

Sommario:

1. La sicurezza degli edifici esistenti attraverso il controllo

- Premessa

2. Tabelle riassuntive per i livelli di conoscenza (NTC 2008)

- Costruzioni in muratura
- Costruzioni in calcestruzzo armato e in acciaio
- Riferimenti tecnici

3. Indagini in opera

- Premessa
- Strutture in cemento armato
- Strutture in muratura
- Prove di carico distribuito su solaio

4. Risposte in breve

- L'esperto risponde alle domande più frequenti rivolte ad un Ente di Certificazione.

Questa newsletter è sponsorizzata da:



www.lamieredil.com



www.schnell.it



www.netconcrete.info

1. La sicurezza degli edifici esistenti attraverso il controllo

➤ Premessa

L'opinione pubblica è stata scossa in quest'ultimo decennio dai tragici eventi che hanno colpito il nostro Paese; eventi che hanno messo in luce, purtroppo, la grande vulnerabilità dei nostri edifici.

A seguito del "boom edilizio" e della forte urbanizzazione, il livello di qualità del costruito italiano degli ultimi cinquant'anni si è rivelato tra quelli più influenzati negativamente in Europa dal degrado per vetustà e da problemi derivanti da soluzioni costruttive, tecnologiche o materiche. Alla luce di questo la normativa ha collocato grande rilevanza nella verifica e nell'adeguamento degli edifici ai rischi reali.

La valutazione dell'idoneità della costruzione sul profilo strutturale e il reale livello di pericolosità a cui è sottoposta si possono ottenere solo a seguito di uno studio approfondito e specialistico volto ad individuarne i fattori di rischio. Tra i temi più scottanti, oggi vi sono l'adeguamento strutturale/antisismico delle scuole ed il Piano Casa.



Indagine in opera al Palazzo del Capitano, Siena

non coordinato e in assenza di un indirizzo comune, portando ad una forte disomogeneità normativa, che conta da Regione a Regioni differenti limitazioni. In alcune regioni, ad esempio, è destinato solo agli edifici residenziali, mentre in altre è ampliato agli edifici produttivi o artigianali, o a strutture miste, o ancora ad attività ricettive (CENSIS "43° Rapporto annuale sulla situazione sociale del Paese").

Il risultato è che uno stesso intervento edilizio può essere ammesso o meno in funzione di longitudine e latitudine di appartenenza, rendendo di certo ardua ai soggetti interessati il

◆ Adeguamento strutturale

Il primo caso giunge dalla Legge Finanziaria del 2008 attraverso il Fondo per gli interventi straordinari in cui sono stati stanziati ulteriori 20 milioni di euro da destinarsi, secondo le modalità descritte dall'Ordinanza n. 3879, alle Regioni attraverso la Protezione civile, per attuare interventi di adeguamento sismico o riqualificazione, nonché di realizzazione di nuovi edifici scolastici. L'analisi dello stato di fatto è il fulcro delle scelte fatte dagli enti preposti sulla base dello stato di salute degli edifici, risultato dell'analisi congiunta tra i tecnici incaricati e i risultati emersi dalle indagini specialistiche.

◆ Piano casa

Nella seconda ipotesi, cioè quella del Piano Casa, le Regioni hanno legiferato in modo

compito della valutazione e progettazione. Tutti gli interventi, comunque, devono essere conformi al DM 14 Gennaio 2008 (NTC 2008), ciò comporta una onerosità, nel rispetto delle prescrizioni sismiche, proporzionale all'importanza della sismicità del sito. Ogni intervento sull'esistente ne modifica la risposta sismica; nel caso di ampliamento citato dal Piano Casa, nell'istante in cui si interviene, si deve effettuare anche una valutazione sismica come se si trattasse di un edificio ex-novo.

Nelle NTC 2008 sono previsti tre diversi tipi d'intervento:

- interventi di adeguamento per conseguire i livelli di sicurezza delle NTC 2008;
- interventi di miglioramento atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, anche senza raggiungere i livelli richiesti dalla NTC 2008;
- riparazioni o interventi locali che interessino elementi isolati e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

L'adeguamento sismico risulta obbligatorio in caso si effettui una sopraelevazione, un ampliamento o una trasformazione dell'organismo edilizio, ovvero si incrementino i carichi gravanti in fondazione di più del 10%. Risultano invece da classificare tra gli interventi di miglioramento quelli che non rientrano nei precedenti, che siano comunque finalizzati ad aumentare la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle norme sismiche modificando il comportamento strutturale locale e globale. Entrambi i casi sono soggetti al collaudo statico finale per la verifica della rispondenza e della reale congruità degli interventi con i dettami della norma.

