

DRC Srl**Michele Massaccesi**

Procedura di Indagine

Indagini Non Distruttive : Stima della resistenza del calcestruzzo con Sclerometro

Il presente documento fornisce le indicazioni per eseguire una corretta indagine in sito mediante sclerometro, descrivere le potenzialità e limiti del metodo, procedure per l'esecuzione dell'indagine, raccogliere ed analizzare i dati, presentare le caratteristiche della strumentazione sclerometro meccanico ECTHA 1000 prodotto dalla DRC.

Il documento si divide in 3 sezioni + 1

T – Generalità della prova Teoria

P – Esecuzione della prova

E – Strumentazione



In ultimo il documento Relazione R – Relazione

Procedura di Indagine

Indagine con Sclerometro.

La presente procedura di prova è conforme alle seguenti norme:

- EN 12504-2
- ASTM C805

Abbiamo analizzato nel documento Teoria il funzionamento di uno sclerometro.

Abbiamo definito che lo sclerometro, in quanto classificato come strumento per prove non distruttive, **non è assolutamente utilizzabile come metodo alternativo alle prove distruttive** per la determinazione delle caratteristiche meccaniche di un materiale.

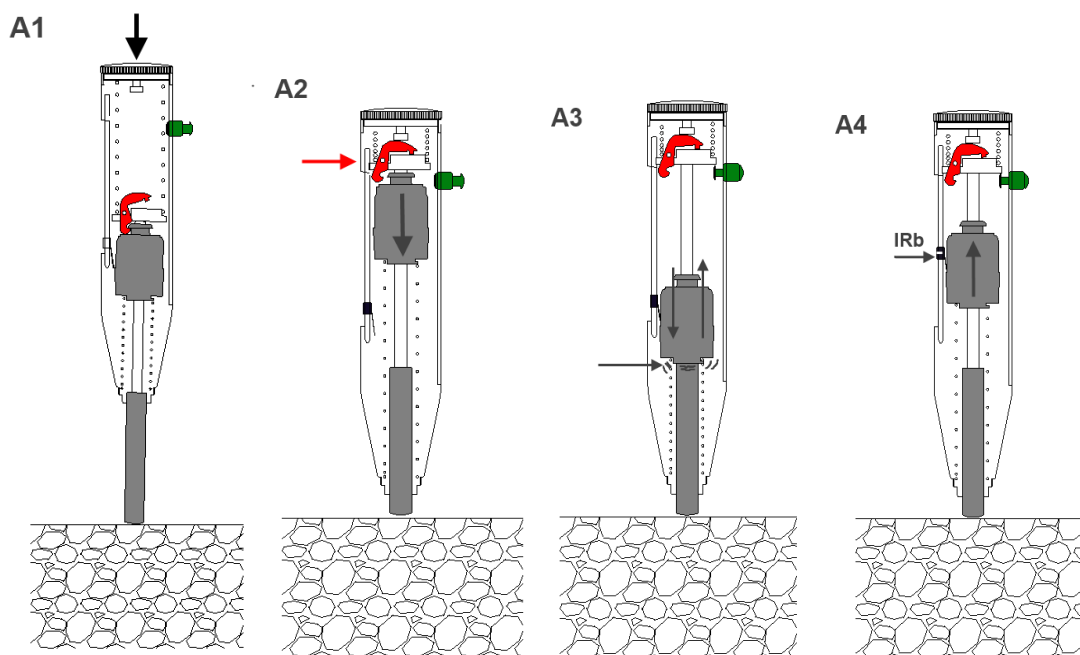
La prova sclerometrica è una prova "indiretta" e quindi utilizzabile sia per valutare la stima della resistenza a compressione di un materiale sia come metodo comparativo.

La valenza dei risultati, precisione, sono assolutamente indipendenti dalla tipologia di strumento, differenza tra sclerometro meccanico o elettronico.

L'affidabilità e ripetibilità dei risultati è strettamente legata alla qualità dello strumento, delle sue parti meccaniche, molle, organi di scorrimento, dai materiali ed ovviamente dall'esperienza dell'operatore.

A1 | Strumento: Lo sclerometro

Lo sclerometro è uno strumento meccanico che basa il suo funzionamento sul movimento di elementi metallici lungo una direzione prestabilita grazie alla forza esercitata da molle di compressione - trazione. Il risultato è espresso come “indice di rimbalzo”. L’energia cinetica iniziale viene in parte dissipata dall’attrito, in parte assorbita dal materiale oggetto di indagine trasformandosi in deformazione plastica, in parte si trasforma in energia sonora e la residua viene misurata in termini di altezza del rimbalzo. E’ pertanto necessario verificare il corretto funzionamento degli “accoppiamenti” dei vari organi interni prima di eseguire una prova attraverso la procedura della verifica della calibrazione:

Principio di funzionamento


Funzionamento dello sclerometro A1) Premere lo sclerometro contro la superficie di impatto in posizione verticale. A2) La mazza e molla di impatto viene caricata (estensione della molla); al suo massimo la massa di impatto viene “liberata” dall’apertura dell’arpionismo. A3) La massa di impatto, viene tirata verso il basso dalla molla che colpisce il pistone battente trasferendo energia. A4) La massa “rimbalza” verso l’alto trascinando l’indice di lettura; otteniamo l’indice di rimbalzo IRb.

L’attrezzatura necessaria per l’esecuzione della prova con lo sclerometro deve essere:

- a. Sclerometro meccanico e/o elettronico
- b. Mola abrasiva
- c. Incudine di taratura
- d. Matita
- e. Righello e/o griglia di misura

B1 Esecuzione della prova (EN 12504-2 – ASTM C805)

La prova con lo sclerometro per la determinazione dell'indice di rimbalzo secondo la norma EN 12504-2 – ASTM C805 è la seguente. Tale procedura descrive come utilizzare lo sclerometro per l'acquisizione dei valori indici di rimbalzo e la loro rappresentazione.

