



# COSTRUZIONI ESISTENTI

## *La conoscenza*

**PROVE E CONTROLLI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE SU  
STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI**

**05/02/2024**



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI  
DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



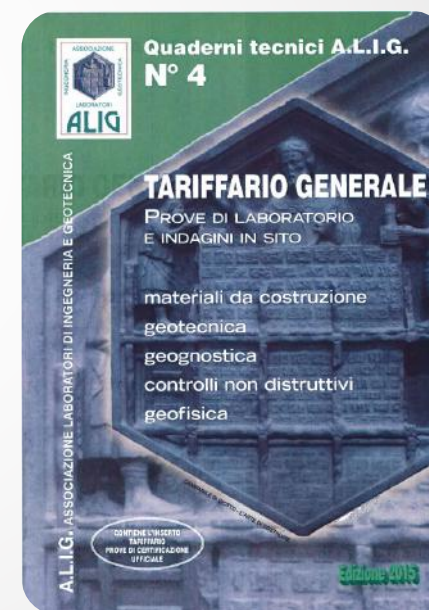
I NOSTRI ASSOCIATI

[www.associazionecalig.it](http://www.associazionecalig.it)



ing. Pietro Cardone

## Quaderni Tecnici





# D.P.R. 380/2001

## TESTO UNICO DELL'EDILIZIA

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA  
6 giugno 2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia

### Art. 59 (L) Laboratori

(legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20)

1. Agli effetti del presente testo unico sono considerati laboratori ufficiali:

- a) i laboratori degli istituti universitari dei politecnici e delle facoltà di ingegneria e delle facoltà o istituti universitari di architettura;
- b) il laboratorio di scienza delle costruzioni del centro studi ed esperienze dei servizi antincendi e di protezione civile (Roma);
- c) b-bis) il laboratorio dell'Istituto sperimentale di rete ferroviaria italiana spa;
- d) b-ter) il Centro sperimentale dell'Ente nazionale per le strade (ANAS) di Cesano (Roma), autorizzando lo stesso ad effettuare prove di crash test per le barriere metalliche.

2. Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti può autorizzare, con proprio decreto, ai sensi del presente capo, altri laboratori ad effettuare:

- a) prove sui materiali da costruzione;
- b) ~~lettera soppressa dalla L. 7 AGOSTO 2012, N. 134;~~
- c) prove di laboratorio su terre e rocce;
- c-bis) prove e controlli su materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti

3. L'attività dei laboratori, ai fini del presente capo, è servizio di pubblica utilità.

## EVOLUZIONE NORMATIVA

**I CAPITOLI DEL D.M. 17/01/2018**

- 1 OGGETTO
- 2 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE
- 3 AZIONI SULLE COSTRUZIONI.
- 4 COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI
- 5 PONTI
- 6 PROGETTAZIONE GEOTECNICA
- 7 PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE
- 8 COSTRUZIONI ESISTENTI**
- 9 COLLAUDO STATICO
- 10 REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI  
ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO.
- 11 MATERIALI E PRODOTTI**
- 12 RIFERIMENTI TECNICI



Il capitolo 8 del DM 17/01/2018 definisce i criteri per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti.

Le costruzioni esistenti sono quelle la cui struttura sia completamente realizzata alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento.

## D.M. 17.01.2018 – CAP. 8

### 8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

**La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo** richiesto dalla presente normativa.

L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

.

## VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Le costruzioni esistenti devono essere **sottoposte** a valutazione della sicurezza quando ricorra anche una sola delle seguenti condizioni:

- Riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomalo;
- Provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- Cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- Esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità;
- Ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al par. 8.4;
- Opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abilitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.



# CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

- RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

- INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

- INTERVENTO DI ADEGUAMENTO



**COLLAUDO  
STATICO**

## PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA FONTI DA CONSIDERARE PER L'ACQUISIZIONE DEI DATI NECESSARI



## EDIFICI ESISTENTI: LIVELLI DI CONOSCENZA

- **LC1: Conoscenza Limitata;**
- **LC2: Conoscenza Adeguata;**
- **LC3: Conoscenza Accurata;**



- il metodo di analisi
- i fattori di confidenza

**La scelta del Livello di Conoscenza è operata sulla base di:**

Dati di partenza in possesso del tecnico  
(elaborati progettuali, specifiche di progetto, certificati di prova)

**Esigenza di limitare i margini di incertezza dei dati risultanti dalle prove**

Disponibilità economica: costo prove-costi consolidamento

## EDIFICI ESISTENTI: FATTORI DI CONFIDENZA

- maggiore è il livello di conoscenza della costruzione, minore sarà il corrispondente fattore di confidenza
- il fattore di confidenza è un ulteriore coefficiente di sicurezza parziale che tiene conto di carenze nella conoscenza dei parametri del modello

$$f_d = \frac{f_m}{FC * \gamma_M}$$

CONOSCENZA  
LIMITATA

$$f_d = 0,74 \frac{f_m}{\gamma_M}$$

CONOSCENZA  
ADEGUATA

$$f_d = 0,83 \frac{f_m}{\gamma_M}$$

CONOSCENZA  
ACCURATA

$$f_d = \frac{f_m}{\gamma_M}$$

$F_d$ =resistenza di calcolo

$F_m$ =resistenza media  
ottenuta dalle indagini

$\gamma_m$ = coeff. parziale di  
sicurezza del materiale

$FC$ = fattore di conoscenza  
derivante dal L.C. previsto  
(1.35-1.20-1.00)



Tab. C8.5.IV - Livelli di conoscenza e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo e acciaio

Livello di Conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione. In alternativa rilievo Completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate insitu</i>	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate prove in-situ</i>	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate in situ</i> ; in alternativa <i>indagini estese insitu</i>	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con prove limitate in-situ; In alternativa da prove estese in-situ	TUTTI	1.20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate in situ</i> ; in alternativa <i>indagini esaustive insitu</i>	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con prove estese in situ; in alternativa con prove esaustive in-situ	TUTTI	1.00

Tab. C8.5.V - Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici in c.a.

Livello di indagini e prove	Rilievo (dei dettagli costruttivi)	Prove (sui materiali)
<b>PER OGNI ELEMENTO "PRIMARIO" (TRAVE, PILASTRO)</b>		
<b>limitato</b>	<b>La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi</b>	<b>1 provino di cls per 300mq di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio</b>
<b>esteso</b>	<b>La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi</b>	<b>2 provini di cls per 300mq di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio</b>
<b>esaustivo</b>	<b>La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi</b>	<b>3 provini di cls per 300mq di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio</b>

Tab. C8.5.VI- Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici in acciaio

Livello di indagini e prove	Rilievo dei dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali
<b>PER OGNI TIPO DI ELEMENTO PRIMARIO (TRAVE, PILASTRO, ETC...)</b>		
<b>limitato</b>	<b>Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi</b>	<b>1 provino di acciaio per piano dell'edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell'edificio</b>
<b>esteso</b>	<b>Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi</b>	<b>2 provini di acciaio per piano dell'edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio</b>
<b>esaustivo</b>	<b>Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi</b>	<b>3 provini di acciaio per piano dell'edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio</b>

## ...ALCUNE SITUAZIONI RICORRENTI

Difetti di getto



Copriferro e passo staffe





## ...ALCUNE SITUAZIONI RICORRENTI

Impianti occultati

particolari "costruttivi"



## ...ALCUNE SITUAZIONI RICORRENTI

Materiali con scarse caratteristiche meccaniche





## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Termografia IR

**La termografia è una tecnica di analisi non distruttiva che permette la visualizzazione della radiazione infrarossa. L'energia termica che può radiare un oggetto è una funzione della temperatura superficiale, questa è condizionata, in un materiale, dalla conducibilità termica e dal calore specifico.**

L'energia infrarossa è la parte non visibile dello spettro luminoso poiché la sua lunghezza d'onda è tale che non può essere vista dall'occhio umano, essa è la parte dello spettro elettromagnetico che noi percepiamo come calore. Diversamente dalla luce visibile, ogni oggetto con una temperatura al disopra dello zero assoluto emette IR.

**Le termocamere convertono la radiazione termica in arrivo in un'immagine che può essere monocromatica oppure può essere usato un sistema di falsi colori per rappresentare le diverse temperature.** L'atmosfera non è uniformemente trasparente all'infrarosso, variando notevolmente in funzione della lunghezza d'onda; Le temperature misurate a distanza (oltre 30~ 50 metri), possono risultare inferiori alla realtà per l'attenuazione atmosferica.

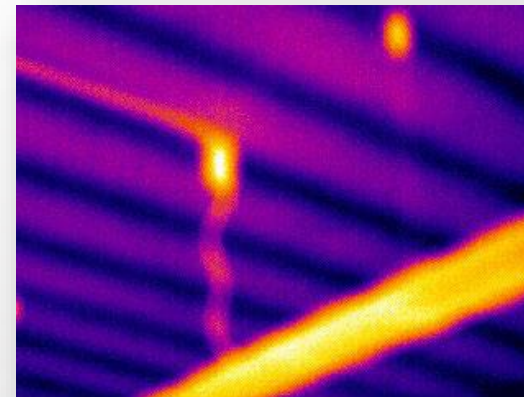
## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Termografia IR

La termografia è una delle tecniche non distruttive che viene di più utilizzata nella diagnostica delle patologie edilizie e permette di rilevare:

**tamponamenti di aperture nelle murature sotto intonaco, inserimento di architravi e colonne in pietra, orditure di elementi strutturali di sostegno in solai piani, centinature di coperture voltate canalizzazione di impianti idrico sanitari e termici in funzione**

distribuzione dell'umidità nelle murature, presenza di ponti termici, dispersioni termiche dovute ad insufficiente coibentazione





## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Saggi pacometrici

#### *Finalità indagine*

Spesso si opera su manufatti per i quali non si hanno dati sulla disposizione delle armature, sull'esecuzione delle strutture e sulle caratteristiche dei materiali e il quesito che il più delle volte viene posto, agli specialisti del settore, è quello di conoscere l'effettiva disposizione delle barre di armatura, il loro numero, il loro diametro e la misura del copriferro senza danneggiare la struttura in esame.



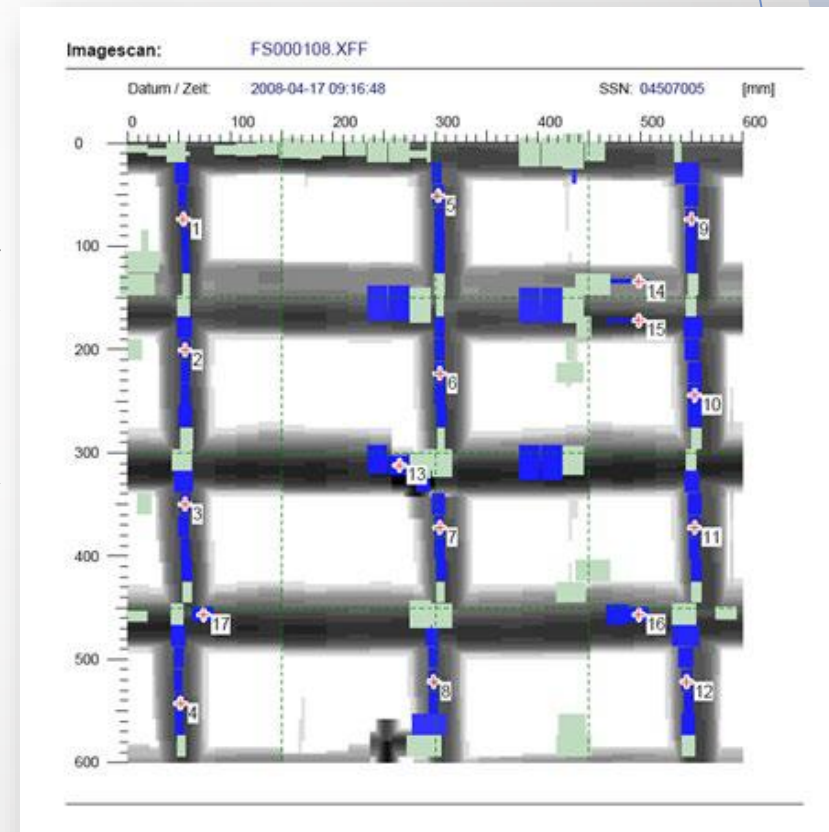
## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Saggi pacometrici

#### *Finalità indagine*

Allo stesso tempo, durante l'esecuzione di prove distruttive e/o non distruttive finalizzate a stimare le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo, mediante, è fondamentale collocarsi in una posizione dove non ci siano barre di armatura, al fine di non vanificare il significato delle indagini.

Infatti, le stazioni di misura andranno fissate dopo aver individuato la posizione delle armature in modo da escluderle dalla superficie di prova.



## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Saggi pacometrici

#### *Descrizione strumento*

Il pacometro consente la determinazione della posizione, della direzione e il numero delle barre di armatura principali e secondarie, fornisce la misura del copriferro fino a circa nove centimetri, stima il diametro delle barre di armatura, rileva la presenza di oggetti metallici, quali tubazioni, cavi elettrici...

Lo strumento è composto da una o più sonde emittenti-riceventi il campo magnetico.

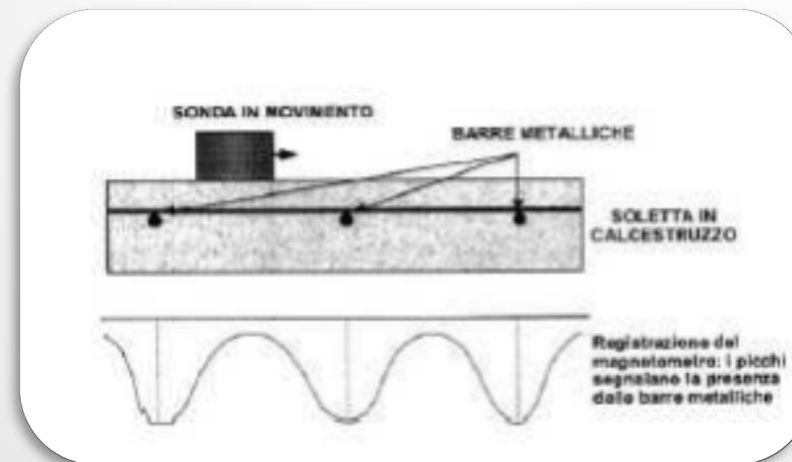


## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Saggi pacometrici

#### *Teoria alla base del metodo*

Per individuare la presenza delle barre, la sonda, in un primo tempo, le magnetizza brevemente e quindi **ne rivela il campo magnetico indotto** man mano che questo si dissolve. La forza del campo indotto dipende essenzialmente dalla distanza della barra dalla sonda di ricerca e, in misura minore, dal suo diametro.





## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Saggi pacometrici

#### *Teoria alla base del metodo*

La sonda di ricerca contiene due bobine. Quando ricevono un impulso di corrente, queste bobine creano un campo magnetico che magnetizza la barra di armatura e vi induce delle correnti parassite (correnti Foucault). Esaurito l'impulso di corrente, le correnti parassite si dissolvono creando un campo magnetico di intensità molto ridotta quale "eco" dell'impulso iniziale. **Le bobine contenute all'interno della sonda misurano la forza del campo indotto man mano che questo si dissolve e tale segnale viene poi elaborato per fornire la misura della profondità della barra.**

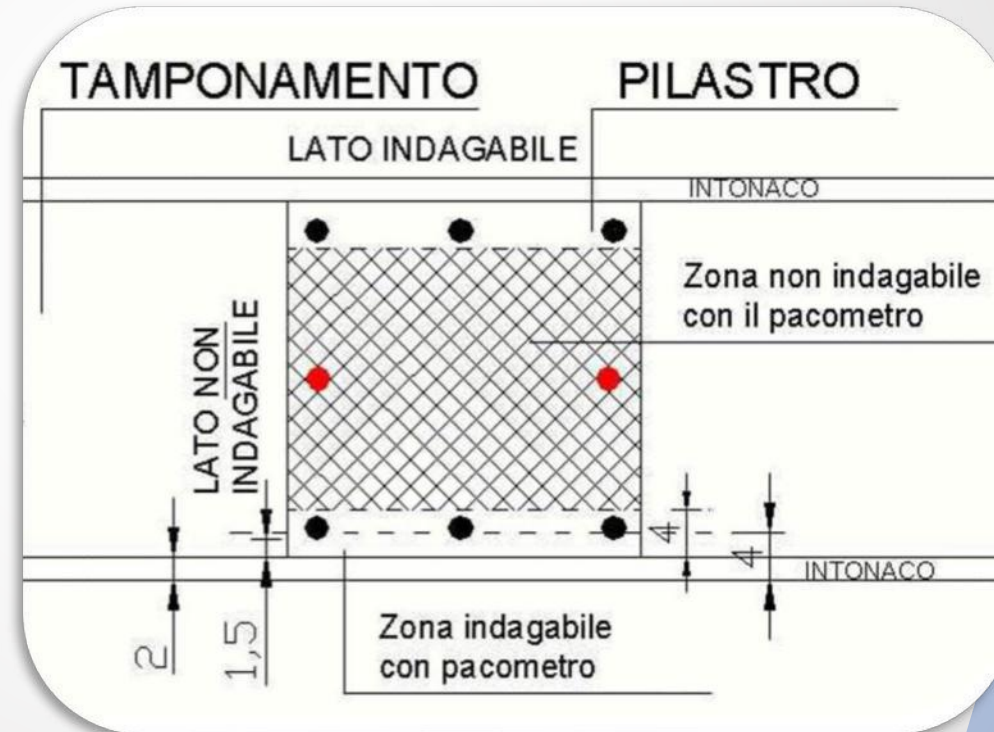
## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Saggi pacometrici

#### *Esecuzione indagine*

La prova viene svolta facendo scorrere la sonda sull'elemento strutturale, in direzione ortogonale a quella delle armature che si intende ricercare.

La localizzazione delle armature viene evidenziata con un segnale acustico, mentre la stima del copriferro è visualizzabile direttamente sul display dello strumento.



## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi



Le informazioni possiedono un certo grado di incertezza

ing. Pietro Cardone

## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Caratterizzazione del calcestruzzo

#### Prove distruttive



Carotaggio e prove di compressione

#### Prove non distruttive



Metodo sclerometrico

Metodo ultrasonico

**SONREB**



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo sclerometrico

#### *Finalità indagine*

Tra le prove non distruttive da effettuarsi su strutture in calcestruzzo armato normale e precompresso rientra il metodo “meccanico” per la determinazione della durezza superficiale mediante l’impiego dello sclerometro.

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



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali Metodo sclerometrico

### *Finalità indagine*

La Norma di riferimento è la UNI EN 12504-2:2001. La Norma precisa che il metodo di prova non è inteso come una alternativa per la determinazione della resistenza alla compressione del calcestruzzo ma, **con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito**. L'indice sclerometrico determinato mediante questo metodo può essere utilizzato per la **valutazione dell'uniformità del calcestruzzo in sito**, per delineare le zone o aree di calcestruzzo di scarsa qualità o deteriorato presenti nelle strutture.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali Metodo sclerometrico

### *Finalità indagine*

Per quanto attiene la stima della resistenza a compressione del calcestruzzo di recente realizzazione, la precisione associata al metodo può stimarsi nell'ordine del 20÷25%, in quanto influenzata dalla non omogeneità e isotropicità del calcestruzzo.



## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Metodo sclerometrico

#### Descrizione strumento

L'apparecchiatura è costituita da una massa mobile con una certa energia iniziale, che urta la superficie di una massa di calcestruzzo.

Sono commercialmente disponibili diversi tipi e formati di sclerometri per il controllo di varie classi di resistenza e tipi di calcestruzzo.

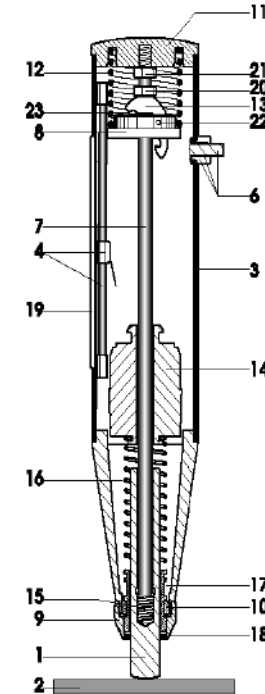
Ciascun tipo e formato di sclerometro dovrebbe essere utilizzato solo per le classi di resistenza ed il tipo di calcestruzzo per il quale è stato progettato.

Lo strumento viene fornito con pietra abrasiva al carburo di silicio con tessitura granulare media o materiale equivalente.

Sezione longitudinale dello sclerometro Schmidt e relativa

posizione al momento della percussione sulla struttura in c.a.