Ne deriva una complessità e onerosità di intervento che nasce dal calcolo dei tecnici che si trovano a dover fronteggiare situazioni spesso imprevedibili a priori, dettate dallo stato di fatto dell'edificio esistente.



Il tecnico, seguendo le regole della deontologia professionale e delle proprie conoscenze intellettuali, decide di analizzare in modo più o meno esaustivo l'edificio; ciò non solo per adottare le scelte più appropriate ma anche per la definizione dei costi e dei tempi di esecuzione.

Nasce quindi l'opportunità per i singoli proprietari di procedere all'adeguamento anche se non strettamente necessario, aumentandone il valore sia economico che di sicurezza statica e sismica.

Quindi il progetto delle indagini da parte dei progettisti deve essere volto al consapevole sfruttamento dei risultati, consci che un esame sempre più approfondito porta ad un "livello di conoscenza" più alto e quindi ad un "fattore di confidenza" inferiore nella determinazione dei parametri e delle caratteristiche meccaniche e fisiche.

Riporteremo di seguito le tabelle C8A.1.1 e C8A.1.2 della circolare applicativa "A" dell'NTC 2008 riferite alle indicazioni che il decreto fornisce per la determinazione dei fattori di confidenza da applicare. Successivamente riporteremo alcune delle tipologie di prova utili sia a caratterizzare i materiali da costruzione utilizzati, sia a determinare particolari costruttivi.

2. Tabelle riassuntive per i livelli di conoscenza (NTC 2008)

➤ Costruzioni in muratura

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1.35
LC2			Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3		verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).		1.00

➤ **Costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio**

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Le prove opportune nei diversi casi sono indicate nella Tabella C8A.1.3.

Tabella C8A.1.3a – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)}
Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)		
Verifiche limitate	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
Verifiche estese	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
Verifiche esaustive	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 C8A.1.3b – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in acciaio

	Rilievo (dei collegamenti)(a)	Prove (sui materiali) (b)
Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)		
Verifiche limitate	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
Verifiche estese	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
Verifiche esaustive	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

◆ Note esplicative alla tabella C8A.1.3 (a, b)

Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.
- Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe.
- Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.
- Il numero di provini riportato nelle tabelle 8A.3a e 8A.3b può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

➤ Riferimenti tecnici

Per quanto non diversamente specificato nel DM14/01/2008 e relativa circolare applicativa, s'intendono coerenti con i principi alla base della stessa, le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii.;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Possono essere utilizzati anche altri codici internazionali, purché sia dimostrato che garantiscano livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle presenti Norme tecniche.

3. Indagini in opera

➤ Premessa

L'interesse nei confronti del settore delle indagini in situ è stato incentivato sia grazie al notevole aumento di interventi di recupero del patrimonio esistente, dovuti alla tendenza a recuperare zone già insediate e sempre più spesso soggette a vincoli, sia grazie ad una più saggia riclassificazione sismica del territorio nazionale, frutto di una maggiore consapevolezza del rischio e dell'effetto delle azioni dinamiche sulle strutture.

Spesso però non è semplice creare un modello strutturale simile alla realtà, soprattutto a causa dell'avanzato stato di degrado dei materiali da costruzione, dell'utilizzo di materiali non usuali in campo edile, e talvolta anche a causa di metodologie costruttive improvvisate. A seguito di questo, è diventato di primaria importanza il quadro conoscitivo della struttura da verificare. Riportiamo di seguito alcune prove in opera.

➤ Strutture in cemento armato

◆ Indagine pacometrica (DIN 1045)

Rilievo magnetometrico della posizione delle armature principali e delle staffe in modo da escluderle dalla superficie di prova (per l'indagine sclerometrica) e dal percorso delle onde ultrasonore (per le indagini ad ultrasuoni) e dal percorso della corona diamantata (per l'estrazione delle carote). Nota: lo strumento, per quanto preciso nella localizzazione delle barre d'armatura e nella misura del copriferro, è affetto da errori, valutabili nell'ordine di due diametri, nel rilievo della misura delle barre.

E' opportuno, ove possibile, scarificare il calcestruzzo, mettendo a nudo le barre per calibrare lo strumento e comunque per misurare con precisione tramite calibro l'esatto diametro delle barre indagate.



◆ Determinazione dell'indice sclerometrico (UNI EN 12504-2)

Lo sclerometro consiste in un maglio di acciaio caricato a molla che, quando viene rilasciato, colpisce un pistone di acciaio a contatto con la superficie del calcestruzzo.