Selezionare l'area di prova

- Lo spessore dell'elemento da sottoporre ad indagine deve essere maggiore uguale a 100mm. L'area deve essere inserita nella struttura, ossia non deve potersi muovere.
- Elementi di spessore inferiore possono essere provati solo se rigidamente fissati
- L'area da sottoporre a prova deve essere asciutta. Evitare aree con presenza di elevate cavità, nidi di ghiaia, sfaldatura, elevata porosità.
- Evitare le zone con sospetta presenza di carbonatazione; Nel caso sia individuata successivamente l'esecuzione della prova, ripetere la sessione di misure.
- Scegliere una area di prova che sia il più rappresentativo dell'elemento e della struttura

Procedura di prova**Operazioni preliminari**

- Leggere le istruzioni del produttore dello strumento.
- Eseguire la verifica del funzionamento dello strumento azionandolo 2-3
- Eseguire la verifica della calibrazione (vedi procedura di calibrazione) registrando i valori attraverso l'incudine di taratura
- Verificare che la media dei valori ottenuti sia conforme a quanto riportato nel certificato del produttore

Eseguite le operazioni di verifica del funzionamento dello strumento

- Rimuovere eventuali asperità dall'area di prova attraverso l'utilizzo della mola abrasiva
- Eseguire un'attenta analisi con il pacometro (BS 1881-204). Individuare nella struttura la posizione delle armature
- Disegnare una griglia di misura nell'area di prova mantenendo la distanza minima di 25 da ogni punto, dai bordi e dalle barre di armatura.

Operazioni di misura

- Posizionare lo sclerometro in posizione orizzontale (preferibile) assicurandosi che il pistone battente (perno di impatto) assuma una posizione ortogonale alla superficie di prova.
- Esercitare pressione sul tubo esterno spingendolo contro la superficie sino ad attendere l'impatto della massa interna sul pistone battente
- Premere il pulsante esterno di blocco
- Leggere nella scala graduata il valore indice di rimbalzo e registrare il valore. Annotare posizione della stazione di prova, orientamento dello strumento
- Eseguire un numero minimo di 9 battute con lo sclerometro (consigliabile n.16-20 battute)

Operazioni verifica

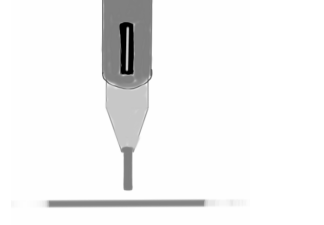
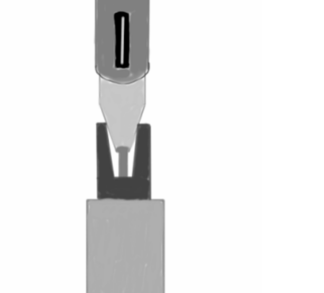
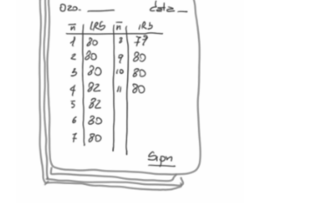
- Esaminare le superfici di impatto assicurandosi che non siano presenti aree frantumate a causa della presenza di vuoti sub-superficiali. In caso affermativo, scartare il valore acquisito
- Eseguire la verifica dello sclerometro sull'incudine di taratura registrando i valori

Risultati

Il valore finale degli indici di rimbalzo viene espresso come media aritmetica dei valori letti. Il valore deve essere un numero intero. Il valore di indice di rimbalzo deve essere espresso con orientamento orizzontale ($A=0^\circ$). Nel caso aggiustare i valori con i coefficienti di correzione.

Se oltre il 20% di tutti i valori acquisti si discosta di oltre le 6 unità dalla media, l'intera prova deve essere scartata.

Procedura di calibrazione

| | | | |
|---|---------------|--|---|
| A | Verifica | Azionare lo strumento posizionandolo contro una parete rigida ed eseguire 2-3 "colpi" al fine di verificare il corretto funzionamento |  |
| B | Calibrazione | Inserire lo sclerometro all'interno della guida dell'incudine. Mantenendo la verticalità eseguire minimo 10 battute sclerometriche registrando i valori. La media deve rientrare all'interno della tolleranza indicata dal produttore dell'incudine e comunque con un valore di rimbalzo compreso tra 77-83 (Irbm indice di rimbalzo medio) |  |
| C | Calibrazione | Ripetere l'operazione di "verifica" della calibrazione al termine di ogni elemento indagato | |
| D | Registrazione | Registrare i valori letti su un blocco appunti da inserire in relazione |  |

C1 | **Procedure operative in sito**

Lo sclerometro può essere utilizzato per diverse applicazioni al fine della verifica della omogeneità del calcestruzzo in opera. L'utilizzo dello sclerometro deve essere sempre fatto all'interno dei propri limiti fisici – meccanici onde evitare di fornire informazioni errate.

Le applicazioni maggiori sono comunque divise in:

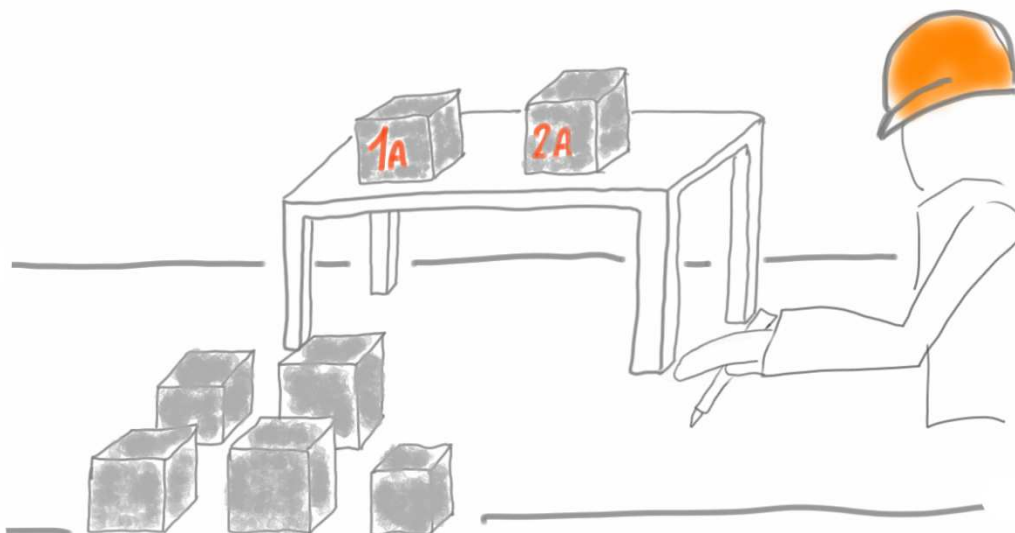
- a. Strutture di nuova costruzione
 - i. Collaudi
 - ii. Controlli in corso d'opera
- b. Strutture esistenti
 - i. verifiche ai fini della vulnerabilità sismica
 - ii. verifica di edifici sottoposte a shock termico

C1.1 | **Struttura Nuova**

Lo sclerometro nelle operazioni di collaudo non può essere utilizzato come metodo alternativo alle prove distruttive, ma opportunamente calibrato in cantiere risulta essere un ottimo strumento di indagine e controllo.

Al fine di utilizzare lo sclerometro nelle operazioni di collaudo e controlli in corso d'opera di una struttura nuova procedere come di seguito indicato.

1. Prelevare i provini cubici identificativi del calcestruzzo posto in opera, identificandoli univocamente (qualora non sia già stato fatto). Tale operazione dovrebbe essere stata eseguita dal Direttore dei Lavori durante al fase di prelievo.



2. Dopo essersi assicurati che i provini abbiano eseguito la corretta maturazione come indicato dalla norma di riferimento (EN 12390-2:2012), eseguire le prove con lo sclerometro.

a. Verificare che le facce del provino siano prive di asperità. Nel caso procedere alla rettifica delle facce mediante mola abrasiva. Verificare inoltre che non sia presente un'acqua o il provino sia troppo umido.

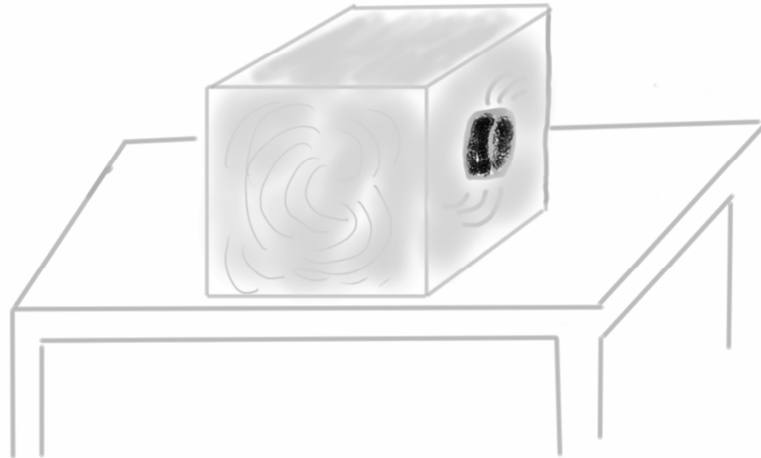


Fig. 02 – Rettifica della faccia del provino mediante mola abrasiva

Realizzare una griglia nelle facce del provino da sottoporre a prova. I vertici della griglia rappresentano i punti dove eseguire le battute con lo sclerometro. La distanza dei punti deve essere conforme a quanto indicato nella norma (distanza minima 25mm tra due punti e bordo).

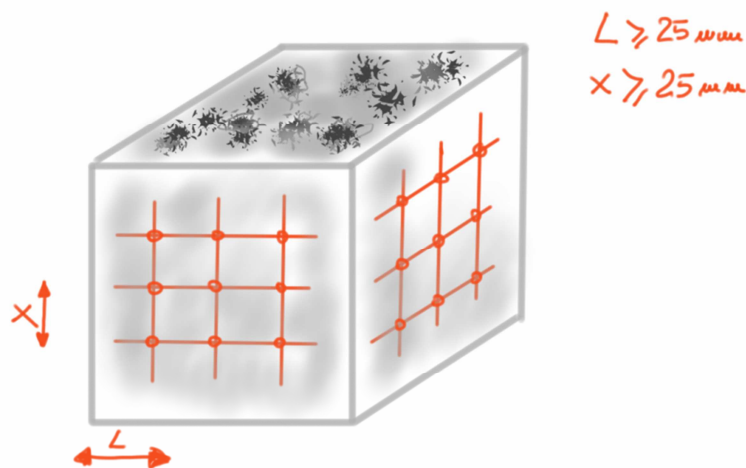


Fig. 03 – Realizzare una griglia sulle facce del provino da sottoporre a prova. La distanza dei punti di misura deve essere non inferiore ai 25mm. Mantenere la distanza compresa tra 25 e 50mm tra due punti di misura e dal bordo del provino.

b. Posizionare il provino tra i piatti di una pressa azionando un precarico di circa 1 N/mm^2 . E' importante che il provino sia rigidamente fissato. Non si devono verificare movimenti a seguito dell'impatto dello sclerometro.