- 1 asta di percussione
- 3 carcassa
- 4 indice con astina
- 6 nottolino d'arresto
- 7 asta di scorrimento
- 8 disco di guida
- 9 calotta
- 10 segmenti di blocco
- 11 coperchio
- 12 molla di pressione
- 13 gancio
- 14 martello
- 15 molla-ammortizzatore
- 16 molla di percussione
- 17 ancoraggio molla
- 18 rondella di feltro
- 19 finestra
- 20 vite
- 21 contro-dado
- 22 perno
- 23 molla del gancio





## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

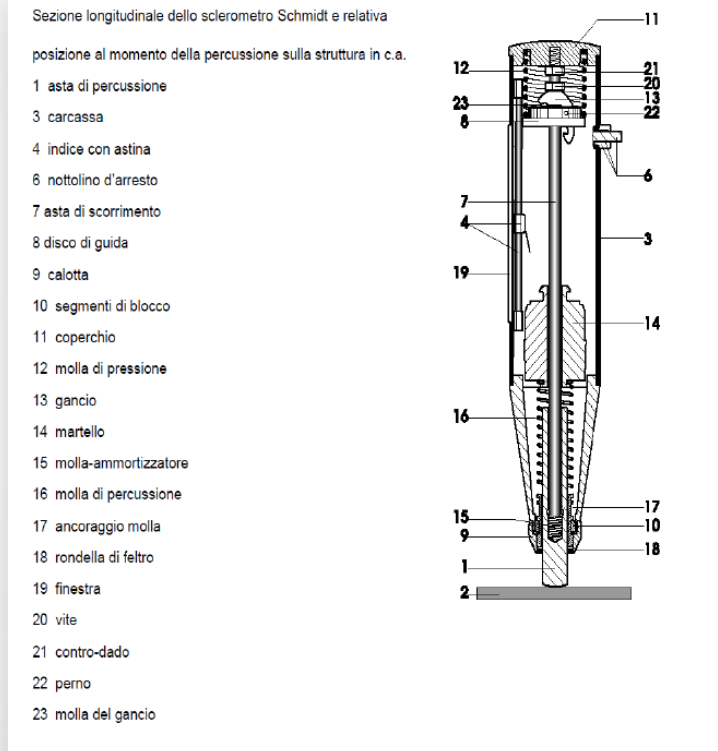
### Metodo sclerometrico

#### *Teoria alla base del metodo*

La massa battente caricata da una molla colpisce un pistone a contatto con la superficie ed il risultato della prova viene espresso in termini di indice di rimbalzo della massa.

In seguito all'urto una parte dell'energia è assorbita dal calcestruzzo sotto forma di energia di deformazione plastica oppure permanente ed un'altra parte di energia è restituita alla massa mobile che rimbalza per un tratto proporzionale all'energia rimasta disponibile.

Condizione essenziale è che la massa dell'elemento di calcestruzzo in prova sia praticamente infinita in rapporto con la massa dello strumento, altrimenti una parte dell'energia iniziale, essendo dipendente dalle masse relative dei due corpi che si scontrano, sarebbe trasferita al calcestruzzo sotto forma di energia cinetica.



## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

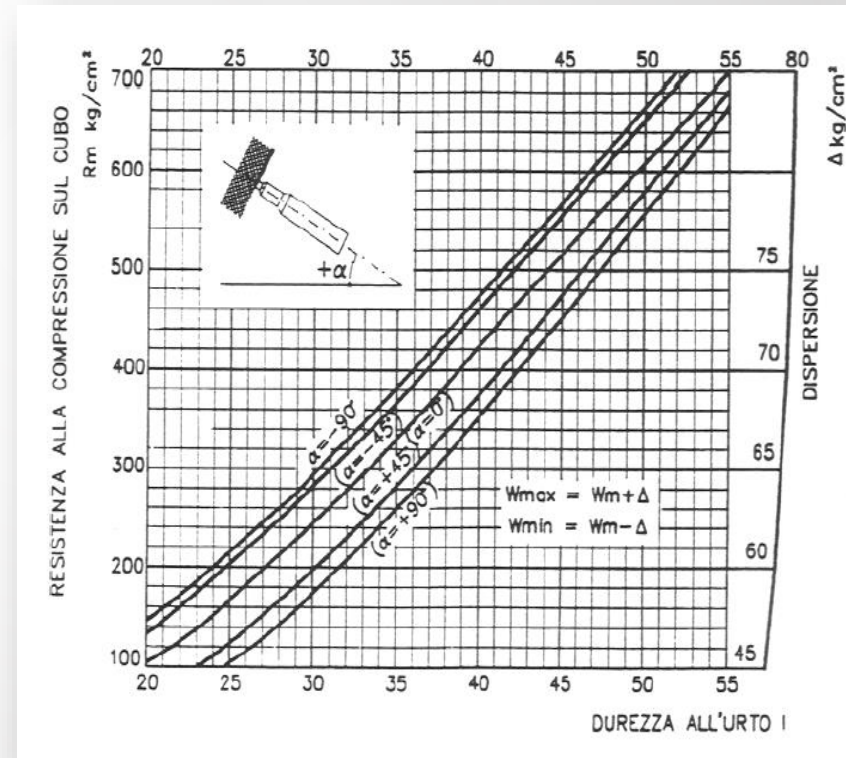
### Metodo sclerometrico

#### *Teoria alla base del metodo*

Durezza e resistenza vengono correlate con relazioni di natura empirica o basate su metodi probabilistici, in quanto molteplici sono i fattori che influenzano la misura. La correlazione tra l'indice di rimbalzo  $I_m$  e la resistenza a compressione  $R_c$  del calcestruzzo è del tipo:

$$R_c = A x I_m^B$$

Con A e B parametri dipendenti dalle caratteristiche del calcestruzzo ed  $I_m$  è l'indice medio di rimbalzo.



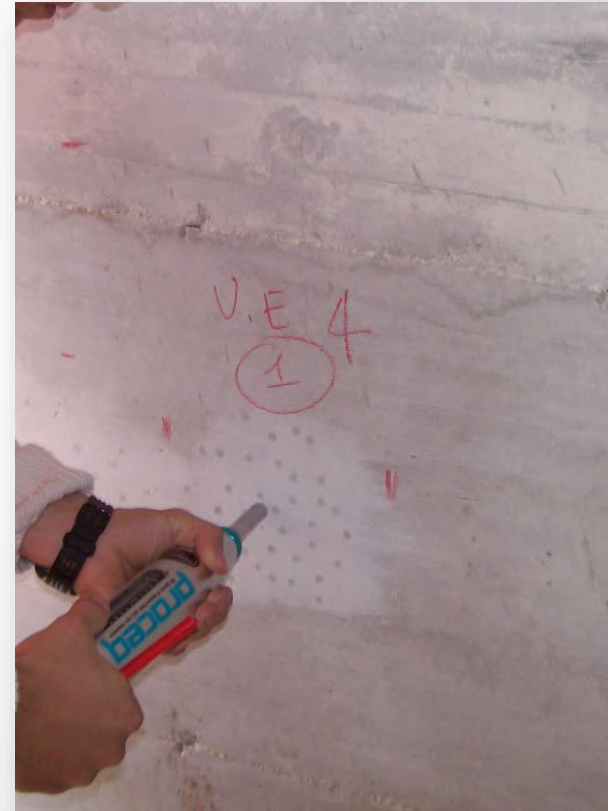
## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Metodo sclerometrico

#### *Teoria alla base del metodo*

I fattori che influenzano l'indice di rimbalzo sono molteplici:

- umidità
- tipo di cemento
- tipo di aggregato
- età del calcestruzzo
- superficie del calcestruzzo
- **stato di carbonatazione dello strato superficiale di cls**



## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Metodo sclerometrico

#### *Teoria alla base del metodo*

**Carbonatazione del calcestruzzo.** Un calcestruzzo correttamente proporzionato presenta un ambiente fortemente alcalino (pH13) che inibisce le reazioni di ossidazione delle armature. Il calcestruzzo tuttavia è permeabile per cui l'anidride carbonica può diffondersi al suo interno reagendo con le sostanze che incontra dando luogo al fenomeno della carbonatazione (ambiente pH9) e a variazioni dimensionali che determinano la fessurazione del calcestruzzo. La fessurazione favorisce la penetrazione sia dell'anidride carbonica sia del vapore acqueo che innesca a sua volta un altro processo: l'ossidazione delle barre di armatura, con i ben noti effetti. **Nei calcestruzzi di buona qualità lo spessore interessato dalla carbonatazione è limitato a profondità di alcuni millimetri, mentre per strutture degradate e in ambienti molto aggressivi lo spessore può raggiungere profondità significative.**



## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Metodo sclerometrico

#### *Teoria alla base del metodo*

L'influenza della carbonatazione sulla stima della resistenza del calcestruzzo è molto significativa.

**Il calcestruzzo alterato dalla carbonatazione porterà ad una sovrastima** della resistenza che in casi estremi può raggiungere il 50% (infatti la formazione del carbonato di calcio provoca un indurimento dello strato superficiale).

La presenza della carbonatazione può essere accertata mediante test colorimetrico.

Il test normalmente viene effettuato spruzzando (mediante nebulizzatore) sulla superficie degli elementi da sottoporre a prova, una **soluzione di fenolftaleina all'1% di alcool etilico**. Tale soluzione una volta spruzzata subisce un cambiamento di colore, passando dal bianco trasparente al rosso violetto quando la superficie risulta non carbonatata; Contrariamente nella superficie carbonatata la soluzione non vira mantenendo il colore bianco trasparente.

## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Metodo sclerometrico

#### *Teoria alla base del metodo*

**Tipo di aggregato.** La resistenza del calcestruzzo dipende dal tipo di inerti impiegati; è pertanto necessario effettuare specifiche tarature quando si utilizzano aggregati differenti da quelli correntemente utilizzati (ghiaia di cava): pomice o scisti producono ad esempio una sovrastima della resistenza.

**Tipo di cemento.** L'influenza del tipo di cemento è significativa: i calcestruzzi confezionati con cementi alluminosi possono avere resistenze maggiori del 100% rispetto ai valori ottenibili con una taratura eseguita su cementi Portland; calcestruzzi confezionati con cementi supersolfati possono invece avere resistenze minori del 50%.

**Umidità del calcestruzzo.** Il calcestruzzo ordinario da costruzione con superfici umide presenta una resistenza all'incirca il 20% inferiore rispetto allo stesso materiale asciutto. Altri tipi di calcestruzzo possono fornire differenze maggiori.

## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Finalità indagine*

Scopo del metodo consiste essenzialmente nel valutare la “**velocità virtuale o apparente**” di **propagazione di un impulso sonico** ad alta frequenza emesso da un trasmettitore e ricevuto da una sonda ricevente dopo aver attraversato lo Spessore  $L$  noto di cls.

$$V=L/T$$

Attraverso la stima di tale velocità è possibile ottenere informazioni sul calcestruzzo in termini di caratteristiche ed omogeneità.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali Metodo ultrasonico

### *Finalità indagine*

Con la metodologia descritta si può indagare:

- sull'uniformità del calcestruzzo;
- sulla presenza di fessure o vuoti;
- su difetti di getto;

Tuttavia non è considerata come un'alternativa alla misurazione diretta della resistenza a compressione del calcestruzzo.

La misura del tempo di attraversamento dipende:

- dal contenuto di umidità
- composizione della miscela
- presenza di armature





## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Finalità indagine*

La norma europea che disciplina la determinazione della velocità di propagazione degli impulsi delle onde longitudinali ultrasoniche in campioni o strutture di calcestruzzo fra una o più coppie di punti di rilievo è la UNI EN 12504-4 (gennaio 2005). La norma europea è la ISO/DIS 8047 “Concrete hardened – Determination of ultrasonic pulse velocity”.



**QUALITÀ**

ECCELLENTE

BUONA

DISCUTIBILE

SCADENTE

MOLTO SCADENTE

**VALORI MEDI DI VELOCITÀ RILEVATI**

4000 m/s &lt; Velocità rilevata &gt; 4500 m/s

3500 m/s &lt; Velocità rilevata &lt; 4000 m/s

3000 m/s &lt; Velocità rilevata &lt; 3500 m/s

2000 m/s &lt; Velocità rilevata &lt; 3000 m/s

Velocità rilevata &lt; 2000 m/s

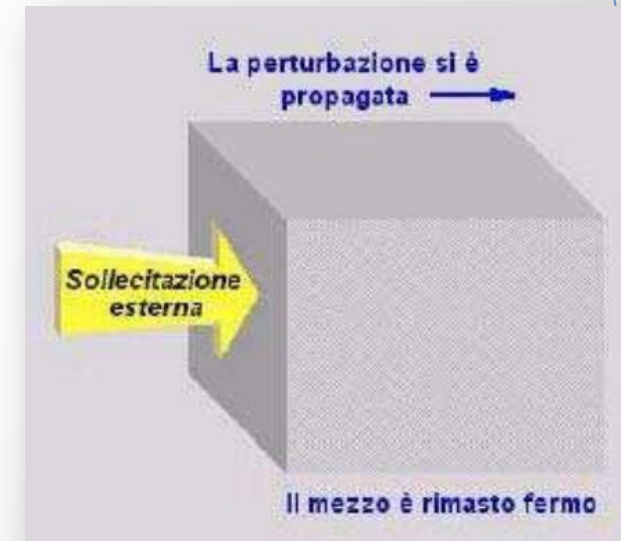
## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali C8A.1.B.3

### Metodo ultrasonico

#### *Teoria alla base del metodo*

Le onde ultrasonore sono onde meccaniche analoghe a quelle che costituiscono i suoni. Entrambe hanno origine dalla deformazione che un mezzo elastico subisce per effetto di una sollecitazione esterna. Si parla di onde ultrasonore quando la frequenza delle vibrazioni è al di sopra del campo delle frequenze udibili dall'orecchio umano.

Tutti i mezzi materiali si deformano quando sono sollecitati da una azione esterna. La deformazione consiste nel fatto che un certo numero di particelle del mezzo è spostato dalla sua posizione di equilibrio. Nei mezzi elastici le particelle direttamente perturbate iniziano a vibrare attorno alla loro posizione di equilibrio.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Teoria alla base del metodo*

Le vibrazioni si trasmettono quindi alle particelle degli strati adiacenti, le quali entrano a loro volta in oscillazione. In questo modo la sollecitazione iniziale, che interessa direttamente soltanto una porzione del mezzo, finisce per propagarsi attraverso il mezzo. La perturbazione che si propaga nel mezzo costituisce l'onda. La direzione di propagazione di un'onda ultrasonora e la direzione di vibrazione delle particelle nel mezzo sono indipendenti fra loro. Questo fatto consente di identificare diversi tipi di onde, a seconda dei modi in cui l'oscillazione delle particelle può avvenire.

- 1. onde longitudinali;
- 2. onde trasversali;
- 3. onde superficiali;
- 4. onde di Lamb.



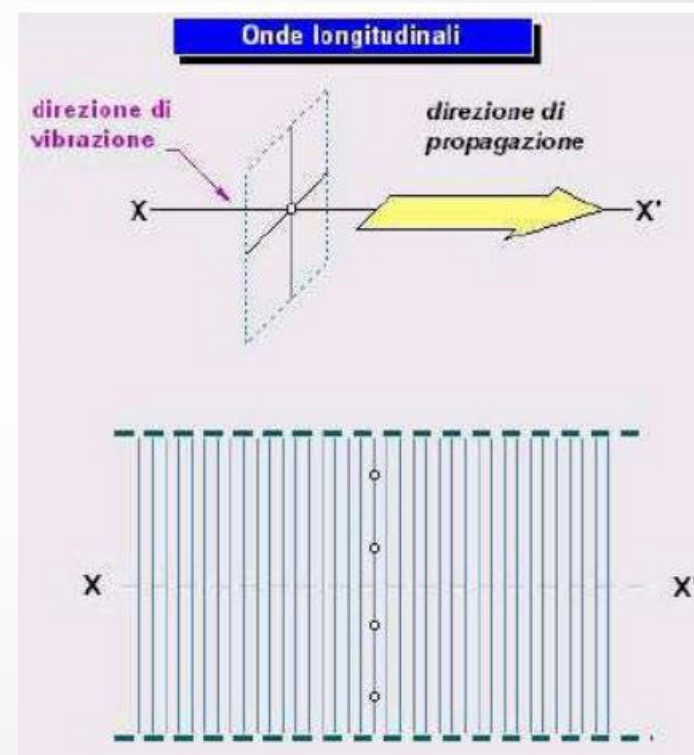
## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Teoria alla base del metodo*

Nelle onde longitudinali la direzione di vibrazione delle particelle è parallela a quella di propagazione dell'onda.

Sono anche dette onde di compressione, con riferimento al meccanismo della loro propagazione. Immaginiamo che le particelle del mezzo siano disposte su piani perpendicolari alla direzione di moto delle onde e regolarmente distanziati l'uno dall'altro. Quando un'onda longitudinale si propaga, ogni piano di particelle è sollecitato a muoversi nella stessa direzione dell'onda, avanti ed indietro rispetto alla sua posizione d'equilibrio nel mezzo.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Teoria alla base del metodo*

La velocità di propagazione delle onde ultrasonore dipende dal materiale. Inoltre, per ciascun materiale, esiste una velocità di propagazione ben definita per ogni tipo di onda (longitudinale, trasversale, ecc.).

In generale, in uno stesso mezzo, è

$$V_l > V_t$$

Cioè la velocità delle onde longitudinali ( $V_l$ ) è superiore a quella delle onde trasversali ( $V_t$ ) come si può notare dalla tabella a lato riportata

MATERIALI NON METALLICI	VELOCITA' DI PROPAGAZIONE 10 <sup>3</sup> m/s	
	$V_l$	$V_t$
Allumina	9 - 11	5,5 - 6,5
Ghiaccio	3,98	1,99
Gomma dura	2,3	-
Gomma tenera	1,48	-
Paraffina solida	2,2	-
Plexiglas (Perspex)	2,73	1,43
Poliammidi (Nylon, Perlon)	2,2 - 2,6	1,1 - 1,2
Polistirolo	2,35	1,15
Porcellana	5,6 - 6,2	3,5 - 3,3
Quarzo	5,57	3,52
Resine epossidiche	2,4 - 2,9	1,1
Teflon	1,35	0,55
Vetro (Flint)	4,26	2,56
Vetro (Kron)	5,66	3,42

# Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

## Metodo ultrasonico

*Teoria alla base del metodo*

I fattori che influenzano sono molteplici:

- lunghezza percorso
- forma e dimensioni provino
  - barre armatura
- fessurazioni e vuoti

## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Teoria alla base del metodo*

**Lunghezza di percorso.** La lunghezza di percorso sulla quale si misura la velocità di propagazione degli impulsi dovrebbe essere sufficientemente lunga da non essere influenzata in modo significativo dalla natura eterogenea del calcestruzzo. Le raccomandazioni, salvo per le condizioni dichiarate nel punto “Forma e dimensione del provino” sono che la lunghezza di percorso minima dovrebbe essere 100 mm per calcestruzzo con dimensione nominale massima dell'aggregato minore o uguale a 20 mm, e 150 mm per calcestruzzo con dimensione nominale massima dell'aggregato tra 20 mm e 40 mm.

La velocità di trasmissione degli impulsi non è generalmente influenzata dalle variazioni della lunghezza di percorso, sebbene l'apparecchiatura elettronica di misura dei tempi possa indicare una tendenza della velocità a ridursi leggermente con l'aumentare della lunghezza di percorso.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Teoria alla base del metodo*

**Effetto delle barre di armatura** Se possibile, si dovrebbero evitare misurazioni in prossimità delle barre di armatura, parallele alla direzione di propagazione degli impulsi.

**Fessurazione e vuoti** Quando un impulso ultrasonico che attraversa il calcestruzzo incontra un'interfaccia calcestruzzo-aria, avviene una trasmissione quasi inesistente dell'energia attraverso tale interfaccia. Pertanto, eventuali fessurazioni piene di aria o vuoti che si trovano tra i due trasduttori, ostruiscono il raggio ultrasonico diretto quando la lunghezza proiettata del vuoto è maggiore della larghezza dei trasduttori e della lunghezza d'onda del suono utilizzata.

**Tenore di umidità** Il tenore di umidità ha due effetti sulla velocità di propagazione degli impulsi, uno chimico e uno fisico. Si tratta di effetti importanti nello stabilire correlazioni per la stima della resistenza del calcestruzzo. Tra un provino cubico o cilindrico appropriatamente maturato in condizioni normalizzate e un elemento di struttura realizzato con lo stesso calcestruzzo, può verificarsi una significativa differenza della velocità di propagazione degli impulsi.

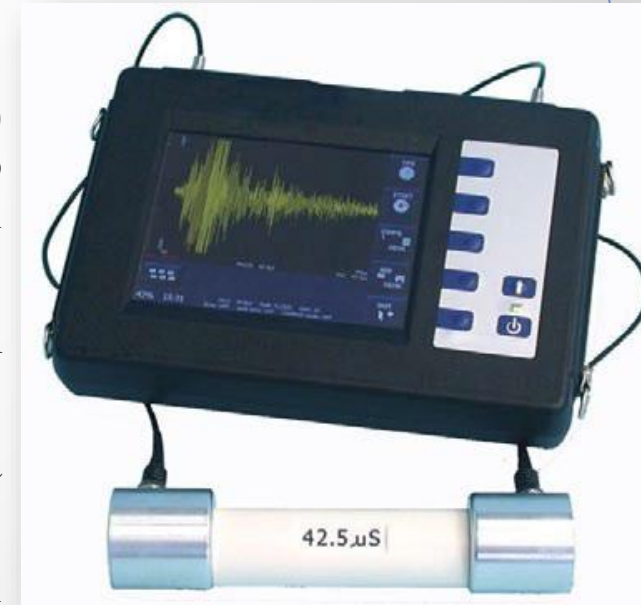
## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Metodo ultrasonico

#### *Descrizione strumento*

L'apparecchiatura generalmente è composta da un dispositivo che ha le seguenti caratteristiche:

- a) emette impulsi di vibrazioni meccaniche (sonda emittente) in sincronismo con un segnale elettrico. Questo pilota l'avvio di una unità di misura di intervalli di tempo e di una unità di visualizzazione della vibrazione in ricezione;
- b) riceve delle vibrazioni meccaniche e le trasforma in segnali elettrici (sonda ricevente);
- c) amplifica e regola il trattamento del segnale emesso dalla sonda ricevente;
- d) attraverso un dispositivo elettronico misura l'intervallo di tempo fra istante di emissione ed istante di ricezione dell'impulso o della parte di esso che si analizza.



