GIORNATA MONDIALE DELLA SICUREZZA 2025

SICUREZZA 365:
OGNI GIORNO CONTA

COMMISSIONE STRUTTURE E SICUREZZA STRUTTURALE

28 aprile 2025
Dalle 16:00
alle 17:00

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO

Controlli e prove su materiali e su strutture esistenti

Ing. Francesco Loizzo

OBIETTIVI E CASI DI APPLICAZIONE
Quando fare verifica della sicurezza strutturale?

Obbligatoriamente quando (par. 8.3 NTC 2018):

“ - riduzione evidente della capacità resistente o deformativa della struttura o di alcune sue parti

- provati gravi errori di progetto o di costruzione;

- cambio 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 e/o ne modifichino la rigidezza;

- ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 ;

- opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo”.

Utile anche in caso di perizie per valutazione di un intervento o a supporto di valutazione economica

Controlli sui materiali ad uso strutturale: Inquadramento Normativo

- **NTC2018**: DM Infrastrutture 17 gennaio 2018 pubblicato il 20 febbraio 2018 **in vigore dal 22 marzo 2018**

- **Circolare** n. 7 C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 pubblicata ed **in vigore dal 11 febbraio 2019** "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

  In particolare Cap. 8 «COSTRUZIONI ESISTENTI» e riferimenti al Cap. 11

- Circolari STC: 7617 del 08/09/2010 e 633 del 03/12/2019

- DECRETO LEGISLATIVO 31 marzo 2023, n. 36 Art. 116 comma 11 e allegato II.15 (codice appalti)

Controlli sui materiali ad uso strutturale e su strutture esistenti: Inquadramento Normativo

DECRETO LEGISLATIVO 31 marzo 2023, n. 36 Art. 116 comma 11 e allegato II.15
”Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie... 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”

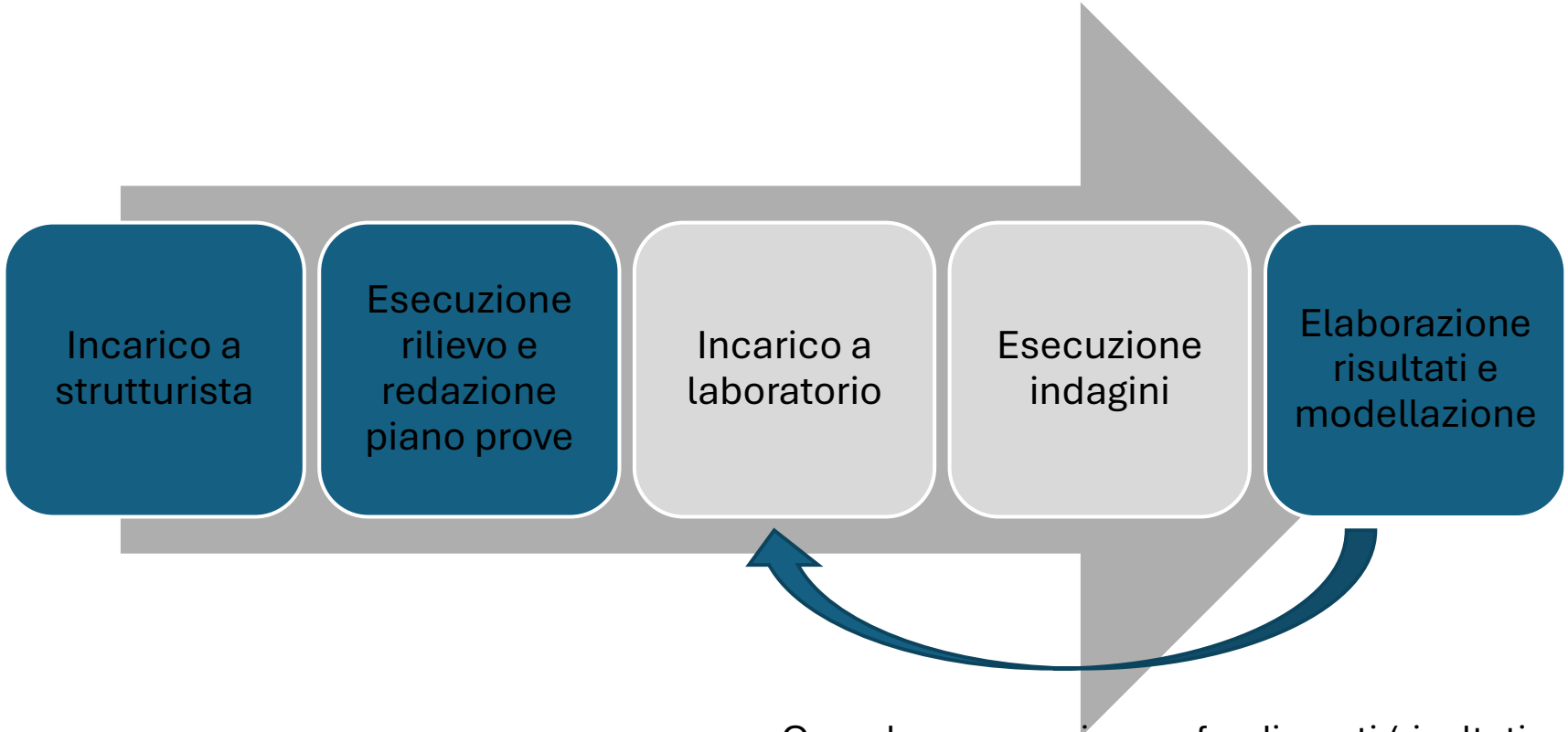
→ sia DL/Collaudatore prove su struttura in costruzione (Cap. 11)

