Indice

1. PROVE DI CARICO STATICHE
- 1.1 Misura tramite trasduttori di spostamento
- 1.2 Misura tramite inclinometri
- 1.3 Misura tramite livello ottico
- 1.4 Valutazione della stabilità dei parapetti

2. INDAGINI DINAMICHE
- 2.1 Caratterizzazione dinamica con sensori accelerometrici
- 2.2 Caratterizzazione dinamica con terne microsismiche
- 2.3 Danni prodotti dalle vibrazioni
- 2.4 Collaudo dinamico
- 2.5 Disturbo ambientale causato dalle vibrazioni
- 2.6 Rilievo dello stato tensionale delle catene e stralli
- 2.7 Analisi dinamica delle vibrazioni mediante interferometro

3. INDAGINI SULLE FONDAZIONI
- 3.1 Cross-Hole (carotaggio sonico)
- 3.2 SIT (Sonic Integrity Test) – PIT (Pile Integrity Test)
- 3.3 Prove di carico su pali
- 3.4 Valutazione dello stato di tensione tramite Strain-Gauges (estensimetri)
- 3.5 Prova di carico dinamica sul palo
- 3.6 TIP (Thermal Integrity Profiling)

4. INDAGINI SULLE MURATURE
- 4.1 Indagini tramite endoscopio
- 4.2 Valutazioni con martinetto piatto
- 4.3 Valutazioni con martinetto piatto doppio
- 4.4 Misurazioni soniche / ultrasoniche
- 4.5 Prelievo di muratura

5. INDAGINI SUI CALCESTRUZZI
- 5.1 Ultrasuoni con trasmissione diretta, semidiretta, indiretta
- 5.3 Valutazione della resistenza del calcestruzzo con metodo Pull-out
- 5.5 Valutazione della resistenza del calcestruzzo con sclerometro
- 5.6 Valutazione della resistenza del calcestruzzo metodo Windsor
- 5.7 Valutazione della profondità della carbonatazione
- 5.8 Carotaggio del calcestruzzo
- 5.9 Valutazione della resistenza del calcestruzzo mediante Speedymet
- 5.10 Misura delle tensioni tramite Strain-Gauges (estensimetri)
- 5.11 Indagini tramite endoscopio
- 5.12 Analisi quantitativa dello ione-cloro

5.13 Valutazioni con metodo SonReb
5.14 Misura della forza di adesione del rivestimento (Pull-Off)

6. INDAGINI SUGLI ACCIAI
6.1 Prove con microdurometro Vickers
6.2 Controllo delle saldature con liquidi penetranti PT
6.3 Controllo delle saldature con particelle magnetiche MT
6.4 Controllo delle saldature con ultrasuoni UT
6.5 Misure spessimetriche con ultrasuoni
6.6 Misure spessimetriche del rivestimento
6.7 Esame macrografico delle saldature
6.8 Analisi con spettrometro sulla composizione chimica
6.9 Esame mediante repliche metallografiche
6.10 Verifica della coppia di serraggio di bulloni
6.11 Verifica di integrità delle chiodature

7. INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA
7.1 Indagini tramite pacometro
7.2 Prelievo di armature
7.3 Misura del potenziale di corrosione
7.4 Misura dello stato di tensione tramite Strain-Gauges (estensimetri)

8. INDAGINI SUL LEGNO
8.1 Ispezioni in situ
8.2 Indagini microsismiche ed ultrasoniche
8.3 Determinazione del profilo resistografico
8.4 Valutazione del modulo elastico tramite Pilodyn
8.5 Indagini tramite endoscopio
8.6 Misura dell'umidità con igrometro

9. INDAGINI SUI TERRENI

10. MONITORAGGI
10.1 Movimento delle fessurazioni con riscontri fissi
10.2 Movimento delle fessurazioni con sistema multicanale in linea
10.3 Cedimenti assoluti con tazze livellometriche

11. PROVE SPECIALI
11.1 Indagini tramite Georadar
11.2 Rilievo tramite Laser Scanner

PROVE DI CARICO STATICHE	**1**
Misura tramite trasduttori di spostamento	***1.1***

Le prove di carico statiche hanno lo scopo di verificare il comportamento sperimentale per confrontarlo con quello teorico oppure per appurare l'elasticità per carichi prefissati o crescenti. L'applicazione del carico avviene utilizzando autocarri o locomotori a seconda che si tratti di ponte stradale o ferroviario. Nel caso di passerelle pedonali vengono utilizzati serbatoi riempiti d'acqua. Le frecce vengono rilevate in tempo reale su computer mediante trasduttori differenziali montati su aste telescopiche portate all'intradosso della struttura.

PROCEDURA

- Portare i sensori differenziali all'intradosso dell'impalcato mediante le aste telescopiche.
- Verificarne il funzionamento ed eseguire l'azzeramento.
- Applicare le condizioni di carico previste, mantenendole fino alla stabilizzazione delle frecce.
- Ripetere ogni condizione di carico almeno una volta.
- Verificare l'elasticità della struttura (permanenza, ripetibilità e linearità).
- Completata la prova sulle campate in misura i carichi saranno applicati anche sulle altre campate verificando visivamente l'eventuale insorgere di anomalie.

NOTE

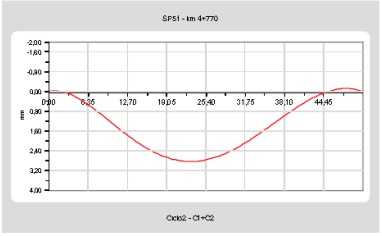
- Il campo di attivazione dei sensori deve essere maggiore della freccia prevista.
- La disposizione delle aste deve essere tale da poter rilevare le frecce in mezzeria, agli appoggi ed ad ¼ della luce.
- Nella misura agli appoggi i sensori devono essere posti in asse con gli stessi e non a distanza.
- Ogni sensore deve essere collegato sul proprio canale verificandone la corrispondenza.

RIFERIMENTI

C. M. LL. PP. 25 febbraio 1991
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 9.2.2 – 9.2.3)

PROVE DI CARICO STATICHE	**1**
Misura tramite inclinometri	***1.2***

La misura della deformata avviene utilizzando il metodo delle tangenti. Consiste, nel misurare, attraverso l'uso di un certo numero di sensori inclinometrici, le rotazioni di alcune sezioni significative della struttura. Rilevate le inclinazioni e calcolate le tangenti, si procede ad elaborare la funzione interpolante risolvendo un sistema di equazioni n pari al numero di sensori impiegati, e successivamente integrando per ottenere la deformata. L'elaborazione avviene in linea con le deformate sullo schermo in tempo reale.



Posizione [m]	0,00	6,35	12,70	19,05	25,40	31,75	38,10	44,45	50,80
Frecce [mm]	0,00	0,52	1,76	2,66	2,77	2,09	0,99	0,07	0,00

PROCEDURA

- I sensori vanno posizionati sul bordo con linea di misura longitudinale ed in mezzeria con linea di misura trasversale.
- Verificarne il funzionamento ed eseguire l'azzeramento.
- Applicare le condizioni di carico previste, mantenendole fino alla stabilizzazione delle frecce.
- Ripetere ogni condizione di carico almeno una volta.
- Verificare l'elasticità della struttura (permanenza, ripetibilità e linearità).
- Completata la prova sulle campate in misura i carichi saranno applicati anche sulle altre campate verificando visivamente l'eventuale insorgere di anomalie.

NOTE

- Estrema attenzione a non urtare i sensori durante le operazioni di carico.
- Nella misura con inclinometri wireless verificare la potenza del segnale dei dataloggers verso la centralina.
- L'eventuale prolungamento della misura oltre 30 minuti dovrà prevedere l'inserimento di programmi di calibrazione degli effetti termici (Quality Control).
- Per la deformata longitudinale vanno posizionati almeno quattro sensori.

RIFERIMENTI

C. M. LL. PP. 25 febbraio 1991
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 9.2.2 – 9.2.3)

PROVE DI CARICO STATICHE — 1

Misura tramite livello ottico — *1.3*

Le prove di carico statiche hanno lo scopo di verificare il comportamento sperimentale per confrontarlo con quello teorico oppure per appurare l'elasticità per carichi prefissati o crescenti. L'applicazione del carico avviene utilizzando autocarri o locomotori a seconda che si tratti di ponte stradale o ferroviario. Nel caso di passerelle pedonali vengono utilizzati serbatoi riempiti d'acqua. Le rilevazioni delle frecce sono effettuate tramite livello e micrometro ottico.

PROCEDURA

- Scegliere uno o più punti, generalmente in mezzeria impalcato, nel quale andrà posizionata la stadia e un punto fuori dall'impalcato, non troppo lontano ma nemmeno soggetto a movimenti del terreno, nel quale verrà posizionata il livello ottico.
- Nei punti di misura inserire un tassello metallico a punta arrotondata, per il corretto posizionamento della stadia che verrà successivamente tenuta in bolla, oppure fissare i barcode.
- Posizionare il livello sull'apposito cavalletto e metterlo in bolla.
- Effettuare una prima lettura con la struttura completamente scarica e annotare i risultati.
- Applicare le condizioni di carico previste, mantenendole fino alla stabilizzazione delle frecce.
- Completata la prova sulle campate in misura i carichi saranno applicati anche sulle altre campate verificando visivamente l'eventuale insorgere di anomalie.

NOTE

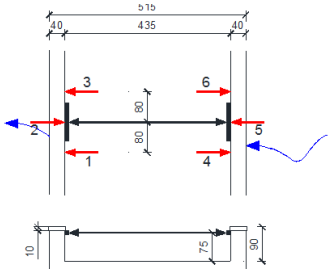
- Le letture vanno trascitte su carta.
- La condizione di carico massimo è ripetuta almeno una volta.
- Durante l'acquisizione i motori degli autocarri devono essere spenti.
- Le deformazioni vengono lette visivamente e riportate su supporto cartaceo.
- Per i riferimenti relativi di misura sottrarre ai valori ottenuti in fase di carico il valore a struttura scarica.

RIFERIMENTI

C. M. LL. PP. 25 febbraio 1991
D.M. del 17 gennaio 2018 (Parte II, art. 67)

PROVE DI CARICO STATICHE	**1**
Valutazione della stabilità dei parapetti	***1.4***

Le prove di carico a spinta sui parapetti hanno lo scopo di verificare il comportamento sperimentale per confrontarlo con quello teorico oppure per appurare l'elasticità per il carico di collaudo. L'applicazione del carico avviene utilizzando un martinetto, posto a 90 cm di altezza su un montante campione. Le frecce vengono rilevate in tempo reale su computer mediante trasduttori differenziali montati su aste telescopiche portate a contatto del parapetto.



PROCEDURA

- Posizionare il martinetto oleodinamico perpendicolarmente al parapetto all'altezza richiesta.
- La misura della forza è ottenuta attraverso l'uso di una cella di carico interposta nella linea di spinta.
- Portare i sensori differenziali a contatto del parapetto.
- Effettuare una prima lettura con la struttura completamente scarica.
- Applicare le condizioni di carico previste, mantenendole fino alla stabilizzazione delle frecce.
- Verificare l'elasticità della struttura (permanenza, ripetibilità e linearità).

NOTE

- Il campo di attivazione dei sensori deve essere maggiore della freccia prevista.
- La disposizione delle aste deve essere tale da non essere influenzata dal carico.
- Ogni sensore deve essere collegato sul proprio canale verificandone la corrispondenza.

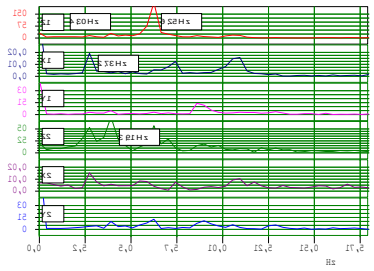
RIFERIMENTI

C. M. LL. PP. 25 febbraio 1991
D.M. del 17 gennaio 2018

INDAGINI DINAMICHE | 2

Caratterizzazione dinamica con sensori accelerometrici | *2.1*

Lo scopo dell'indagine dinamica è quello di individuare sperimentalmente le frequenze libere di vibrazione ed i modi principali per poterli confrontare con quelli teorici ottenuti dalla modellazione numerica. Dal confronto si potrà procedere alla calibrazione del modello variando i parametri di input fino ad ottenere la corrispondenza dei parametri di risposta teorici con quelli sperimentali sia in campo dinamico che statico. I risultati sperimentali ottenuti, essendo legati a tutti gli elementi geometrici e meccanici della struttura, rappresentano un valido strumento di controllo nel tempo dell'eventuale variazione della capacità portante e delle condizioni generali del materiale.



PROCEDURA

- Posizionare le terne accelerometriche in corrispondenza dei punti che meglio individuano il I modo di vibrare.
- Collegati i sensori all'unità di acquisizione verificare la corrispondenza dei canali e la stabilizzazione del segnale.
- Impostare uno scansionamento con frequenza almeno 10 volte superiore a quella aspettata.
- Rilevare il segnale prima e dopo il passaggio dei mezzi per almeno un tempo di 20 secondi.
- Acquisire il segnale attraverso un passa basso di almeno il doppio della frequenza più alta attesa.
- Ripetere l'acquisizione per almeno 5 eccitazioni della struttura.