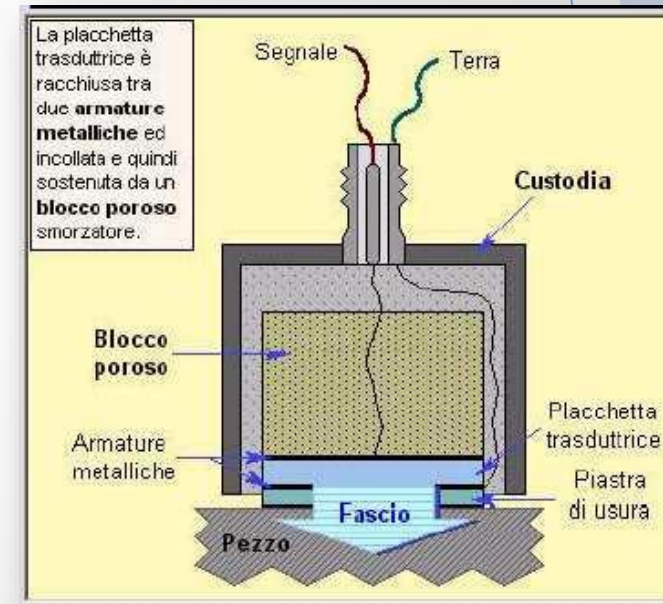
## Costruzioni in calcestruzzo: Dettagli costruttivi

### Metodo ultrasonico

#### *Descrizione strumento*

L'impulso di vibrazione che perviene alla sonda ricevente, trasformato in un segnale elettrico opportunamente amplificato, viene visualizzato sullo schermo di uno oscilloscopio (generalmente video a cristalli liquidi o monitor di personal computer).

I trasduttori sono costituiti da materiale piezoelettrico o magnetostriativo, o comunque capace di trasformare una tensione o corrente elettrica in una deformazione meccanica (sali di Rochelle, quarzo, titanato di bario, nickel, ecc.). Tale materiale è normalmente alloggiato in un contenitore metallico di protezione a cui è meccanicamente accoppiato: il tutto è realizzato in modo che ne risulti un oscillatore meccanico di una determinata frequenza naturale.

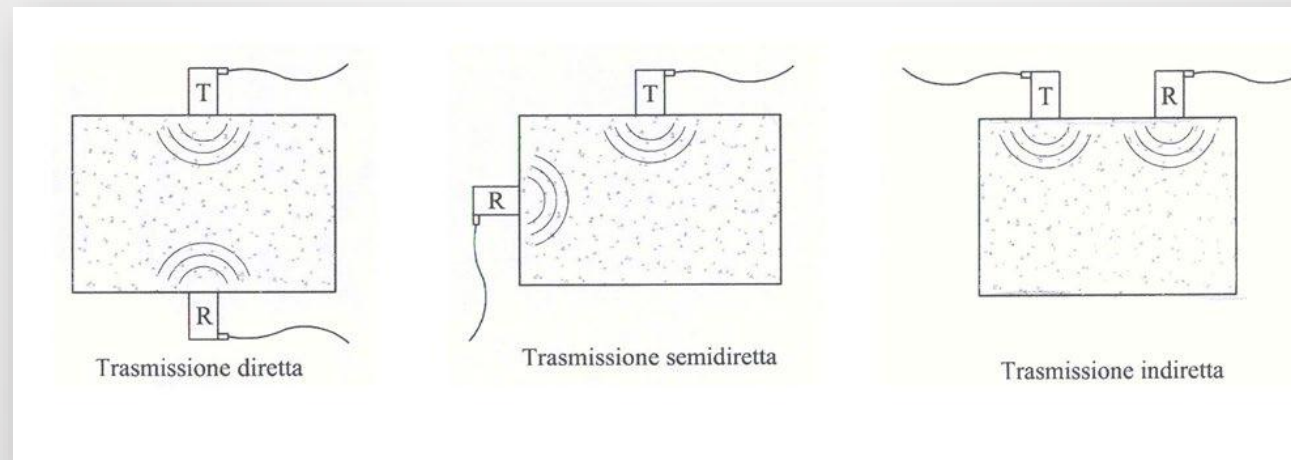


## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

La misura dei tempi di propagazione degli impulsi di vibrazione viene normalmente eseguita secondo le tre diverse modalità, di seguito illustrate, in relazione alla direzione di propagazione degli impulsi rispetto alle superfici di emissione e di ricezione della struttura. L'energia del segnale prodotto dalla sonda emittente è normalmente massima nella direzione perpendicolare alla superficie di accoppiamento.





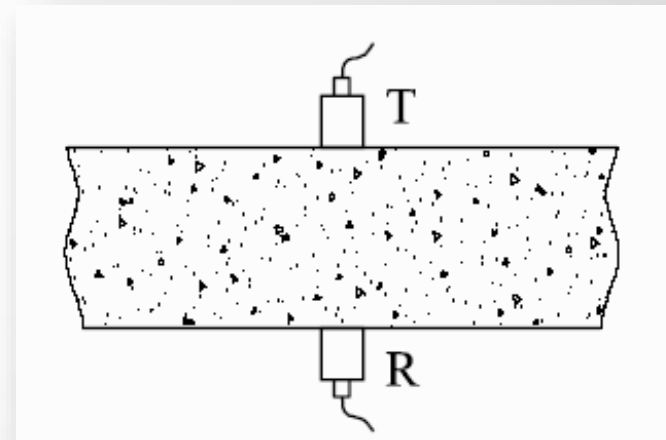
## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

- Metodo di trasmissione diretta o per trasparenza

I trasduttori (emettitore e ricevitore) vengono applicati su due facce opposte dell'elemento da testare. In questo caso (angolo retto tra l'asse della sonda e la superficie del campione) l'energia pulsante trasmessa dai trasduttori è massima.



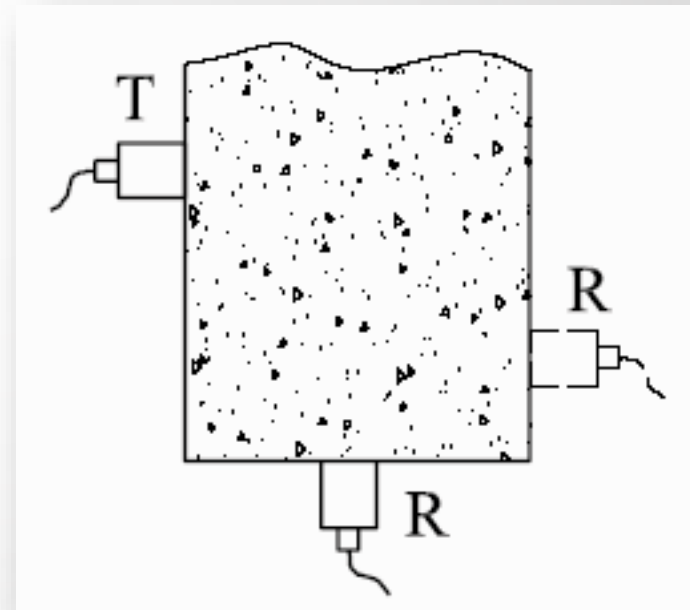
## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

- Metodo di trasmissione semidiretta

La disposizione di trasmissione semi-diretta è utilizzata quando non può essere utilizzata la disposizione di trasmissione diretta, per esempio negli angoli delle strutture. I trasduttori sono applicati in punti appartenenti a due facce adiacenti, in genere ortogonali. La distanza  $L$  è quella tra i centri dei trasduttori. La sensibilità di misura è intermedia tra il metodo diretto e quello superficiale a seguito della minore intensità acustica che, nella misura per superficie, raggiunge la sonda ricevente (soltanto il 2% circa dell'energia emessa).



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

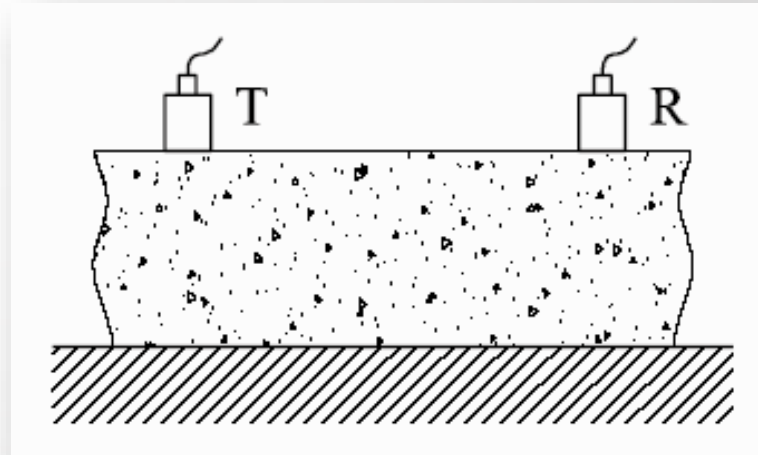
#### *Tecniche di misura*

- Metodo di trasmissione indiretta

Questo metodo viene utilizzato nel caso in cui l'elemento da saggiare sia accessibile da un solo lato.

Si tiene fisso il trasmettitore mentre il ricevitore viene traslato in differenti posizioni lungo una linea retta di una stessa faccia dell'elemento da saggiare misurando i tempi di transito ad intervalli compresi tra i 50 ed i 300 mm.

La velocità di transito è inferiore del 5÷20% a quella del metodo diretto e l'ampiezza del segnale ricevuto può essere minore del 3% di quella del metodo diretto.

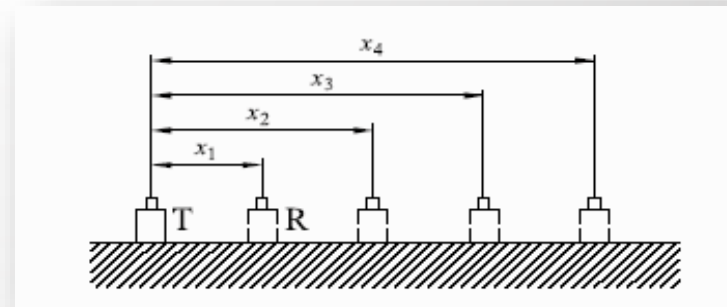
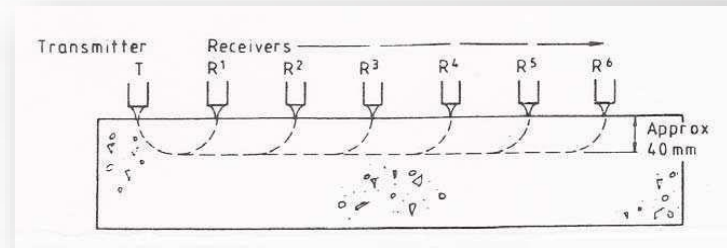


## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

Con la trasmissione indiretta esiste una incertezza riguardo l'esatta lunghezza del percorso di trasmissione. E' preferibile quindi effettuare una serie di misurazioni con i trasduttori a distanze diverse al fine di eliminare tale incertezza. Per fare ciò, il trasduttore emittente deve essere posizionato a contatto con la superficie di calcestruzzo in un punto fisso  $x$  e il trasduttore ricevente deve essere posizionato in prefissati punti  $x_n$  a distanze regolarmente crescenti lungo una linea scelta sulla superficie.





## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

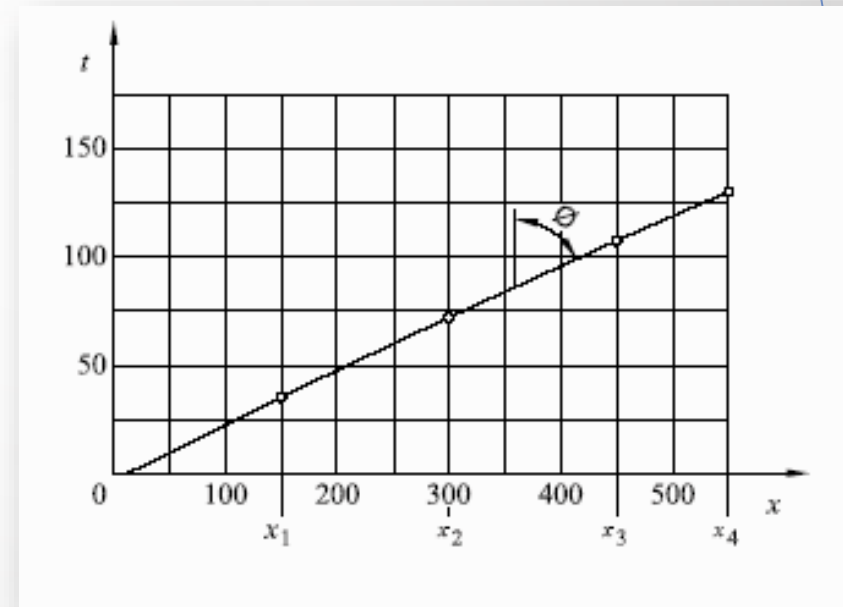
### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

I tempi di trasmissione registrati dovrebbero essere riportati su un grafico in modo da illustrare la loro relazione rispetto alla distanza che separa i trasduttori.

Sull'asse delle ascisse si riportano le successive posizioni del ricevitore (in mm) e sull'asse delle ordinate i tempi di transito misurati (in  $\mu\text{sec}$ ).

La pendenza della retta di regressione tracciata tra i punti ( $\tan \varnothing$ ) deve essere misurata e registrata come velocità media di propagazione degli impulsi lungo la linea scelta sulla superficie del calcestruzzo.

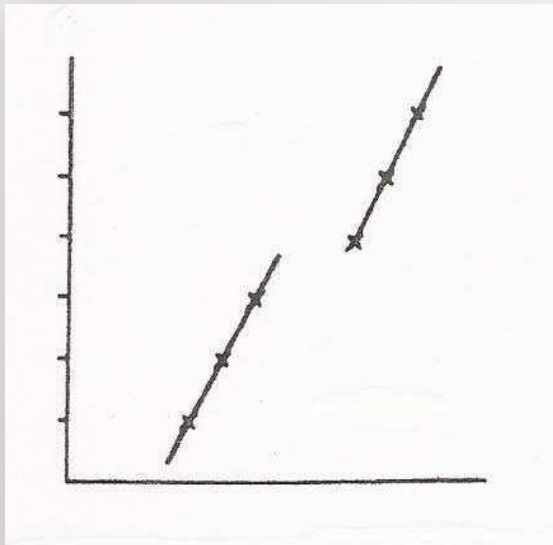


## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

Qualora i punti misurati e registrati in questo modo indichino una discontinuità, è probabile che ci si trovi in presenza di una fessura superficiale o di uno strato superficiale di qualità inferiore.

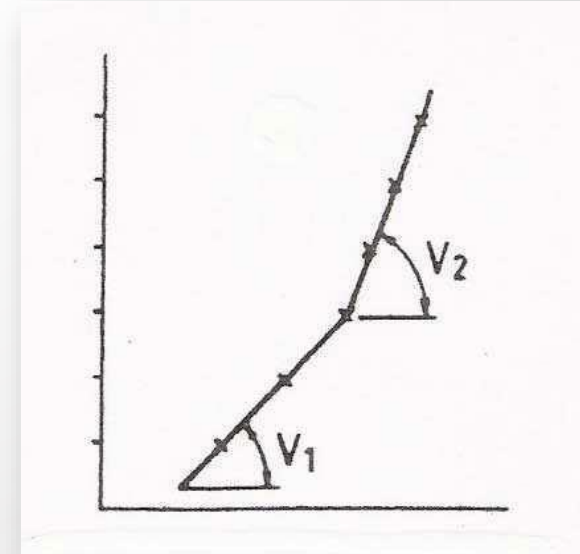
### *presenza di fessurazione nel copriferro*

i punti si collocano su di una retta che è "interrotta" al di sopra con una metà traslata verticalmente rispetto all'altra



### *Presenza di uno strato superficiale debole*

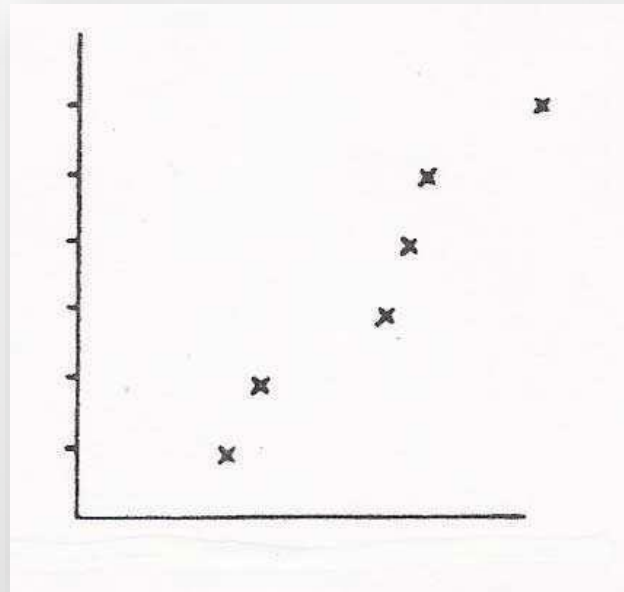
i punti si collocano su curve i cui gradienti diminuiscono al crescere delle distanze del ricevitore dal trasduttore



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

*conglomerato povero, p. es. presenza di nidi  
di ghiaia, numerose fratture, etc.*

i punti non si collocano su di una linea



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

La prova prevede le seguenti fasi :

- Individuazione della zona di indagine;
- Applicazione di vasellina al fine di migliorare l'aderenza sonda-superficie cls;
- Misurazione della distanza tra i due trasduttori;
- Esecuzione delle letture del tempo di attraversamento

**La precisione nella misurazione del tempo di attraversamento delle onde ultrasoniche dipende da due fattori:**

- **buon accoppiamento fra la superficie del trasduttore e la faccia del conglomerato;**
- **buon allineamento tra le sonde.**



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

L'accoppiamento delle sonde alla superficie dell'elemento da sottoporre a prova deve essere particolarmente accurato, al fine di evitare la presenza di aria, la cui impedenza acustica (l'impedenza acustica di un materiale è la misura della resistenza che il materiale stesso oppone alla propagazione delle onde ultrasonore) provoca l'attenuazione del segnale. Se la superficie dell'elemento da indagare è abbastanza liscia è sufficiente spolverare il manufatto ed interporre un grasso minerale leggero o medio, mentre se risulta scabra si può regolarizzare la stessa mediante un riempitivo.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo ultrasonico

#### *Tecniche di misura*

Allineamento: Occorre assicurarsi del corretto allineamento delle sonde lungo la traiettoria di transito degli ultrasuoni. Un allineamento non ottimale comporta, infatti, difficoltà nella lettura del tempo di transito per l'instabilità dello stesso rilevabile al display dell'apparecchio.

Per la trasmissione diretta, la lunghezza di percorso è la distanza più breve tra i due trasduttori. La misurazione della lunghezza di percorso deve essere registrata con accuratezza di  $\pm 1\%$ .

Per la trasmissione semidiretta, generalmente si ritiene sufficientemente accurato considerare la lunghezza di percorso come la distanza misurata da centro a centro delle facce dei trasduttori.

Con la trasmissione indiretta, non si misura la lunghezza di percorso, bensì si effettuano una serie di misurazioni con i trasduttori a diverse distanze.

## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo pull out

#### *Generalità*

L'indagine pull-out è una prova semidistruttiva (arrecava un danno limitato all'elemento di calcestruzzo: diametro 55 mm, profondità 25mm) per la **determinazione della forza di estrazione di un inserto metallico preinglobato o post inserito** nell'elemento in calcestruzzo da sottoporre a prova.

Tale prova è normata dalla UNI EN 12504-3:2005 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione”.

La prova si basa sulla **corrispondenza esistente tra il carico unitario di rottura a compressione del calcestruzzo e la forza necessaria ad estrarre un inserto metallico** standardizzato preinglobato nel calcestruzzo fresco o post inserito nel calcestruzzo indurito.

Il principio su cui si basa la prova, infatti, è il seguente: “**un piccolo disco metallico (ovvero la parte terminale ad espansione di un opportuno tassello), dotato di uno stelo centrale su un lato, è inserito nel calcestruzzo in modo che lo stelo rimanga sporgente dalla superficie del calcestruzzo. Si misura la forza necessaria per estrarre il disco dal calcestruzzo.**”.

## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo pull out

#### *Apparecchiatura di prova*

L'apparecchiatura con cui viene effettuata la prova è la seguente

- ▶ disco e stelo (di dimensioni normalizzate) per calcestruzzo fresco;
- ▶ tassello con testa espandente (di dimensioni normalizzate) per calcestruzzo indurito;
- ▶ sistema di carico costituito da un martinetto idraulico con all'estremità a contatto con il calcestruzzo un anello di contrasto (di dimensioni normalizzate);
- ▶ unità di pressurizzazione e misura con manometro di precisione indicante il valore massimo di pressione raggiunto durante la prova.





## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo pull out

#### *Tecniche di misura*

Nel caso di impiego di inserti post-inseriti nel calcestruzzo, la prova si svolge secondo le seguenti modalità:

- a) individuazione di una zona di misura idonea;
- b) i punti di misura devono risultare non coincidenti con aggregati affioranti e sufficientemente distanti dalle barre di armatura, dagli altri punti di misura e dagli spigoli dell'elemento;
- c) in ogni area di misura si devono effettuare almeno 3 estrazioni.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo pull out

#### *Tecniche di misura*

Ogni estrazione deve essere eseguita con la seguente procedura:

- esecuzione del foro ortogonalmente alla superficie del calcestruzzo;
- evacuazione della polvere dal foro, **inserimento del tassello per tutta la sua lunghezza e sua forzatura per espansione contro le pareti del foro;**
- posizionamento del martinetto sul calcestruzzo ed inserimento del tirante nel foro del martinetto avvitandolo con forza nel tassello;
  - - centratura del martinetto rispetto al tassello ed esecuzione della prova di estrazione;
  - - incremento della pressione (o del carico) nel martinetto in modo graduale e costante (circa  $0.5 \pm 0.2$  kN/s) ;
  - - rilievo della forza  $F$  di estrazione, in kN e registrazione del risultato.



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Metodo pull out

#### *Tecniche di misura*

Effettuate le estrazioni, verrà calcolata la media tra valori di  $F$ . Qualora uno di essi si discosti di più del 20% dal valore medio, tale valore dovrà essere sostituito dal risultato di un'ulteriore estrazione eseguita in prossimità delle altre; se anche in questo caso il criterio di accettazione non risulta verificato si dovranno ripetere le 3 estrazioni in una nuova zona adiacente.