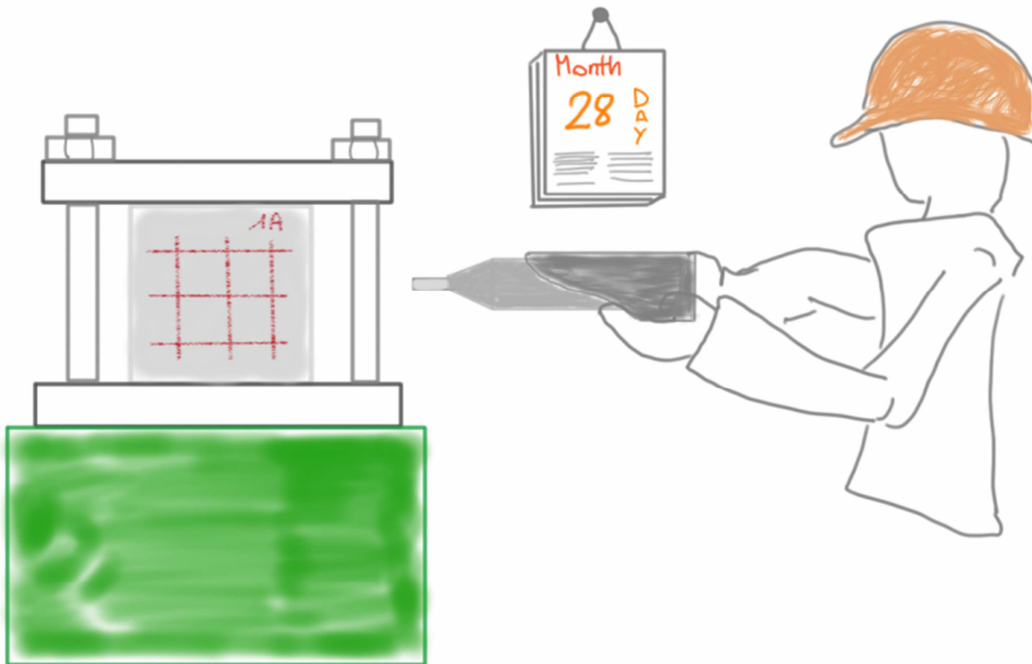


Fig. 04 – Battute con lo sclerometro sul provino rigidamente fissato tra i piatti di una pressa

c. Nel caso non sia possibile inserire il provino tra i piatti della pressa, posizionare lo stesso su un piano facendo appoggiare la faccia opposta a quella selezionata per l'indagine contro una parete solida.

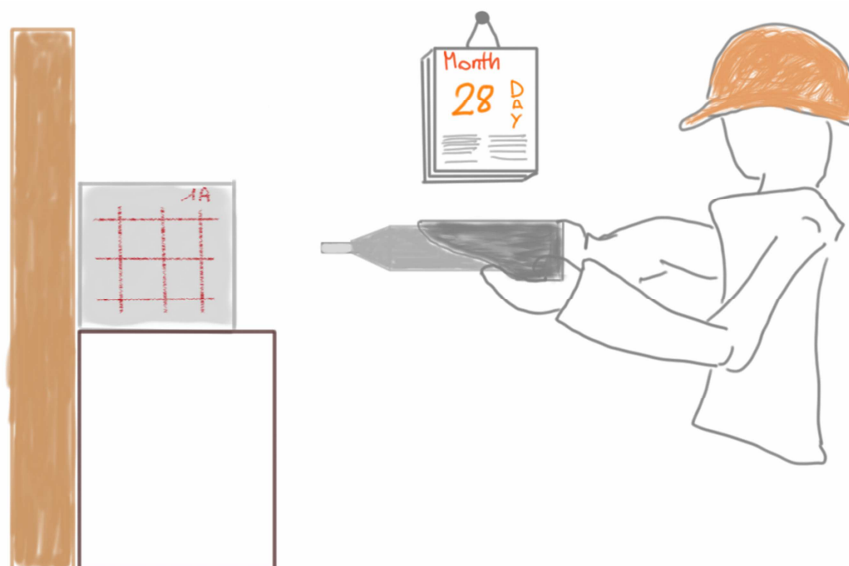


Fig. 05 – Battute con lo sclerometro sul provino appoggiato ad una parete che ne evita il movimento

d. Eseguire le battute con lo sclerometro nel provino. Le prove vanno eseguite nelle 4 facce del provino scartando quelle libera di getto e la sua opposta.

Eseguire un minimo di 9 battute su ogni faccia mantenendo lo strumento con angolo di battuta di orizzontale. Registrare tutti i valori acquisiti associandoli al provino in modo univoco.

e. Eseguire la prova di rottura del provino secondo la norma EN 12390-3:2012 verificando che la rottura sia conforme; annotare il valore di resistenza ottenuto.



Fig. 06 – Prova a rottura del provino

f. inserire i valori di resistenza a compressione ottenuti dalla indagine diretta in una tabella associandoli con i valori medi dell'indice di rimbalzo ottenuti dalla prova con lo sclerometro.

Visualizzare i risultati ottenuti su di un grafico a dispersione inserendo nell'asse delle ascisse i valore indice di rimbalzo e nell'asse delle ordinate i valori di resistenza cubica a compressione.

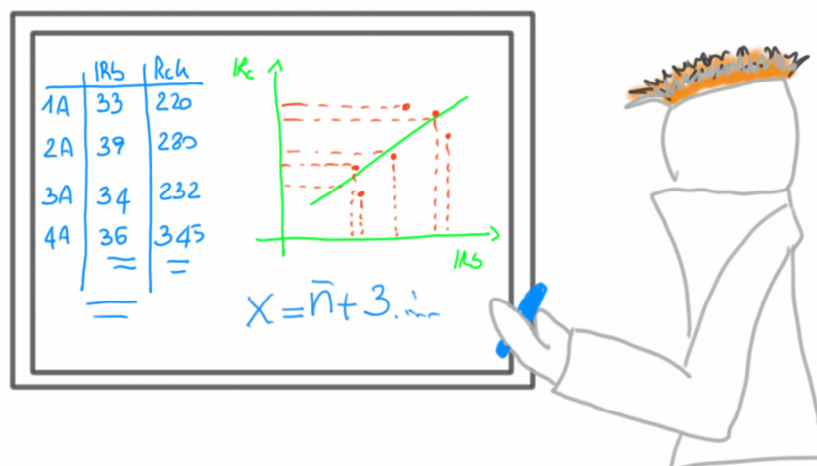


Fig. 07 – Riepilogo e correlazione dei valori acquisiti dalle prove non distruttive e prove distruttive