NOTE

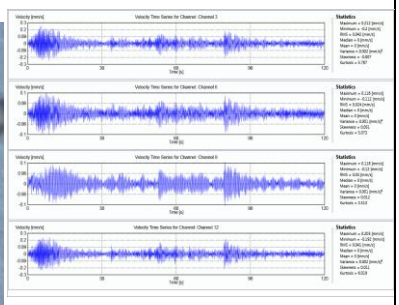
- L'alimentazione a 220V va stabilizzata attraverso un gruppo di continuità.
- Per le opere a trave continua è necessario strumentare almeno quattro campate in modo da coprire l'intera prima forma modale che, generalmente, occupa più campate.
- La sensibilità dei sensori impiegati deve essere almeno 1/1000 della massima misura effettuata.
- L'elaborazione dello spettro va effettuata esclusivamente nelle fasce di segnale con eccitatore fuori dal ponte.

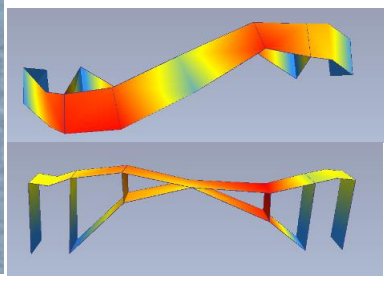
RIFERIMENTI

C. M. LL. PP. 25 febbraio 1991
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 9.2.2 – 9.2.3)

INDAGINI DINAMICHE	**2**
Caratterizzazione dinamica con terne microsismiche	***2.2***

Lo scopo dell'indagine dinamica è quello di individuare sperimentalmente le frequenze libere di vibrazione. I parametri dinamici, essendo legati a tutti gli elementi geometrici e meccanici della struttura, rappresentano un valido strumento di controllo nel tempo dell'eventuale variazione delle condizioni generali. La misura viene eseguita attraverso l'uso di sensori particolarmente sensibili, terne microsismiche, che permettono di rilevare le minime oscillazioni derivanti dal rumore sismico di fondo o dalla spinta del vento.





PROCEDURA

- Posizionare le terne microsismiche in corrispondenza dei punti che meglio individuano i modi di vibrare ed attivare la trasmissione via radio.
- Impostare sulla terna di acquisizone principale uno scansionamento con frequenza almeno 10 volte superiore a quella aspettata ed un periodo temporale di almeno 4 minuti.
- Eseguire le acquisizioni a ponte completamente scarico. L'eccitazione della struttura è di tipo naturale.
- Ripetere ogni acquisizione per almeno 2 volte.
- Nel caso di creazione del modello puramente geometrico tenere fissa la posizione di almeno due terne e spostare solamente le altre.

NOTE

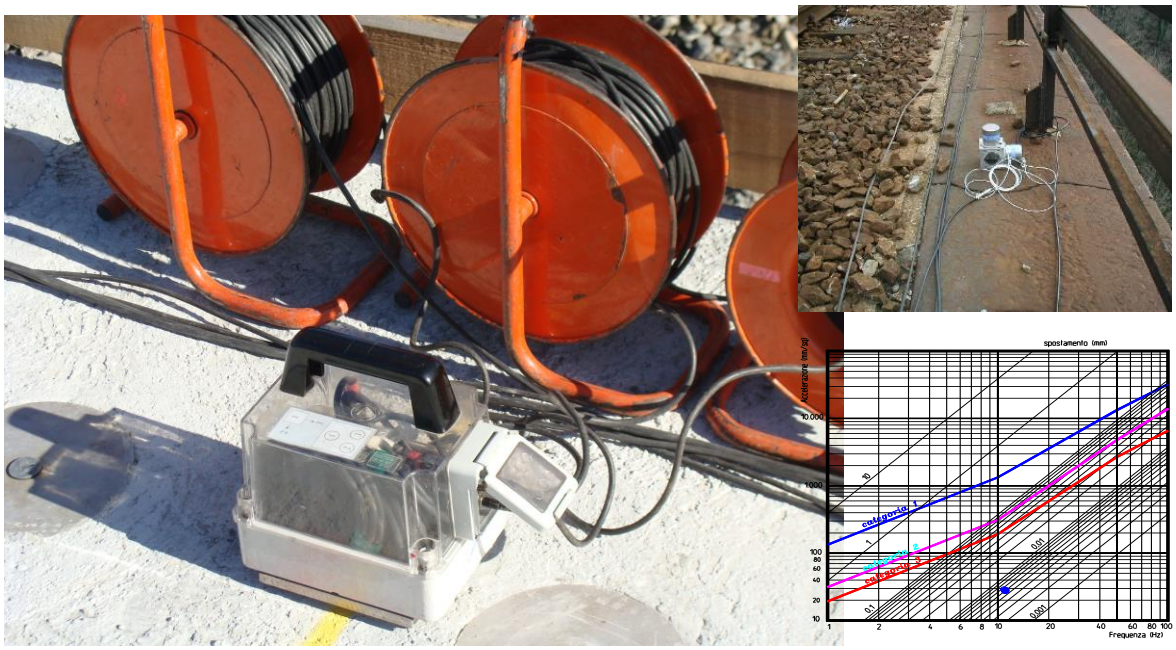
- Controllare lo stato delle batterie.
- Mettere in bolla ogni terna microsismica.
- Nel caso di grandi distanze dotarsi di amplificatori di segnale.
- Per ponti di piccole dimensioni acquisire anche le frequenze del terreno
- Scaricare le storie temporali di ogni sensore e studiarle nel dominio dei tempi o abbinarle ad ogni nodo del modello geometrico.
- Dall'elaborazione si ricava lo spettro sul quale si individuano i picchi corrispondenti alla frequenze proprie.

RIFERIMENTI

C. M. LL. PP. 25 febbraio 1991
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 9.2.2 – 9.2.3)

INDAGINI DINAMICHE	**2**
Danni prodotti dalle vibrazioni	***2.3***

Questo tipo di prova ha lo scopo di verificare la risposta degli elementi strutturali sottoposti alle vibrazioni derivanti dal transito dei mezzi.
La metodologia di indagine si basa sul rilievo delle vibrazioni, con misura tridimensionale, nei punti ove si sono riscontrate lesioni di probabile origine dinamica. I rilievi vengono eseguiti durante il normale transito.



PROCEDURA

- Posizionare le terne di accelerometri nei punti che hanno evidenziato dissesti.
- Le modalità di fissaggio devono garantire la perfetta aderenza alla struttura.
- Procedere all'acquisizione dati, con campionamento di almeno 1024 Hz, durante il transito dei mezzi pesanti.
- Fare una valutazione media del passaggio di mezzi.

NOTE

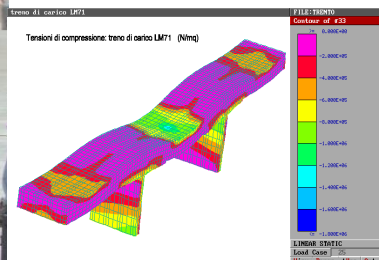
- E' assolutamente necessario, che l'alimentazione a 220V sia stabilizzata, pertanto è indispensabile l'uso di un gruppo di continuità.
- Una volta collegati tutti gli strumenti si verifica sul computer stesso che il segnale degli accelerometri sia presente ed i canali perfettamente corrispondenti alle direzioni prefissate.
- Nel caso di monitoraggio di lunga durata si potrà procedere attraverso l'acquisizione automatica al superamento di un Trigger prefissato.

RIFERIMENTI

UNI 9916; DIN 4150-3; UNI 8842

INDAGINI DINAMICHE	2
Collaudo dinamico	***2.4***

Consiste nella verifica della corrispondenza dei parametri dinamici sperimentali rispetto a quelli teorici. La procedura corrisponde a quella indicata nell'indagine 2.1 con risultati messi a confronto con quelli derivanti dall'analisi agli elementi finiti. La prova dinamica funge quale sostituzione di quella statica quando quest'ultima provoca eccessive difficoltà al transito del normale traffico. E' possibile eseguirla anche a strappo di provino calibrato.



PROCEDURA

- Fissare le terne accelerometriche in corrispondenza dei punti che meglio individuano il I modo di vibrare.
- Collegati i sensori all'unità di acquisizione verificare la corrispondenza dei canali e la stabilizzazione del segnale.
- Impostare uno scansionamento con frequenza almeno 10 volte superiore alla frequenza aspettata.
- Rilevare il segnale prima e dopo il passaggio dei mezzi eccitanti per almeno un tempo di 20 secondi.
- Acquisire il segnale attraverso un passa basso di almeno il doppio della frequenza più alta attesa.
- Ripetere l'acquisizione per almeno 5 eccitazioni della struttura.

NOTE

- L'alimentazione a 220V va stabilizzata attraverso un gruppo di continuità.
- Gli strumenti installati vanno protetti da insolazione e pioggia.
- Va verificato il perfetto fissaggio dei sensori all'elemento strutturale in prova.
- La sensibilità dei sensori impiegati deve essere almeno 1/1000 della massima misura effettuata.
- L'elaborazione dello spettro va effettuata esclusivamente nelle fasce di segnale con eccitatore fuori dal ponte.

RIFERIMENTI

Progetto di Norma U21000240
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 9.2.2 – 9.2.3)

INDAGINI DINAMICHE	**2**
Disturbo ambientale causato dalle vibrazioni	***2.5***

Questo tipo di prova ha lo scopo di rilevare il livello del disturbo per le persone provocato dalle vibrazioni legate all'attività quali traffico di veicoli su gomma e su rotaia. Vengono impiegati dei sensori accelerometrici tridimensionali, posti nelle aree di disturbo, rilevando il fenomeno vibratorio sia in assenza della sorgente sia durante il passaggio dei veicoli.

PROCEDURA

- Gli effetti delle vibrazioni di frequenza diversa sono cumulativi e va valutata l'accelerazione complessiva nell'intervallo 1-80 Hz.
- La terna di sensori accelerometrici va fissata sul pavimento in corrispondenza dei piedi per soggetti eretti, dei glutei per soggetti seduti, del ventre per soggetti distesi.
- I rilievi vanno effettuati secondo i tre assi ortogonali, indirizzando un sensore verso la sorgente.
- Vanno rilevate anche le vibrazioni residue, somma di tutti i segnali, derivanti da sorgenti diverse da quella in esame, e valutato il Livello Complessivo dell'Accelerazione Ponderata in Frequenza, ACPF, detraendo le vibrazioni residue.
- La valutazione viene effettuata sulla base del tipo di vibrazione. Per le vibrazioni a livello costante (variazioni dell'ACPF inferiori a 5 dB) l'analisi in terzi di ottava va effettuata togliendo i filtri di ponderazione indicati nella norma.

NOTE

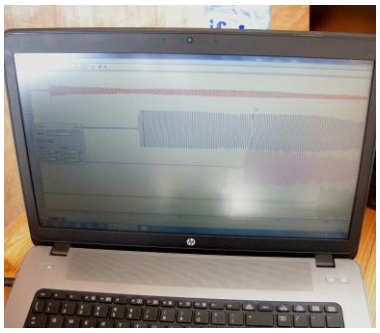
- E' assolutamente necessario che l'alimentazione a 220V provenga da un gruppo di continuità.
- Tutte le persone non operative devono essere allontanate in modo da evitare vibrazioni di disturbo.

RIFERIMENTI

UNI 11568, UNI EN ISO 8041-1 ed UNI 9614

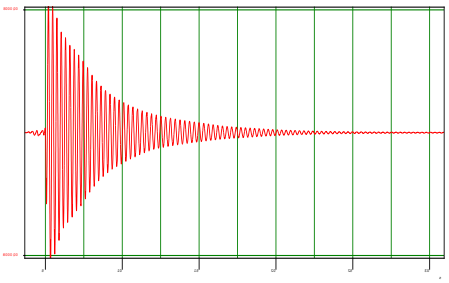
INDAGINI DINAMICHE	**2**
Rilievo dello stato tensionale delle catene e stralli	***2.6***

Questo tipo di prova ha lo scopo di determinare la frequenza propria di vibrazione di una catena strutturale per risalire allo stato tensionale. Viene fissato un accelerometro, in direzione orizzontale trasversalmente alla catena, provocato un impulso in direzione orizzontale viene rilevato l'andamento dell'oscillazione. La sequenza di dati viene elaborata attraverso la trasformata di Fourier determinandone lo spettro e le frequenze fondamentali. Da queste si risale alla tensione d'esercizio.



PROCEDURA

- Fissare rigidamente un sensore accelerometrico in mezzeria della catena in direzione orizzontale e trasversalmente.
- Assicurarsi che il cavo di collegamento non disturbi il sensore durante l'oscillazione della catena.
- Provocare un impulso orizzontale e rilevare il segnale memorizzandolo.
- Ripetere l'operazione almeno 5 volte.