→ sia Progettista prove per verifica struttura esistente (Cap. 8)

Regione Piemonte: Premessa Sezione 32 - Accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche

“Tale sezione è finalizzata alla quantificazione economica in maniera congrua ed uniforme dei costi da sostenersi per la conduzione delle indagini e delle verifiche tanto sui materiali da costruzione quanto sulle costruzioni (nuove o esistenti)...
Tale componente così determinata rappresenta il prezzo dei servizi resi non soggetti a ribasso, da intendersi quale garanzia di un livello qualitativo mimino della prestazione. Dall'edizione 2023 sono state recepite le nuove modalità di calcolo dei costi per prove e accertamenti proposti nella sezione 32”

Controlli sui materiali ad uso strutturale: Inquadramento Normativo



Quando necessari approfondimenti (risultati disomogenei o incremento livello di conoscenza)

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Criteri Generali

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti:

- Conoscenze nel passato limitate (la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione)
- Possibili difetti di impostazione e/o di realizzazione
- Parziale o mancata manutenzione (le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria)
- Eventi eccezionali (la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti)

“La valutazione della sicurezza di una struttura esistente **è un procedimento quantitativo**, volto a determinare l’entità delle azioni ce la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa” Par. 8.3

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Categorie principali

Nella progettazione di un intervento e nella valutazione della sicurezza di una costruzione esistente possono essere schematizzate 4 tipologie principali di strutture:

- Muratura portante
- Calcestruzzo armato
- Acciaio
- Materiali diversi (analisi prestazionale della porzione di struttura)

Per ogni categoria esistono interventi mirati di indagine per accrescere il LIVELLO DI CONOSCENZA

IL LIVELLO DI CONOSCENZA RAGGIUNTO DETERMINA IL RISCHIO DI ERRORE E LA BONTÀ DELL'INTERVENTO SVOLTO.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
I Fattori Chiave per Incrementare il Livello di Conoscenza

Massimizzazione del livello di conoscenza per minimizzare i rischi (presenza di vincoli economici e temporali).

Il livello di conoscenza di una struttura esistente dipende da 3 elementi chiave:

- Analisi storico critica e documenti reperiti
- Rilievo e dettagli costruttivi
- Proprietà dei Materiali (Il prelievo delle dei campioni per le prove distruttive i cui esiti sono soggetti a certificazione deve essere eseguito da un laboratorio di cui all'art.59 DPR 380/2001 - Par. 8.5.3)

In funzione del livello raggiunto in ognuno dei 3 elementi chiave si raggiunge un livello di conoscenza che consente di utilizzare il rispettivo fattore di confidenza.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Relazione tra livello di conoscenza e fattore di confidenza