Ipotizzando di aver usato N provini otteniamo un grafico come quanto segue:

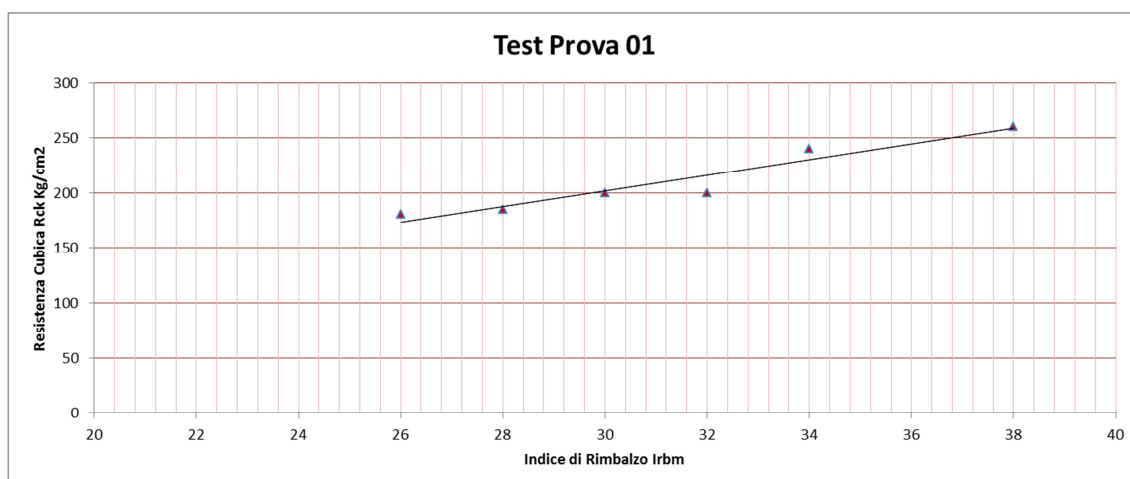


Fig. 08 – Rappresentazione di una curva – regressione lineare ottenuta correlando i valori di indice di rimbalzo medi (IRbm) con quelli dei relativi valori di resistenza cubica (Rck). I valori rappresentanti sono puramente casuali e solo a scopo dimostrativo.

La curva è descritta da una regressione lineare. L'asse delle ascisse rappresenta i valori indici di rimbalzo, mentre l'asse delle ordinate mostra i valori di Resistenza Cubica.

La curva realizzata rappresenta il rapporto diretto tra il valore indice dello sclerometro con la resistenza cubica del calcestruzzo utilizzato in opera.

Verifica della struttura

- Analizzare e selezionare gli elementi da indagare; eseguire un'attenta indagine pacometrica in modo da rilevare la presenza di barre di armatura. Rimuovere eventuali asperità presenti nell'elemento attraverso la mola abrasiva.
 - Il tecnico addetto all'esecuzione della prova con lo sclerometro può eseguire le prove su tutti gli elementi strutturali dell'edificio annotando e registrando i valori indice di rimbalzo
- I valori acquisiti potranno essere confrontati con la curva ottenuta sperimentalmente in sito.

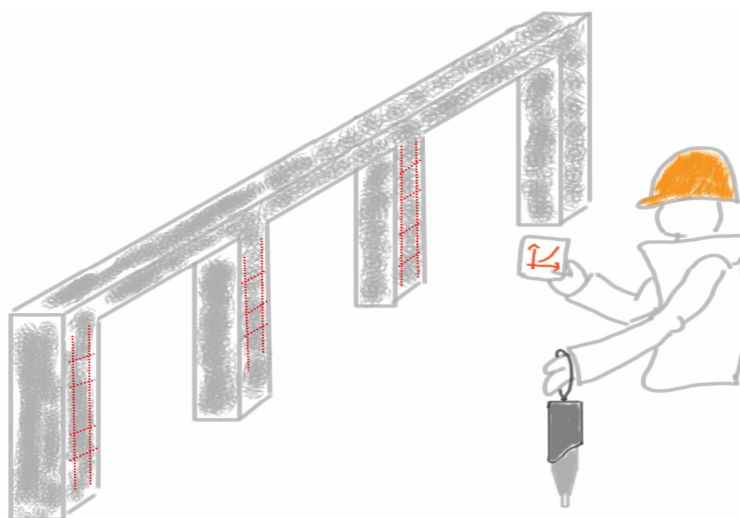


Fig. 09 – Analisi degli elementi strutturali con curva di correlazione ottenuta sperimentalmente

C 1.2 | **Struttura Esistente**

Lo sclerometro nelle campagne di indagine al fine della valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che costituiscono la struttura non può essere alternativo alle prove distruttive.

Al fine di utilizzare lo sclerometro nelle operazioni di verifica e controllo di una struttura esistente procedere come di seguito indicato.

a. Dopo aver rimosso l'intonaco ed eseguito una corretta ed attenta indagine pacometrica, procedere alla levigatura della superficie di indagine attraverso la mola abrasiva.

b. Disegnare la griglia di misura con distanze di 25-30mm minimo tra due vertici e dal bordo dell'elemento.