NOTE

- E' necessario che l'alimentazione a 220V provenga da un gruppo di continuità.
- Lo scansionamento deve essere tale da garantire una precisione di ± 0,05 Hz calcolabile dividendo il tempo di scansiona mento (delta tra un dato e l'altro) per il tempo di acquisizione.
- La misura deve essere effettuata in condizioni ambientali normali.
- Vanno rilevate le esatte dimensioni geometriche della catena che saranno impiegate nel calcolo della tensione.
- Nel caso di catene molto snelle sarà utilizzabile la formula:

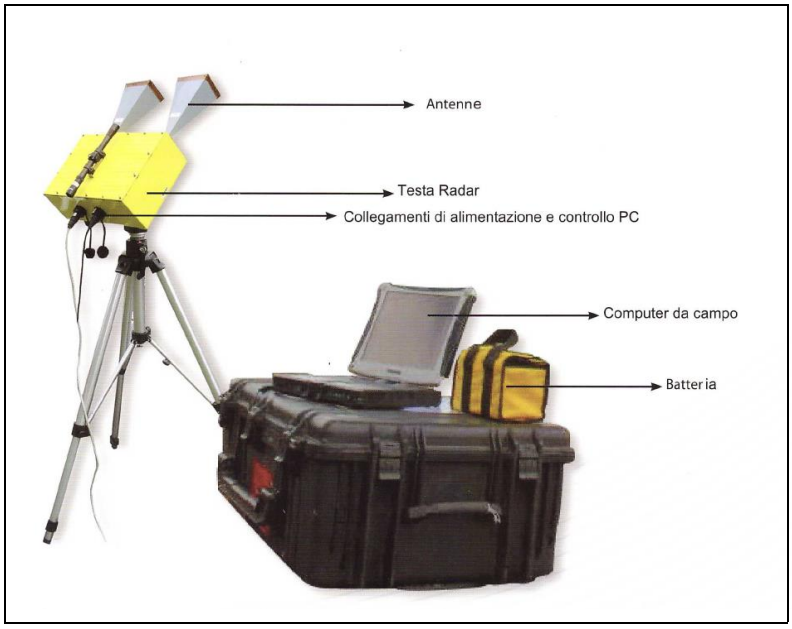
$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{g\frac{T}{P_u}}$$

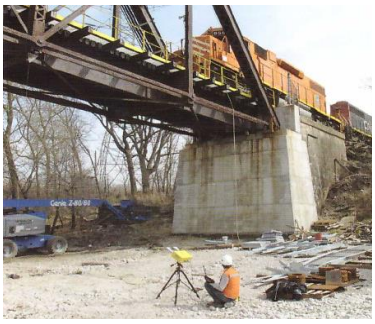
dove:

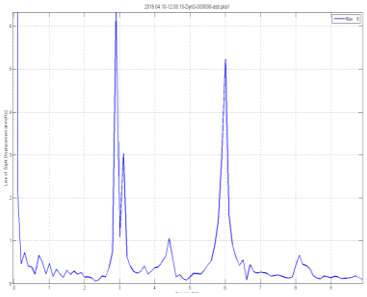
n = frequenza dei modi 1, 2, ..., n,
L = lunghezza [m],
g = accelerazione di gravità 9,8 m/s^2,
T = tensione espressa in [N],
P_u = peso per unità di lunghezza [N/m].

INDAGINI DINAMICHE	**2**
Analisi dinamica delle vibrazioni mediante interferometro	***2.7***

In questo tipo di analisi si rilevano gli spostamenti della struttura attraverso un Radar interferometrico. Il Sistema può misurare contemporaneamente numerosi punti di una struttura, in modalità dinamica, dando come risultato spostamenti o frequenze di vibrazione.
Ciò è eseguito senza contatto con l'elemento oggetto della misura, senza modificarne i suoi caratteri strutturali e senza installare nulla sullo stesso. Con i dati acquisiti ed analizzati è possibile effettuare un'analisi modale dell'oscillazione della struttura.







PROCEDURA

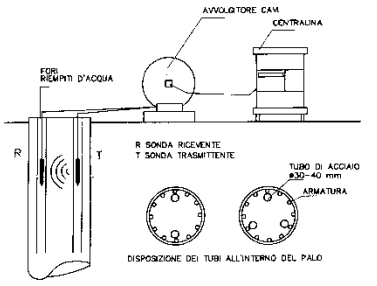
- Posizionare il radar sul treppiede dedicato assicurandosi che il percorso tra il sensore e la struttura da indagare sia libero da ostacoli.
- Acquisire i dati radar interferometrici nelle varie condizioni (es. traffico veicolare, sollecitazioni ambientali vento ecc..)
- Eseguire l'analisi modale operazionale dei dati acquisiti attraverso lo studio delle densità spettrali di potenza e la tecnica di identificazione dinamica Frequency Domain Decomposition con il software dedicato.

NOTE

- Il sistema è in grado di acquisire il segnale co una frequenza massima di 200 Hz.
- Per l'analisi strutturale dinamica vanno utilizzati software dedicati alla misura della frequenza di risonanza e all'analisi modale.
- Il rilevamento avviene in tempo reale fino a 1 km di distanza senza necessità di installare apparecchiature sulla struttura monitorata.
- Alcuni strumenti sono dotati di accelerometro per anullare le vibrazioni autoindotte trasmesse al radar dal suolo.

INDAGINI SULLE FONDAZIONI	**3**
Cross-Hole (carotaggio sonico)	***3.1***

Il procedimento consiste nel misurare il tempo percorso nel passaggio di un impulso tra una sonda emittente ed una ricevente, attraverso il materiale costituente l'elemento di fondazione sottoposto ad indagine. Lo scopo è la rilevazione della consistenza del materiale e dell'eventuale presenza di intrusioni o riprese di getto non solidali. Il palo dovrà essere stato predisposto inserendo nel getto 2-4 tubi metallici (in base al diametro del palo). Il rilievo è effettuato calando le sonde sul fondo palo e ritirandole parallelamente, registrando il tempo di passaggio dell'onda sonica.



PROCEDURA

- I tubi di ispezione devono essere predisposti all'interno delle staffe della gabbia di armatura con adeguate legature per evitarne scollegamenti durante il getto: è bene accertarsi che i tubi siano paralleli e che le legature siano frequenti.
- Il diametro minimo interno necessario è di 40 mm. E' consigliabile utilizzare tubi in acciaio tipo gas da 1,5" manicottati, tappati sul fondo, puliti e riempiti d'acqua all'atto della prova.
- Per i pali il numero minimo è di due tubi per pali sino a 0,5 m di diametro e di almeno quattro per diametri superiori, posizionati normalmente a 90°.
- Per setti o diaframmi i tubi possono essere 6; la distanza massima tra 2 tubi per ottenere un rilevamento accettabile è dell'ordine dei 2 m.
- E' consigliabile che il calcestruzzo abbia almeno una settimana di maturazione.
- Effettuare la misura ogni 20 cm della risalita.

NOTE

- Individuare una posizione adeguata su base piana, leggermente superiore alla testa del palo, dove porre la strumentazione.
- Verificare che i tubi siano perfettamente riempiti d'acqua.
- All'uscita delle sonde verificarne il parallelismo ripetendo la prova nel caso di disassamenti superiori a 2 cm.
- Nel caso di individuazione di variazioni significative, intrusioni o riprese, ripetere la prova intensificando la misura ogni 10 cm.

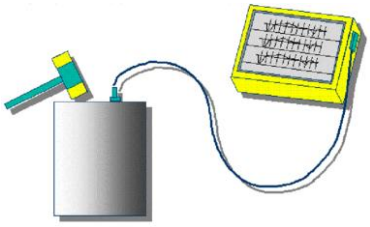
RIFERIMENTI

Norma UNI 9524
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 6.4.3.6)

INDAGINI SULLE FONDAZIONI — 3

SIT (Sonic Integrity Test) – PIT (Pile Integrity Test) — *3.2*

E' una prova impulsiva eco-sonica utilizzata per individuare le eventuali anomalie di pali di fondazione quali variazioni di sezione, fratture, discontinuità dovute ad intrusioni di terra o fanghi di perforazione. Particolarmente adatta per pali prefabbricati battuti o trivellati in terreni coerenti.
La prova consiste nel sollecitare la testa del palo con una forza impulsiva e rilevando l'andamento nel tempo dell'onda di compressione. Il tempo viene successivamente trasformato in lunghezza introducendo la velocità stimata dell'onda, consentendo una valutazione della lunghezza del palo.



PROCEDURA

- Dopo avere predisposto una planimetria del sito con la numerazione degli elementi evidenziare i pali da indagare.
- Ripulire la testa del palo dalle parti terrose ed incoerenti mediante scapitozzatura fino al raggiungimento di calcestruzzo rappresentativo che deve risultare accessibile e libero da acqua.
- Posizionato l'accelerometro, percuotere con l'apposito martello la testa dell'elemento il più possibile in prossimità del sensore e leggere sull'elaboratore il segnale registrato. Quando si sono misurati tre segnali di buona qualità e simili, memorizzarli nella libreria di lavoro.

NOTE

- La velocità di propagazione presunta dipendente sia dal mezzo che l'onda di compressione deve attraversare sia dalla resistenza meccanica del cls dichiarato da parte della DL o dal Committente.
- Ove possibile verificare la resistenza del calcestruzzo mediante sclerometro o pull-out e di conseguenza impostare una velocità sulla base delle tabelle di correlazione sperimentale.
- La lunghezza presunta dell'elemento varia in base alla velocità impostata.
- Il calcestruzzo deve avere almeno 10 gg di maturazione al momento della prova.
- Ripetere la prova ove vengano individuate delle anomalie significative

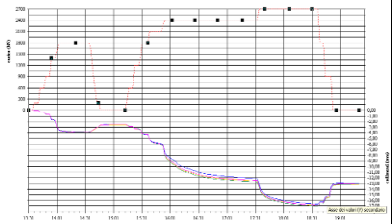
RIFERIMENTI

D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 6.4.3.6)

INDAGINI SULLE FONDAZIONI — 3

Prove di carico su pali — *3.3*

Le prove di carico hanno lo scopo di rilevare l'effettivo cedimento delle strutture di fondazione e valutarne la trasmissione del carico al terreno in funzione della profondità.
Le prove vengono eseguite applicando dei carichi ad incrementi controllati con rilevazione continua dei cedimenti. La forza, applicata attraverso dei martinetti idraulici, può essere contrastata da una zavorra o da una putrella opportunamente ancorata su due pali adiacenti.
La stessa metodologia è applicabile per i micropali..



PROCEDURA

- Preparazione della testa del palo in modo da potere applicare il martinetto su una superficie di appoggio regolare.
- Posizionamento del martinetto/i oleodinamico centrato sulla testa del palo.
- Posizionamento della cella di carico.
- Sul perimetro della testa del palo vengono fissati, con angolazione di 120°, tre sensori collegati ad un'unità automatica di acquisizione, in grado di rilevare i cedimenti.
- Il carico viene applicato in due distinte fasi:
  Iª raggiungimento del carico di esercizio Qe tramite quattro incrementi di carico pari al 25% di Qe cadauno ed attesa della stabilizzazione dei sensori al carico massimo.
  IIª raggiungimento del carico di prova, che può essere 1,5 o 2 volte il carico di esercizio, tramite quattro incrementi di carico pari al 25% ed attesa della stabilizzazione dei sensori.

NOTE

- Sulla testa del palo viene costruito un dado in c.a. sul quale, in posizione orizzontale, viene cementata una piastra in acciaio di spessore adatto a distribuire uniformemente il carico. Nel caso non fosse possibile, si procederà alla scapitozzatura della testa fino a spianare la superficie e si applicherà la piastra con un appoggio formato da cemento opportunamente addittivato sul quale verrà appoggiato il martinetto/i.
- I punti di appoggio della zavorra e i punti di rilevazione dei sensori devono essere a non meno di 1,5 m dal palo. E' raccomandata una zavorra almeno 1,5 volte superiore al carico che si vuole raggiungere.
- La centralina oleodinamica deve essere in grado di mantenere automaticamente il carico anche a fronte di repentini cedimenti

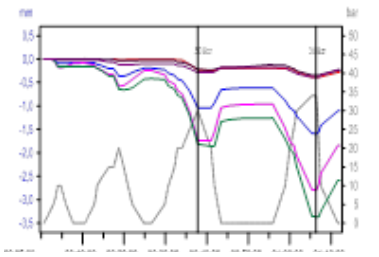
RIFERIMENTI

D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 6.4.3.7)

INDAGINI SULLE FONDAZIONI — 3

Valutazione dello stato di tensione tramite Strain-Gauges (estensimetri) — *3.4*

L'indagine consente di rilevare lo stato tensionale della gabbia d'armatura di un palo o di un diaframma. La tecnica consiste nell'annegare nel calcestruzzo una serie di *barre strumentate* (con estensimetri) fissate a varie altezze della gabbia. Tutti i cavi di collegamento vengono convogliati esternamente su una morsettiera cui si collegherà la strumentazione di lettura. La misura avviene durante la prova di carico e consente di valutare la diminuzione del carico mano a mano che il terreno ne assorbe una quota.



PROCEDURA

Le *barre strumentate* consistono in uno spezzone d'armatura, generalmente Ø 24 e lunghezza 1 m, che presentano nella sezione di mezzeria due spianature rettificate diametralmente opposte.
Sulle spianature sono incollati due estensimetri a mezzo ponte.
Il circuito viene completato con dei cavi per ottenere in uscita un ponte intero.
L'operazione di incollaggio consiste in:

- pulizia accurata della superficie di incollaggio con l'apposito solvente,
- pulizia dell'estensimetro tramite il solvente ed applicazione immediata della colla sullo stesso,
- comprimere con forza l'estensimetro sulla superficie di incollaggio per un paio di minuti,
- collegare il cavo, proteggere il tratto spianato per l'intera circonferenza utilizzando l'apposito adesivo.