Nel modellare la struttura esistente viene introdotto un fattore correttivo a peggioramento delle caratteristiche strutturali stimate (il fattore di confidenza) che è inversamente correlato al livello di conoscenza raggiunto:

Livello di conoscenza Limitato LC1
(Analisi storico critica e rilievo + indagini **limitate** sui dettagli costruttivi + prove **limitate** sulle caratteristiche meccaniche dei materiali)

→ Fattore di Confidenza FC = 1,35

Livello di conoscenza Esteso LC2
(Analisi storico critica e rilievo + indagini **estese** sui dettagli costruttivi + prove **estese** sulle caratteristiche meccaniche dei materiali)

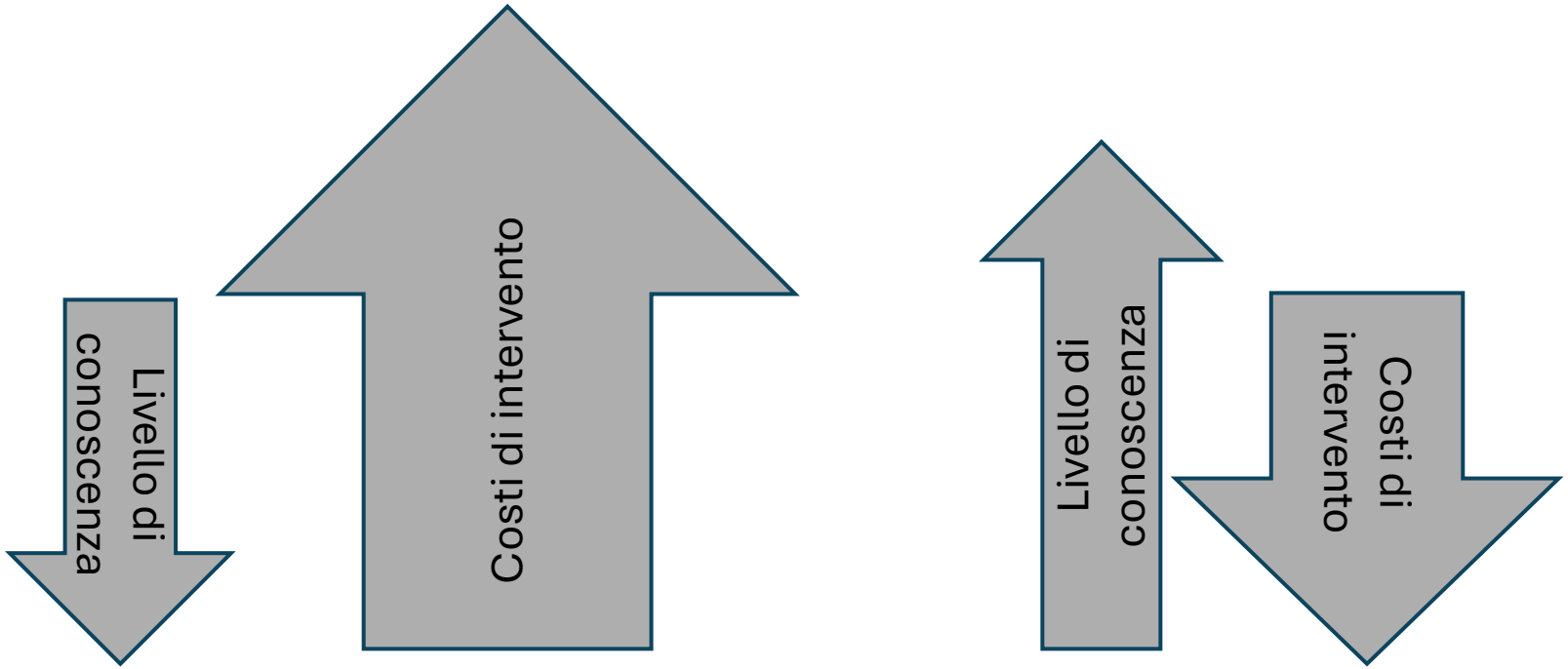
→ Fattore di Confidenza FC = 1,2

Livello di conoscenza Esaustivo LC3
(Analisi storico critica e rilievo + indagini **esaustive** sui dettagli costruttivi + prove **esaustive** sulle caratteristiche meccaniche dei materiali)

→ Fattore di Confidenza FC = 1

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Relazione tra livello di conoscenza e fattore di confidenza

Maggiore è l'investimento nella conoscenza e minore sarà il costo di intervento.



VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
INDAGINI SUI MATERIALI - Criteri generali

Per la determinazione della stima della resistenza di un materiale non possono essere utilizzate solo tecniche non distruttive, qualsiasi metodo indiretto o non distruttivo deve essere tarato mediante prove distruttive svolte negli stessi punti.

Per la valutazione delle prestazioni di una porzione di struttura possono essere svolte prove prestazionali dirette sulla porzione di struttura interessata, tali prove consentono di capire la prestazione meccanica strutturale della porzione oggetto di prova (ad esempio prove di carico su solaio, prove di carico su trave, prove di carico su pali, …) ma non sono sostitutive delle indagini sul materiale.

Oltre che l'esecuzione delle prove distruttive, **anche i prelievi dei materiali** oggetto di prove distruttive (carotaggi su cls, saggi di barre d'armatura o profilati, bulloni, mattoni…) **devono essere svolti da laboratori autorizzati/ufficiali ai sensi dell' art. 59 del DPR 380/2001 con emissione di relativo certificato** e non semplice rapporto di prova.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su Muratura Portante: Proprietà dei materiali

Esemplificativo e valutato caso per caso:

LC1: Indagini in situ Limitate:

- Esami visivi dopo la rimozione di intonaco (almeno 1 x 1 m)
- Analisi delle malte

LC2: Indagini in situ Estese, le precedenti con in aggiunta:

- Prove con martinetti piatti singolo e doppio per ogni tipologia muraria

LC3 – Indagini in situ Esaustive, le precedenti con in aggiunta:

- Almeno una prova di taglio per ogni tipologia di muratura
- Prova a compressione su campione indisturbato in laboratorio

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su Muratura Portante: Proprietà dei materiali

Analisi delle malte: consente di conoscere indicazione della resistenza a compressione mediante test su provini di piccole dimensioni.

Analisi con martinetto piatto singolo:

consente di conoscere l'attuale stato

tensionale della muratura.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su Muratura Portante: Proprietà dei materiali

Analisi con martinetto piatto doppio:

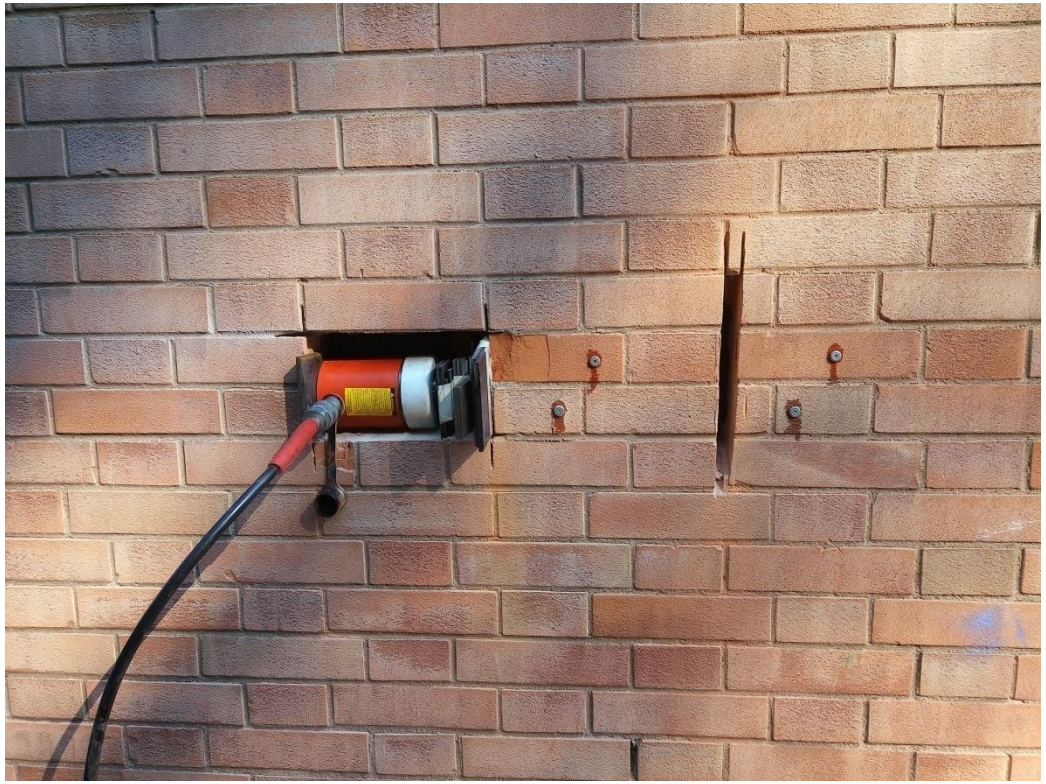
consente di stimare il **carico di rottura**