La distanza di rimbalzo del martello di acciaio dal pistone di (acciaio) viene misurata su una scala lineare applicata al telaio dello strumento.

La superficie di prova va accuratamente pulita prima dell'esecuzione delle battute sclerometriche.

Il metodo non è utilizzabile come sostituto per la determinazione della resistenza alla compressione del calcestruzzo, ma solo per stimare la resistenza in situ con delle correlazioni fatte con altre prove specifiche.

La battuta sclerometrica risulta fortemente influenzata dalle condizioni dello strato superficiale come carbonatazione o disgregazione superficiale, e di conseguenza la precisione della resistenza del calcestruzzo varia da un 15% ad un 30%, valore comprensibilmente troppo elevato.

◆ Indagini ultrasoniche (UNI EN 12504-4)

L'apparecchiatura per il controllo ultrasonico dei materiali è costituita da un trasmettitore di impulsi che vengono trasformati, attraverso un trasduttore, in vibrazioni meccaniche di frequenze ultrasoniche.

Per la determinazione della velocità di trasmissione del suono, lo strumento si avvale di due teste piezoelettriche, una emittente e l'altra ricevente, unite alle strutture attraverso l'interposizione di una pasta fluida costituente il mezzo di accoppiamento sonda-superficie.

Dal tempo in μs rilevato dallo strumento, si risale alla velocità di propagazione attraverso la seguente formula:

$$V = \frac{S}{t} \cdot 10^6$$

V = velocità, espressa in m/s

S = distanza, espressa in m

t = tempo, espresso in μs

◆ Indagine combinata sclerometro-ultrasuono (metodo Sonreb)

La stima della resistenza cubica a compressione "RS" è stata calcolata impiegando il metodo combinato sclerometro-ultrasuoni, utilizzando la seguente formula*:

$$R_S = 1,2 \cdot 10^{-9} \cdot I_R^{1,058} \cdot V_P^{2,446} \quad [\text{MPa}]$$

() Formula ricavata dall'articolo "Prove non distruttive sulle costruzioni in cemento armato" di Antonio di Leo - Giovanni Pascale pubblicato su "Sistema di Qualità e Prove non Distruttive per l'affidabilità e la sicurezza delle strutture civili".*

IR = indice medio del rimbalzo allo sclerometro misurato su n. 12 battute

VP = velocità di propagazione dell'ultrasuono, espressa in m/s

◆ Prove di Pull-Out (UNI 10157)

La prova consiste nella determinazione della forza necessaria ad estrarre da un elemento in calcestruzzo, un inserto metallico post-inserito nel getto.

La superficie di prova va accuratamente pulita prima dell'esecuzione della prova di estrazione. Dalla pressione di estrazione del tassello ricaviamo la forza esercitata utilizzando l'equazione di taratura del martinetto Pull-Out.

Mediante l'apposita formula elaborata dagli Ingg. Fiorenzo Meneghetti e Tiziano Meneghetti viene stimata successivamente la resistenza a compressione del calcestruzzo.

È necessario scarificare l'intonaco nella porzione di elemento da indagare questa prova da risultati poco attendibili se eseguita su calcestruzzo appartenente a elementi strutturali di edifici non recenti (maggiore a 7-8 anni).

Può essere utilizzata come comparazione della resistenza a compressione ottenuta dalla prova a compressione su carote prelevate da alcuni punti di prova PULL OUT.



◆ **Prelievo di campioni cilindrici di calcestruzzo - carote e microcarote (UNI EN 12504-1, UNI 10766)**

Metodo d'estrazione:

- perforatrice elettrica a rotazione munita di corona diamantata a raffreddamento ad acqua.

Preparazione dei provini:

- taglio con sega a disco.
- Rettifica delle facce mediante mola diamantata e successiva cappatura con malta di cemento.

I provini sono poi posizionati tra i piatti della pressa per la determinazione del carico di rottura. La resistenza del calcestruzzo prelevato in situ risulta influenzata da diversi fattori che portano a valori molto diversi rispetto a quelli valutati dai provini standard a 28 gg. Risulta chiaramente comprensibile che un calcestruzzo estratto in situ abbia subito una posa e una stagionatura non standardizzata, e che il prelievo del campione risente di molti fattori negativi come la posizione di estrazione (parallela o perpendicolare al getto; in alto, al centro o in basso ad es. in un pilastro); il "tormento" derivante dalla fase di estrazione

stessa, sia essa eseguita con carotiere lubrificato o non; le dimensioni del cilindro ricavato; il tipo di aggregato o alla presenza di armatura interna alla carota.