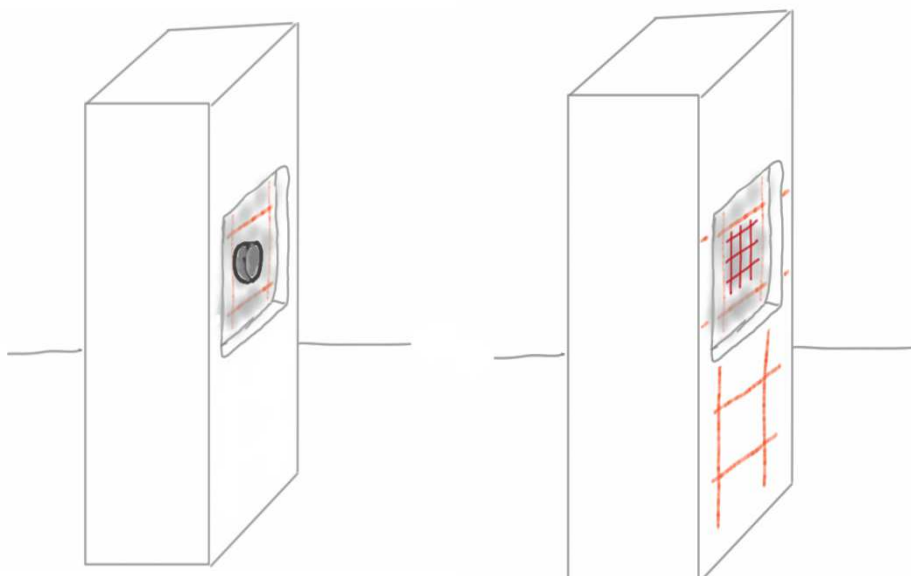


Fig. 10 – Rimozione dell'intonaco e realizzazione della griglia di misura

c. Eseguire le battute con lo sclerometro nell'area definita dalla griglia. Eseguire un numero minimo di 12-16 battute per ogni area, annotando i valori singolarmente. Registrare posizione della stazione di misura.

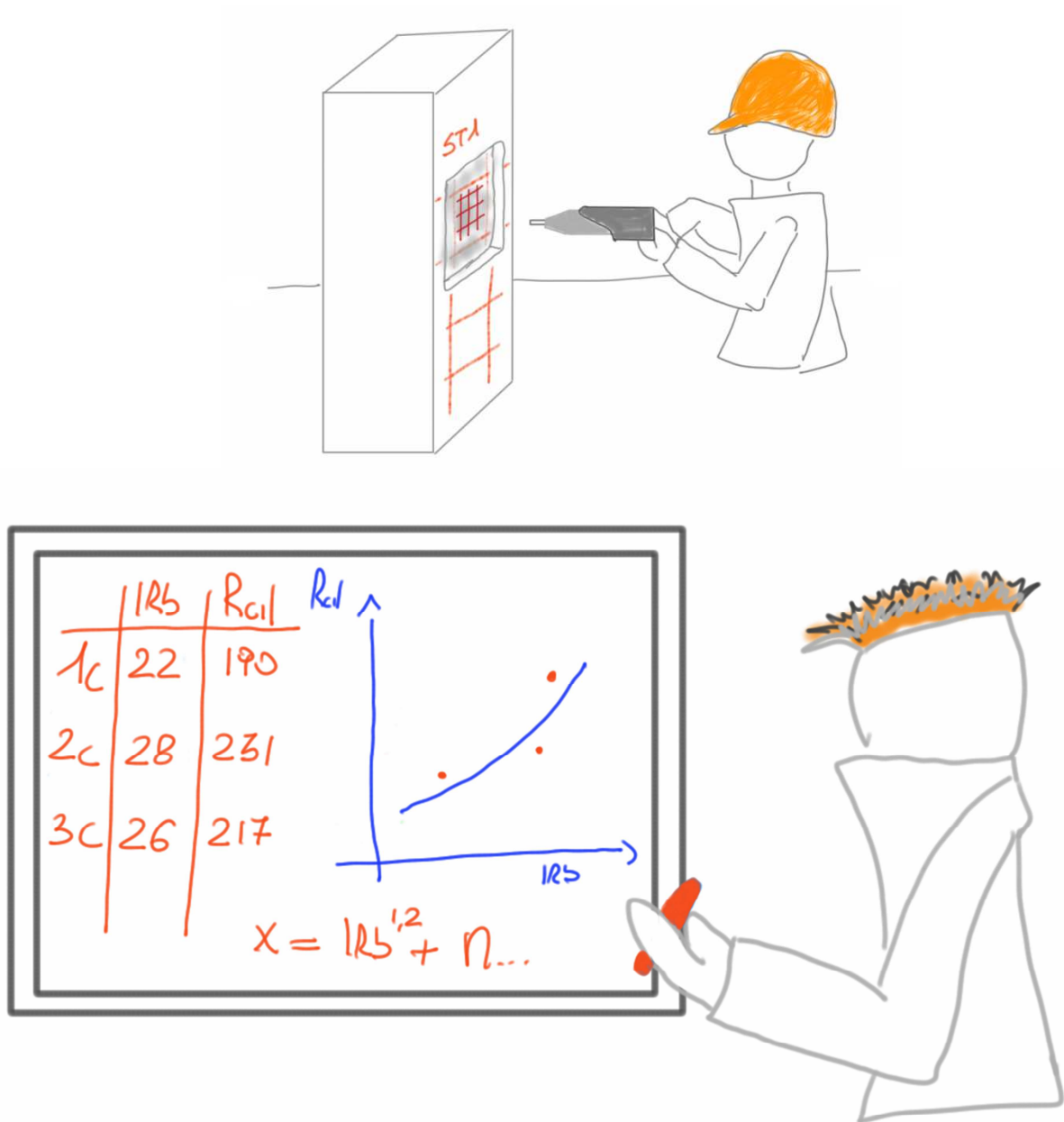


Fig. 11 – Esecuzione delle battute con lo sclerometro sulla superficie selezionata

d. Eseguire dei carotaggi sugli elementi strutturali selezionati. Il numero delle carote è definito da norme e regolamenti ed è funzione del tipo di indagine da svolgere, dimensione dell'edificio, valutazione del progettista. La scelta degli elementi dove eseguire le carote è a discrezione del direttore tecnico. L'esecuzione del carotaggio deve essere eseguito in accordo alla EN 12504-1:2009.