e il **modulo elastico** complessivo.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su Muratura Portante: Proprietà dei materiali

Analisi dei materiali:

Prova a taglio su muratura in mattoni.



VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in c.a.: Proprietà dei materiali

Tabella C8.5.V – *Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.*

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi)[a]	Prove (sui materiali)[b][c][d]
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
limitato	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
esteso	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
esaustivo	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Tabella C8.5.VI – *Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di acciaio*

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei collegamenti)[a]	Prove (sui materiali) [b][c][d]
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro…)	
limitato	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi	1 provino di acciaio per piano dell'edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell'edificio
esteso	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi	2 provini di acciaio per piano dell'edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio
esaustivo	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi	3 provini di acciaio per piano dell'edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in c.a.: Calcestruzzo

Su cls esistente sempre minimo 3 carotaggi e prova a compressione per parte d'opera che si ritiene omogenea e si determina la resistenza in situ e poi si applica fattore di confidenza (per cls in di opera in costruzione minimo 4 carotaggi e si determina la resistenza caratteristica in situ che $R_{ck,is} \geq 0.85\ R_{ck}$)

In entrambi i casi ciascuna carota va prima corretta del fattore di disturbo

Tabella C11.2.6.I.- *Fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote (H/D=1; d=100 mm)*

f_{carota} [N/mm²]	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

Possono essere integrate con prove non/semi distruttive ma non più del 50% di quelle da tabellare e ciascuna sostituita con almeno il triplo di prove non/ semi distruttive

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in c.a.: Calcestruzzo

Le principali prove semi/non distruttive sul cls:

- Indice di rimbalzo (prova sclerometrica), non distruttiva, costo basso, superficiale, attenzione alla carbonatazione

- Velocità di propagazione degli ultrasuoni (prova ultrasonica), non distruttiva, costo basso, attraversa intero materiale, attenzione alla tipologia, sono prove diverse non vanno interpretate insieme (dirette, semidirette, indirette)

- Sonreb (sclerometrica + ultrasonica) costo medio-basso, bilancia i vantaggi

- Estrazione di inserti (prova pull-out), semi distruttiva, costo medio-alto, sub superficiale (attenzione che rispetto a 1 carotaggio, 3 pull-out sono mediamente più invasive e più costose, vanno utilizzati solo tasselli normati)

- Resistenza alla penetrazione (prova penetrometrica), semi distruttiva, costo medio, sub superfiale

Qualsiasi prova semi/non distruttiva va fatta possibilmente almeno in 3 punti su stessi elementi dove si effettuano i carotaggi per poter "tarare" i risultati.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in c.a.: Acciaio da c.a.

La prova di trazione viene effettuata su saggi di modesta lunghezza al fine di determinare la classe di resistenza e minimizzare l'invasività della struttura, il saggio prelevato va ripristinato da personale con patentino per la saldatura e ripristinato il copriferro.

Esiste prova di durezza semidistruttiva (perché si rimuove copriferro) che consente di estendere i risultati della prova di trazione.

Va eseguito sempre almeno un prelievo di un saggio e prova di trazione.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in acciaio da Carpenteria Metallica

La prova di trazione viene effettuata su saggi di modesta lunghezza e larghezza (tipicamente prelevati da ala se profilo ad H) cercando di non interrompere la continuità del profilo per minimizzare l'invasività sulla struttura.