La correlazione tra la forza d'estrazione  $F$ , ricavata dalla pressione misurata al martinetto, e la resistenza cubica  $R_c$  è del tipo:

$$R_c = A + B F$$

in cui i coefficienti  $A$  e  $B$  sono opportunamente calibrati mediante prove distruttive a compressione su carote.





## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

**La prova prevede le seguenti fasi:**

- Rilevazione della disposizione delle armature in modo tale da non incorrere nel taglio di porzioni di armatura durante la prova
- Esecuzione del carotaggio nella stessa zona precedentemente indagata con il metodo Sonreb (sclerometro-ultrasuoni)
- Ripristino del foro con malta a ritiro controllato



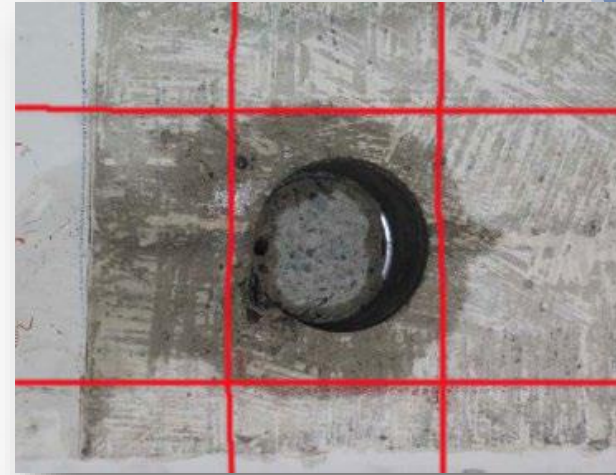


## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Carotaggio e prova di compressione (UNI EN 12504-1 UNI EN 12390-3)

Il diametro  $D$  della carota deve essere scelto in funzione del passo dei ferri rilevati e deve risultare pari almeno a 3 volte la dimensione massima dell'inerte di maggiori dimensioni affinché il valore di rottura del provino non sia influenzato dalle caratteristiche di resistenza degli inerti

L'altezza della carota deve esser tale che la snellezza  $h/D$  del campione sia compreso tra 1 e 2



## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

### Fattori che influenzano $R_{car}$ :

#### 1. Rapporto lunghezza /diametro

effetto cerchiante prodotto dalle tensioni tangenziali di attrito che si sviluppano tra i piatti di acciaio della pressa e le superfici del provino con essi a contatto

#### 2. Direzione di perforazione rispetto ai getti

Perforazioni perpendicolari alla direzione del getto producono una diminuzione della resistenza variabile tra il 5 e l'8% per conglomerati aventi  $R_{ck}$  pari a 25 N/mm<sup>2</sup> rispetto a perforazioni parallele alla direzione di getto

#### 3. Dimensione del campione

#### 4. Posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale

#### 5. Disturbo conseguente al prelievo

## **Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali**

### **Caratterizzazione meccanica dei materiali DM 17/01/2018 cap. 8.5.3**

**I valori delle resistenze meccaniche dei materiali vengono valutati sulla base delle prove effettuate sulla struttura e prescindono dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni (NTC).**

## Costruzioni in calcestruzzo: Proprietà dei materiali

- **Guida A.C.I. 214.4R-03 (2003):**

L'American Concrete Institute (2003) suggerisce la seguente relazione per la determinazione della resistenza cilindrica a compressione del calcestruzzo:

$$f_c = F_{l/d} \times F_{dia} \times F_{mc} \times F_d \times f_{core} \quad (5)$$

essendo:

$f_c$  la resistenza cilindrica a compressione del calcestruzzo;

$f_{core}$  la resistenza a compressione della carota;

$F_{l/d}$  un fattore che tiene conto dell'influenza esercitata dalle dimensioni del provino (snellezza);

$F_{dia}$  un fattore che tiene conto delle dimensioni del diametro del provino (tormento);

$F_{mc}$  un fattore che tiene conto delle condizioni di umidità del provino;

$F_d$  un coefficiente che tiene conto del disturbo arrecato al campione durante la perforazione (funzione di  $R_{ck}$ );



## Controllo cls in opera DM 17/01/2018 cap. 11.2.6

«Il valore caratteristico della resistenza del del cls in opera (definita come resistenza caratteristica in situ,  $R_{ckis}$  o  $f_{ckis}$ ) è in genere minore del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto  $R_{ck}$  o  $f_{ck}$ ,

«E' accettabile un valore caratteristico della resistenza in situ, misurata con tecniche opportune (distruttive e non) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, **non inferiore all'85% della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto.** »

## 11.2.6 CONTROLLO DELLA RESISTENZA IN OPERA

- **CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA**
- quando il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera viene effettuato mediante carotaggio, si rammenta che per quanto attiene le procedure per l'estrazione, la lavorazione dei saggi estratti e le relative modalità di prova a compressione, si può fare riferimento alle norme UNI EN 12504-1 (*“Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture – Carote – Prelievo, esame e prova di compressione”*), UNI EN 12390-1 (*“Prova sul calcestruzzo indurito – Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme”*), UNI EN 12390-2 (*“Prova sul calcestruzzo indurito – Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza”*) e UNI EN 12390-3 (*“Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione dei Provini”*), nonché alle **Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera** emanate dal Servizio Tecnico Centrale.

## C11.2.6 CONTROLLO DELLA RESISTENZA IN OPERA

- **Indicazioni per la estrazione di carote di calcestruzzo:**
- **$\Phi$  carote > 3  $\Phi$  aggregati**
- $\Phi$  carote > compresi tra 75 e 150 mm, preferibilmente non inferiore a 100 mm
- assenza barre di armatura inclinate o parallele all'asse. Sono vivamente suggerite **indagini magnetometriche** preliminari per la individuazione delle barre e, quindi, dell'area da interessare da carotaggio;
- $H/D = 2$  o comunque compreso fra 1 e 2
- Le carote devono essere protette nelle fasi di lavorazione e di deposito al fine di impedire per quanto possibile l'essiccazione all'aria. A meno di diversa prescrizione, le prove di compressione devono essere eseguite su provini umidi;
- Tener presente che la resistenza del calcestruzzo dipende dalla posizione o giacitura del getto;
- **è necessario garantire la perfetta planarità ed ortogonalità delle superfici di prova** (accurata preparazione dei campioni)

## 11.2.6 CONTROLLO DELLA RESISTENZA IN OPERA

- E' prescritto che le prove riguardanti carotaggi siano effettuate da un Laboratorio di cui all'art. 59-DPR 380.
- Le NTC, al § 8.5.3, prevedono che la **resistenza caratteristica in situ va calcolata in accordo alle *Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera*** elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nonché secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791:2008 (§§ 7.3.2 e 7.3.3).
- In particolare, le *Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera* sottolineano come l'estrazione delle carote dalla struttura, manifesta un decremento di resistenza. Per tenere conto di tale decremento, le *Linee Guida* hanno introdotto un Fattore di danno  $F_d$ , moltiplicativo della resistenza ottenuta dalla prova; il valore di  $F_d$  decresce all'aumentare della resistenza  $f_{carota}$  rilevata sulla specifica carota, come indicato nella tabella seguente:

Tabella del fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote ( $H/D=1$ ;  $d=100$  mm)

$f_{carota}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	10 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35	35 ÷ 40	> 40
$F_d$	1.10	1.09	1.08	1.06	1.04	1.00



## 11.2.6 CONTROLLO DELLA RESISTENZA IN OPERA

- *Le Linee Guida* precisano che se la resistenza potenziale è espressa in valori cubici, l'eventuale determinazione della resistenza strutturale va effettuata su carote aventi rapporto  $H/D = 1$  (con tolleranza  $\pm 0,05$ ); se invece la resistenza potenziale è espressa in valori cilindrici, l'eventuale determinazione della resistenza strutturale va effettuata su carote aventi rapporto  $H/D = 2$  (con tolleranza  $\pm 0,05$ ),
- Pertanto, il valore della resistenza strutturale di ciascuna carota si determina come segue:
- $f_{\text{carota}} * F_d = R_{\text{c,is}}$  nel caso di provini, ottenuti da carote con rapporto  $H/D=1$
- $f_{\text{carota}} * F_d = f_{\text{c,is}}$  nel caso di provini, ottenuti da carote con rapporto  $H/D=2$
- Ciò premesso, il valore della resistenza caratteristica in opera  $f_{\text{ckis}}$  può essere determinata considerando l'approccio B se il numero di carote è minore di 15, oppure l'approccio A se il numero di carote è  $\geq 15$ , secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791:2008 (§§ 7.3.2 e 7.3.3).
- Determinato il valore della resistenza caratteristica strutturale in opera, la norma stabilisce, come già detto, che è **accettabile un valore della predetta resistenza caratteristica, non inferiore all'85% del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto.**

## 11.2.6 CONTROLLO DELLA RESISTENZA IN OPERA

- Il confronto fra i suddetti valori deve essere effettuato o utilizzando sempre la resistenza cilindrica o utilizzando sempre la resistenza cubica.
- Per riportare un semplice **esempio applicativo**, si immagini di operare in termini di resistenza cubica, su carote con rapporto  $H/D=1$ , ipotizzando che nel progetto sia stato previsto l'impiego di un calcestruzzo di classe C25/30.
- Per ciascuna carota  $C_i$  si effettua la prova di compressione determinando il valore della resistenza cilindrica  $f_i$  che nel caso di carote con rapporto  $H/D = 1$  equivale alla resistenza  $R_i$  cubica; tale valore deve essere poi moltiplicato per il Fattore di danno  $F_d$ .

<i>Carota (C<sub>i</sub>)</i>	<i><math>f_i</math> (N/mm<sup>2</sup>) = <math>R_i</math></i>	<i><math>F_d</math></i>	<i><math>R_c = F_d * R_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</i>
C1	18,4	1,10	20,24
C2	19,0	1,10	20,90
C3	21,6	1,09	23,54
C4	22,8	1,09	24,85
C5	26,5	1,08	28,62
C6	27,0	1,08	29,16
C7	23,8	1,09	25,94
C8	23,0	1,09	25,07
C9	22,6	1,09	24,63
C10	20,4	1,09	22,24

## 11.2.6 CONTROLLO DELLA RESISTENZA IN OPERA

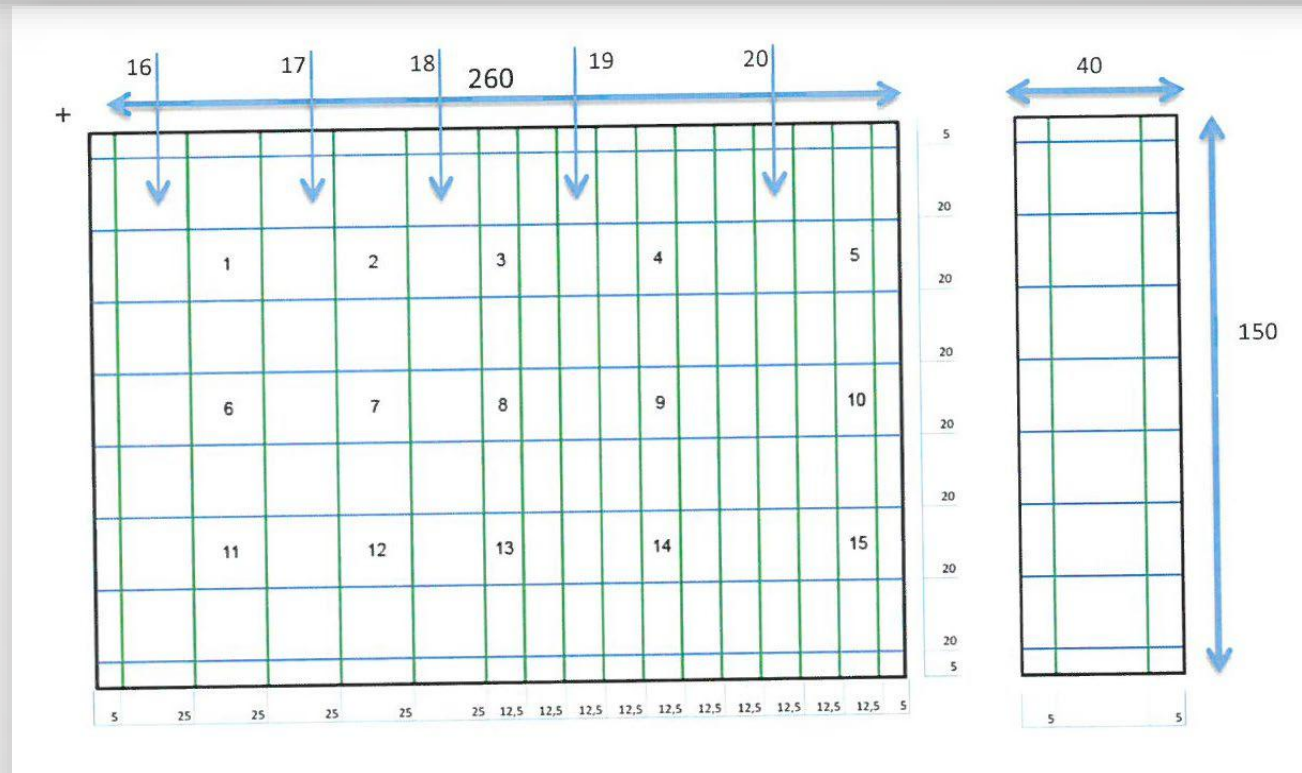
- Essendo il numero delle carote inferiore a 15, ai fini della determinazione del valore caratteristico si deve utilizzare l'approccio B previsto nella norma UNI EN 13791:2008, secondo cui il valore caratteristico in sito  $R_{ck, is}$  è il valore inferiore fra i due:
- $R_{ck, is} \leq R_{cm} - k$  (dove  $R_{cm}$  è il valore medio,  $k = 4$  per un numero di campioni fra 10 e 14)
- $R_{ck, is} \leq R_{c, min} + 4$  (dove  $R_{c, min}$  è il valore minore fra le resistenze)
- secondo i valori ipotizzati nella tabella, per i quali  $R_{cm} = 24,52$  N/mm<sup>2</sup>, risulterebbe quindi:
- $R_{ck, is} \leq R_{cm} - k = 24,52 - 4 = 20,52$  N/mm<sup>2</sup>
- $R_{ck, is} \leq R_{c, min} + 4 = 20,24 + 4 = 24,24$  N/mm<sup>2</sup>
- si deve assumere il valore  $R_{ck, is} = 20,52$  N/mm<sup>2</sup>, che dovrebbe risultare non inferiore ( $\geq$ ) all'85% del valore caratteristico di resistenza cubica di progetto (30 N/mm<sup>2</sup>);
- dal confronto otteniamo:  $20,52 < 0,85 * 30 = 25,5$
- La verifica è negativa.
- Sarebbe  $R_{ck, is} = R_{cm} - 1,48 * s$  per numero di carote maggiore o uguale a 15



Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici



OSSERVATORIO SUL CALCESTRUZZO  
E SUL CALCESTRUZZO ARMATO





- ESECUZIONE DI UNA DELLE  
PROVE SCLEROMETRICHE



- ESECUZIONE DI UNA DELLE  
PROVE ULTRASONICHE



- **CAROTAGGI ORIZZONTALI**

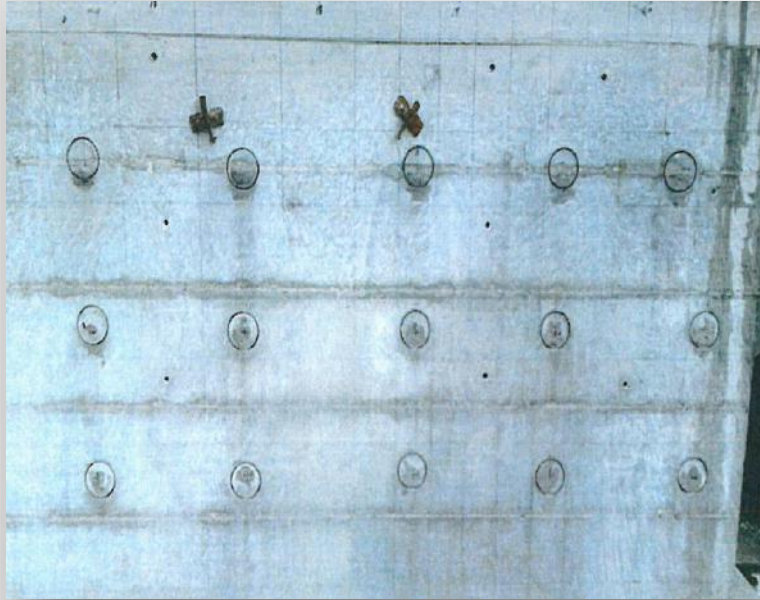


- **CAROTAGGI VERTICALI**





- **UBICAZIONE DEI CAROTAGGI**



- **CAROTE ESTRATTE**





	Provini			Carote			Rcm Ir Orizz (da curve strum.) (MPa)	Ultrasuoni (m/s)				Coefficienti correlazione				SON-REB		
	fcm (MPa)	Rcm (MPa)	fmc/Rcm (MPa)	fcm car. O (h/d=2) (MPa)	fcm car. V (h/d=2) (MPa)	fcm car. O (h/d=1) <sup>2</sup> (MPa)		Orizz. Su muro (ortog. getto)	Su Carota Orizz. (ortog. getto)	Su carota vertic (// getto)	migliore correlaz. Rc-v	R <sub>cv</sub> / R <sub>c car.</sub> λ=1	fcm car V / fcm car O (h/d=2)	fcm car. O (h/d=2) / fcm	fcm car. V (h/d=2) / fcm	Rcm Ir / fcm car (h/d=1) <sup>2</sup>	migliore correlaz. R <sub>c SR</sub> =	R <sub>cv</sub> / R <sub>c car.</sub> λ=1
ICS NA	39,1	37,3	1,05	28,7	27,8	27,3	36,1	4543	4567	4673			0,97	0,73	0,71	1,38	e <sup>a</sup> xV <sup>b</sup> xI <sup>c</sup> (regr. min. quadr.)	1,00
Tecnocontrolli BO	49,2	50,9	0,97	45,7	44,3	47,1	42,2		4294	4303			0,97	0,93	0,90	0,89		
Tecnometer TE	41,4	50,7	0,83	34,3	32,9	41,3	41,1		4294	4303			0,96	0,83	0,79	1,00		
Enco TV	43,9	48,0	0,91	43,2	38,0 <sup>1</sup>	51,5	39,0	4740	4820	4966	v <sup>4</sup> /10	0,97	0,88 <sup>1</sup>	0,98	0,87	1,08	0.0286 • I <sub>r</sub> <sup>1.246</sup> • (v/1000) <sup>1.85</sup> (Gasparik)	0,99
Tecnopiemonte VC	34,0	42,5	0,80	38,4	39,7	48,0	42,2	3790	3909	3946			1,03	1,13	1,17	0,88		
Premac RC	44,2	50,5	0,87	39,6	40,5	45,5	40,4		4222	4336			1,02	0,90	0,92	0,89		
Tecnoprove BR	40,7	43,9	0,93	30,5	31,8	32,8	37,9		4328	4388			1,04	0,75	0,78	1,06		
Sidercem CT	42,2	56,9	0,74	45,9	46,9	62,0	49,7		4131	4197			1,02	1,09	1,11	0,83		
Geolab PA	42,1	45,2	0,93	38,3	37,8	41,2	38,3	4735	4598	4556			0,99	0,91	0,90	0,93		
Univ. BS	39,7	41,9	0,95	37,5	38,8	39,5	36,9		4388	4395			1,04	0,94	0,98	0,93		
max			1,05	45,9	46,9	62,0	49,7	4740	4820	4966			1,04	1,13	1,17	1,38		
min			0,74	28,7	27,8	27,3	36,1	3790	3909	3946			0,96	0,73	0,71	0,83		
Media			0,90	38,2	37,8	43,6	40,4	4452	4355	4406			1,00	0,92	0,91	0,99		
s.q.m.			0,09	5,5	5,7	9,2	3,7	390,37	244	263			0,03	0,12	0,14	0,15		
coeff. variaz			9,5	14,5	15,2	21,1	9,1	8,8	5,6	6,0			3,0	13,3	14,8	15,4		

1) non considerato per dati anomali (3 su 5) su carote verticali

2) fcar. (h/d=1) = fcar (h/d=2) / (fc/Rc) ad esclusione di Enco che, per le carote orizzontali, l'ha misurata direttamente su spezzone h/d=1 ricavato da estremità opposta carota h/d=2 (rilevando coefficienti di correlazione 0,83-0,86 nei vari strati)



## Stima della resistenza meccanica in situ ottenuta su provini estratti per carotaggio

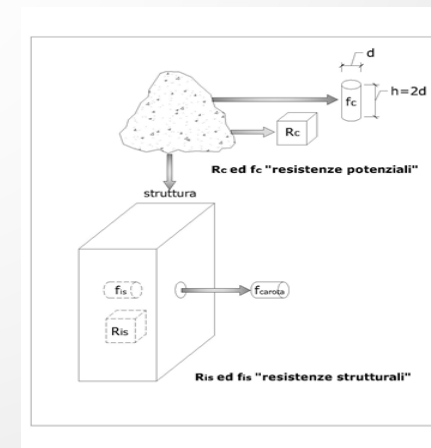
*Tabella del fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote  
( $H/D=1$ ;  $d=100\text{ mm}$ )*

$f_{\text{carota}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	10 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35	35 ÷ 40	> 40
$F_d$	1.10	1.09	1.08	1.06	1.04	1.00

Tali coefficienti andranno applicati al singolo risultato della carota. Il valore caratteristico derivante dall'elaborazione di tutti i risultati corretti sarà poi confrontato con il limite di 0,85 Rck di progetto ovvero potenziale come più avanti precisato.