◆ Carbonatazione del calcestruzzo tramite fenoftaleina (UNI 9944)

L'indagine ha lo scopo di rilevare lo stato di conservazione degli elementi della struttura in c.a. in oggetto, in particolare la determinazione della profondità di carbonatazione.

Per la determinazione della profondità di carbonatazione del calcestruzzo si è utilizzata una soluzione di fenoftaleina all'1 % in alcool etilico. Questa è stata spruzzata, mediante nebulizzatore, direttamente sulle buche fatte direttamente sulla struttura in opera secondo i piani normali alla superficie esposta all'aria.

La fenoftaleina vira al rosso al contatto con materiali il cui pH sia maggiore di circa 9,2 e rimane incolore per valori di pH minori. Le indagini per la determinazione della profondità della carbonatazione sono state effettuate direttamente sui coni di rottura formati dalle prove di Pull-Out e sulle carote estratte. Misura della durezza superficiale delle strutture in c.a. mediante sclerometro.



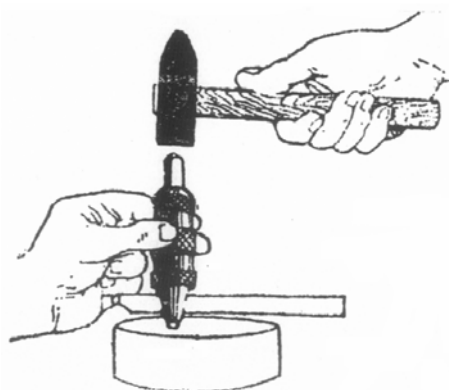
◆ **Determinazione della resistenza di un elemento di acciaio - Metodo POLDI.**
La prova è una stima della resistenza di un pezzo di acciaio, secondo il metodo "POLDI", misurando e confrontando con annesse tabelle, il diametro delle impronte prodotte da un colpo di martello, mediante apposito punzone a sfera sul pezzo d'acciaio esaminato e sulla barretta di confronto (vedi disegno). Tale resistenza è espressa in kg/mm².

◆ **Modalità di esecuzione della prova.**

Sul campione da esaminare viene rettificata una piccola superficie in modo che risulti liscia e piana. Dopo di ciò poniamo sulla superficie così preparata la sfera dell'apparecchio munito della barretta di confronto, osservando che l'asse dell'apparecchio sia perpendicolare alla superficie del campione di cui si vuol determinare la resistenza. Ciò fatto diamo un colpo deciso di martello sulla testa del punzone (*vedi figura*).

Ne risultano due impronte della sfera e, precisamente, una sulla barretta di confronto e l'altra sul campione da esaminare; dal diametro delle impronte rilevate con lente graduata al decimo di millimetro si ricava, con tabelle annesse allo strumento, la resistenza del campione in esame.

Disegno schematico dell'esecuzione della prova con il metodo "Poldi"



◆ **Prelievo di barre d'armatura per prove di trazione.**

Per la caratterizzazione delle barre d'armatura si necessita di estrarre in situ una barra della lunghezza almeno di 50 cm per poi sottoporla alla successiva prova di trazione. Da questa prova emergono la resistenza a snervamento e quella a rottura, nonché l'allungamento, cioè i parametri strettamente necessari ad identificare il tipo di acciaio da costruzione utilizzato.

➤ **Strutture in muratura**

◆ **Prove con martinetto piatto singolo (Determinazione dello stato di sollecitazione della muratura).**

La prova, eseguita mediante l'utilizzo di un martinetto piatto oleodinamico semiovale, permette di ricavare lo stato di sollecitazione preesistente nella muratura.

Il materiale su cui viene eseguita la prova è normalmente eterogeneo, per cui si cerca di fare in modo che i valori misurati siano i più rappresentativi possibili di un comportamento medio della struttura in esame.