Esiste prova di durezza non distruttiva (si richiede solo rimozione di vernice) che consente di estendere i risultati della prova di trazione.

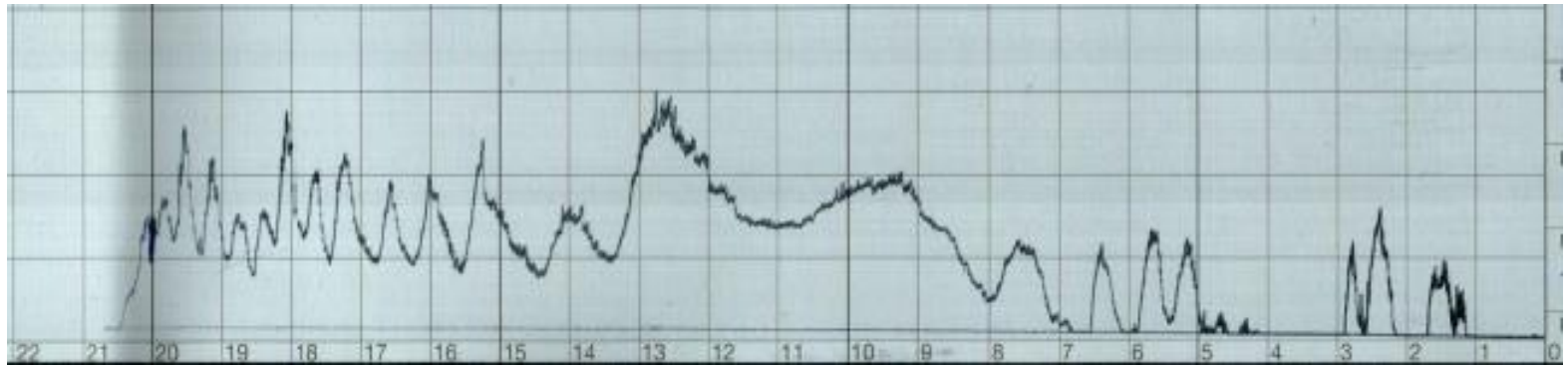
Va effettuato sempre minimo un prelievo di saggio per prova di trazione, per ciascuna area oggetto di indagine.

Sono da prelevarsi anche i bulloni (possibilmente vite + dado) per prova di trazione, per ciascuna area oggetto di indagine.

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in legno

- Prova di flessione su saggio di trave/travetto (lunghezza almeno 2 metri) per la determinazione della classe di resistenza.

- Prova con Resistograph per stimare stato di degrado del legno attraverso la resistenza alla penetrazione. Possibilmente effettuare 2 prove ortogonali tra loro in medesima zona in modo da capire la sezione residua.

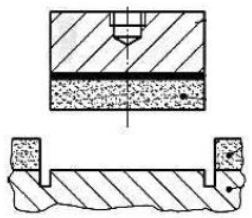


Esistono numerose ulteriori prove non/semidistruttive sul legno ma è materiale molto disomogeneo e soggetto a diversi fenomeni di degrado.

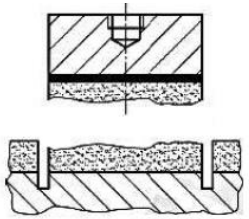
VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su FRP – FRCM – CRM e le relative verifiche

Possono essere eseguite alcune prove in situ in aggiunta alle prove di accettazione o su rinforzi effettuati precedentemente per verificarne le caratterisctiche nello stato attuale:

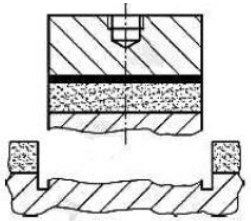
- Prove di pull-off per la verifica di adesione dello strato di rinforzo (resina o malta)



Frattura tipo A:
frattura di adesione



Frattura tipo B:
frattura di coesione
nello strato di malta



Frattura tipo C:
frattura di coesione
nello strato di supporto

- Microcarotaggi nella malta/betoncino per verificare la resistenza a compressione

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in altri materiali: analisi prestazionale della porzione di struttura

Su strutture in altri materiali dove il prelievo è troppo invasivo o è più difficile valutare il grado di omogeneità e le caratteristiche del materiale stesso (specie nei nodi di collegamento) spesso si sostituiscono le prove sul materiale a prove su porzione di struttura e poi si integrano con prove sui materiali per verificarne l'omogeneità stessa rispetto alla porzione indagata.