Identificare la carota estratta in modo univoco segnalando nel report se sono state eseguite le battute con lo sclerometro nella stessa stazione di misura. Questo legame permette di realizzare la curva di correlazione dedicata al materiale trovato in sito.

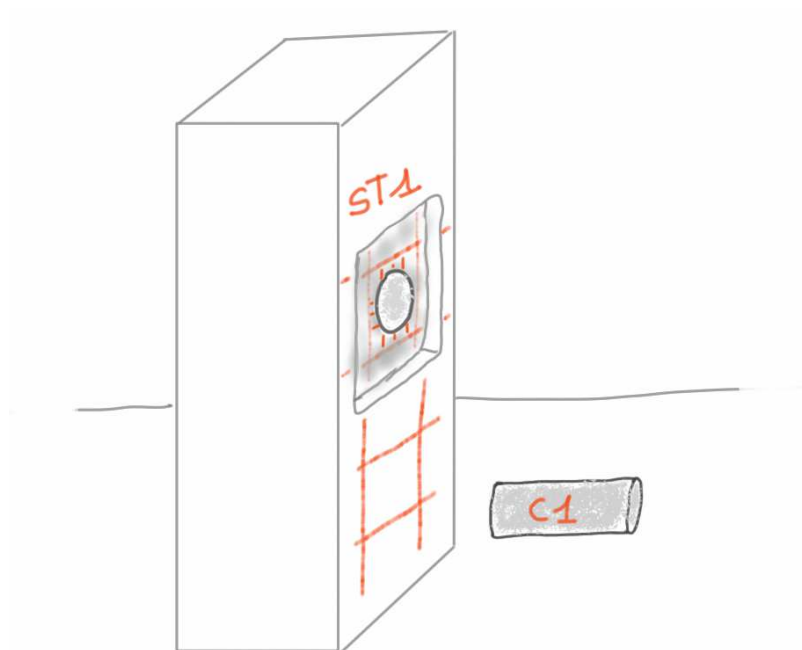


Fig. 12 – Esecuzione del carotaggio nell'area di prova dove è stata eseguita l'indagine con lo sclerometro

f. Eseguire le prove non distruttive su tutti gli elementi strutturali accessibili al fine di avere un numero di valori molto esteso che sia quindi ben identificativo dell'intera struttura.

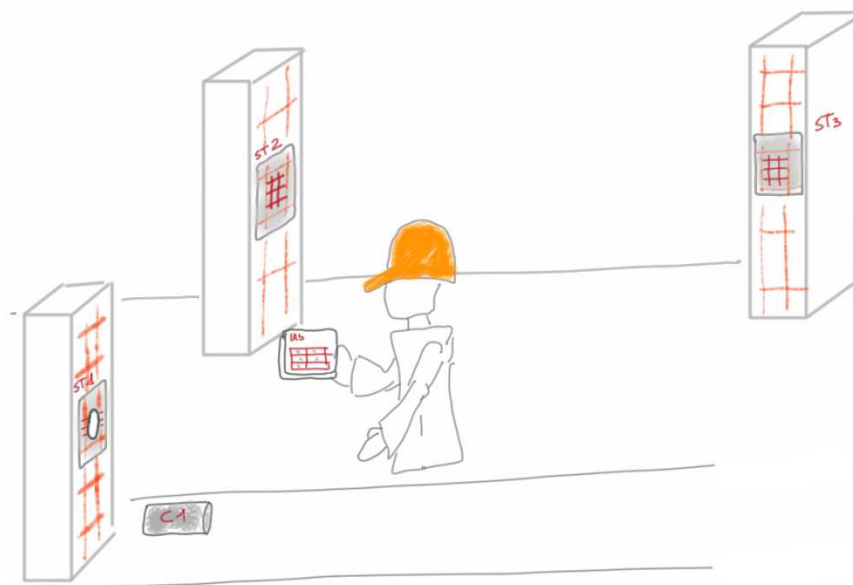


Fig. 13 – Esecuzione dell'indagine con lo sclerometro nei rimanenti elementi strutturali della struttura

e. Eseguire le prove di schiacciamento delle carote al fine di ottenere i valori di resistenza cilindrica convertiti in resistenza cubica. Le prove dovranno essere eseguite secondo la EN 12390-3:2009.

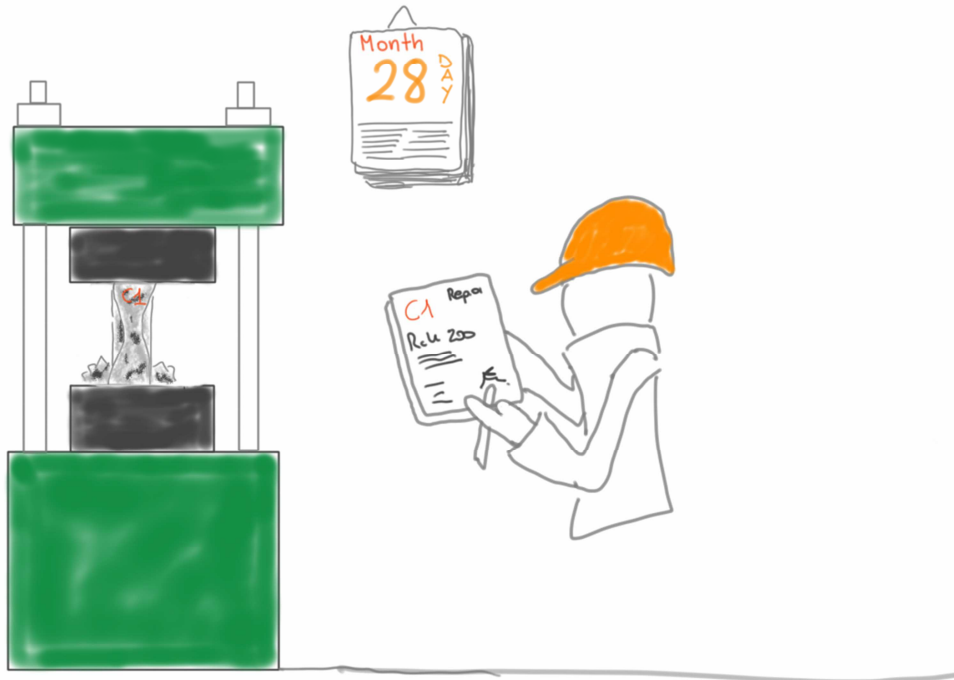


Fig. 14 – Esecuzione della prova a rottura della carota estratta

f. Registrare su una tabella i valori di indice di rimbalzo (indice di rimbalzo medio) ottenuti per ogni stazione di misura indicando, ove presente anche il valore della resistenza cubica ottenuta mediante prove distruttive delle carote.