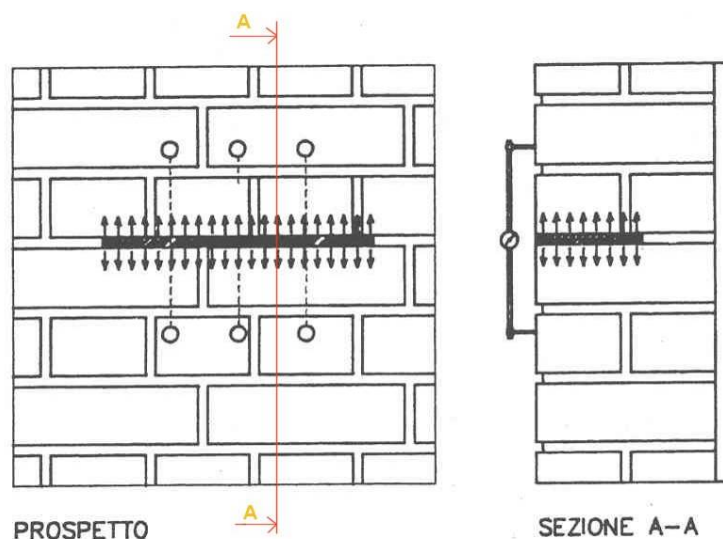
Le condizioni che caratterizzano tale prova sono costituite dal tipo di compressione praticamente uniassiale e dal fatto che la porzione di struttura muraria in esame ha dei vincoli particolari non simmetrici ed a volte non del tutto ben definiti.

Le modalità generali di posa consistono nel realizzare un taglio piano ortogonale alla parete della muratura e misurare la convergenza (parziale chiusura) che le due facce del taglio subiscono con la realizzazione del taglio stesso mediante punti di riferimento simmetrici inseriti preventivamente nella parete sui due lati del taglio.

Dopo aver introdotto il martinetto piatto nel taglio opportunamente predisposto, lo si mette progressivamente in pressione sino a riportare in condizioni iniziali la geometria del taglio, con l'ausilio di una serie di misure tra i punti di riferimento.

In tale condizione il valore della pressione idraulica all'interno del martinetto è uguale al valore della sollecitazione preesistente entro la muratura; tramite opportune costanti si tiene conto della rigidità propria del martinetto, delle aree nette del taglio e del martinetto e quindi delle superfici reali di contatto martinetto-taglio.

Disposizione del martinetto piatto e delle basi di misura per la determinazione della tensione verticale della muratura



◆ Prove con martinetto piatto doppio (determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura)

La determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura viene effettuata praticando due tagli orizzontali paralleli ad una distanza di circa 50 cm, nei quali vengono introdotti i due martinetti piatti oleodinamici semiovali.

La particolare condizione equivale ad una compressione monoassiale della porzione di muratura compresa fra i due tagli, in direzione ortogonale al piano di posa dei mattoni, che consentirà la stima della resistenza a compressione.

Il materiale su cui viene eseguita la prova è normalmente molto eterogeneo, per cui si cerca di fare in modo che i valori misurati siano i più rappresentativi possibili di un comportamento medio della struttura in esame.

Le condizioni che caratterizzano tale prova sono costituite dal tipo di compressione praticamente uniassiale e dal fatto che la porzione di struttura muraria in esame ha dei vincoli particolari non simmetrici ed a volte non del tutto ben definiti. Per la prova con n. 2

martinetti (si veda il disegno schematico seguente), inseriti in altrettanti tagli piani paralleli e sovrapposti, la messa in pressione idraulica dei due martinetti è realizzata con un unico circuito in modo da avere un decorso dell'entità dei carichi assolutamente identico. Le numerose basi estensimetriche (longitudinali e trasversali) installate sulla faccia della porzione di muratura in prova, interposta fra i due martinetti, consentono di ottenere il quadro completo del suo comportamento deformativo.

Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico per cicli di carico e scarico, con intensità via via crescente. I risultati vengono registrati su diagrammi pressione/deformazione, in seguito riportati.

La pressione effettivamente applicata sulla muratura è calcolata con la seguente relazione:

$$\sigma = \frac{A_m}{A_t} \cdot \bar{K}_m \cdot p$$

A_m = area del martinetto;

A_t = valore medio delle due aree di taglio;

K_m = valore medio dei due coefficienti di taratura dei martinetti;

p = pressione erogata dai due martinetti.

Il valore del modulo elastico verticale (longitudinale) della muratura è determinato dalla relazione:

$$E_v = \frac{\sigma}{\varepsilon_v}$$

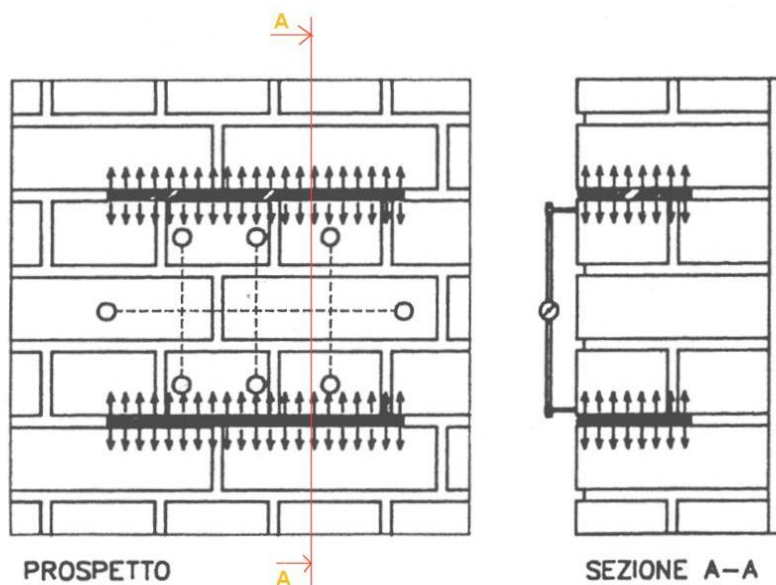
ε_v = deformazione verticale (longitudinale) misurata in prossimità dell'asse di mezzeria dell'elemento murario delimitato dai due martinetti.

Il valore del modulo elastico orizzontale (trasversale) della muratura è determinato dalla relazione:

$$E_t = \frac{\sigma}{\varepsilon_t}$$

ε_t = deformazione orizzontale (trasversale) misurata dalle basi di misura applicate sull'elemento murario delimitato dai due martinetti.

Schema della prova con doppio martinetto per la determinazione delle caratteristiche di deformazione



◆ **Determinazione della resistenza allo scorrimento (τ di taglio)**

La determinazione della resistenza allo scorrimento della muratura (taglio τ) in presenza di carichi verticali consiste nel verificare la forza occorrente per far scorrere i provini (blocchi) della muratura, nel piano dei giunti di malta orizzontale ed in presenza del carico verticale.

◆ **Apparecchiatura di prova**

Per l'esecuzione della prova di scorrimento su murature è stata utilizzata la seguente apparecchiatura:

- martinetto cilindrico oleodinamico per la determinazione della resistenza allo scorrimento (taglio τ) dei mattoni, nel piano dei giunti di malta orizzontali;
- manometro digitale "LAB DMM" avente fondo scala di 1000 bar, codice di identificazione interno SC 338 di produzione "AEP".

Prova allo scorrimento della muratura



◆ **Determinazione della resistenza meccanica di mattoni**

La prova è stata eseguita con carico agente normalmente al piano di carico su superfici preventivamente spianate mediante rettifica meccanica.

◆ **Determinazione della resistenza meccanica della malta tramite punzonamento**

Dai conci in muratura si sono prelevati dei campioni composti dal mattone pieno, alla base, e dal giunto di malta orizzontale di allettamento sulla sua superficie superiore.

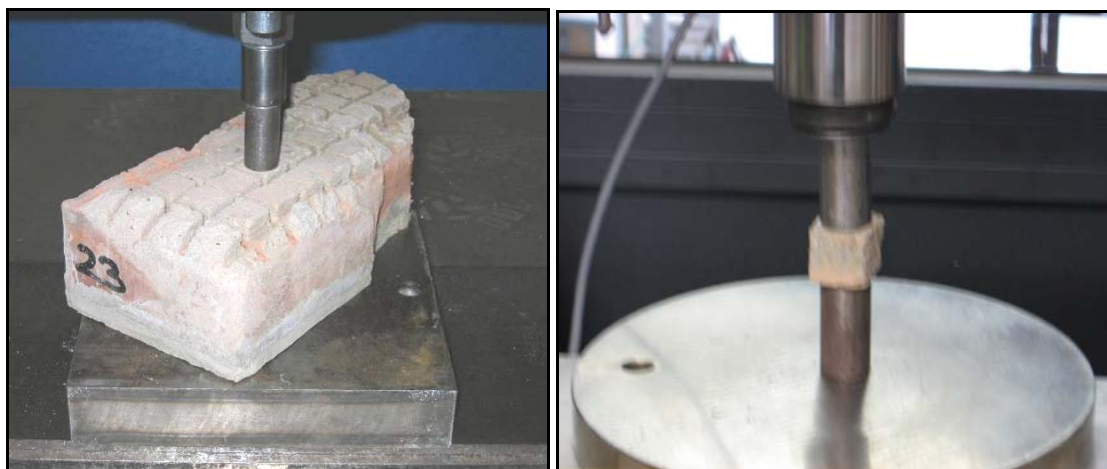
La parte inferiore del provino è stata spianata, mediante cappatura, con malta cementizia ad elevata resistenza.