Esempi di prove dirette su parte di struttura:

Prove di carico/tiro su solai, capriate, travi, scale, passerelle…

Prove dinamiche su ponti, passerelle, solai…

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su strutture in altri materiali: analisi prestazionale della porzione di struttura

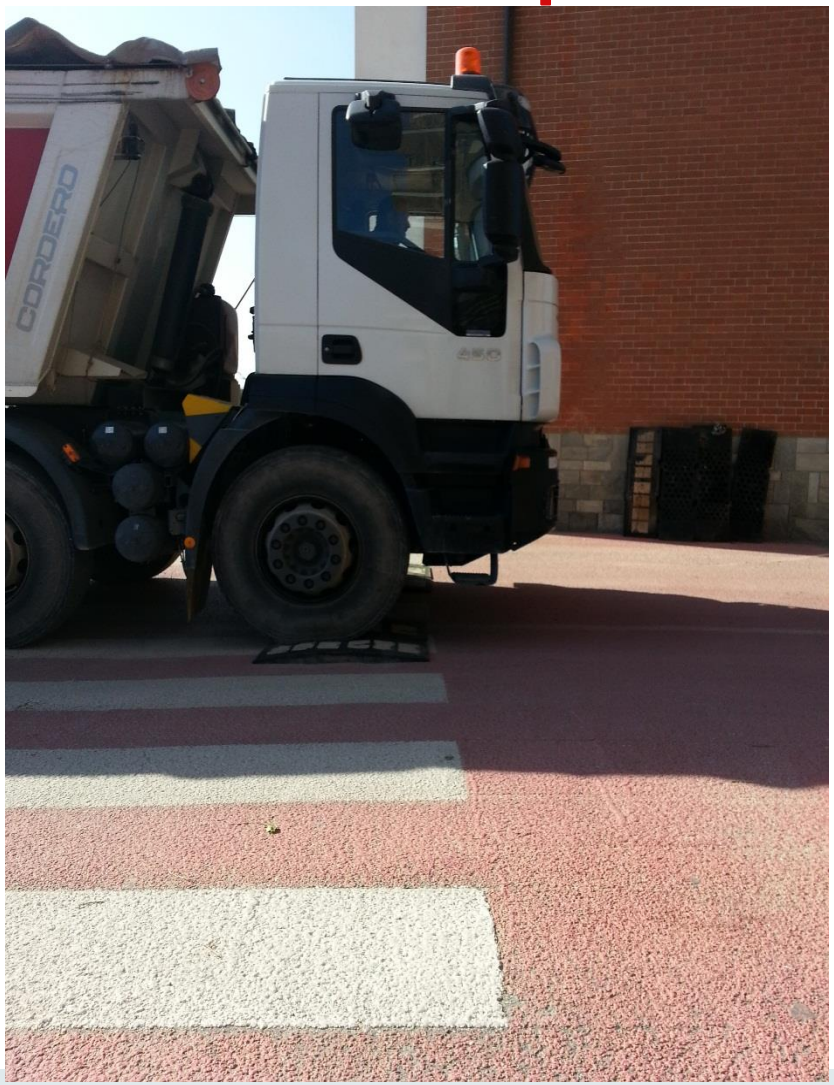
Prove di carico statico con vasche

o carichi presenti in cantiere

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8

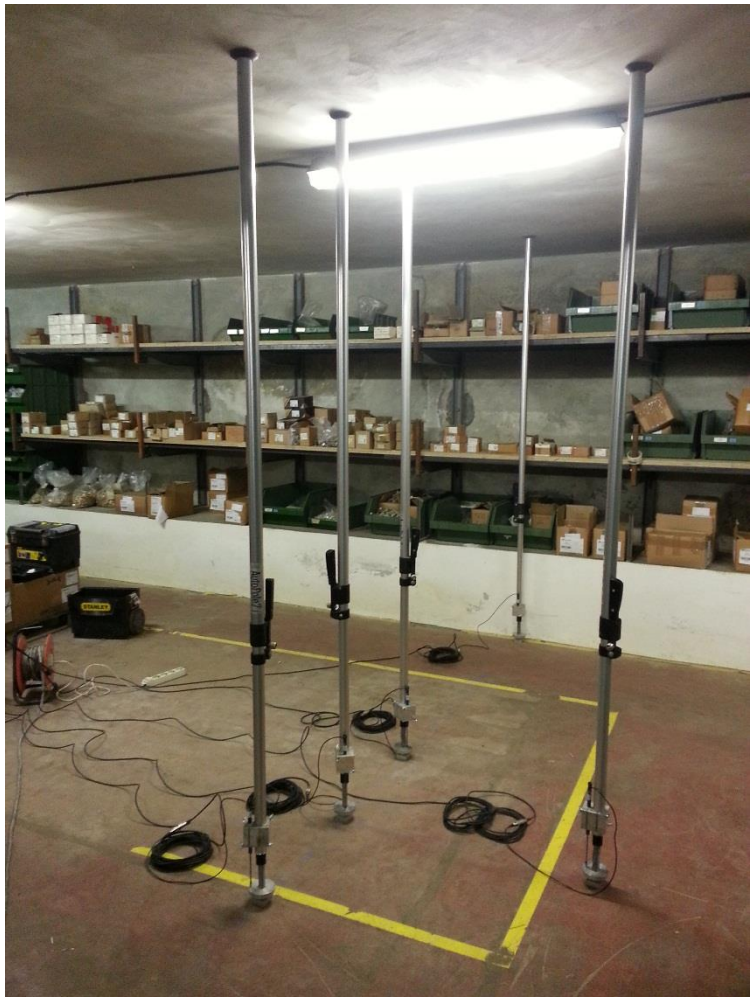
Indagini su strutture di qualsiasi tipo: prove dinamiche