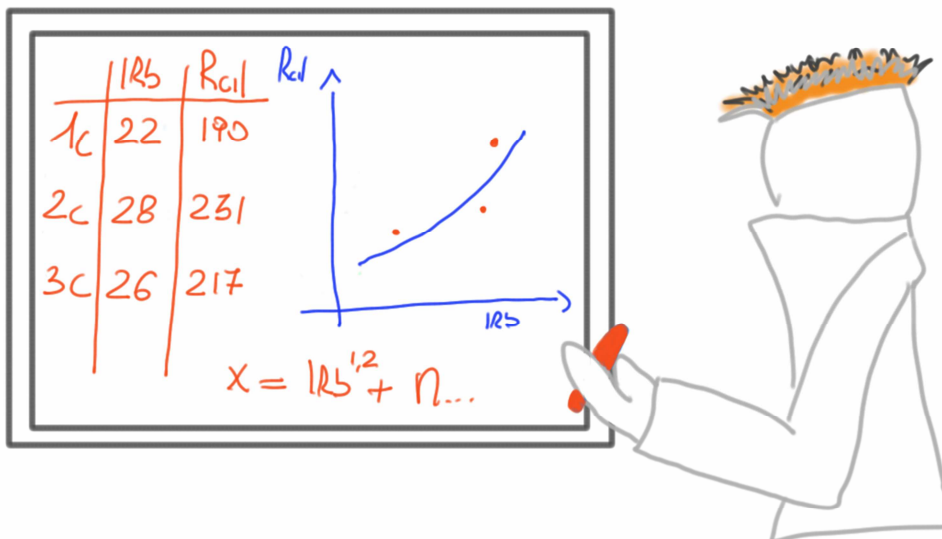


Fig. 15 – Registrazione dei valori indici e correlazione con i valori di rottura delle carote

g. Rappresentare su un grafico i valori ottenuti correlando gli indici di rimbalzo medi con quelli delle resistenze cubiche ottenuti dalla rottura delle carote.

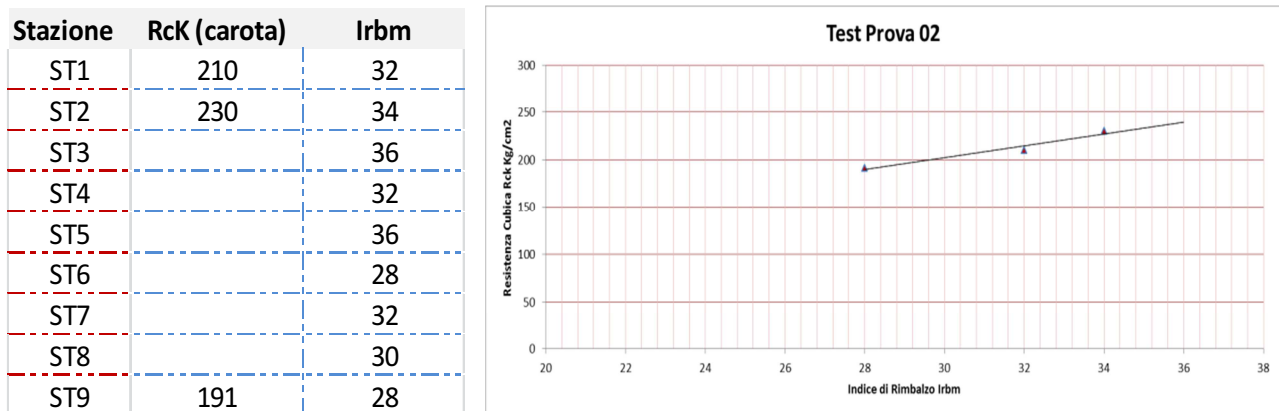


Fig. 16 – Curva di regressione lineare tra valori indice di rimbalzo e resistenza cilindrica

h. Attraverso la linea di tendenza ottenuta per regressione lineare è possibile stimare in i valori di resistenza meccanica delle stazioni dove non sono state eseguite le carote.

| Stazione | RcK (carota) | Irbm |
|----------|--------------|------|
| ST1 | 210 | 32 |
| ST2 | 230 | 34 |
| ST3 | 239,5 | 36 |
| ST4 | 214,5 | 32 |
| ST5 | 239,5 | 36 |
| ST6 | 189,5 | 28 |
| ST7 | 214,5 | 32 |
| ST8 | 202 | 30 |
| ST9 | 191 | 28 |

Questo sistema permette di ottenere una indicazione sui valori di resistenza meccanica del calcestruzzo riducendo il numero di prove dirette che data la loro elevata invasività, contribuiscono inevitabilmente a ridurre la resistenza della struttura.

C 1.2 Conclusioni

Le prove non distruttive, se eseguite entro i propri limiti, permettono di ottenere risultati soddisfacenti ed utili alla comprensione dello stato di salute della struttura.

Le prove non distruttive non possono comunque essere sostitutive delle prove distruttive richiamate negli ordinamenti e decreti.

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo attraverso metodi non distruttivi e distruttivi viene regolamentata dalla norma EN 13791:2008



Indagine con lo sclerometro: Istruzioni in breve di Michele Massaccesi è distribuito con Licenza [Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).