NOTE

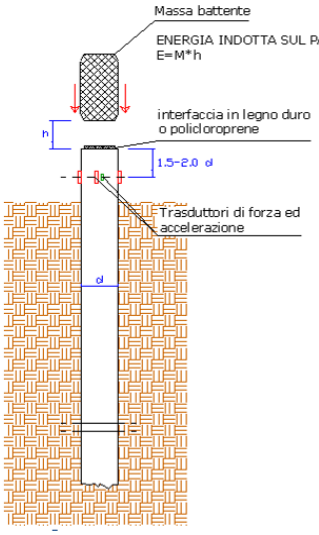
- Il fissaggio delle barre strumentate sulla gabbia è ottenuto tramite delle fascette.
- I cavi sono introdotti in un tubo a spirale portato all'esterno per oltre 5 m dalla testa del palo.
- La lettura dei valori avviene durante la prova di carico, permettendo di conoscere l'andamento del carico assorbito dal terreno, e quello residuo sul palo o sul diaframma, lungo la sua lunghezza.

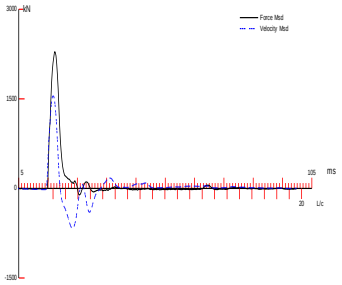
RIFERIMENTI

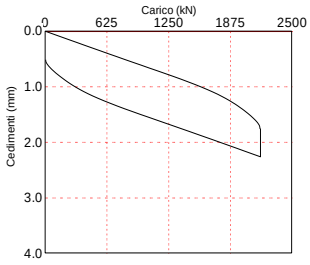
A.G.I. 1984 e A.S.T.M. - D 1143
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 6.4.3.6)

INDAGINI SULLE FONDAZIONI	**3**
Prova di carico dinamica sul palo	***3.5***

La prova dinamica ad alta deformazione si esegue sollecitando la testa del palo con un carico assiale attraverso l'impatto di una massa fatta cadere da diverse altezze fino a raggiungere l'energia necessaria a far entrare in gioco le resistenze del sistema palo-terreno.
Tale metodo permette il confronto dei dati sperimentali con un modello numerico del sistema palo-terreno. Nell'analisi il terreno viene schematizzato come un mezzo plastico ed il palo viene idealizzato come un insieme di elementi finiti perfettamente elastici ed uguali.







PROCEDURA

- Preparazione del palo creando sulla testa una superficie piana e regolare dove poter applicare la sollecitazione;
- installazione di due coppie di sensori (accelerometri ed estensimetri) diametralmente opposti, su un'area spianata di palo ad una profondità di circa 1,5 volte il diametro del palo;
- misura della velocità del suono nel materiale attraverso sonde ultrasoniche poste tra le superfici spianate;
- configurazione dell'apparecchiatura di acquisizione ed inserimento dei parametri geometrici e meccanici del palo;
- sollecitazione del palo con impulsi dinamici mediante la caduta della massa da altezze crescenti di 20 cm fino ad una sollecitazione superiore alla resistenza d'attrito;
- creazione di un modello numerico palo-terreno capace di calcolare la resistenza ultima.

NOTE

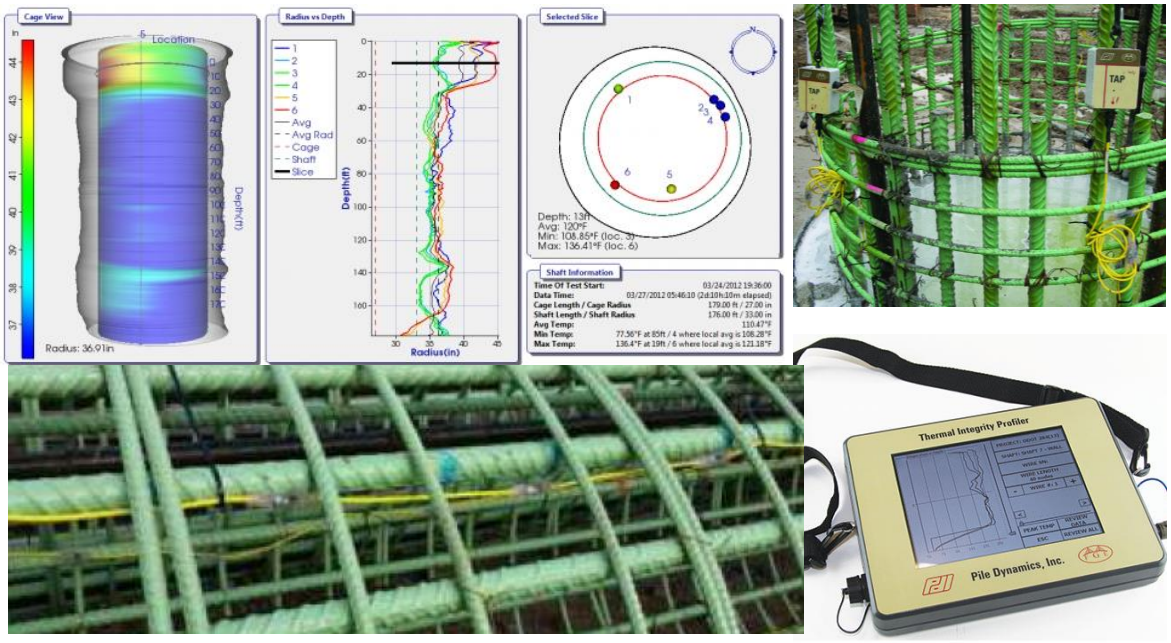
- Il Metodo Case, attraverso il programma di elaborazione CAPWAP, fornisce una valutazione delle resistenza ultima del palo, dato certamente più interessante del risultato di una semplice prova di verifica.

RIFERIMENTI

ASTM D4945-08
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 6.4.3.7.1-2)

INDAGINI SULLE FONDAZIONI	**3**
TIP (Thermal Integrity Profiling)	***3.6***

Il metodo TIP, dall'acronimo Thermal Integrity Profiling si basa sulla rilevazione dell'andamento della diffusione del calore di idratazione durante la fase di presa del calcestruzzo. La misura viene effettuata attraverso dei cavi termici (con sensori ogni 50 cm) fissati lungola gabbia di armatura. I sensori rilevano il calore generato dall'idratazione del calcestruzzo e la relativa diffusione verso il terreno. I dati memeorizzati ogni 15 minuti, sono trasmessi ad una unità di acquisizione posta sulla testata della gabbia. Lo scopo rimane quello di individuare eventuali difetti (vespai, vuoti, sbulbamenti, restringimenti) oltre a definire con precisione la posizione della gabbia rispetto all'asse del palo. La metodologia permette una visione intyegrale, tridimensionale, del palo ed evidenzia tutti i difetti di miscela o getto in particolare sulla parte corticale.



PROCEDURA

- Applicare i cavi termici costituiti da un filo elettrico su cui sono montate delle sonde termiche (ogni 32 cm) alla gabbia del palo lungo tutto il percorso.
- Monitorare l'andamento della temperatura durante la fase di presa del calcestruzzo, generalmente ogni 15 minuti, e per la durata di 48-72 ore, attraverso l'installazione sulla testa del palo di unità di memorizzazione, TAP, collegate direttamente ai singoli cavi.
- Alla fine del periodo di memorizzazione trasferire i dati sull' Unità Principale di Acquisizione, TIPM.
- Elaborare i dati con uno specifico software (TIP Recorder Software) raggiungendo la formazione di un profilo tridimensionale del palo con evidenziazione degli eventuali difetti riscontrati.

NOTE

Vanno posizionati un minimo di 2 cavi per pali di piccolo diametro 20-30 cm; 3 cavi per diametri tra i 30 e 50 cm; fino a 12 cavi per diametri che arrivano a 2 m.

RIFERIMENTI

ASTM D7949

INDAGINI SULLE MURATURE | 4

Indagini tramite endoscopio | *4.1*

L'indagine tramite endoscopio ha lo scopo di classificare dettagliatamente la consistenza e la natura del materiale costituente la struttura in esame, mediante rilievi visivi e fotografici. Allo scopo è utilizzata una sonda, rigida o flessibile, che viene inserita in alcuni fori nella muratura praticati mediante carotatrice o trapano elettrico.
La restituzione fotografica o video dell'ispezione permette di osservare eventuali anomalie all'interno della muratura.

PROCEDURA

Questa metodologia prevede l'utilizzo di una endoscopio di lunghezza massima di 3,5 m.

- Praticare un foro da 20-30 mm, mediante un carotiere, al fine di lasciare la superficie interna pulita e di ottenere un campione del materiale estratto il più possibile integro.
- Spolverare il foro.
- Inserire la sonda la sonda e ispezionare visiva- mente quattro posizioni, usualmente a 0° 90° 180° 270°, per ogni intervallo di 5 cm in profondità.
- Impostare tempi, diaframmi e pellicola in base alla luminosità all'interno del foro e alla tipologia di pietra.
- Riprendere fotograficamente le anomalie riscontrate.
- Segnare sull'apposito modulo il numero di foto con il relativo tempo e diaframma utilizzato oltre alle note di commento sull'aspetto visivo.

NOTE

- Qualora non sia possibile effettuare un carotaggio, per l'impossibilità di offendere la struttura, il foro viene praticato mediante trapano elettrico non a percussione.
- Tutte le deformazioni vanno registrate in linea su nastro cartaceo o supporto informatico.

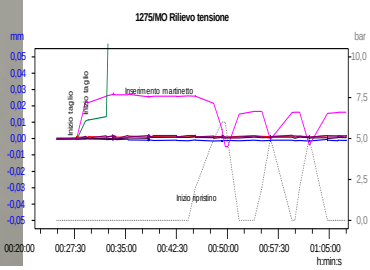
RIFERIMENTI

A.G.I. 1984 e A.S.T.M. - D 1143
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 6.4.3.6)

INDAGINI SULLE MURATURE — 4

Valutazioni con martinetto piatto — *4.2*

L'indagine con martinetto piatto singolo ha l'obiettivo di determinare lo stato di sollecitazione a compressione esistente su una porzione di muratura. Allo scopo è utilizzato un martinetto piatto, di forma semicircolare, inserito in un intaglio praticato sulla muratura con una fresa apposita.
Il risultato permette il confronto con la resistenza massima della muratura derivante dalla prova con martinetto doppio o attraverso prove di laboratorio su porzioni di muratura.



PROCEDURA

Questa metodologia prevede l'utilizzo di un martinetto piatto singolo di forma semicircolare con diametro di circa 40 cm. Nel caso di murature regolari, i tagli sono fatti lungo il corso di mattoni.

- Liberare dall'intonaco una porzione muraria di 1,00 m x 1,00 m.
- Posizionare tre barrette di misura simmetriche rispetto alla mezzeria sopra la zona dove si effettuerà il taglio. Un'ulteriore barra di misura va posta sotto il taglio.
- Collegare le barrette a trasduttori di spostamento, che trasmetteranno i dati ad un'unità d'acquisizione in linea.
- Applicare sopra la porzione muraria da indagare un foglio di polietilene trasparente al fine di proteggere il muro ed i trasduttori durante la fase di taglio.
- Tarare i sensori e procedere all'esecuzione del taglio, con una sega circolare eccentrica ad anello diamantato, registrando le deformazio ni di rilassamento della porzione di muratura.
- Inserire il martinetto nella fessura praticata e collegarlo alla centralina idraulica.
- Incrementare la pressione a gradini di 1 daPa attendendo la stabilizzazione delle deformazioni prima di passare all'incremento successivo.
- Quando le deformazioni sotto l'esercizio del martinetto si annullano, sino a raggiungere le condizioni precedenti il taglio, si registra la pressione necessaria per il raggiungimento di questa condizione.

NOTE

- Dopo aver ispezionato l'interno del taglio si procede, con apposito utensile, alla rimozione di eventuali residui del taglio.
- Tutte le deformazioni vanno registrate in linea.

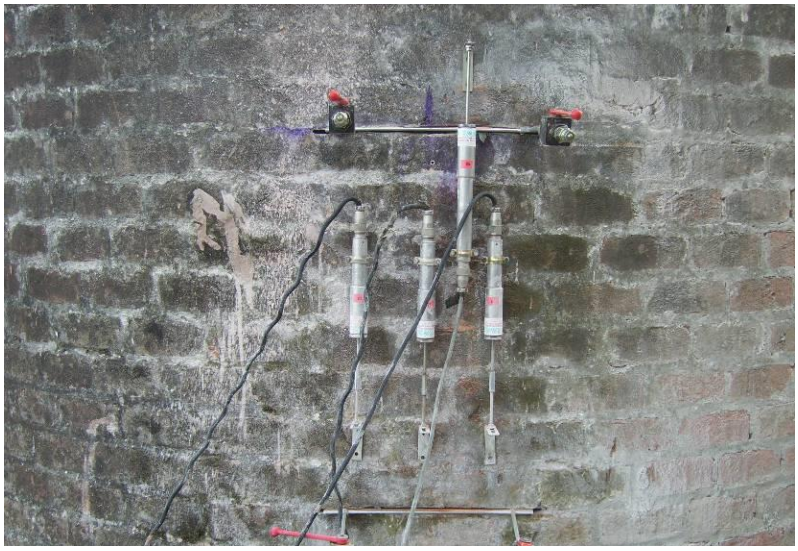
RIFERIMENTI

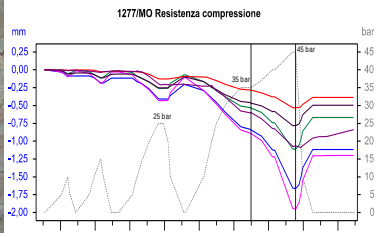
ASTM C1196 - C1197

INDAGINI SULLE MURATURE | 4

Valutazioni con martinetto piatto doppio | *4.3*

L'indagine con martinetto piatto doppio ha lo scopo di determinare il valore della tensione esistente sulla muratura, del modulo elastico e la resistenza a rottura di una porzione di muratura compresa tra due martinetti di forma semicircolare. L'indagine è eseguita successivamente alla normale prova su martinetto piatto, 4.2, in modo da associare la sollecitazione gravante sulla porzione di muratura con quella massima a rottura.