La UNI EN 12504-1 prevede che, se il valore della resistenza potenziale è espresso in valori cubici, l'eventuale determinazione della resistenza strutturale va effettuata su campioni ricavati da carote aventi rapporto  $H/D = 1$ , in questo caso si può assumere la coincidenza del valore cilindrico della carota, con quello cubico, per cui

$$R_{\text{carota}} = f_{\text{carota}}$$



## PROVE DI CARICO

Le prove di carico si propongono il confronto delle frecce teoriche con i valori misurati sperimentalmente e consentono di valutare il comportamento elastico e le caratteristiche di deformabilità della struttura oggetto della prova. È superfluo precisare che il carico di prova debba essere riferito al solo carico accidentale  $q_{acc}$  ed agli eventuali carichi permanenti non ancora posti in opera  $q_{perm}$ , in quanto tutti gli altri hanno, al momento della prova, già prodotto gli effetti deformativi.

## Prove di carico - tipologie

Carico concentrato. Esistono due differenti metodi d'applicazione del carico concentrato che distinguono le prove in Prove a Tiro e Prove a Spinta.



Carico distribuito. Serbatoi di gomma o piscine di varie dimensioni, che vengono stesi sul solaio e riempiti d'acqua fino al raggiungimento del carico desiderato.



## Prove di carico - tipologie

Prova di carico a tiro mediante serbatoi appesi.



Prova di carico su rampe mediante applicazione di sacchi di cemento.





## Prove di carico

La prova può essere eseguita applicando il carico lungo una porzione ridotta, una striscia di solaio parallela (o ortogonale) all'orditura. Questa scelta, dettata da considerazioni in ordine pratico in alcuni casi non superabili, origina una condizione di carico diversa rispetto alle ipotesi di progetto di carico uniformemente distribuito sull'intera superficie del solaio. In questo caso oltre a definire l'entità del carico equivalente di prova  $p_{coll}$ , tale da indurre, in specifici punti del solaio, una sollecitazione pari alla massima sollecitazione di progetto, è necessario che il calcolo della freccia teorica venga eseguito nella effettiva configurazione del carico di prova.

Come verrà esplicitato più avanti, il carico equivalente  $p_{coll}$  è funzione dei carichi di progetto  $q_{acc}$  e  $q_{perm}$  (non ancora in opera), mediante un coefficiente moltiplicativo  $k > 1$ , che considera l'effetto di ripartizione trasversale degli sforzi, ossia:

$$p_{coll} = k * q$$

Dove  $q = q_{acc} + q_{perm}$  (non ancora in opera); il valore di  $k$  può essere determinato con diverse procedure.

## Prove di carico

### Il coefficiente $k$

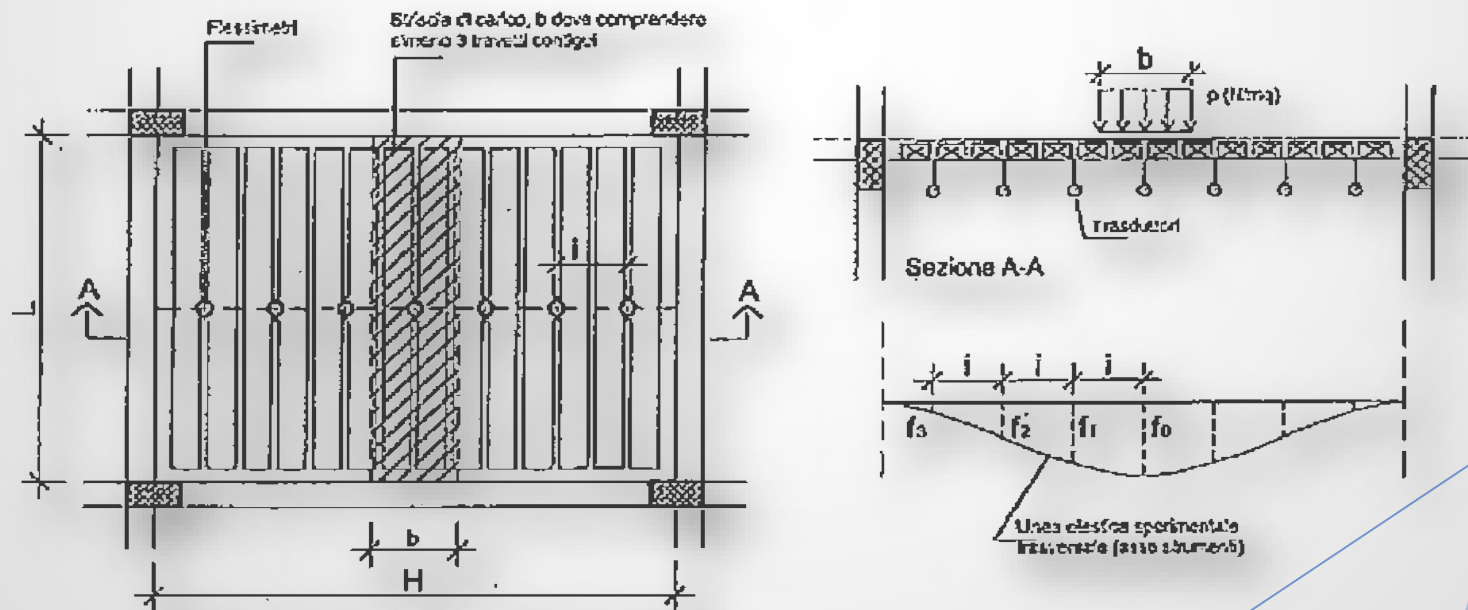
Il coefficiente  $k$ , dipende dalle dimensioni della striscia di carico, rispetto alla larghezza del solaio e dalla rigidità trasversale del solaio. Quest'ultima non è altro che la capacità dei travetti di collaborare trasversalmente al solaio, e per la presenza dell'armatura di ripartizione nello spessore della caldana.

**In sintesi si può affermare che  $k$  aumenta con la rigidità, e quindi con la compartecipazione laterale, del solaio, diminuisce all'aumentare della larghezza  $b$  della striscia di carico e tende a 1 quando la larghezza della striscia  $b$  tende alla larghezza del solaio.**

## Prove di carico

### Calcolo del carico equivalente: metodo sperimentale

Il coefficiente  $k$ , ovvero l'influenza della compartecipazione trasversale del solaio, può essere determinato sperimentalmente misurando gli abbassamenti di alcuni punti disposti lungo la linea mediana ortogonale all'orditura del solaio a interasse costante  $i$  ( $i = b, 2b, 4b$  ecc.) dal centro della striscia di carico (esemplificazioni riprese da ing. Venturi: Manuale prove di collaudo).



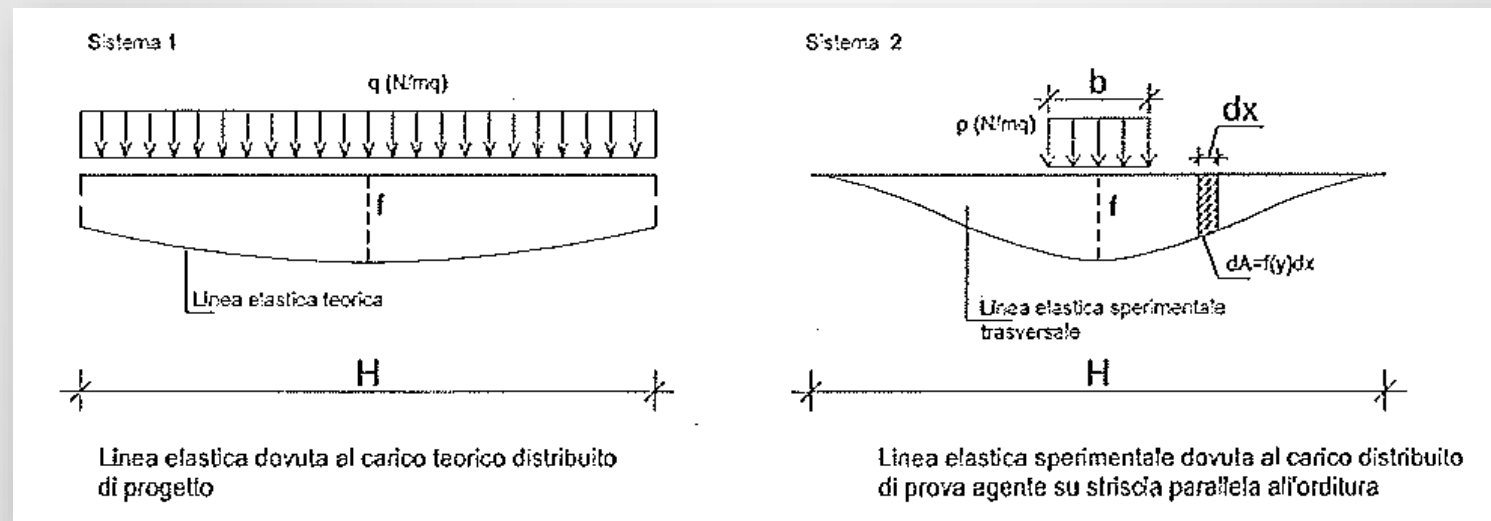
## Prove di carico

### Calcolo del carico equivalente: metodo sperimentale

Considerando i seguenti sistemi di forze, si ha:

SISTEMA 1: carico di progetto  $q$  distribuito su tutta la superficie del solaio che provoca l'abbassamento  $f$ ;

SISTEMA 2 : carico di prova  $p$  distribuito su una striscia parallela all' orditura del solaio e la larghezza  $b$  che induce una deformata elastica, ottenuta con le frecce  $f_0, f_1, f_2$ , calcolate nella mezzeria delle strisce contigue di larghezza pari a  $b$ ;





## Prove di carico

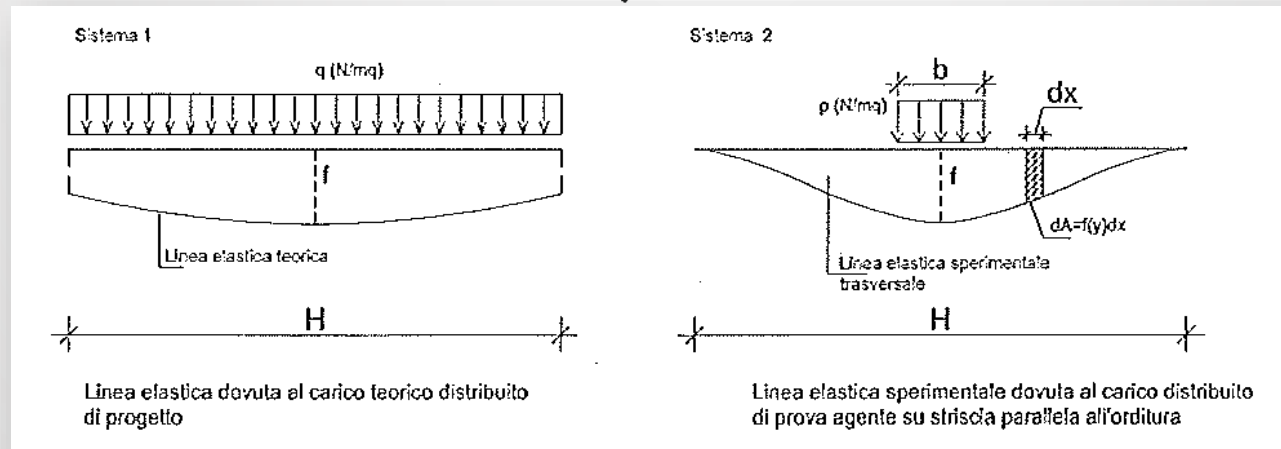
### Calcolo del carico equivalente: metodo sperimentale

Il lavoro compiuto dal carico  $q$  per gli spostamenti del SISTEMA 2 è pari a

$$L_{12} = \int_0^H q f_i \cdot dx = q \cdot A \quad q \cdot (f_0 + f_1 + f_2 + \dots) \cdot l$$

Il lavoro compiuto dal carico  $p$  per gli spostamenti del SISTEMA 1 è pari a

$$L_{21} = \int_0^H p f_i \cdot dx = p f_0 \cdot b$$



## Prove di carico

Per l'uguaglianza  $L_{12}=L_{21}$  si ha

$$q \cdot A = p_{coll} \cdot f_o \cdot b$$

Da cui

$$p_{coll} = \frac{A}{f_o \cdot b} \cdot q$$

**Il carico equivalente: metodo sperimentale**

$$p_{coll} = \frac{A}{f_o \cdot b} \cdot q$$

**Il carico  $p_{coll}$ , è il carico che anche se applicato su una porzione ridotta del solaio determina delle sollecitazioni equivalenti a quelle di progetto**

## Prove di carico

### Calcolo del carico equivalente: metodo sperimentale

Assumendo  $i=b$

$$P_{coll} = \frac{\sum f_i \cdot b}{f_o \cdot b} \cdot q = \frac{b[f_o + (f_1 + f_2 + \dots)]}{f_o \cdot b} \cdot q = \frac{[f_o + (f_1 + f_2 + \dots)]}{f_o} \cdot q$$

essendo

$$f_{tot} = f_o + (f_1 + f_2 + \dots)$$

Che nell'ipotesi di simmetria diventa

$$f_{tot} = f_o + 2 \cdot (f_1 + f_2 + \dots)$$

Si ottiene

$$k = \frac{f_{tot}}{f_o}$$

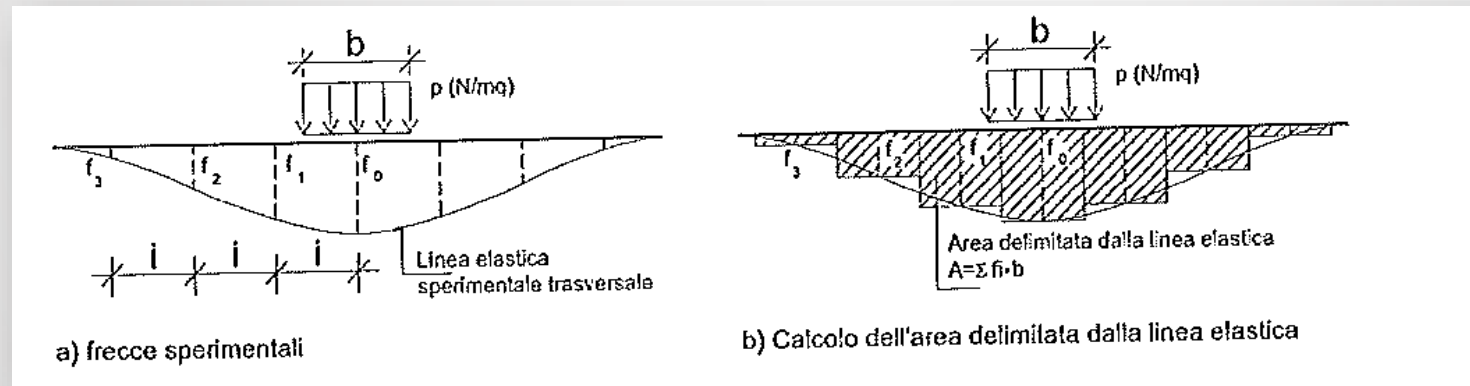
quindi

$$P_{coll} = k \cdot q$$

## Prove di carico

### Calcolo del carico equivalente: metodo pratico

Il coefficiente di compartecipazione trasversale può essere anche determinato con un approccio semplificato di tipo grafico. Si predispone la misura degli spostamenti in almeno cinque punti a interasse costante  $i$ , disposti a partire dal centro della striscia di carico, lungo la linea mediana ortogonale all'orditura del solaio.

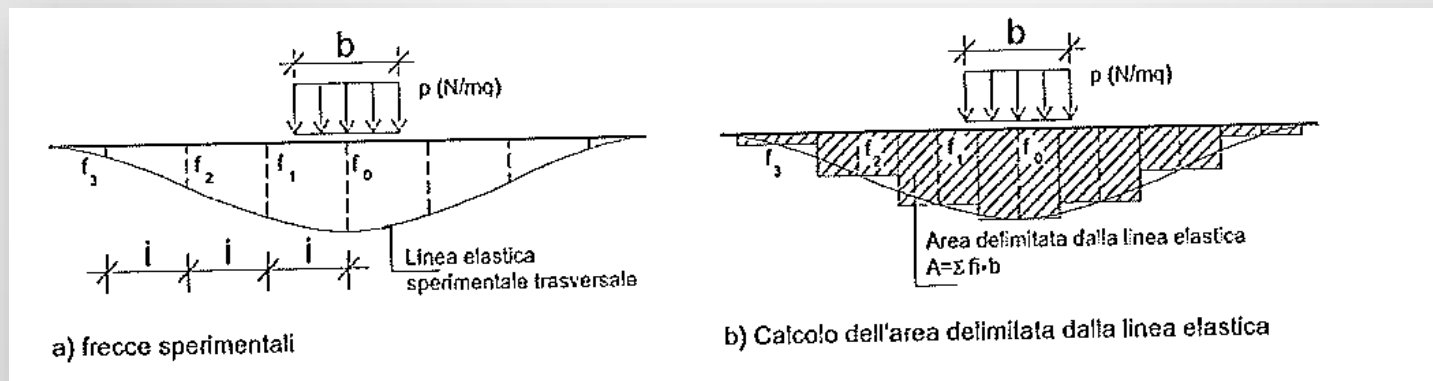




## Prove di carico

### Calcolo del carico equivalente: metodo pratico

Per la soluzione del problema si deve considerare: il carico di progetto  $q$ , determinato su una striscia di larghezza  $b$ , parallela all'orditura del solaio, tale da indurre una deformata elastica, come quella riportata in figura, caratterizzata dalle frecce  $f_0, f_1, f_2, f_3, f_4$ , misurate nella mezzeria dei rettangoli di compenso.



## Prove di carico

### Calcolo del carico equivalente: metodo pratico

L'area sottesa dalla linea di inflessione può essere approssimata per punti discreti sommando le areole dei rettangoli di compenso di larghezza pari a  $i$ :

$$A = (f_0 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4) * i$$

Sia pertanto  $B$  la base del rettangolo ottenuto dividendo  $A$  per il valore di  $f_0$ . Si consideri lo stesso carico di progetto  $q$  distribuito su una striscia di larghezza  $b$ , parallela all'orditura di un solaio ideale, isolato, con rigidità trasversale infinita, e larghezza  $B$ , tale da determinare un abbassamento costante  $f_0$ .

Non essendo variata la situazione di carico  $p_{coll}$ , quindi l'entità della sollecitazione, deve rimanere costante anche il valore della deformazione, ossia: a uguale energia mobilitata dovrà corrispondere un uguale lavoro prodotto quindi:

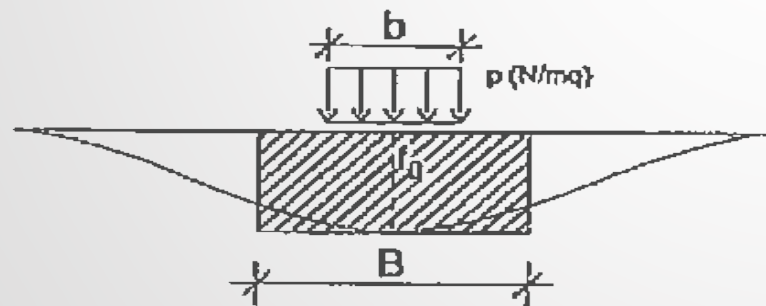
$$B = [(f_0 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4) * i] / f_0$$

## Prove di carico

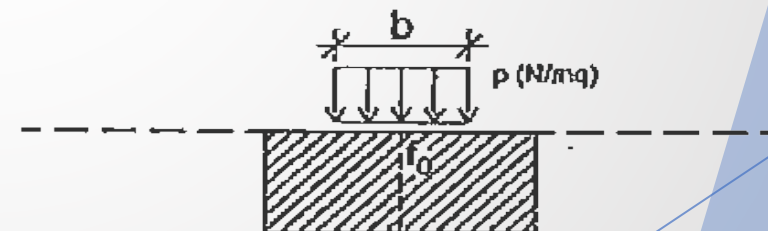
### Calcolo del carico equivalente: metodo pratico

Alla luce di quanto sopra,  $B$  può essere ritenuta la porzione di solaio effettivamente reagente durante la prova, da ciò si deduce che per determinare il valore del carico di prova  $p_{coll}$  tale da indurre la massima sollecitazione di progetto, si potrà fare ricorso al coefficiente moltiplicativo  $k$ , pari al rapporto fra la larghezza considerata reagente  $B$  e quella della striscia di carico  $b$ , ossia:

$$k = \frac{B}{b} = \frac{(f_0 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4) \cdot i}{b \cdot f_0}$$



a) Larghezza effettivamente reagente  $B$



b) Striscia di solaio larga  $B$  e con rigidità trasversale infinita

## Prove di carico

### Calcolo del carico equivalente: metodo pratico

Operativamente l'espressione citata può essere semplificata, riducendo così i punti di misura, ipotizzando la simmetria della geometria del solaio, dei vincoli e del carico, assumendo  $f_1 = f_3$  e  $f_2 = f_4$  da cui:

$$k = \frac{[f_0 + 2 \cdot (f_1 + f_2)] \cdot i}{b \cdot f_0}$$

Un'ulteriore semplificazione si può ottenere scegliendo il passo dei punti di misura pari a 1 metro, in maniera che l'intensità del carico di prova  $p_{coll}$ , distribuito su una striscia di larghezza  $b$ , sia uguale a:



## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

### I dettagli costruttivi da esaminare:

- a) qualità del collegamento tra pareti verticali;
- b) qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti ed eventuale presenza di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento;
- c) esistenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture;
- d) presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad eliminare le spinte eventualmente presenti;
- e) presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità;
- f) tipologia della muratura (a un paramento, a due o più paramenti, con o senza riempimento a sacco, con o senza collegamenti trasversali, etc.), e sue caratteristiche costruttive (eseguita in mattoni o in pietra, regolare, irregolare, etc.).

## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

### -Verifiche in-situ limitate:

sono basate su rilievi di tipo visivo effettuati ricorrendo, generalmente, a rimozione dell'intonaco e saggi nella muratura che consentano di esaminarne le caratteristiche sia in superficie che nello spessore murario, e di ammorsamento tra muri ortogonali e dei solai nelle pareti.

I dettagli costruttivi di cui ai punti a) e b) possono essere valutati anche sulla base di una conoscenza appropriata delle tipologie dei solai e della muratura. In assenza di un rilievo diretto, o di dati sufficientemente attendibili, è opportuno assumere, nelle successive fasi di modellazione, analisi e verifiche, le ipotesi più cautelative.

## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

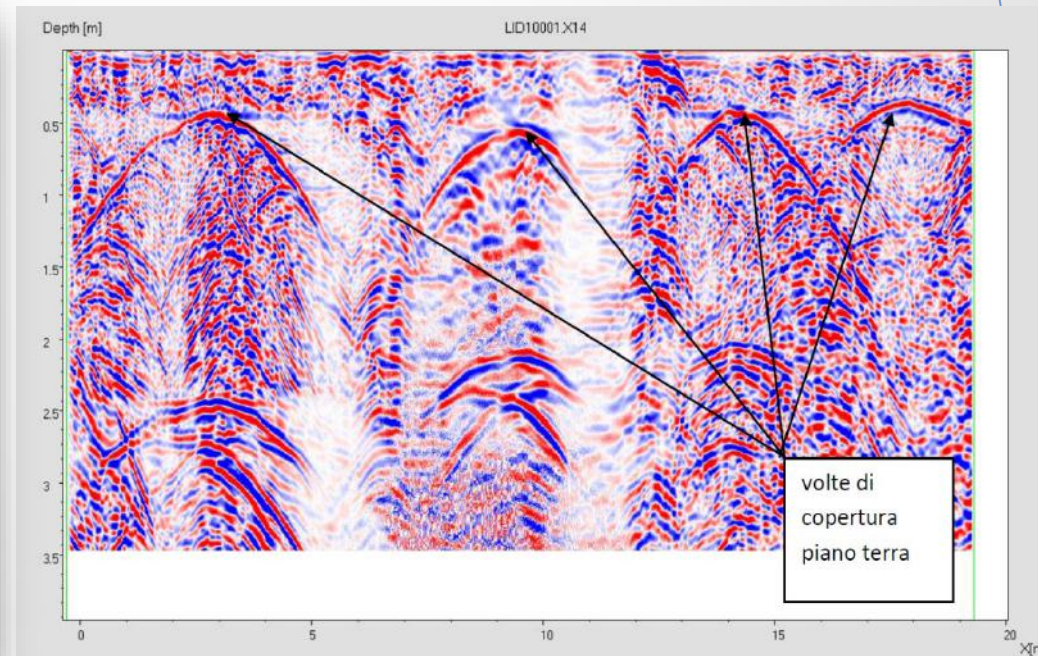
### Verifiche in-situ estese ed esaustive:

sono basate su rilievi di tipo visivo, effettuati ricorrendo, generalmente, a saggi nella muratura che consentano di esaminarne le caratteristiche sia in superficie che nello spessore murario, e di ammorsamento tra muri ortogonali e dei solai nelle pareti.

L'esame degli elementi di cui ai punti da a) ad f) è opportuno sia esteso in modo sistematico all'intero edificio.

## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

Prospezioni georadar





## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

Saggio in fondazione



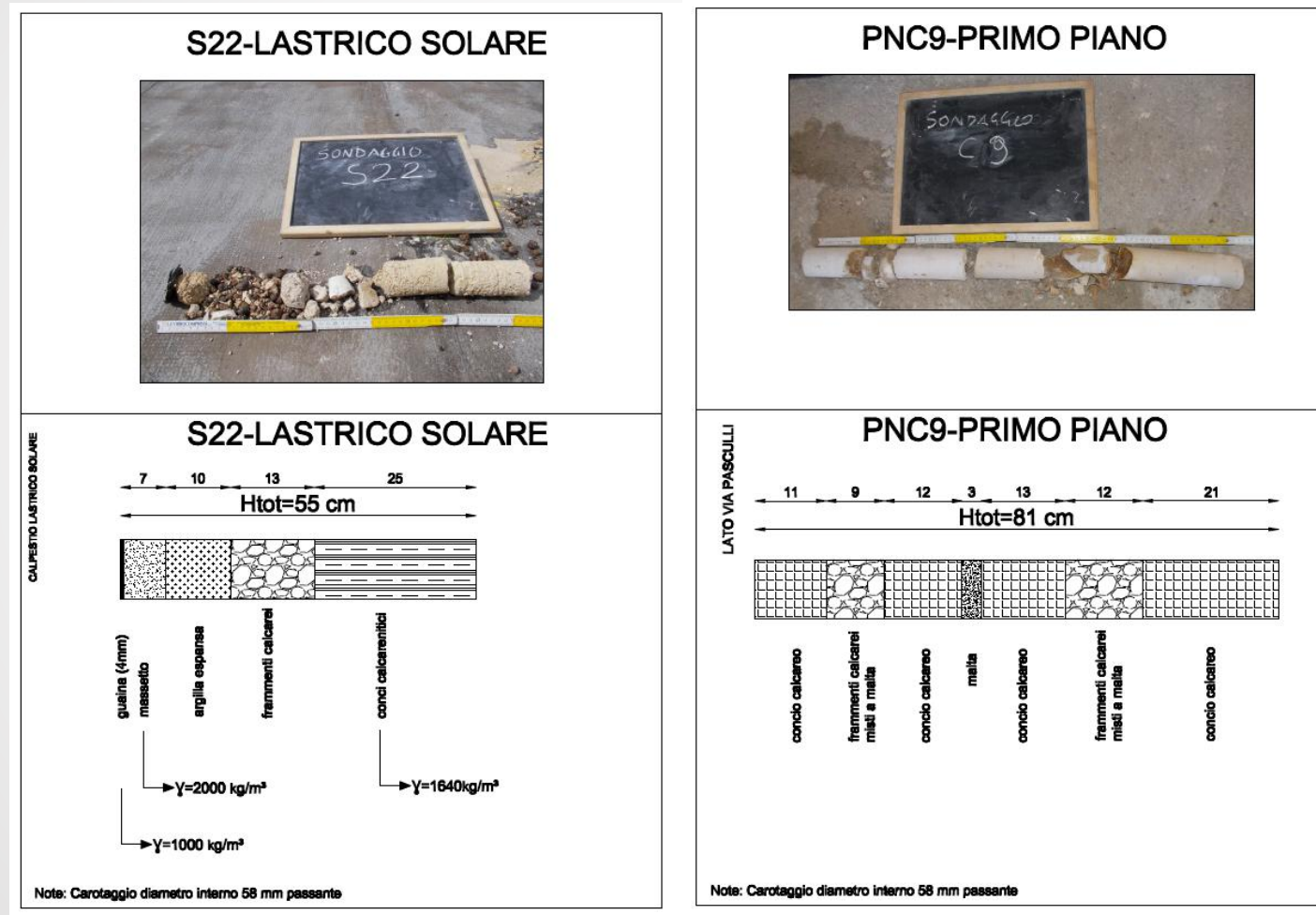
## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

Saggi con  
carotatrice  
elettrica



## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

Saggi con carotatrice  
elettrica





## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

### PROVA ENDOSCOPICA

Scopo delle indagini è quello di effettuare un esame visivo dell'interno delle murature, documentato con immagini fotografiche. L'endoscopio è introdotto in apposito foro effettuato nella muratura, perpendicolarmente al suo piano, mediante trapano elettrico.

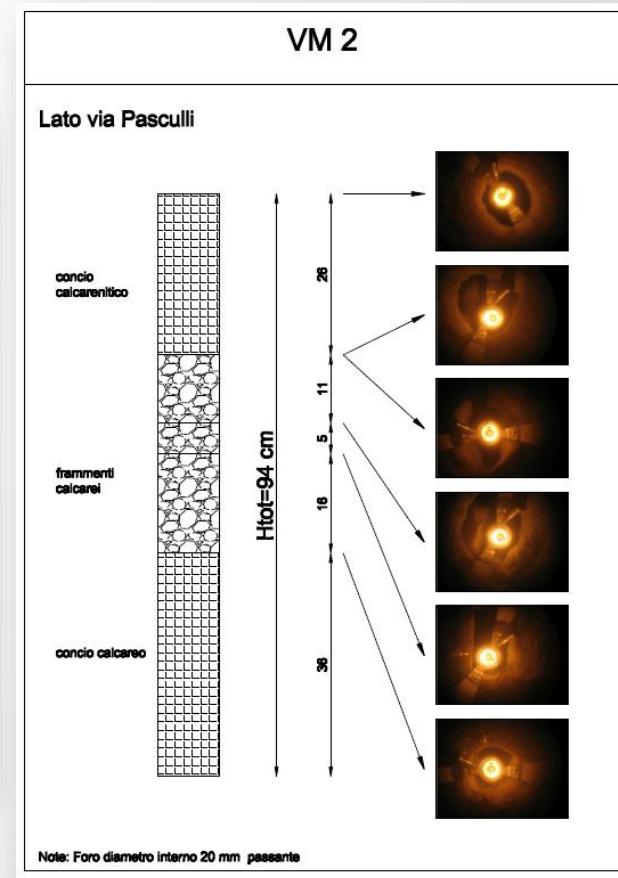


La video-endoscopia generalmente viene eseguita con l'inserimento e l'avanzamento di una piccola sonda (rigida o flessibile) collegata ad un video-endoscopio, dotato di un gruppo ottico con sorgente luminosa. Questi strumenti d'indagine sono in grado di verificare e documentare la visione interna degli elementi indagati con la possibilità di memorizzare immagini e filmati.



## Costruzioni in muratura: Dettagli costruttivi

Saggi con endoscopio



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

Valutazione della qualità muraria, con riferimento agli aspetti legati al rispetto o meno della “regola dell’arte”.

Di particolare importanza risulta la presenza o meno di elementi di collegamento trasversali (es. diatoni), la forma, tipologia e dimensione degli elementi, la tessitura, l’orizzontalità delle giaciture, il regolare sfalsamento dei giunti, la qualità e consistenza della malta.

Di rilievo risulta anche la **caratterizzazione di malte** (tipo di legante, tipo di aggregato, rapporto legante/aggregato, livello di carbonatazione), e **di pietre e/o mattoni** (caratteristiche fisiche e meccaniche) **mediante prove sperimentali**. Malte e pietre sono prelevate in situ, avendo cura di prelevare le malte all’interno (ad almeno 5-6 cm di profondità nello spessore murario).

## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### -Indagini in-situ limitate:

servono a completare le informazioni sulle proprietà dei materiali ottenute dalla letteratura, o dalle regole in vigore all'epoca della costruzione, e per individuare la tipologia della muratura (in Tabella C8A.2.1 sono riportate alcune tipologie più ricorrenti). Sono basate su **esami visivi della superficie muraria**. Tali esami visivi sono condotti dopo la **rimozione di una zona di intonaco di almeno 1m x 1m**, al fine di individuare forma e dimensione dei blocchi di cui è costituita, eseguita preferibilmente in corrispondenza degli angoli, al fine di verificare anche le ammorsature tra le pareti murarie. E' da valutare, anche in maniera approssimata, la **compattezza della malta**. Importante è anche valutare la capacità degli elementi murari di assumere un comportamento monolitico in presenza delle azioni, tenendo conto della qualità della connessione interna e trasversale attraverso **saggi localizzati, che interessino lo spessore murario**.

## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### -Indagini in-situ estese:

le indagini di cui al punto precedente sono effettuate in maniera estesa e sistematica, con **saggi superficiali ed interni per ogni tipo di muratura presente. Prove con martinetto piatto doppio e prove di caratterizzazione della malta** (tipo di legante, tipo di aggregato, rapporto legante/aggregato, etc.), e eventualmente **di pietre e/o mattoni** (caratteristiche fisiche e meccaniche) consentono di individuare la tipologia della muratura (si veda la Tabella C8A.2.1 per le tipologie più ricorrenti). **È opportuna una prova per ogni tipo di muratura presente.** Metodi di prova non distruttivi (**prove soniche, prove sclerometriche, penetrometriche per la malta, etc.**) possono essere impiegati a complemento delle prove richieste. Qualora esista una chiara, comprovata corrispondenza tipologica per materiali, pezzatura dei conci, dettagli costruttivi, in sostituzione delle prove sulla costruzione oggetto di studio possono essere utilizzate prove eseguite su altre costruzioni presenti nella stessa zona.



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

-Indagini in-situ esaustive:

servono per ottenere informazioni quantitative sulla resistenza del materiale. **In aggiunta** alle verifiche visive, ai saggi interni ed alle prove di cui ai punti precedenti, **si effettua una ulteriore serie di prove sperimentali** che, per numero e qualità, siano tali da consentire di valutare le caratteristiche meccaniche della muratura. La misura delle caratteristiche meccaniche della muratura si ottiene mediante **esecuzione di prove, in situ o in laboratorio** (su elementi non disturbati prelevati dalle strutture dell'edificio). Le prove possono in generale comprendere **prove di compressione diagonale su pannelli o prove combinate di compressione verticale e taglio**. **Metodi di prova non distruttivi possono essere impiegati in combinazione**, ma non in completa sostituzione di quelli sopra descritti.

## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

- il livello di conoscenza **LC3** si intende raggiunto quando siano stati effettuati il **rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi, indagini in situ esaustive sulle proprietà dei materiali**; il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1$ ;
- il livello di conoscenza **LC2** si intende raggiunto quando siano stati effettuati il **rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi ed indagini in situ estese sulle proprietà dei materiali**; il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1.2$ ;
- il livello di conoscenza **LC1** si intende raggiunto quando siano stati effettuati il **rilievo geometrico, verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi ed indagini in situ limitate sulle proprietà dei materiali**; il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1.35$ .

## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### PROVE CON MARTINETTI PIATTI



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### PROVE CON MARTINETTI PIATTI

*Scopo:*

Scopo delle indagini è quello di determinare, mediante l'applicazione di martinetti piatti, la tensione di esercizio (singolo martinetto), il modulo di elasticità e una stima del carico di rottura della muratura in sito (doppio martinetto).

*Specifica di prova:*     *ASTM C1197-91*

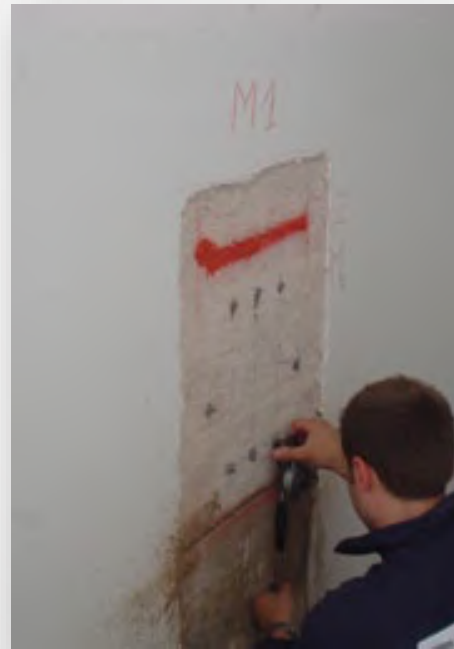
*Descrizione attrezzatura:*

- a) troncatrice oleodinamica Partner K3500 e centralina Partner HP38;
- b) martinetti semiovali 350 x (175+85) x 3.5 mm della ditta Boviar S.r.l.;
- c) pompa idraulica manuale Glotzi., a due manometri ad alta precisione WIKA;
- d) deformometro meccanico removibile millesimale su base di misura 300 mm



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### PROVE CON MARTINETTI PIATTI



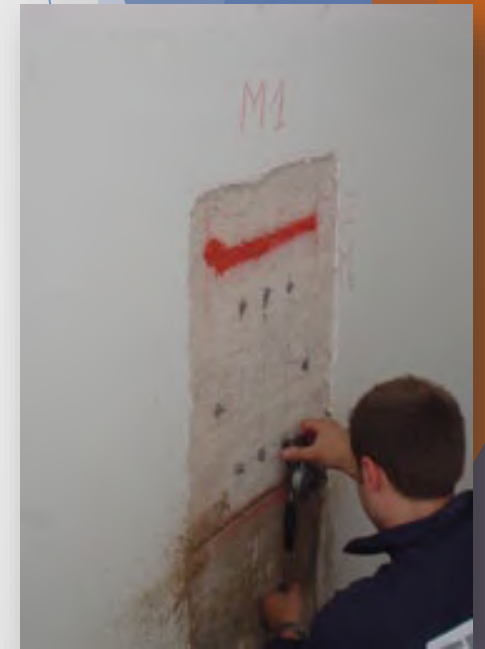
## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### PROVE CON MARTINETTI PIATTI

#### Prove con n.1 martinetto piatto

La misura della tensione di esercizio della muratura, è effettuata con martinetto piatto oleodinamico sulla base della variazione dello stato deformativo di una parte della struttura per effetto di un taglio piano eseguito in direzione normale alla superficie della muratura.

La variazione dello stato tensionale determina una certa chiusura del taglio rilevata attraverso misure di convergenza fra coppie di punti in posizione simmetrica rispetto al taglio stesso. Un martinetto piatto viene inserito all'interno del taglio e portato gradualmente in pressione fino ad annullare la convergenza in precedenza misurata. In queste condizioni la pressione all'interno del martinetto è pari alla sollecitazione preesistente nella parte di muratura in esame a meno di una costante ( $K_a$ ) che tiene conto del rapporto tra l'area reagente del martinetto (pari al prodotto dell'area del martinetto per una costante  $K_m$ , caratteristica del martinetto, che tiene conto della rigidità del bordo di saldatura) e quella del taglio.



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### PROVE CON MARTINETTI PIATTI

#### *Espressione dei risultati - Prove con un martinetto*

Il valore della tensione di esercizio nel punto di prova si determina attraverso la pressione idraulica nel martinetto piatto necessaria a ripristinare le condizioni di equilibrio iniziali a meno di una costante  $K_a$ , data dal rapporto tra l'area reagente del martinetto e l'area del taglio del muro e una costante  $K_m$  caratteristica del martinetto.

In formula:  $\sigma = K_m \times K_a \times p$

dove:

- $K_m$  costante che tiene conto delle caratteristiche geometriche e della rigidità della saldatura di bordo del martinetto. Si ha :
- martinetto semiovale mm 350 x (175+85) x 3.5 ,  $K_m = 0.96$ ;
- $K_a$  rapporto area martinetto/area taglio. Nel nostro caso  $K_a = 0.92$ ;
- $p$  pressione idraulica nel martinetto.

## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### PROVE CON MARTINETTI PIATTI

#### Prova con n.2 martinetti piatti

Per la determinazione del modulo di elasticità e la valutazione delle caratteristiche di resistenza meccanica viene eseguito un secondo taglio parallelo al primo a distanza di circa 50-60 cm nel quale viene introdotto un secondo martinetto piatto.

La parte di muratura compresa tra i due tagli, adeguatamente strumentata, è sottoposta a prova di compressione in sito eseguendo più cicli di carico-scarico.



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

PROVE CON MARTINETTI PIATTI

*Espressione dei risultati - Prova con due martinetti*

Il valore del modulo di elasticità normale  $E$  è ottenuto con la nota espressione:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

con:

$\Delta\sigma$  = intervallo di tensione preso in esame (bar);

$\Delta\varepsilon$  = intervallo di deformazione corrispondente;

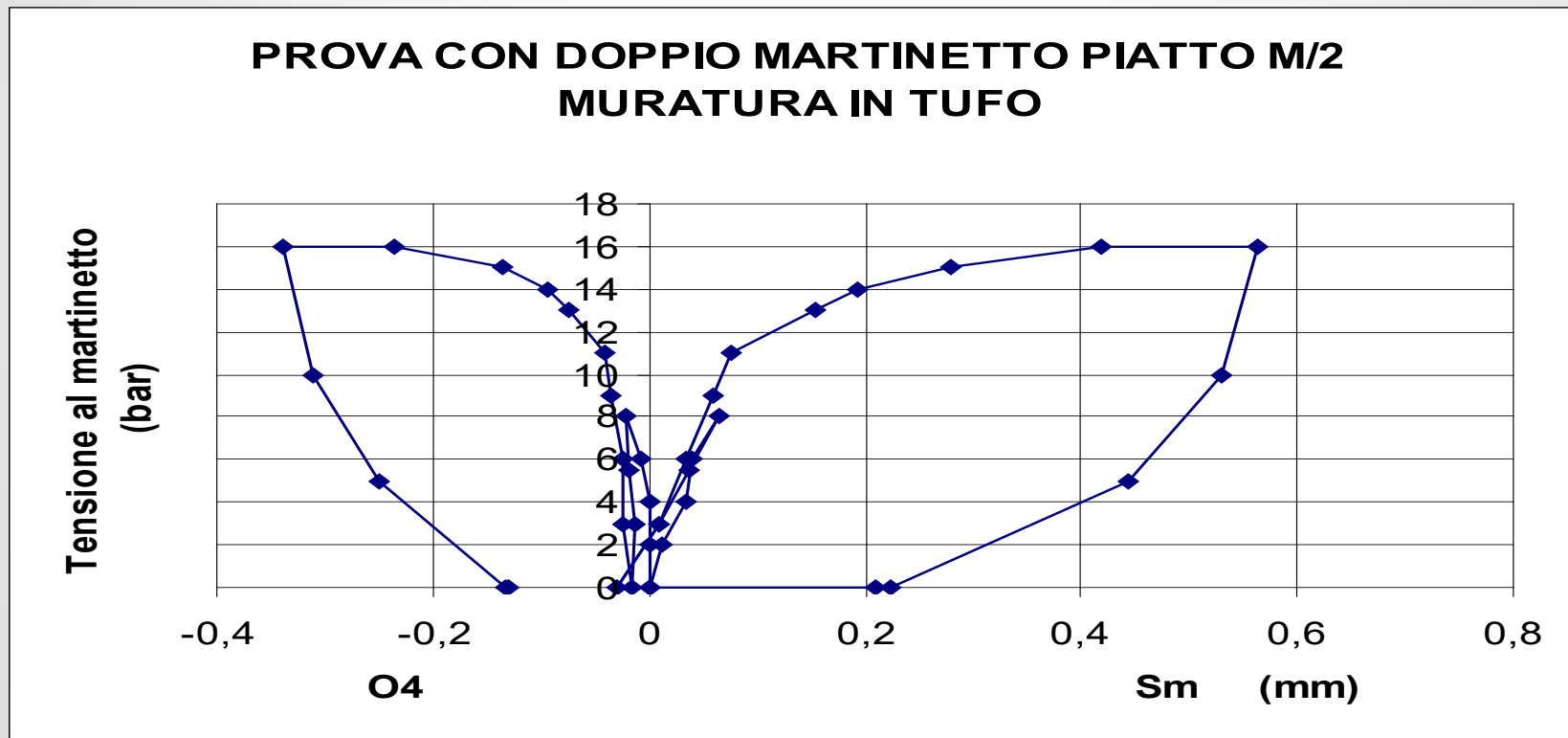
$S_m$  = cedimento medio;

$L$  = 300 mm

$$\Delta\varepsilon = \frac{S_m}{L}$$

## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

PROVE CON MARTINETTI PIATTI



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali (C8A.1.A.3)

### PRELIEVI DI CONCI DI MURATURA



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### PROVA SONICA SU MURATURA

L'indagine sonica è una delle tecniche non distruttive per il controllo dello stato fisico di un materiale sulla base del principio di propagazione di energia meccanica all'interno dello stesso. Ogni materiale in funzione anche delle sue caratteristiche geometriche, della sua costituzione o delle sue condizioni fisiche risponde in un determinato modo ad un'eccitazione meccanica. Il controllo viene quindi eseguito studiando la risposta di un materiale a tale eccitazione meccanica.

