile oppure assunto pari ai valori disponibili in letteratura.

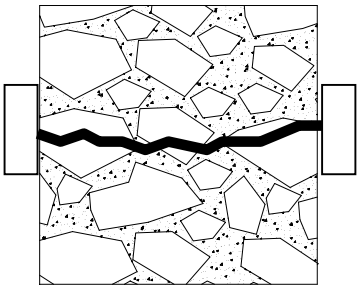
Correlando i risultati della Fase1 e della Fase2 si può stimare la resistenza del materiale attraverso le formulazioni che seguono.

6. Riferimenti teorici

L'idea di combinare i risultati di queste due prove nasce dal fatto che:

- se l'indice sclerometrico è fortemente influenzato dallo strato superficiale,





- la velocità di propagazione dell'ultrasuono è regolata dalla morfologia del materiale al suo interno.

In termini teorici sia il rimbalzo di una massa battente (sclerometrica) che la propagazione di un impulso all'interno del materiale (ultrasonica) sono funzione dell'energia di dissipazione.
La resistenza del materiale è per natura funzione della stessa energia di dissipazione, pertanto correlando le due formulazioni è possibile ricavarne le relazioni che seguono.

Formula di calcolo

$$\mathrm{Rcls} = \alpha \cdot \delta \cdot \mathrm{Rs}^{\beta} \cdot \mathrm{v}^{\gamma}$$

$$Rcls1 = \alpha_1 \cdot 7{,}695 \cdot 10^{(-10)} \cdot Rs^{1.450} \cdot (v1)^{2.58} \quad \text{(RILEM1993, NDT4)}$$

$$Rcls2 = \alpha_2 \cdot 6.693 \cdot 10^{(-7)} \cdot Rs^{1.246} \cdot (v1)^{1.85} \quad \text{(J.Gasparik1992)}$$

$$Rcls3 = \alpha_3 \cdot 9.964 \cdot 10^{(-9)} \cdot Rs^{1.058} \cdot (v1)^{2.446} \quad \text{(Di Leo, Pascale1994)}$$

- ✓ Rcls= resistenza del materiale
- ✓ Rs = valore medio totale dell'indice di rimbalzo
- ✓ v = velocità di propagazione
- ✓ α = coefficiente di normalizzazione $= \dfrac{\mathrm{Rcls}_{\mathrm{provino}}}{\delta \cdot \mathrm{Rs}^{\beta}{}_{\mathrm{provino}} \cdot \mathrm{v}^{\gamma}{}_{\mathrm{provino}}}$ (formula inversa)

Il Modulo Elastico del materiale sottoposto a prova verrà stimato con la seguente relazione:

$$Eo = \frac{Ed}{1.062} \qquad Ed = \frac{(1+\delta)\cdot(1-2\cdot\delta)}{(1-\delta)} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot V_m^2$$

© Riproduzione vietata

dove:
Eo = Modulo elastico
Ed = modulo Dinamico
Vm = velocità ultrasonica
δ = Modulo di Poisson
γ = Peso specifico del calcestruzzo/muratura
g = accelerazione di gravità

© Riproduzione vietata