PROCEDURA

Questa metodologia prevede l'utilizzo di due martinetti piatti di forma semisferica e diametro di circa 40 cm. Nel caso di murature regolari, i tagli sono fatti lungo il corso di mattoni.

- Liberare dall'intonaco una porzione muraria di 1,00 m x 1,00 m.
- Posizionare tre barrette di misura simmetriche rispetto alla mezzeria sopra la zona dove si effettuerà il primo taglio. Un'ulteriore barra di misura va posta sotto il primo taglio.
- Collegare le barrette a trasduttori di spostamento, che trasmetteranno i dati ad un'unità d'acquisizione in linea.
- Applicare sopra la porzione muraria da indagare un foglio di polietilene trasparente al fine di proteggere il muro ed i trasduttori durante la fase di taglio.
- Tarare i sensori e procedere all'esecuzione dei due tagli, a distanza di circa 40 cm, mediante una sega circolare eccentrica ad anello diamantato.
- Ispezionare l'interno dei tagli e procedere, con apposito utensile, alla rimozione di eventuali residui del taglio.
- Inserire i martinetti piatti e collegare i trasduttori con l'unità d'acquisizione.
- Tutte le deformazioni vanno registrate in linea su nastro cartaceo o supporto informatico.

NOTE

- La prova consiste nell'applicare una pressione man mano crescente fin tanto che i sensori non identificano un cedimento repentino o un andamento continuo di deformazione al permanere del carico.
- La prova può essere eseguita per gradini tornando con costanza a carico zero per procedere successivamente con carichi superiori.

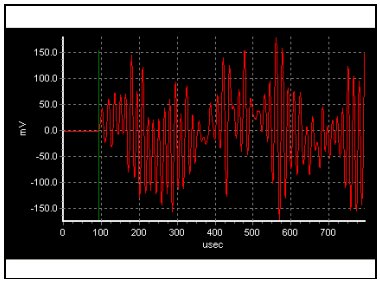
RIFERIMENTI

ASTM C1196 - C1197

INDAGINI SULLE MURATURE — 4

Misurazioni soniche / ultrasoniche — *4.4*

Attraverso gli ultrasuoni si vogliono rilevare le caratteristiche meccaniche della muratura, in particolar modo la sua elasticità e omogeneità. Per l'esecuzione della prova la sonda emettitrice e la sonda ricevente possono essere poste su facce opposte dell'elemento da indagare (misura diretta), sulla stessa faccia (misura indiretta) oppure su facce perpendicolari (misura semidiretta). La sonda emettitrice produce degli impulsi che sono captati dalla sonda ricevente e registrati dall'apparecchiatura. Il tempo di transito fornisce un'indicazione relativa al modulo elastico della muratura in punti diversi



PROCEDURA

- Contrassegnare con precisione i punti opposti alla superficie da indagare o, nel caso di unica superficie, lungo una direttrice a distanze di 0,2 m tra 5 punti.
- Pulire e levigare i punti dove si pongono le sonde.
- Ubicare con precisione sulla faccia dell'elemento strutturale la sonda trasmittente e ricevente interponendo l'apposito grasso di aderenza.
- Emettere l'impulso ultrasonico e rilevare il tempo di transito.
- La misurazione si ottiene rilevando il valore medio di tre passaggi consecutivi con valori all'interno di una variabilità del ±5%.
- Nel caso la rilevazione ultrasonica abbia una funzione di verifica dell'omogeneità della resistenza, l'interpretazione dei risultati si ottiene attraverso il confronto con i valori ottenuti dalla media delle prove di compressione su porzioni di muratura.

Dalla velocità delle onde si ricava il modulo elastico attraverso la relazione:

$$E_d = V_p^2 \cdot \rho \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{g(1-\nu)} \quad \text{[MPa]}$$

E_d = modulo elastico dinamico (MPa);
V = velocità rilevata (m/s)
ρ= densità (18,0 kN/m^3 per mattoni);
ν= coeff. di Poisson (0,3 per mattoni);
g = accelerazione di gravità (9,81 m/s^2);

NOTE

- Vanno eseguite almeno tre prove per ogni elemento strutturale ottenendo un valore medio di riferimento.

RIFERIMENTI

UNI EN 12504-4

INDAGINI SULLE MURATURE — 4

Prelievo di muratura — *4.5*

Lo scopo del prelievo di muratura è quello di ottenere un campione, costituito dall'elemento mattone e malta di allettamento, sul quale eseguire delle prove di laboratorio volte a caratterizzare dal punto di vista fisico-chimico e meccanico i materiali, valutarne il degrado, la resistenza a compressione e ad individuare la tipologia di materiale utilizzare per risanare la muratura.
Gli elementi prelevati, rappresentativi della tessitura muraria, vengono spianati sulle superfici di contatto al fine di garantire la corretta distribuzione del carico.

PROCEDURA

Il prelievo va eseguito nel maggiore rispetto possibile dell'integrità del campione prelevato e della struttura.

- Selezionare una porzione di muratura, non soggetta a fenomeni di percolazione o riprese successive, da estrarre e segnarla con un gessetto colorato.
- Utilizzando un demolitore a percussione o sega circolare a disco diamantato rimuovere una parte della muratura attorno al campione da esaminare, tale da permettere l'accesso con la punta del demolitore al retro della stessa.
- Inserire un travetto in legno al di sotto del campione da rimuovere per limitare gli urti.
- Indebolire il retro della muratura da estrarre con il demolitore, facendo molta attenzione a non danneggiarla.
- Rimuovere la parte di muratura utilizzando la tavola o altri strumenti come leva.

NOTE

- La porzione di muratura deve essere sufficientemente grande per eseguire le prove richieste al Laboratorio.

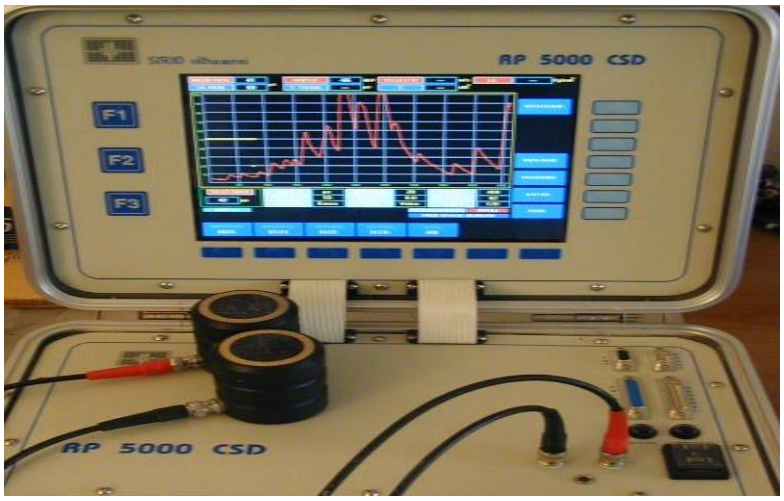
RIFERIMENTI

UNI EN 1052-1

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Ultrasuoni con trasmissione diretta, semidiretta, indiretta — *5.1*

Attraverso gli ultrasuoni si vogliono rilevare le caratteristiche meccaniche del cls, in particolar modo la sua omogeneità. Per l'esecuzione della prova la sonda emettitrice e la sonda ricevente sono poste a cavallo dell'elemento da indagare (o sulla stessa faccia nel caso la superficie opposta non sia accessibile). La sonda emettitrice produce degli impulsi che sono captati dalla sonda ricevente e registrati dall'apparecchiatura. Il tempo di transito, essendo proporzionale alla resistenza meccanica del calcestruzzo, fornisce un'indicazione relativa alla variazione di resistenza in punti diversi.



PROCEDURA

- Individuare le armature superficiali delle zone da indagare tramite Pacometro.
- Contrassegnare con precisione i punti opposti alla superficie da indagare o, nel caso di unica superficie, lungo una direttrice a distanze di 0,2 m tra 5 punti.
- Pulire e levigare i punti dove si pongono le sonde.
- Ubicare con precisione sulla faccia dell'elemento strutturale la sonda trasmittente e ricevente interponendo l'apposito grasso di aderenza.
- Emettere l'impulso ultrasonico e rilevare il tempo di transito.
- La misurazione si ottiene rilevando il valore medio di tre passaggi consecutivi con valori all'interno di una variabilità del ±5%.
- La stima tra la resistenza a compressione Rc e la velocità di propagazione delle onde elastiche V, rappresentata da una funzione esponenziale crescente:

$$Rc = A\, e^{B\,V}$$

in cui A e B sono coefficienti che devono essere opportunamente calibrati mediante provedistruttive su carote

NOTE

- la velocità degli ultrasuoni non può essere utilizzato come un mezzo di valutazione "assoluto" ma deve costituire esclusivamenteun metodo di stima della resistenza a compressione, da valutare ed utilizzare sempre in associazione ai risultati ricavati dalle prove distruttive su carote estratte da getti omogenei di singole opere

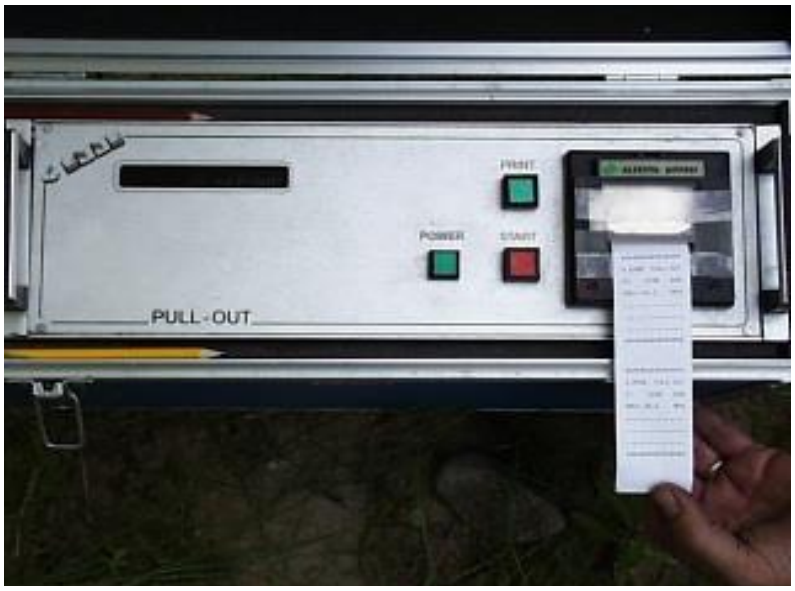
RIFERIMENTI

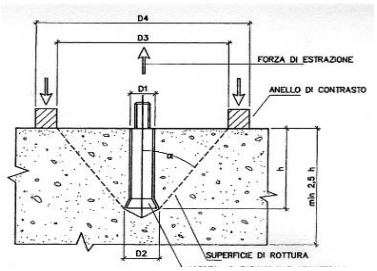
UNI EN 12504-4:2005;
LG Valutazione cls in opera 2017

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Valutazione resistenza del calcestruzzo con Pull-Out — *5.3*

La tecnica di indagine denominata Pull-out è utilizzata per determinare le proprietà meccaniche del calcestruzzo in opera. La metodologia consiste nell'inserire nel calcestruzzo un tassello d'acciaio di forma standard e di estrarlo mediante idonea attrezzatura. Il valore della forza di estrazione, confrontato con una curva di correlazione sperimentale, permette di valutare la resistenza del calcestruzzo.





PROCEDURA

- Individuare la presenza di ferri di armatura con pacometro e segnare la loro presenza con un gesso.
- Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte integrante del materiale in esame.
- Effettuare il foro con l'apposita punta svasata in aree senza ferri per un raggio di 5 cm.
- Pulire il foro con getto di aria.
- Inserire il tassello standard.
- Ribattere il tassello con il martello e l'opportuno adattatore al fine di farlo aderire perfettamente alle pareti del foro.
- Avvitare il cilindro filettato del martinetto sino a contrasto.
- Attivare l'apparecchiatura di estrazione che produce una forza di tiro con incremento a velocità costante.
- Stampare i risultati e riportare i valori nella scheda di acquisizione di campo.

NOTE

- Vanno eseguite almeno tre prove per zona ottenendo un valore medio di riferimento.
- I tasselli vanno inseriti ad una distanza di circa 20 cm uno dall'altro.
- Lo spessore minimo del calcestruzzo deve essere almeno di 10 cm.
- La distanza minima dai bordi è di 10 cm.
- Conservare lo scontrino stampato per allegarlo nel rapporto finale.