La tecnica di indagine consiste nel misurare il tempo che un'onda sonora impiega a percorrere uno spessore noto del materiale che separa la sorgente dell'onda dal ricevitore della stessa. Da tale tempo, essendo nota la distanza percorsa, si ricava la velocità media di propagazione del suono nel materiale oggetto di indagine. Tale valore di velocità può essere assunto come parametro di confronto per due elementi di uno stesso materiale per rilevare eventuali differenze fisiche ed in particolare la compattezza del materiale o la presenza di cavità all'interno dello stesso.



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali (C8A.1.A.3)

### PROVA SONICA SU MURATURA



## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali (C8A.1.A.3)

### PROVA PENETROMETRICA SU MALTA

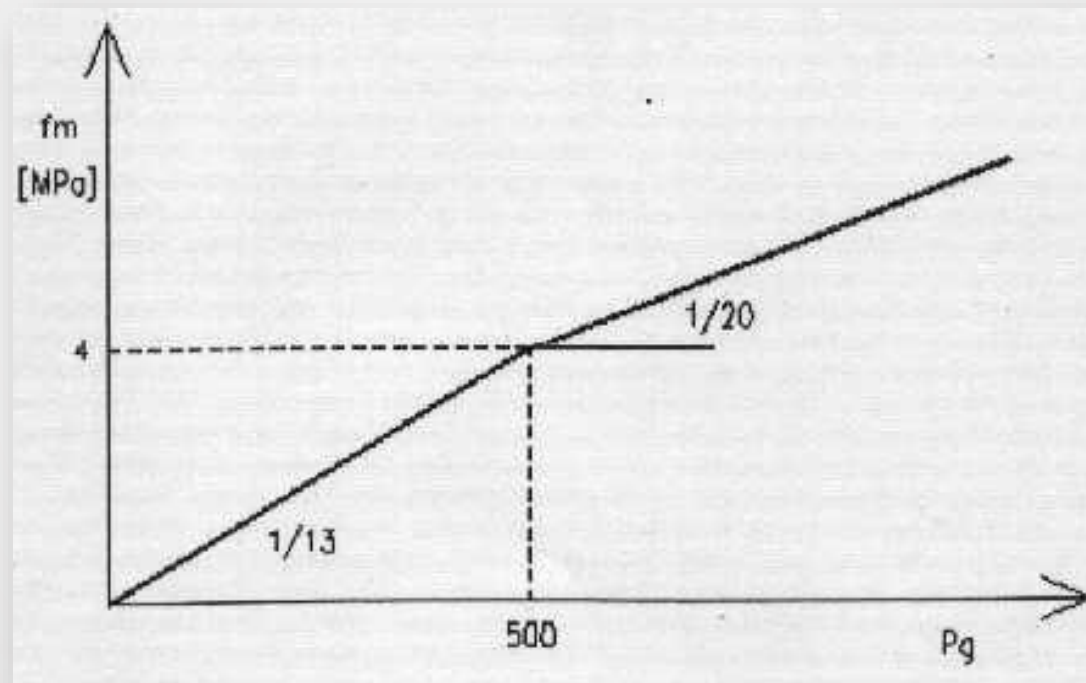
Scopo delle indagini è quello di valutare la resistenza meccanica della malta mediante la misura dell'energia necessaria alla rottura dei legami tra i costituenti della malta.

In particolare viene effettuata una cava di  $4\text{ mm}$  per una profondità di  $5\text{ mm}$  mediante apposito trapano (penetrometro PNT-G) a cui è collegata una centralina di acquisizione che fornisce un parametro  $P_g$  rappresentativo della resistenza della malta. Lo strumento è dotato di curva di taratura e curva granulometrica della sabbia costituente la malta per cui risulta valida la curva di taratura. Tali curve sono riportate nelle figure seguenti.

La prova viene eseguita effettuando la misura in 10 punti distanziati tra loro di circa  $1,5\text{ cm}$  e calcolando il valore medio della resistenza rilevata.

## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali (C8A.1.A.3)

PROVA PENETROMETRICA SU MALTA





## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali (C8A.1.A.3)

PROVA PENETROMETRICA SU MALTA





## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

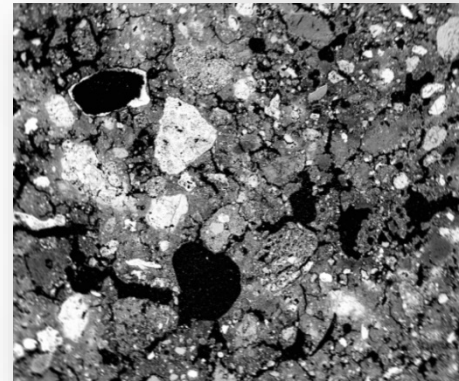
### ANALISI SU MALTE – METODI MINERO/PETROGRAFICI

Analisi al Microscopio Ottico/Elettronico

Tipologia legante

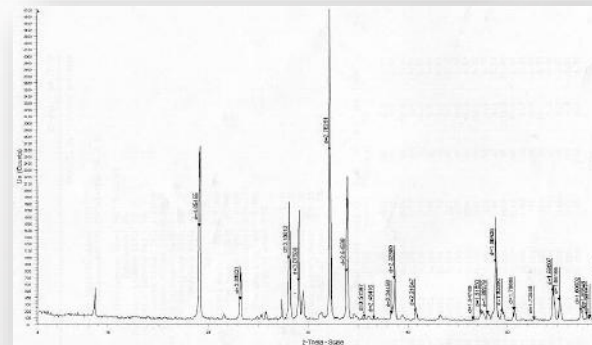
Tipologia aggregato

Rapporto aggregato/legante



Diffrazione ai raggi X

determinazione qualitative e semi-quantitative  
di fasi cristalline e di altre caratteristiche fisiche

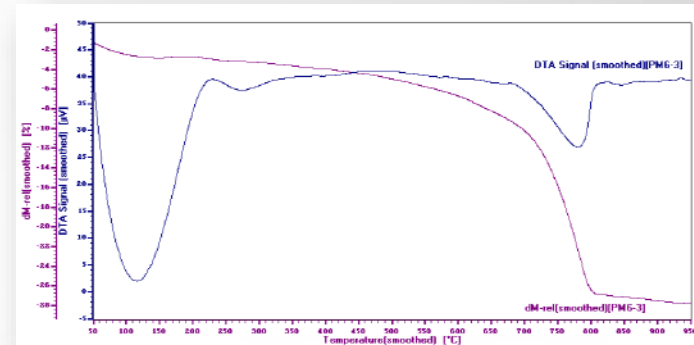


## Costruzioni in muratura: Proprietà dei materiali

### ANALISI CHIMICHE SU MALTE – METODI CHIMICO/FISICI

Analisi Termogravimetriche

Analisi quantitativa indiretta dei composti presenti mediante registrazione continua delle variazioni di massa del campione a seguito di esposizione a calore in ambiente controllato

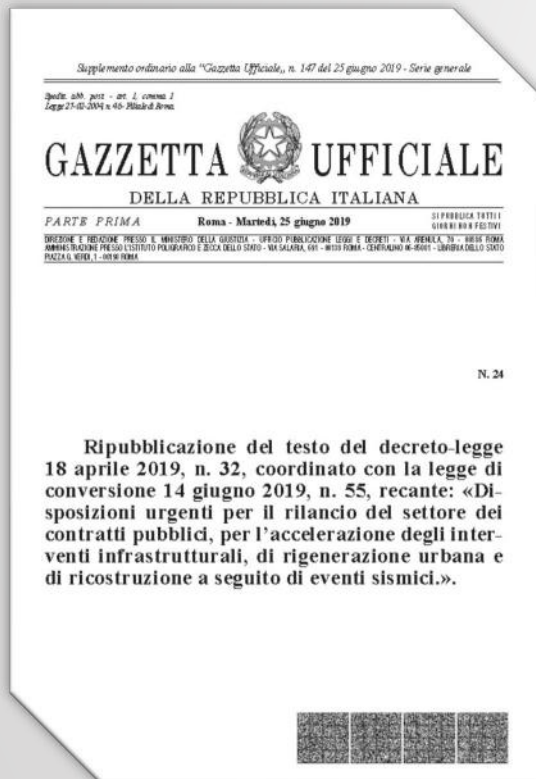


Analisi granulometriche

Analisi della distribuzione granulometrica del campione



## D.L. 18/04/2019 convertito in Legge 14/06/2019, n. 55



### Art. 3. Disposizioni in materia di semplificazione della disciplina degli interventi strutturali in zone sismiche

1. Al testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia di cui al [decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380](#), sono apportate le seguenti modificazioni:

0a) all'[articolo 59, comma 2, dopo la lettera c\)](#) è aggiunta la seguente: «*c-bis prove e controlli su materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti*»;



Le suddette disposizioni danno, quindi, piena attuazione ai principi delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, oggi D.M. 17.01.2018, e della relativa circolare applicativa, per le quali la **valutazione della sicurezza delle costruzioni non può che realizzarsi mediante un adeguato processo basato sulla conoscenza che deve riguardare, innanzitutto ma non solo, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali da costruzione. ....**

Tale sistema di certificazione della conoscenza dei materiali e delle strutture finora pienamente attuato per le nuove costruzioni, come previsto dal disposto comunitario e dal Regolamento 305/2011 (UE), si completa così anche per i materiali da costruzione già impiegati sulle strutture e le costruzioni esistenti, dando attuazione ai principi di cui al Capitolo 8 delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Il presente provvedimento, in attuazione delle nuove disposizioni introdotte dalla Legge 14 giugno 2019, n. 55, fornisce i **criteri e le procedure per il rilascio delle autorizzazioni**, da parte del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ai nuovi **Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti**.

In questa fase, nelle more di una più completa riorganizzazione dell'intero settore, **detti criteri faranno riferimento a quanto già disposto per le prove di laboratorio sui materiali da costruzione e sulle terre e sulle rocce**, con le già citate Circolari 7617/STC e 7618/STC dell'8 settembre 2010, che da quasi un decennio regolano i relativi settori.

## CIRCOLARE 03 DICEMBRE 2019, N.633/STC



*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*  
*Servizio Tecnico Centrale*

Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC  
Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai *Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti* di cui all'art. 59, comma 2, del D.P.R. n. 380/2001.



## CIRCOLARE 03 DICEMBRE 2019, N.633/STC

In particolare l'autorizzazione disciplinata dalla presente Circolare riguarda i seguenti settori di

prova e certificazione:

- Settore “A”:** *Prove su strutture in calcestruzzo armato normale, precompresso e muratura;*
- Settore “B”:** *Prove su strutture metalliche e strutture composte.*

La richiesta di autorizzazione per un laboratorio può riguardare uno o entrambi i settori di applicazione sopra indicati.

Il laboratorio potrà, inoltre, facoltativamente chiedere l'estensione dell'autorizzazione alle singole prove o all'intero:

- Settore “C”:** *Prove dinamiche sulle strutture*

## CIRCOLARE 03 DICEMBRE 2019, N.633/STC - CRITERI PER IL RILASCIO DELL'AUTORIZZAZIONE AI LABORATORI PER PROVE E CONTROLLI SUI MATERIALI DA

### *COSTRUZIONE SU STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI*

► **Settore "A": Prove su strutture in calcestruzzo armato normale, precompresso e muratura**

- a. prova magnetometrica;
- b. prova sclerometrica;
- c. prova di estrazione - metodo Pull Out;
- d. prova ultrasonica;
- e. prelievo in opera di calcestruzzo;
- f. prelievo in opera di provini di acciaio;
- g. analisi chimica;
- h. prove con martinetti piatti singoli e doppi;
- i. prove di carico statiche.

► **Oltre alle prove obbligatorie sopra elencate, nell'ambito del Settore "A", il laboratorio potrà inoltre richiedere l'autorizzazione a svolgere e certificare le seguenti prove facoltative:**

- a. prova penetrometrica - metodo Windsor;
- b. prova di adesione a strappo - metodo Pull Off;
- c. analisi elettrochimica per la misura del potenziale e della velocità di corrosione;
- d. prove di carico statiche a compressione diagonale sulle murature;
- e. monitoraggio delle strutture;
- f. termografia ad infrarossi;
- g. indagini endoscopiche;
- h. indagini georadar;
- i. caratterizzazione meccanica delle malte per murature;
- j. misura di umidità del legno;
- k. prova penetrometrica nel legno.



**Settore “B”:** *Prove su strutture metalliche e strutture composte.*

- a. prova magnetoscopica;
- b. liquidi penetranti;
- c. ultrasuoni;
- d. prova di durezza Brinell in situ;
- e. prova di durezza Vickers in situ;
- f. prova di durezza Rockwell in situ;
- g. prova di durezza Lebb in situ;
- h. spessometria in situ;
- i. misura delle coppie di serraggio;
- j. prelievo di bulloni e di campioni di carpenteria.

**Oltre alle prove obbligatorie sopra elencate, nell’ambito del Settore “B”, il laboratorio potrà, inoltre, richiedere l’autorizzazione a svolgere e certificare le seguenti prove facoltative:**

- a. estensimetria;
- b. indagine spettrometrica in situ;
- c. monitoraggio delle strutture.

**CIRCOLARE 03 DICEMBRE 2019, N.633/STC - CRITERI PER IL RILASCIO DELL’AUTORIZZAZIONE AI LABORATORI PER PROVE E CONTROLLI SUI MATERIALI DA  
COSTRUZIONE SU STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI**





**Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC - Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai  
*Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti***



I laboratori autorizzati per il Settore “A” o “B” potranno, inoltre, richiedere l'estensione dell'autorizzazione a svolgere e certificare le prove dinamiche relative al Settore facoltativo “C”, o alle singole prove sottoelencate.

**Settore “C”:** *Prove dinamiche sulle strutture.*

- a. prove dinamiche sulle strutture di elevazione;
- b. prove di tensionamento su catene e tiranti.





**Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC - Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai  
Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti**

***3.2 - Riservatezza e sicurezza***

Il personale del laboratorio è tenuto al rispetto del segreto professionale nei riguardi di tutte le informazioni raccolte durante lo svolgimento dei suoi compiti. Il laboratorio per tutte le attività svolte deve garantire il rispetto delle condizioni di terzietà, indipendenza e riservatezza.

***3.3 Imparzialità, indipendenza e integrità***

Il laboratorio ed il suo personale devono essere liberi da qualsiasi pressione commerciale, finanziaria o di altro genere, che possa influenzare la conduzione delle prove.

Il laboratorio ed il suo personale non devono essere coinvolti in attività che possano ledere la fiducia nella loro indipendenza di giudizio ed imparzialità nei riguardi delle attività di prova.

Deve essere evitata qualsiasi influenza sui risultati degli esami e delle prove da parte di persone od organismi esterni al laboratorio.

La remunerazione del personale addetto alle attività di prova non deve dipendere dal numero delle prove eseguite né dai risultati delle stesse.

## ***Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC - Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai **Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti** – CRITICITA'***

Le attrezzature e le strumentazioni devono essere idonee, periodicamente controllate e soggette sia ad un programma periodico di verifica della taratura che ad un piano di manutenzione che ne garantiscano l'efficienza operativa. Il programma di controllo, manutenzione e taratura di ciascun macchinario e strumento di misura deve essere esplicitamente compreso nel SGQ e commisurato alle tipologie ed alle caratteristiche di impiego dei diversi dispositivi.

**Le tarature delle apparecchiature di misura di forza, pressione, spostamenti, velocità ed accelerazioni devono essere verificate e certificate da uno dei laboratori ufficiali di cui all' art. 59, co. 1, del D.P.R. n. 380/2001 o da organismi terzi di taratura appositamente accreditati secondo i regolamenti vigenti nel settore.**

All'atto dell'istanza il laboratorio deve altresì fornire tali certificati di verifica della taratura, effettuata da non più di sei mesi.

Nel corso dell'attività, la verifica e certificazione della taratura deve essere effettuato con cadenza almeno annuale. Il laboratorio dovrà inoltre dimostrare di possedere un efficace sistema interno di verifica e calibrazione delle apparecchiature di cui sopra, con registrazione delle verifiche di taratura interna almeno quadrimestrale.

**Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC - Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai *Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti – CRITICITA'***

**La procedura amministrativa, finalizzata al rilascio della certificazione deve comprendere:**

- la descrizione delle modalità di richiesta delle prove (cartacea e/o digitale), in relazione al piano delle prove e delle campagne diagnostiche;
- la documentazione attestante **le visite di sopralluogo effettuate per l'espletamento delle attività di prova o prelievo, in contraddittorio con il progettista, oppure il direttore dei lavori, oppure il collaudatore, corredata di verbale di seduta e rilievo fotografico;**
- la redazione di un registro giornaliero delle attività, prenumerato e bollato da un organismo idoneo oppure da un notaio, ordinato in base ad un numero progressivo di pratica (c.d. "accettazione") **contenente gli estremi di tutti i passaggi relativi all'attività del laboratorio dalla richiesta alla quietanza di pagamento delle attività svolte;**
- la compilazione delle minute di prova, o foglio di rilevamento dati (FRD), sulle quali riportare tutti i risultati e le osservazioni rilevate in fase di prova, dalle quali estrarre tutti i dati da inserire nel certificato, il quale deve recare la firma dello/degli sperimentatore/i esecutore/i della prova. **La minuta di prova o foglio di rilevamento dati (FRD) deve recare la firma richiedente al fine di comprovare la presenza in situ degli sperimentatori per l'esecuzione della prova stessa.**
- la valutazione delle potenziali non conformità riscontrabili durante l'ordinaria attività del laboratorio, le modalità di gestione e risoluzione delle eventuali criticità, nonché i comportamenti a cui il personale deve attenersi.
- Gli adempimenti in merito alla sicurezza e salute sui luoghi di lavoro, in relazione alle attività di prova richieste.



## **Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC - Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai *Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti***

### ***2.1 - Requisiti del Direttore***

Il Direttore del laboratorio deve essere in possesso di laurea in architettura o ingegneria, quinquennale ovvero magistrale, o titolo di studio equipollente, **deve essere iscritto all'Albo professionale da almeno dieci anni**, nonché essere dotato di specifiche competenze professionali e di esperienza post laurea nello specifico settore dei materiali da costruzione e delle prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti almeno decennale.

Il Direttore deve possedere specifiche esperienze e competenze nei seguenti settori:

- caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali da costruzione;
- procedure sperimentali;
- normativa nazionale ed internazionale di riferimento;
- funzionamento delle macchine e delle attrezzature.

Al Direttore è inoltre richiesta la **certificazione della competenza di “Livello 3”, nelle specifiche metodologie di prova oggetto dell'autorizzazione, rilasciata da Organismo di Certificazione accreditato secondo la UNI CEI EN ISO/IEC 17024:2012 “Requisiti generali per gli organismi che operano la certificazione delle persone”. L'Organismo di Certificazione dovrà essere dotato di schema di certificazione con riferimento alla norma UNI EN ISO 9712:2012 “Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive” o a documenti equivalenti o successivi nell'ambito del sistema nazionale ed internazionale della normazione tecnica e della certificazione accreditata delle specifiche competenze.**



## **Circolare 03 dicembre 2019, n.633/STC - Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti**

### ***3.1 - Requisiti del Personale***

Il personale addetto alla sperimentazione deve avere una perfetta conoscenza delle procedure di prova e delle modalità di funzionamento delle apparecchiature e dei sistemi di acquisizione dei dati.

La qualificazione degli sperimentatori dovrà essere documentata da un **titolo di studio non inferiore al diploma di secondo grado, ad indirizzo tecnico o scientifico**, nonché dall'attività svolta nello specifico settore dei materiali da costruzione e delle prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti **almeno quinquennale**. Tale esperienza può essere acquisita anche attraverso l'esercizio dell'attività di aiuto-sperimentatore, mediante contratti di formazione o simili.