Sul giunto di malta superiore, oggetto della prova, si è proceduto nell'intaglio, con apposita sega avendo cura di arrecare il minor disturbo al campione, della sola malta, in modo tale da isolare tutta una serie di provini.

Sui provini così ricavati si è eseguita la prova di compressione, caricando il giunto di malta con un apposito punzone avente diametro di 20 mm. La velocità di prova è stata impostata a 5 mm/min.

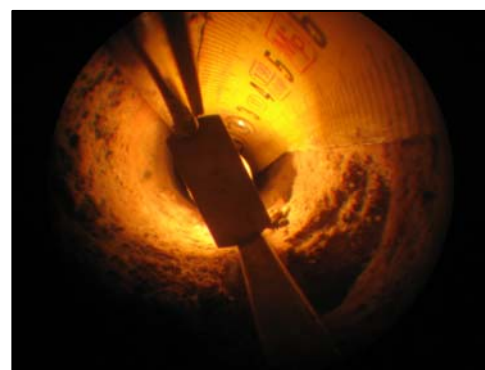
Nei fogli nn. 13 e 14 sono riportate le tabelle delle singole prove.

Particolare di campioni sottoposti a prova



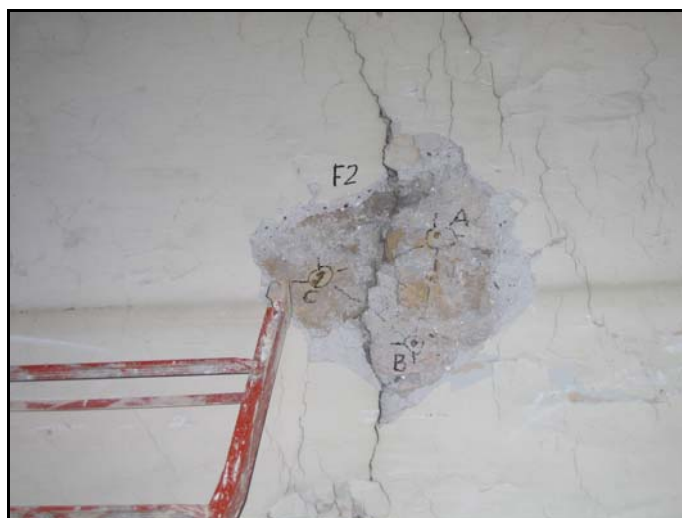
◆ Endoscopia

La tecnica endoscopica si basa sull'introduzione di un apparecchio a fibre ottiche o ad obiettivi che attraverso una sorgente illuminante permette di vedere all'interno di un foro praticato in precedenza (es. diametro da 40 mm) nella zona da ispezionare. Si tratta di un metodo non distruttivo a bassa invasività che permette di restituire immagini della sezione attraversata. Trova la sua applicazione nella ricerca defectologica e tipologica.



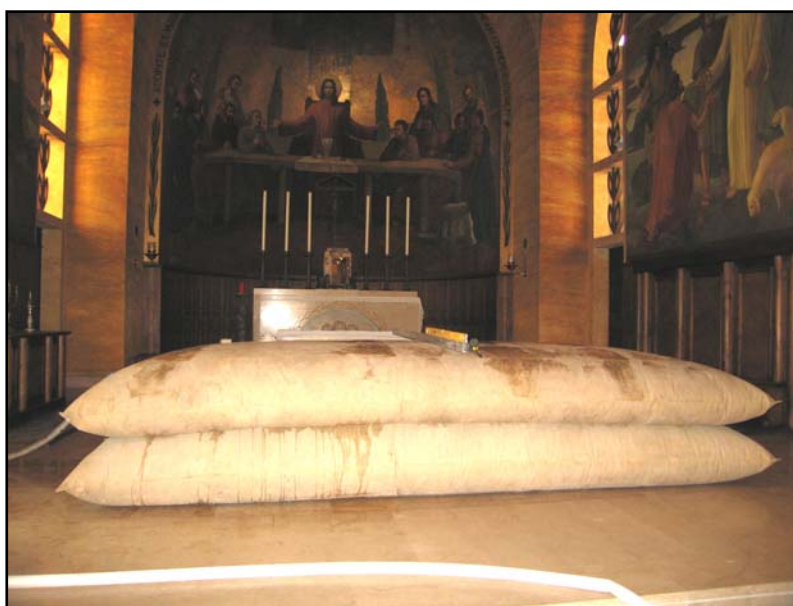
◆ Monitoraggi fessurimetrici e strutturali

Esecuzione di misure periodiche della variazione di apertura dei giunti strutturali mediante installazione di basi deformometriche. Monitoraggio fessurimetrico mediante deformometro con precisione bimillesimale. A cavallo della fessura saranno applicate n. 2 basi deformometriche.