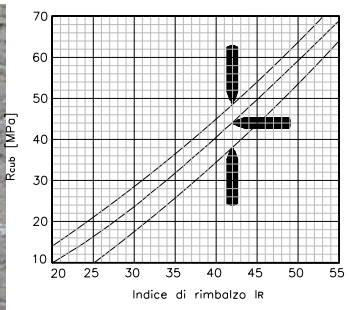
RIFERIMENTI

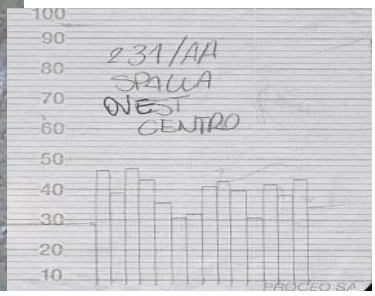
UNI EN 12504-3
LG Valutazione cls in opera 2017

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Valutazione resistenza del calcestruzzo con Sclerometro — *5.5*

La prova Sclerometrica è utilizzata per stimare la resistenza a compressione del calcestruzzo su strutture già realizzate.
Lo Sclerometro utilizza la misura del rimbalzo di un cilindro d'acciaio che colpisce la superficie del calcestruzzo con una forza costante provocata da una molla.
Per una più sicura valutazione dei dati sperimentali è consigliato l'uso dello Sclerometro a nastro cartaceo che consente la registrazione dei valori rilevati.





PROCEDURA

- Azionare lo strumento almeno tre volte prima di iniziare ad effettuare le letture.
- Provvedere che la superficie di impatto sia liscia e senza ferri in superficie. E' consigliato l'uso del Pacometro per individuare la presenza delle armature.
- Posizionarsi di fronte alla superficie in misura facendo attenzione di tenere lo strumento perpendicolare rispetto alla superficie.
- Aumentare gradualmente la pressione di contatto fino a provocare l'impatto meccanico.
- Devono essere eseguite almeno 9 battute all'interno della zona di misura.
- I punti su cui si effettuano le battute devono risultare non coincidenti con gli aggregati affioranti e lontani dalle barre di armatura, dagli altri punti di battuta e dagli spigoli dell'elemento;
- Il risultato della prova risulta quello mediano ai valori rilevati, successivamente interpretati in Resistenza stimata Rc in base all'orientamento dello sclerometro ed alle curve di correlazione.

NOTE

- Lo sclerometro deve essere verificato prima e dopo le prove sull'apposita incudine di confronto.
- L'indice sclerometrico, essendo in funzione della durezza superficiale, è influenzato dal tempo di maturazione.
- Tale indice tende a sovrastimare i calcestruzzi datati ed in particolar modo se il processo di carbonatazione è profondo.

RIFERIMENTI

UNI EN 12504-2
LG Valutazione cls in opera 2017

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Valutazione resistenza del calcestruzzo con metodo Windsor — *5.6*

Lo scopo della prova è quello di determinare la resistenza del calcestruzzo in funzione dell'inerte impiegato nel getto e della resistenza alla penetrazione da parte di una sonda in acciaio che penetra per circa 4 cm all'interno sottoposta a spinta balistica. Per ottenere la resistenza media a compressione si va a leggere sulla tabella di correlazione i valori relativi alla lunghezza media di penetrazione della sonda e alla misura durezza superficiale su scala Mohs.

PROCEDURA

- Individuare la presenza di ferri di armatura con pacometro e segnare la loro presenza con un gesso.
- Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte integrante del materiale in esame.
- Posizionare la sonda ed eseguire degli inserimenti.
- Misurare con i dovuti strumenti ed accorgimenti la lunghezza della parte di sonda rimasta all'esterno.
- Sfregare una serie precisa di inerti di diversa durezza sino ad individuare quello che presenta segni di abrasione. In tal modo si può scegliere il relativo parametro su scala Mohs.
- In base al campione individuato leggere sulla relativa tabella il corrispondente valore della Rmc.
- Dopo l'uso la sonda va scaricata

NOTE

- Utilizzare la potenza standard per c.a. di resistenza presunta superiore a 25 MPa e la potenza ridotta per resistenze minori.
- Vanno eseguite almeno tre prove per zona di controllo ottenendo un valore medio di riferimento ed evitare il verificarsi di fenomeni puntuali.
- Se le misura da mediare hanno un range superiore a 0,5 cm si deve utilizzare per il calcolo solamente i due valori più simili o in alternativa ripetere le tre prove in un'altra zona.
- L'uso della sonda va effettuato solo da personale qualificato e non da personale di assistenza.

RIFERIMENTI

Norma ASTM C803 e BS1881:207

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Valutazione della profondità della carbonatazione — *5.7*

La prova ha lo scopo di determinare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale del calcestruzzo. Il calcestruzzo possiede un valore di pH di circa 12,5, cosa che gli conferisce un carattere fortemente alcalino. Questa forte alcalinità costituisce una protezione naturale dell'armatura contro la corrosione. Il calcestruzzo carbonatato è fortemente permeabile e riduce la capacità protettiva; fornisce inoltre una durezza superiore che tende ad ingannare i metodi di determinazione della resistenza a compressione misurati con sclerometro.

PROCEDURA

- Utilizzare una carota eseguendo la prova immediatamente dopo l'estrazione ad evitare che si formi un film carbonatato superficiale.
- Pulire accuratamente con uno straccio asciutto la superficie cilindrica.
- Spalmare o nebulizzare la fenoftalina sulla superficie, con soluzione all'1% di alcool etilico, utilizzando un pennello o un nebulizzatore.
- Misurare lo spessore di carbonatazione che risulta non reagente e di colore inalterato, facendo la media di almeno 4 punti. La parte reagente, non carbonatata, assumerà una colorazione rosso violetto.
- Nel caso di un andamento molto irregolare della linea di carbonatazione dovrà essere riportato il valore medio e massimo.

NOTE

- Nel caso la carota rimanga all'aria un tempo superiore ai 30 minuti, prima di procedere alla misura è necessario procedere carteggiando profondamente la superficie cilindrica per asportare il film di carbonatazione creatosi a contatto con l'aria o, preferibilmente, procedere a tagliare la carota a secco secondo un piano normale alla superficie esposta.
- In mancanza di carota la norma consente l'uso di frammenti, prelevati per distacco forzato, tagliati a secco secondo un piano normale alla superficie esposta.
- La registrazione della misura va corredata di una foto dove sarà evidenziato l'adesivo con la scritta di provenienza della carota.

RIFERIMENTI

UNI EN 14630
LG Valutazione cls in opera 2017

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI	**5**
Carotaggio del calcestruzzo	***5.8***

Lo scopo di questa indagine è di fornire al laboratorio il provino da sottoporre a prova di compressione per determinarne la resistenza e calibrare i risultati ottenuti con metodi non distruttivi.
Dalla carota estratta si potrà anche ricavare il modulo elastico e lo spessore della carbonatazione.

PROCEDURA

- Il punto di carotaggio deve essere verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature.
- Scegliere l'utensile necessario per il carotaggio con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte. E' importante che la lama della carota sia perfettamente affilata per evitare pericolose vibrazioni.
- La carotatrice va fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.
- Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.
- Il rapporto altezza/diametro (snellezza) dei provini deve essere possibilmente pari ad 1 o 2;
- Una volta terminato il prelievo fotografare la carota su un piano di colore neutro insieme ad un foglio di carta ove sia indicata la posizione di estrazione ed un doppio decimetro affiancato alla carota.

NOTE

- L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie deve essere registrata sul verbale di prelievo.
- È consigliabile effettuare i controlli su carote di snellezza pari a 1 quando si vuole operare in termini di resistenza cubica e quindi effettuare il confronto con Rc.
- Si suggerisce una snellezza pari a 2 quando si vuole operare in termini di resistenza cilindrica ed effettuare il confronto con fc.

RIFERIMENTI

UNI EN 12504-1
LG Valutazione cls in opera 2017

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Valutazione della resistenza del cls mediante Speedymet — *5.9*

Lo Speedymet è una apparecchiatura in grado di determinare a poche ore dal getto la resistenza del calcestruzzo prevedibile a 28 gg. L'apparecchiatura è concepita per essere lasciata direttamente in cantiere consentendo di effettuare tutte le fasi necessarie ad ottenere la previsione della resistenza a 28 gg: maturazione rapida del calcestruzzo, compressione dei provini, stampa dei rapporti di prova. La prova si esegue su almeno 2 provini 8 x 8 x 8 cm.

PROCEDURA

L'apparecchiatura ha un peso di circa 60 kg e dimensioni 60 x 60 x 20 cm.

Nella norma UNI EN 12390-2 viene consentito l'uso della stagionatura accelerata per anticipare i risultati delle prove a rottura prescrivendo la correlazione tra valori ricavati con la procedura canonica e con quella accelerata.

- Predisporre le cubettiere per il prelievo adeguatamente pulite e bagnate nel loro interno con un disarmante.
- Prelevare la malta dal getto secondo le indicazioni del D.L. o del Committente e riempire i cubetti costipandoli adeguatamente.
- Inserire i cubetti nello Speedymet e procedere nella programmazione della stagionatura premendo il tasto Start.
- A stagionatura ultimata (17 ore) provvedere al prelievo dei cubetti in calcestruzzo e sottoporli a schiacciamento.
- Rilevare i valori elaborati e stampati su apposito nastro cartaceo verificando che non riporti dati di "errore" derivanti dall'uso improprio dell'apparecchiatura.

NOTE

Nel Rapporto di prova si deve indicare:

- la planimetria della struttura con l'indicazione dei prelievi effettuati,
- il nominativo e la rispettiva funzione delle persone presenti al prelievo.
- di diametro 15 cm ed altezza 30 cm.

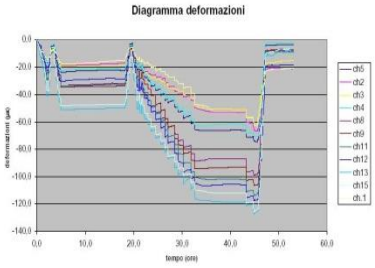
RIFERIMENTI

Norma UNI EN 12390-2

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Misura delle tensioni tramite Strain-Gauges (estensimetri) — *5.10*

Lo scopo della prova è misurare lo stato tensionale degli elementi strutturali in calcestruzzo mediante il montaggio di una coppia di sensori diametralmente opposti in modo tale da potere rilevare lo stato tensionale combinato di sforzo assiale e di momento flettente.



PROCEDURA

- Prendere le opportune misure in modo da posizionare gli “strain-gauges" alla stessa altezza e cavallo della superficie da indagare e controllare che non vi siano solchi.
- Pulire bene la superficie dove va attaccato lo "strain-gauges" con moletta e trapano e successivamente pulire con solvente.
- Mettere del nastro trasparente sopra gli “strain-gauges” per proteggerli dalla colla.
- Disporre sugli " strain-gauges" il solvente, la colla e poi comprimere con forza un paio di minuti.
- Dopo l’installazione degli estensimetri verificarne il funzionamento.
- Settare i parametri degli “strain-gauges” e procedere con l’acquisizione.

NOTE

- Predisporre i fili in modo da avere una distanza adeguata su entrambi i lati della zona da indagare.
- Impostare il numero di gauge-factor in base al valore che ha la confezione di “strain-gauges”.

RIFERIMENTI

Norma ASTM E 837-01

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Indagini tramite endoscopio — *5.11*

L'indagine tramite endoscopio ha lo scopo do classificare dettagliatamente la consistenza e la natura del materiale costituente la struttura in esame, mediante rilievi visivi e fotografici. Allo scopo è utilizzata una sonda che viene inserita in alcuni fori nel calcestruzzo generati mediante carotatrice o trapano elettrico. La restituzione fotografica o video dell'ispezione permette di osservare eventuali anomalie e cavità interne al calcestruzzo.

PROCEDURA

- Praticare un foro da 20-30 mm mediante una carotatrice.
- Pulire accuratamente il foro dai detriti.
- Inserire la sonda e ispezionare visivamente quattro posizioni, usualmente a 0° 90° 180° 270°, per ogni intervallo di 5 cm in profondità.
- Impostare la luminosità e l'esposizione della camera in base alle condizioni di luce presenti.
- Riprendere la superficie interna di ispezione annotando le eventauli anomalie riscontrate.
- Segnare sull'apposito modulo il numero di foto con il relativo tempo nel caso di riprese video oltre alle note di commento sull'aspetto visivo.

NOTE

- Qualora non sia possibile l'utilizzo di una carotatrice, il foro viene praticato mediante trapano elettrico.

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Analisi quantitativa dello ione-cloro — *5.12*

Lo scopo della prova è quello di calcolare la quantità di ioni cloruro presente all'interno di un provino di calcestruzzo. Le linee guida del Servizio Tecnico del Ministero delle Infrastrutture indicano, come parametri di controllo per la durabilità delle strutture, che la concentrazione degli ioni cloruro, espressa come percentuale in peso sul contenuto di cemento, sia inferiore alla soglia critica dello 0,2%, valori che impediscono la reazione che regola la corrosione delle armature.

PROCEDURA

- Prelevare mediante un trapano con una punta pulita di diametro > 20 mm della polvere di cls alla profondità di 1, 2 e 3 cm, a seconda che venga o meno oltre-passata la soglia limite nel caso di prova in sito oppure conservare le polveri in sacchetti di plastica (non in carta in quanto spesso trattata con cloruri).
- Disciogliere una precisa quantità di acidi, fissata da normativa, in un contenitore in plastica contenente 20 ml di una liquido base in modo da formare un'unica soluzione.
- Versare la polvere di calcestruzzo nel contenitore.
- Collegare un elettrodo dotato di sensore di temperatura incorporato ad un apparato dedicato e compensato in temperatura che misura il voltaggio generato dalla concentrazione di ioni cloruro presenti nella soluzione.
- Inserire l'elettrodo nel liquido al fine di rilevare la reazione elettrochimica in atto.