**Agli sperimentatori è inoltre richiesta la certificazione della competenza di “Livello 2”, nelle specifiche metodologie di prova oggetto dell'autorizzazione”, rilasciata da Organismo di Certificazione accreditato secondo la UNI CEI EN ISO/IEC 17024:2012 “Requisiti generali per gli organismi che operano la certificazione delle persone”. L'Organismo di Certificazione dovrà essere dotato di schema di certificazione con riferimento alla norma UNI EN ISO 9712:2012 “Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive” o a documenti equivalenti o successivi nell'ambito del sistema nazionale ed internazionale della normazione tecnica e della certificazione accreditata delle specifiche competenze .**

Il Curriculum vitae, la qualificazione e l'esperienza degli sperimentatori devono essere adeguatamente documentate con riferimento a studi ed attività rientranti nel campo specifico delle prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti, per le quali si richiede l'autorizzazione.

## PRASSI DI RIFERIMENTO UNI/PdR 56:2019

### - Certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile

**PRASSI DI RIFERIMENTO** **UNI/PdR 56:2019**

**Certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile**

---

*Certification of personnel for non destructive testing in civil engineering*

---

La prassi di riferimento stabilisce le linee guida per la certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive (PND) nel campo dell'ingegneria civile, inclusi i beni culturali e architettonici.

---

Publicata il 3 maggio 2019 ICS 03.100.30, 19.100

 **ENTE ITALIANO  
DI NORMAZIONE**



La presente prassi di riferimento definisce i principi, i criteri e le procedure per la gestione delle attività relative alla certificazione ed al successivo mantenimento della certificazione al livello 1, 2 e 3 del personale tecnico addetto alle prove non distruttive (PND) nel campo dell'ingegneria civile, inclusi i beni culturali e architettonici, fatte salve le procedure già codificate da altre norme tecniche di settore. Il livello di certificazione è il grado di qualificazione del personale tecnico addetto alle PND per uno specifico metodo di prova. La prassi di riferimento copre la competenza nei seguenti metodi di prova:

ing. Pietro Cardone

## PRASSI DI RIFERIMENTO UNI/PdR 56:2019

### Certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile

La prassi di riferimento copre la competenza nei seguenti metodi di prova:

- ultrasonora (UT);
- sonora (SO);
- sclerometrica (SC);
- magnetometrica (MG);
- prelievo di campioni e prove chimiche in sito (CH);
- del potenziale di corrosione delle armature (PZ);
- di estrazione, pull out/pull off (ES);
- misura delle deformazioni e tensioni (DT);
- di penetrazione, su calcestruzzo/malta/legno (PE);

- monitoraggio strutturale (MO);
  - prove dinamiche (DN);
  - esame visivo ed ispezione delle opere civili ed infrastrutture (VT);
- NOTA Includere tutte le opere ed infrastrutture aventi funzioni pubbliche e/o strategiche, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità: scuole, ospedali, caserme, ponti, viadotti, cavalcavia, passerelle, gallerie, ecc.
- georadar (GR);
  - termografia ad infrarossi in ambito civile (TT Civ);
  - prove con martinetti piatti (MP);
  - prove di carico (PC).









MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 gennaio 2018.

**Aggiornamento delle «Norme tecniche per  
le costruzioni».**

**8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI**

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive *in situ* e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; nel caso di costruzioni sottoposte a tutela, ai sensi del D.Lgs. 42/2004, di beni di interesse storico-artistico o storico-documentale o inseriti in aggregati storici e nel recupero di centri storici o di insediamenti storici, dovrà esserne considerato l'impatto in termini di conservazione. I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell'entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni. Per le prove di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001.

*Prove complementari*

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, compresi i carotaggi di cui al punto 11.2.6, devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo posto in opera, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al § 11.2.5.



## TAR LAZIO – SENTENZA N. 3134/2022

Publicato il 18/03/2022

N. 03134/2022 REG.PROV.COLL.  
N. 05781/2018 REG.RIC.



R E P U B B L I C A I T A L I A N A

IN NOME DEL POPOLO ITALIANO

**Il Tribunale Amministrativo Regionale per il Lazio**

**(Sezione Prima)**

ha pronunciato la presente

**SENTENZA**

*per l'annullamento*

*previa adozione di idonea misura cautelare,*

in parte qua e, specificatamente, nei limiti di cui ai motivi del presente ricorso, dei paragrafi 8.5.3, 11.2.2 e 11.2.5.3, delle Norme Tecniche per le Costruzioni,

P.Q.M.

Il Tribunale Amministrativo Regionale per il Lazio (Sezione Prima), definitivamente pronunciando sul ricorso, come in epigrafe proposto: dichiara estinto per rinuncia il giudizio nei confronti di tutti i ricorrenti ad eccezione di \_\_\_\_\_ ;  
accoglie il ricorso proposto da questi ultimi e, per l'effetto, annulla i provvedimenti impugnati, nelle parti e nei sensi di cui in motivazione.



Publicato il 16/06/2023

N. 05975/2023 REG.PROV.COLL.  
N. 08599/2022 REG.RIC.



R E P U B B L I C A I T A L I A N A

IN NOME DEL POPOLO ITALIANO

Il Consiglio di Stato

in sede giurisdizionale (Sezione Quinta)

ha pronunciato la presente

SENTENZA

*per la riforma*

della sentenza del Tribunale Amministrativo Regionale per il Lazio (Sezione Prima) n. 03134/2022, resa tra le parti;

P.Q.M.

Il Consiglio di Stato in sede giurisdizionale (Sezione Quinta), definitivamente pronunciando sull'appello, come in epigrafe proposto, lo accoglie e, per l'effetto, in riforma della sentenza impugnata, respinge il ricorso introduttivo proposto da Tiziano Lucca, Francesco Nucara, Rocco Isola e Erion Lako.

## CONSIGLIO DI STATO – SENTENZA N. 8599/2022

ing. Pietro Cardone

## CONSIGLIO DI STATO – SENTENZA N. 8599/2022

11.2. Orbene, Il Collegio ritiene che, per una corretta valutazione della questione in ordine all'asserito contrasto tra le disposizioni impugnate e la norma di rango primario di cui all'art.59 del d.P.R. 380/2001, **va rammentato che la disciplina dei controlli in un settore delicato come quello dei 'prelievi dei campioni', così come le disposizioni che regolamentano il regime autorizzativo dei laboratori e il controllo sulle costruzioni in vigore con la Legge 1086/71, deve essere necessariamente demandata allo Stato, attraverso i laboratori ufficiali in capo alle Università, all'ANAS ed a RFI, o comunque a mezzo di rilascio di autorizzazione, previo controllo, del Ministero competente.**

In passato, con le modifiche intervenute successivamente al 1971, stante la necessità diffusa di controlli su materiali da costruzione, si era concesso ai soggetti privati, i cosiddetti laboratori autorizzati, di svolgere tale attività. I laboratori autorizzati venivano considerate strutture svolgenti servizi di 'pubblica necessità'

Tale esigenza è stata assicurata anche con le disposizioni successive.

**Il Legislatore, infatti, prevedendo la competenza a svolgere l'effettuazione delle 'prove' o 'prelievi' ai laboratori individuati al comma 2 lett. a), oltre che a quelli c.d. 'ufficiali' di cui al comma 1, ha inteso garantire un maggior controllo in un settore peculiare per le ricadute non solo economiche, ma anche in termini di sicurezza pubblica, mediante la 'tracciabilità' dei campioni prelevati dalle strutture, in questo modo consentendo la certezza della provenienza, l'autenticità dei campioni, e la regolarità della relativa certificazione.**



## CONSIGLIO DI STATO – SENTENZA N. 8599/2022

**Appare evidente che il processo di certificazione deve svolgersi secondo una sequenza procedimentale, che deve assicurare il rispetto dei principi che regolamentano la funzione pubblica che è deputato a perseguire.**

**A tale fine, le operazioni di prelievo devono garantire che il materiale costituente la struttura sia campionato correttamente (anche per consentire, in ipotesi, una revisione delle analisi), atteso che un prelievo e una campionatura non ben eseguita può dare dei risultati falsati, senza contare che il prelievo effettuato da personale non specializzato può arrecare un danno alla struttura.**

Risulta pertanto che la ratio legis che ha ispirato il Legislatore, nell'introduzione delle disposizioni impugnate, si giustifica anche con la necessità di assicurare che l'attività di prelievo venga effettuata da tecnici non solo competenti, ma anche dotati di una idonea organizzazione e di efficienti dotazioni strumentali; il tutto da sottoporre al controllo del Ministero, il quale valuterà, in questo senso va inteso il termine 'può', sulla base dei requisiti, se rilasciare la necessaria autorizzazione.

## CONSIGLIO DI STATO – SENTENZA N. 8599/2022

Appare evidente che la scelta del Legislatore delle NTC 2018 appare in linea con la qualificazione giuridica attribuita dall'ordinamento all'attività dei laboratori, posto che l'attività di estrazione/prelievo e analisi/prova del campione devono essere eseguite secondo un unico processo tecnico, al fine di garantire la trasparenza e l'autenticità dell'attività certificativa, in conformità con la voluntas legis di cui all'art. 59 d.P.R. n. 380/2001.

**Il Legislatore impone al laboratorio abilitato e autorizzato una serie di accertamenti di conformità e gli riconosce un ruolo di soggetto esercente un servizio di pubblica necessità, ruolo dal quale possono discendere anche responsabilità in campo penale. Ne consegue che l'attività dei laboratori (ufficiali e/o autorizzati), essendo attività di 'pubblica utilità', non può venire svolta, con riferimento all'aspetto certificativo, da soggetti non autorizzati, atteso che all'attività di certificazione si conferisce la funzione di 'pubblica certezza'.**

Pertanto, l'attività di prelievo deve essere affidabile, perché si possa predicare una

"certezza pubblica" della certificazione, dovendosi veicolare utilità conoscitive, con un grado di sicurezza idoneo a generare la fiducia delle risultanze dell'attività certificativa stessa.

Stante la peculiarità della natura dell'attività di prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove, nessun contrasto può essere predicato con la norma primaria (art. 59 d.P.R. 380/2001), né alcuna illegittima pretermissione dei ricorrenti, i quali hanno assunto di essere stati legittimati in passato a svolgere la suddetta attività, tenuto conto che il Legislatore ha solo provveduto a regolamentare un settore, non creando alcun vincolo, ma, in conformità ai principi enunciati dalla norma primaria, subordinando la predetta attività al controllo ministeriale per il rilascio della necessaria autorizzazione. Come si è detto, gli atti impugnati non impongono un vincolo all'attività dei professionisti del settore nell'effettuare i prelievi, ma impongono una regolamentazione di tale attività al fine di utilizzazione per prove certificate.



*Ministero delle Infrastrutture e delle Mobilità Sostenibili  
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

LINEE GUIDA PER  
LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO,  
LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA  
ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI

Allagate al parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 96/2021,  
espresso dall'Assemblea Generale in data 10.11.2021.

## LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI

### 1.8 LABORATORI DI PROVA

In generale, ai fini delle applicazioni di cui alle presenti Linee Guida, il prelievo e le prove distruttive sui materiali da costruzione di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC s.m.i, le prove di laboratorio sulle terre e sulle rocce di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7618/STC s.m.i nonché le prove ed i controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti di cui alla Circolare 03 dicembre 2019 n. 633/STC e s.m.i, devono essere effettuate e certificate da un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001 e s.m.i., dotato di specifica autorizzazione, ove prevista.

ing. Pietro Cardone



*Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili  
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

**LINEE GUIDA PER  
LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO,  
LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA  
ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI**

Allegate al parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 54/2022,  
espresso dall'Assemblea Generale in data 10.06.2022.

**LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA  
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI**

**1.8 LABORATORI DI PROVA**

Ai fini delle applicazioni di cui alle presenti Linee Guida per le verifiche di sicurezza ed eventuale progettazione di interventi a seguito della definizione della Classe di attenzione, le prove distruttive sui materiali da costruzione di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC s.m.i., le prove di laboratorio sulle terre e sulle rocce di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7618/STC s.m.i sono effettuate e certificate da un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001 e s.m.i., dotato di specifica autorizzazione.





**Art. 111. Controllo tecnico, contabile e amministrativo**

1. Con decreto del Ministro delle infrastrutture e trasporti, da adottare entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore del presente codice, su proposta dell'ANAC, previo parere delle competenti commissioni parlamentari, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e la Conferenza Unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, sono approvate le linee guida che individuano le modalità e, se del caso, la tipologia di atti, attraverso i quali il direttore dei lavori effettua l'attività di cui all'articolo 101, comma 3, in maniera da garantirne trasparenza, semplificazione, efficientamento informatico, con particolare riferimento alle metodologie e strumentazioni elettroniche anche per i controlli di contabilità. Con il decreto di cui al primo periodo, sono disciplinate, altresì, le modalità di svolgimento della verifica di conformità in corso di

esecuzione e finale, la relativa tempistica, nonché i casi in cui il direttore dell'esecuzione può essere incaricato della verifica di conformità. Qualora le amministrazioni aggiudicatrici non possano espletare l'attività di direzione dei lavori, essa è affidata, nell'ordine, ad altre amministrazioni pubbliche, previo apposito accordo ai sensi dell'articolo 15 della legge 7 agosto 1990, n. 241, o intesa o convenzione di cui all'articolo 30 del decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 267; al progettista incaricato; ad altri soggetti scelti con le procedure previste dal presente codice per l'affidamento degli incarichi di progettazione. *{disposizione modificata dai DLgs 56-2017 in vigore dal 20-5-2017}*

1-bis. Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie inerenti alle attività di cui al comma 1, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto di lavori, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Tali spese non sono soggette a ribasso. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, adottato su proposta del Consiglio superiore dei lavori pubblici, sono individuati i criteri per la determinazione di tali costi. *{disposizione introdotta dai DLgs 56-2017 in vigore dal 20-5-2017}*

2. Il direttore dell'esecuzione del contratto di servizi o di forniture è, di norma, il responsabile unico del procedimento e provvede, anche con l'ausilio di uno o più direttori operativi individuati dalla stazione appaltante in relazione alla complessità dell'appalto, al coordinamento, alla direzione e al controllo tecnico-contabile dell'esecuzione del contratto stipulato dalla stazione appaltante assicurando la regolare esecuzione da parte dell'esecutore, in conformità ai documenti contrattuali. Con il medesimo decreto, di cui al comma 1, sono altresì approvate linee guida che individuano compiutamente le modalità di effettuazione dell'attività di controllo di cui al periodo precedente, secondo criteri di trasparenza e semplificazione. Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui al comma 1, si applica l'articolo 216, comma 17. *{disposizione modificata dai DLgs 56-2017 in vigore dal 20-5-2017}*

## D. L.vo 18/04/2016, n. 50 – Codice dei contratti pubblici

[www.CodiceAppalti.it](http://www.CodiceAppalti.it)

### DECRETO LEGISLATIVO 18 APRILE 2016, N. 50

#### Codice dei contratti pubblici.

(GU n.91 del 19-4-2016 – s.o. n.10)

*Entrato in vigore del provvedimento: 19-04-2016*

*Coordinato con l'Avviso di Rettifica pubblicato in G.U. n. 164 del 15-07-2016.*

*Modificato da:*

- DECRETO-LEGGE 30 dicembre 2016 n. 244, in GU n.304 del 30-12-2016, in vigore dal 30-12-2016;

- DECRETO LEGISLATIVO 19 aprile 2017 n. 56, in GU n.103 del 5-5-2017 s.o. n. 22, in vigore dal 20-5-2017;

- LEGGE 21 giugno 2017 n. 96, in GU n. 144 del 23-6-2017 s.o. n. 31, in vigore dal 24-06-2017, di conversione del decreto-legge 24 aprile 2017, n. 50;

- LEGGE 27 dicembre 2017, n. 205, in GU n.302 del 29-12-2017 s.o. n. 62, in vigore dal 01-01-2018

## D.M. - Individuazione dei criteri per la determinazione dei costi per gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche

### Art. 2. Criteri di determinazione dei costi degli accertamenti di laboratorio e delle verifiche tecniche

1. Il presente decreto individua, ai sensi dell'[art. 111, comma 1-bis, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50](#), i criteri per la determinazione dei costi relativi agli accertamenti di laboratorio e alle verifiche tecniche obbligatorie inerenti alle attività di cui al citato art. 111, comma 1, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto di lavori che rappresentano il prezzo dei servizi resi non soggetti a ribasso.

2. Il prezzo di cui al comma 1 è formato dai seguenti raggruppamenti di elementi primari:

- a) costo primo diretto alla cui formazione concorrono i costi dell'operatore tecnico, dal costo dell'ammortamento attribuito all'attrezzatura di prova, dei materiali e dei beni consumabili riferiti alla prova e dal costo attribuito alla prova relativo all'attività di direzione e coordinamento tecnico;
- b) costo indiretto di produzione determinato in termini di coefficiente espressivo dei componenti di costo relativi alla manodopera indiretta, all'ammortamento immobili, ai costi generali di amministrazione e ad altri costi indiretti;
- c) costo figurativo (utile lordo ed imposte);
- d) costi fissi.

3. Gli elementi primari adottati e i criteri per la determinazione del prezzo sono indicati nell'allegato A che costituisce parte integrante del presente decreto.

### Art. 3. Tavolo tecnico

1. E' istituito, senza maggiori oneri a carico della finanza pubblica, presso il Consiglio superiore dei lavori pubblici, servizio tecnico centrale, un tavolo tecnico di coordinamento e monitoraggio composto da due rappresentanti del Consiglio superiore dei lavori pubblici, di cui uno con funzioni di coordinatore, due rappresentanti designati dalla Conferenza delle regioni e delle province autonome, un rappresentante dei provveditorati, due rappresentanti di laboratori designati dalle associazioni di categoria, un rappresentante delle autorità di sistema portuale, un rappresentante dell'ENAC, un rappresentante dell'ISTAT, un rappresentante di ANCE, un rappresentante di Unioncamere, un rappresentante di RFI, un rappresentante di ANAS, un rappresentante della rete delle professioni tecniche.

DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA' SOSTENIBILI 1°  
luglio 2022

Individuazione dei criteri per la determinazione dei costi per gli accertamenti di  
laboratorio e le verifiche tecniche

(G.U. n. 179 del 2 agosto 2022)

IL MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA' SOSTENIBILI

Visto l'art. 111 del codice recante la disciplina del controllo tecnico, contabile e amministrativo dei lavori e dei servizi e delle forniture, in particolare, il comma 1-bis il quale dispone che con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, oggi Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, adottato su proposta del Consiglio superiore dei lavori pubblici, siano individuati i **criteri per la determinazione dei costi relativi agli accertamenti di laboratorio ed alle verifiche tecniche obbligatorie inerenti alle attività di controllo tecnico, contabile e amministrativo specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto di lavori e disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo;**

Visto l'art. 59 del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 recante «Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia» nel quale si indicano i laboratori ufficiali e gli altri laboratori che il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, oggi Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, può autorizzare, con proprio decreto, altri laboratori ad effettuare prove sui materiali da costruzione, prove su terre e rocce, prove e controlli su materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti;



## D.M. - Individuazione dei criteri per la determinazione dei costi per gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche

### Art. 2. Criteri di determinazione dei costi degli accertamenti di laboratorio e delle verifiche tecniche

1. Il presente decreto individua, ai sensi dell'[art. 111, comma 1-bis, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50](#), i criteri per la determinazione dei costi relativi agli accertamenti di laboratorio e alle verifiche tecniche obbligatorie inerenti alle attività di cui al citato art. 111, comma 1, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto di lavori che rappresentano il prezzo dei servizi resi non soggetti a ribasso.

2. Il prezzo di cui al comma 1 è formato dai seguenti raggruppamenti di elementi primari:

- a) costo primo diretto alla cui formazione concorrono i costi dell'operatore tecnico, dal costo dell'ammortamento attribuito all'attrezzatura di prova, dei materiali e dei beni consumabili riferiti alla prova e dal costo attribuito alla prova relativo all'attività di direzione e coordinamento tecnico;
- b) costo indiretto di produzione determinato in termini di coefficiente espressivo dei componenti di costo relativi alla manodopera indiretta, all'ammortamento immobili, ai costi generali di amministrazione e ad altri costi indiretti;
- c) costo figurativo (utile lordo ed imposte);
- d) costi fissi.

3. Gli elementi primari adottati e i criteri per la determinazione del prezzo sono indicati nell'allegato A che costituisce parte integrante del presente decreto.

### Art. 3. Tavolo tecnico

1. E' istituito, senza maggiori oneri a carico della finanza pubblica, presso il Consiglio superiore dei lavori pubblici, servizio tecnico centrale, un tavolo tecnico di coordinamento e monitoraggio composto da due rappresentanti del Consiglio superiore dei lavori pubblici, di cui uno con funzioni di coordinatore, due rappresentanti designati dalla Conferenza delle regioni e delle province autonome, un rappresentante dei provveditorati, due rappresentanti di laboratori designati dalle associazioni di categoria, un rappresentante delle autorità di sistema portuale, un rappresentante dell'ENAC, un rappresentante dell'ISTAT, un rappresentante di ANCE, un rappresentante di Unioncamere, un rappresentante di RFI, un rappresentante di ANAS, un rappresentante della rete delle professioni tecniche.

## DECRETO LEGISLATIVO 31 MARZO 2023 n. 36

**11.** Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie inerenti alle attività di cui al presente articolo e alle attività di cui all'allegato II.14 oppure specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto di lavori, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo o di verifica di conformità, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Tali spese non sono soggette a ribasso. I criteri per la determinazione dei costi sono individuati dall'allegato II.15. In sede di prima applicazione l'allegato II.15 è abrogato e sostituito da un corrispondente decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, adottato su proposta del Consiglio superiore dei lavori pubblici, che lo sostituisce integralmente anche in qualità di allegato al codice.







GRAZIE PER L'ATTENZIONE

ing. Pietro Cardone