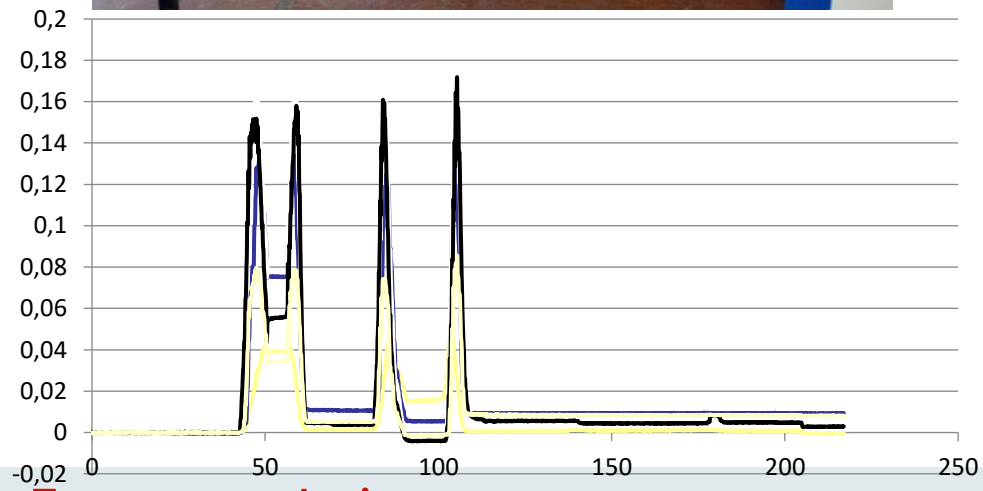
Prove di carico dinamiche per rilevare il comportamento dinamico della porzione di struttura.



VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8

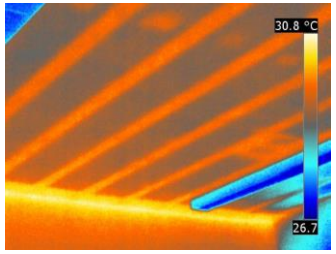
Indagini su strutture di qualsiasi tipo: prove dinamiche





VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su solai: Prove per prevenzione Sfondellamento

VERIFICHE SU STRUTTURE ESISTENTI CAP. 8
Indagini su solai: Prove per prevenzione Sfondellamento



Grazie per l'attenzione