La percentuale di ioni cloruro vengono visualizzati direttamente sul display LCD

NOTE

Eseguire la prova su almeno 3 provini per ottenere risultati statisticamente attendibili e non soggetti a fenomeni puntuali.

RIFERIMENTI

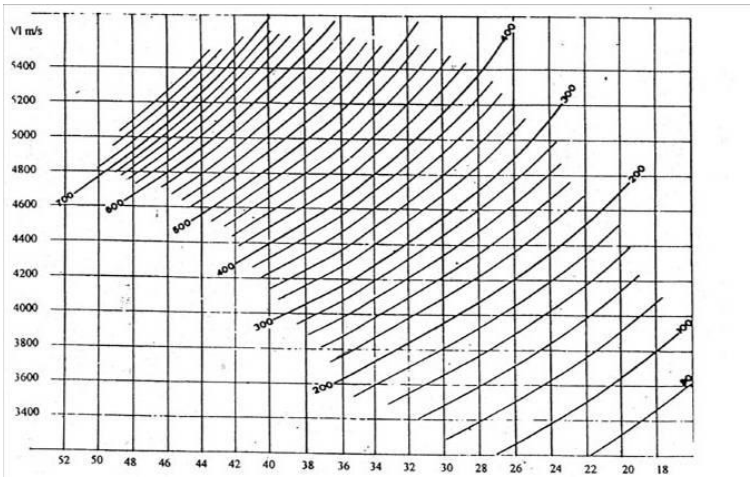
ASTM C114

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Valutazioni con metodo SonReb — *5.13*

Lo scopo della prova è calcolare la resistenza media a compressione del calcestruzzo combinando la velocità ultrasonica V, ottenuta con prove ultrasoniche, con l'indice di rimbalzo S ottenuto con prove sclerometriche, compensando gli errori di entrambe le prove. Il contenuto di umidità e l'età del calcestruzzo infatti influenzano in modo opposto entrambe le prove. Si utilizzano curve di correlazioni sperimentali o, in alternativa,di correlazioni analitiche.

Curve di isoresistenza (Rilem) Rc [N/mmq]



PROCEDURA

- Misurare la velocità ultrasonica media di un impulso all'interno del calcestruzzo in almeno 3 punti (Rif. 5.1).
- Misurare l'indice medio di rimbalzo del calcestruzzo in almeno 3 punti (Rif. 5.5).
- Utilizzare delle curve di correlazioni sperimentali secondo le raccomandazioni Rilem NDT 1 per identificare la curva di isoresistenza relativa ai valori di V e S riscontrati nelle misurazioni o, in alternativa, di correlazioni analitiche, del tipo:

$R_{cub} = a \cdot R^b \cdot V^c$ [MPa]

V = velocità ultrasonica [m/s]
R = indice di rimbalzo sclerometrico

I valori dei coefficienti calcolati empirici sono:
a = $9{,}27 \cdot 10^{-11}$
b = 1,4
c = 2,6

In alcuni testi esistono anche altri valori per i coefficienti. In ogni caso nessuna forma ha validità generale, soprattutto se si tratta di calcestruzzi di bassa qualità.
Nel caso la rilevazione con metodo SonReb abbia una funzione di confronto coi dati rilevati mediante prove distruttive, i coefficienti con vengono assegnati secondo espressioni fornite in bibliografie, ma il modello viene tarato mediante
regressione lineare con i valori di resistenza cubica Rc derivati dalla resistenza cilindrica a compressione fc di alcune carote.

NOTE

Eseguire la prova in almeno 3 punti per ottenere risultati statisticamente attendibili e non soggetti a fenomeni puntuali.

RIFERIMENTI

Norma BS 1881-204, DIN 1045, CP110

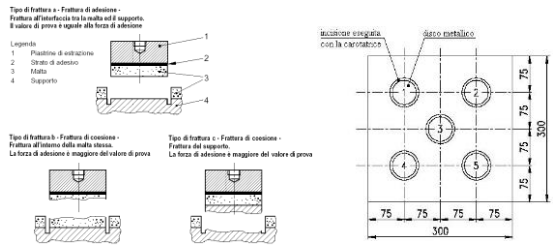
INDAGINI SUI CALCESTRUZZI — 5

Misura della forza di adesione del rivestimento (Pull-Off) — *5.14*

Lo scopo della prova è quello di identificare la forza di adesione di qualsiasi materiale (intonaci, malte, gessi e vernici) su un supporto calcolandola dal carico a rottura di estrazione di alcuni tasselli di ancoraggio. L'apparecchiatura utilizzata è costituita da un moltiplicatore di forza a funzionamento idraulico e un dinamometro che memorizza la forza necessaria per strappare la parte di superficie intagliata e incollata al tassello di ancoraggio.

PROCEDURA

- Identificare le sezioni di prova e procedere al carotaggio dei campioni sino all'incisione del substrato da verificare.
- Incollare con un adesivo epossidico dei cilindri metallici del diametro di 50 mm avendo cura che lo strato di collante sia sottile ed uniforme.
- Avvitare nel foro centrale della pastiglia una vite a testa sferica che funga da presa per lo strumento.
- Ruotare la manovella sino a che la parte intagliata del materiale non si strappa dal resto.
- Valutare il tipo di frattura e la forza di adesione in base alla normativa.



NOTE

Eseguire la prova in almeno 5 punti, come nello schema, per ottenere risultati statisticamente attendibili e non soggetti a fenomeni puntuali, il foro viene praticato mediante trapano elettrico.

RIFERIMENTI

UNI EN 1015-12, UNI EN 1542
ASTM D4541 -09

INDAGINI SUGLI ACCIAI — 6

Prove con microdurometro Vickers — 6.1

L'indagine tramite microdurometro Vickers ha lo scopo di ottenere una valutazione della resistenza meccanica a trazione dell'acciaio, eseguendo un controllo della durezza mediante l'utilizzo di un microdurometro portatile. La valutazione dell'impronta Vickers viene effettuata per via elettronica con il metodo UCI.

PROCEDURA

- Preparare l'area d'indagine eliminando la vernice e lucidandola con varie carte abrasive iniziando a scalare con una a grana grossa sino ad arrivare a quella più fine per ottenere una superficie più liscia possibile.
- Premere la punta di diamante sulla superficie dell'acciaio producendo un impronta; in questo modo si carica progressivamente una molla elicoidale contenuta nel corpo della sonda. Quando il carico ha raggiunto un valore corrispondente a quello di misura lo strumento rileva automaticamente la misura dell'impronta e la memorizza.
- Con i valori di durezza Vickers (HV) ottenuti, calcolare la resistenza a trazione attraverso il prospetto A.1 della norma UNI EN ISO 18265, oppure per avere un riferimento diretto in sito utilizzando la formula:

$R_t = Brinnel \cdot 3{,}355$ se Brinnel ≤ 175

$R_t = Brinnel \cdot 3{,}338$ se Brinnel > 175

dove:
R_t = singole resistenze a trazione;
Brinnel = durezza Brinnel pari a 0,95 HV

NOTE

- Per spessori inferiori a 30 mm utilizzare solo durometri portatili con rilevazione dell'impronta attraverso metodo UCI.
- Prestare grande attenzione alla preparazione superficiale: assicurarsi di aver rimosso ogni residuo di verniciatura o zincatura e in caso di misurazioni non omogenee aumentare il livello di finitura.
- La conversione riportata nella UNI EN ISO 18265 è valida per acciai non legati o basso legati.

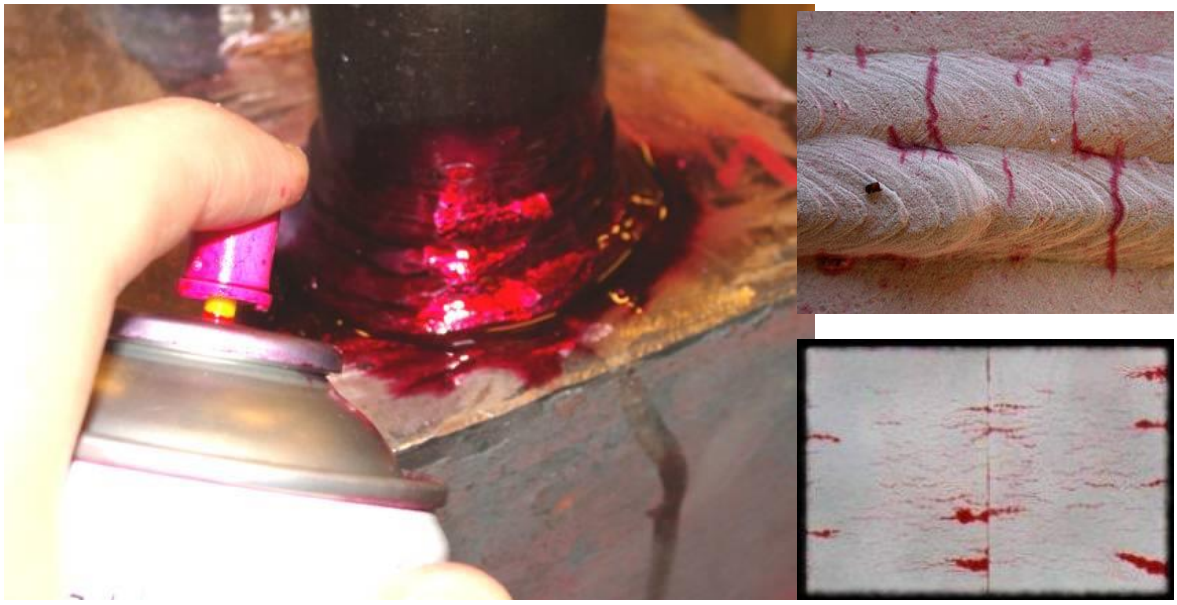
RIFERIMENTI

UNI EN ISO 18265 e DIN 50157

INDAGINI SUGLI ACCIAI | 6

Controllo delle saldature con liquidi penetranti PT | *6.2*

Il test con liquidi penetranti sfrutta la capacità di alcuni liquidi di penetrare, per capillarità e non per gravità, all'interno dei difetti superficiali per identificare sottilissime discontinuità superficiali. La metodologia permette di evidenziare in maniera rapida ed affidabile, discontinuità aperte in superficie (cricche, porosità, ripiegature, strappi, cricche di fatica e di trattamento termico, etc.) su qualsiasi componente indipendentemente dalla geometria e dal materiale dello stesso.



PROCEDURA

- Pulire la superficie da indagare mediante sabbiatura o solventi o detergenti appositi.
- Spruzzare un liquido penetrante rosso ad elevata sensibilità e ad alto contenuto di pigmenti colorati in bomboletta spray o applicarlo manualmente sulla superficie con un pennello. Il penetrante deve essere lavabile con acqua o rimovibile con il liquido pulitore.
- Rimuovere il liquido penetrante dalla superficie utilizzando un idropulitore ad acqua in pressione o manualmente con spugna e solventi a rapida evaporazione.
- Lasciare che il liquido all'interno dei difetti superficiali si asciughi naturalmente o accelerare il processo mediante aria compressa filtrata o pulendo manualmente con degli stracci puliti e asciutti.
- Applicare uno sviluppatore bianco sulla superficie al fine di assorbire ed attirare verso la superficie il penetrante rimasto nelle discontinuità dopo il lavaggio e di espanderlo in superficie con conseguente ingrandimento anche delle indicazioni relative a piccolissime discontinuità.
- Ispezionare visivamente la superficie sotto una luce di intensità minima 1000 Lux.

NOTE

- È possibile anche utilizzare liquidi fluorescenti, con relativi emulsificatori e sviluppatori, e ispezionare la superficie con luce ultravioletta di intensità minima 1000 µW/cm2
- È possibile anche individuare difetti passanti spruzzando lo sviluppatore sul lato opposto dell'elemento da indagare

RIFERIMENTI

UNI EN 9712,
UNI EN ISO 3452-1, UNI EN ISO 23277

INDAGINI SUGLI ACCIAI — 6

Controllo delle saldature con particelle magnetiche MT — *6.3*

Il metodo si basa sulla deviazione che le linee del campo magnetico, indotto in un materiale, subiscono in presenza di una discontinuità.
La magnetoscopia è particolarmente adatta per la ricerca di difetti superficiali e subcorticali nelle saldature: cricche, inclusioni, ripiegature, ecc. mentre risulta inefficace per i difetti interni.

PROCEDURA

- Preparare, se necessario, la superficie per mezzo di spazzolatura meccanica al fine di asportare gli ossidi e la vernice distaccata.
- Spruzzare sul pezzo da controllare la lacca bianca di contrasto.
- Magnetizzare la superficie.
- Verificare il campo magnetico e le direzioni di magnetizzazione con una piastrina Asme ottagonale contenente dei difetti campione.
- Applicare sul pezzo la polvere magnetica.
- Ripetere l'operazione per le opportune direzioni di magnetizzazione.
- Ispezionare e valutare eventuali indicazioni.
- Se necessario demagnetizzare il pezzo.

NOTE

- Il metodo può essere applicato solo su materiali ferromagnetici (es. ferro,nichel, cobalto ed alcune delle loro leghe).
- Molto importante nel controllo è la scelta della direzione di magnetizzazione in quanto affinché il campo magnetico si alteri in modo significativo è necessario che la discontinuità sia il più possibile perpendicolare alle linee di induzione così da offrire una brusca variazione di permeabilità.