➤ Prova di carico distribuito su solaio

La prova consiste nella rilevazione delle frecce mediante trasduttori di spostamento con acquisizione dati in continuo su PC. Il carico viene realizzato con uno o più serbatoio, affiancati o sovrapposti, per raggiungere entità di carico più elevate. Questo consente di verificare la reale deformazione sotto carico e valutare l'eventuale modifica delle caratteristiche fisico meccaniche dei solai nei vari step. Viene verificato se l'accrescimento delle deformazioni è proporzionale all'incremento del carico, valutata la freccia residua, la valutazione del comportamento elastico tra i vari cicli di carico e scarico e la deformazione massima residua.



◆ Bitta sferica

Su richiesta dei clienti vengono effettuate prove di carico con l'utilizzo di martinetti idraulici e centralina oleodinamica, monitorando in contemporanea, con l'utilizzo di trasduttori, lo spostamento sull'elemento.



◆ Trave reticolare di copertura

Su richiesta dei clienti vengono effettuate prove di carico con l'utilizzo di martinetti idraulici e centralina oleodinamica, con l'aggiunta di funi o catene per effettuare il "tiro", monitorando in contemporanea, con l'utilizzo di trasduttori, lo spostamento sull'elemento.



4. Risposte in breve

- **L'esperto risponde alle domande più frequenti rivolte ad un Ente di Certificazione.**



Settore: Scienze delle costruzioni

Argomento: Indagini in opera

D: Tra i tanti metodi d'indagine non distruttivi su calcestruzzo, quali sono le prove che danno risultati più attendibili?

R: Le indagini più conosciute sono sicuramente la prova di pull out (prova semi-distruttiva) e la prova sclerometrica, entrambe utilizzatissime per la loro praticità. I risultati risultano però molto influenzati dallo strato di calcestruzzo carbonatato presente negli edifici non recenti. Risultati più validi sono invece quelli ricavati dall'indagine combinata sclerometro-ultrasuoni. Comunque si consiglia, ove possibile, di effettuare qualche carotaggio per comparare i risultati ottenuti dalla prova di compressione della carota.

D: Innovazione del Nuovo decreto per le Costruzioni è l'obbligo di effettuare almeno una prova di carico su palo di fondazione ogni volta che sia prevista l'esecuzione di questi in un cantiere. Come si effettua questa prova?

R: La prova è concettualmente molto semplice: si simula il carico di progetto sul palo in prova tramite martinetti oleodinamici, misurando i cedimenti di questo durante ogni fase di carico e monitorando i tempi necessari al terreno per stabilizzarsi.

Il problema "esecutivo" è dovuto al fatto che è necessario trovare un contrasto adeguato al martinetto oleodinamico: il contrasto viene solitamente effettuato tramite una trave in acciaio vincolata ai pali limitrofi a quello da testare. La trave ovviamente sarà dimensionata per supportare i carichi necessari ed avrà una lunghezza necessaria a collegare i pali di contrasto: questo implica diversi problemi di trasporto (spesso si parla di travi lunghe 10 metri e del peso di 5 o 6 tonnellate). Un altro problema è il sistema di vincolo trave-pali di contrasto, facilmente risolvibile se i pali non sono stati gettati annegando nel getto tiranti opportuni, ma più complesso se i pali sono già eseguiti: occorre infatti collegare le barre d'armatura del palo alla trave mediante saldatura.

Per carichi modesti è possibile creare il contrasto mediante zavorre (solitamente cubi di calcestruzzo o zavorre per gru). Questo sistema è frequentemente utilizzato per fabbricati residenziali di 1 o 2 impalcati.

Per contatti e valutazioni gratuite **Lab. Scienza delle Costruzioni - Indagini e collaudi in opera**
Ing. Davide Zozzi Tel. 0541-322272 fax: 0541-340659 e-mail d.zozzi@giordano.it

Ing. Davide Basile Tel. 0541-322272 fax: 0541-340659 e-mail d.basile@giordano.it

Per ulteriori informazioni sugli argomenti trattati o per diventare sponsor delle newsletter Istituto Giordano potete contattare la Redazione de laLente:

Dott. Edoardo Serretti: e.serretti@giordano.it
Tel. 0541 343030 oppure visitare il sito www.giordano.it