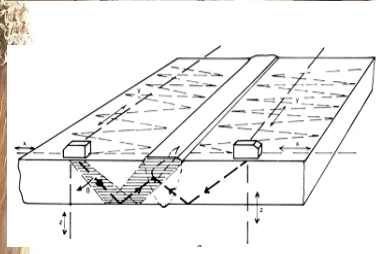
RIFERIMENTI

UNI EN 9712,
UNI EN ISO 17638, UNI EN ISO 23278

INDAGINI SUGLI ACCIAI — 6

Controllo delle saldature con Ultrasuoni UT — *6.4*

Il controllo ultrasonoro permette, attraverso la propagazione di vibrazioni meccaniche con frequenze superiori a quelle udibili dall'uomo, di individuare discontinuità superficiali o interne, determinare la posizione e la dimensione di eventuali difetti.
Viene utilizzato un rilevatore di difetti ad ultrasuoni che riscontra il segnale di partenza degli UT e il segnale di arrivo (eco di fondo). I due segnali sono visibili come picchi sullo schermo. Se tra questi picchi ne sono presenti altri vuol dire che il metodo ha evidenziato un difetto del materiale esaminato.



PROCEDURA

- Preparare, se necessario, la superficie per mezzo di spazzolatura meccanica al fine di asportare gli ossidi e la vernice distaccata
- verificare la strumentazione ed eseguire la taratura dell'asse dei tempi e della sensibilità sui blocchi campione previsti da normativa e sui difetti di riferimento (fori trapanati lateralmente, fori piani, intagli, ecc….).
- Il controllo deve essere eseguito su tutto il volume del pezzo in modo da non lasciare aree inesplorate, nel caso in cui ciò non sia possibile, a causa della configurazione del particolare da esaminare o per altre motivazioni, deve essere segnalato nel rapporto di prova.
- La sonda deve essere spostata sulla superficie di controllo con una sovrapposizione fra una passata e l'altra non inferiore al 50% della larghezza della sonda.

NOTE

- Le superfici interessate dal controllo a ultrasuoni devono essere sufficientemente lisce in modo tale da permettere una buona scorrevolezza del trasduttore.
- Per ottenere un buon accoppiamento tra la sonda e il materiale da esaminare è necessario eliminare l'aria che vi si interpone, cosa che viene ottenuta mediante l'utilizzo di un mezzo di accoppiamento da interporre tra la sonda e la superficie da esaminare.
- Il mezzo di accoppiamento deve avere buone caratteristiche di bagnabilità e una buona trasparenza agli ultrasuoni.

RIFERIMENTI

UNI EN 9712,
UNI EN ISO 17640, UNI EN ISO 11666

INDAGINI SUGLI ACCIAI — 6

Misure spessimetriche con ultrasuoni — *6.5*

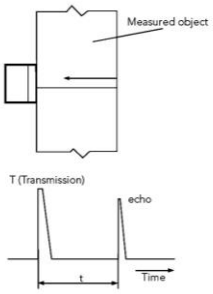
Le misurazioni di spessore sono una delle più comuni applicazioni della tecnologia ad ultrasuoni. Conoscendo il valore di propagazione del suono del materiale esaminato, il suo spessore viene calcolato misurando il tempo di ritorno del segnale. Lo scopo della prova consiste nella verifica dello stato di usura o corrosione di elementi ai quali si può accedere da un solo lato, senza necessità di smontare o portare in altra sede le parti oggetto dell'indagine.

PROCEDURA

- Tarare lo strumento su un blocco campione di caratteristiche analoghe al materiale oggetto dell'indagine.
- Al fine di ottenere il perfetto accoppiamento tra la superficie e il pezzo pulire la superficie da indagare se sporca, se questa è molto rugosa, coperta da ossidi o in caso di pezzi verniciati con vernice non aderente e compatta sarà necessaria la pulitura meccanica.
- Interporre un sottile velo di olio o gel accoppiante per ultrasuoni tra la sonda e la superficie di contatto.
- Leggere sul display e registrare il valore rilevato.

NOTE

- Nel caso di strutture multistrato bisogna ricordare che lo strumento dà soltanto lo spessore della lamiera con cui è a contatto.
- La scelta del tipo di sonda è fondamentale e dipende dalle caratteristiche del pezzo e dal tipo di tecnica applicata. Utilizzando sonde piane e la tecnica ad eco multiplo sarà possibile eseguire misure anche su superfici verniciate rilevando il solo spessore dello strato di metallo.



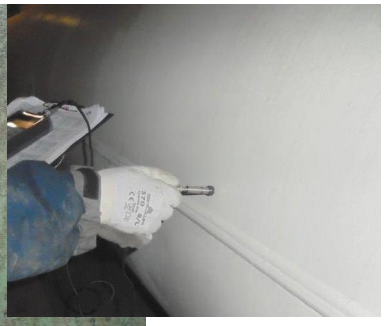
RIFERIMENTI

UNI EN 9712,
UNI EN 14127, UNI EN 15317

INDAGINI SUGLI ACCIAI — 6

Misure spessimetriche del rivestimento — *6.6*

Misurare lo spessore dell'elemento protettivo (verniciatura, zincatura, anodizzazione, plastificazione, cromatura ecc.) è possibile attraverso degli strumenti che sfruttano il principio dell'induzione magnetica o delle correnti parassite.
Questi strumenti danno un riscontro immediato del valore del rivestimento poggiando la sonda sul pezzo in esame, si può in tal modo verificare che sia presente il minimo di riporto richiesto.



PROCEDURA

- Verificare lo strumento su un blocco campione di caratteristiche analoghe al materiale oggetto dell'indagine.
- Posizionare la sonda nel punto da indagare.
- Leggere sul display e registrare il valore rilevato.
- Eseguire almeno 3 misurazioni per ogni zona.
- Il valore rilevato dallo strumento sarà complessivo di tutto lo strato di rivestimento (totale dello spessore dovuto ai vari cicli di verniciatura).

NOTE

- Gli strumenti ad induzione magnetica funzionano solo su materiali ferromagnetici.
- Nel caso di rivestimenti di metalli non ferromagnetici (es alluminio) vanno utilizzati strumenti che sfruttano il principio delle correnti parassite.

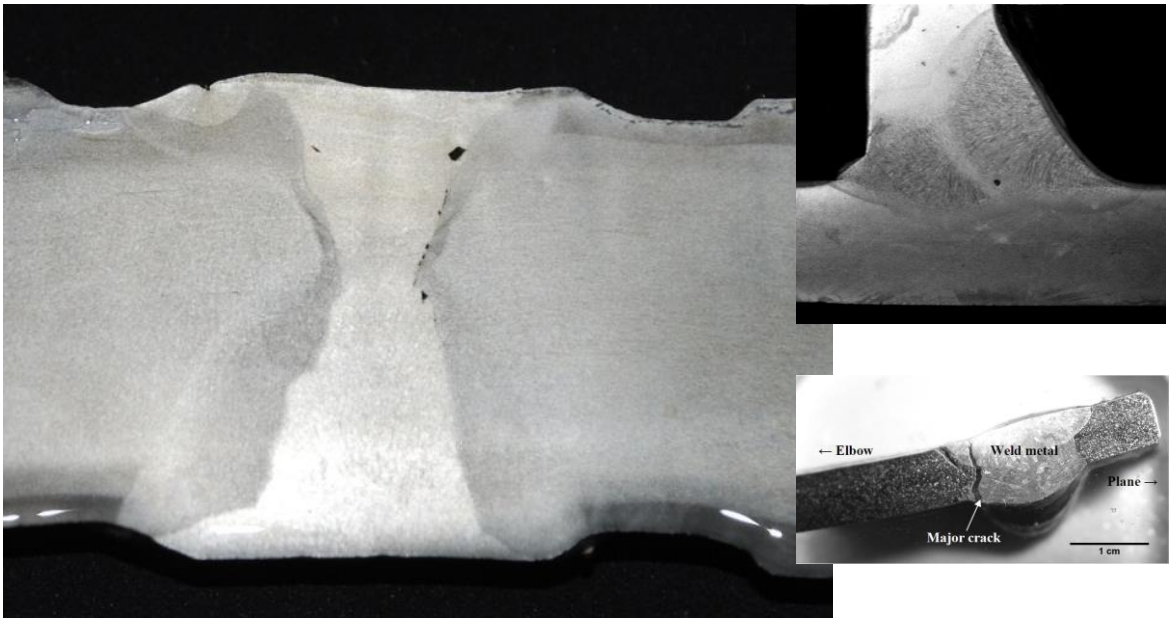
RIFERIMENTI

ASTM B499 / D1186 / D1400

INDAGINI SUGLI ACCIAI | 6

Esame macrografico delle saldature | *6.7*

L'esame macrografico mette in evidenza la disposizione delle fibre e l'assetto macrostrutturale, esso è largamente utilizzato per l'esame delle saldature nelle qualifiche dei procedimenti (UNI EN ISO 15614-1). In questo caso è utilizzato per la ricerca di difetti all'interno della saldatura quali: cricche, porosità mancanze di fusione ed errori di carattere operativo o di preparazione.
Il campione della saldatura viene osservato ad occhio nudo, o con mezzi di osservazione con ingrandimento ottico non superiore a 20.



PROCEDURA

- Prelevare il campione da sottoporre all'analisi.
- Eseguire una sezione trasversale del campione e preparare la superficie con carta vetrata di vari granature fino ad ottenere una superficie lucida.
- Eseguire un attacco chimico della superficie con nital 2% per il tempo necessario a mettere in evidenza la zona saldata e la zona termicamente alterata del giunto.
- Ispezionare il campione ed annotare eventuali difetti presenti.
- Eseguire un'immagine fotografica del campione.

NOTE

- L'esame macrografico deve includere il metallo base non alterato termicamente e deve essere documentato con almeno una riproduzione macrografica per ogni procedura di prova.

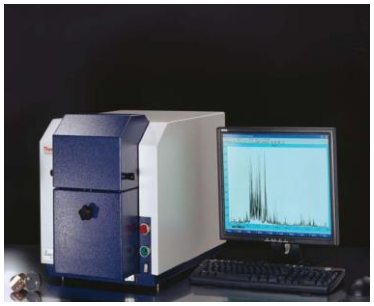
RIFERIMENTI

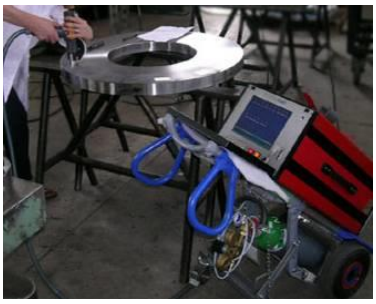
UNI EN 17639

INDAGINI SUGLI ACCIAI | 6

Analisi con spettrometro sulla composizione chimica | *6.8*

Lo spettrometro funziona grazie a una sorgente radioattiva che emette particelle alfa (nuclei di elio) che colpiscono la superficie che si vuole studiare, penetrando al suo interno di 5-10 millesimi di millimetro. Gli atomi colpiti dalla radiazione emettono a loro volta raggi X, in modo caratteristico a seconda dell'elemento chimico in gioco e permettono di risalire alla composizione chimica della superficie, analizzando lo spettro di emissione.





PROCEDURA

- Prelevare da un campione metallico un provino di forma regolare di almeno 9 cm2;
- Pulire e rettificare la superficie da analizzare;
- Inserire il provino all'interno dell'alloggiamento;
- Disporre il provino il più possibile aderente alla superficie di contatto della sonda;
- Eseguire l'analisi assicurandosi di aver bloccato bene il provino e successivamente chiuso il coperchio di sicurezza;
- I dati sono inseriti automaticamente in tabelle Excel;
- Il risultato è dato dalla media delle letture di tre analisi successive del campione.

NOTE

Scegliere il tipo di analisi da eseguire in base al campione da analizzare (Fe-Cr-Ni Steel o Fe-Low Alloy Steel), solo in questo modo verranno analizzati tutti gli elementi chimici caratteristici di ogni materiale.

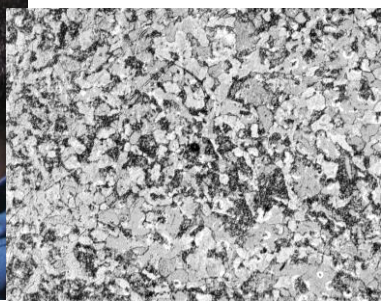
RIFERIMENTI

UNI EN 9712, UNI EN 571-1,
UNI EN 1289, EN 13480, UNI EN 25817

INDAGINI SUGLI ACCIAI | 6

Esame mediante repliche metallografiche | *6.9*

Il controllo mediante repliche metallografiche consente di rivelare fenomeni di danneggiamento o invecchiamento microstrutturale senza dover prelevare un campione dalla struttura. Viene preferita in quelle situazioni dove non è possibile danneggiare il componente da indagare (condotte, impianti…)
L'indagine può avere diversi scopi: accettazione di materiali; accertamento di danno microstrutturale a seguito di surriscaldamenti, incendi; valutazione di fenomeni di invecchiamento durante l'esercizio.



PROCEDURA

- Eliminare la vernice o eventuali ossidi presenti sulla superfice della zona da indagare.
- Preparare la superficie con lucidatrice portatile, carte abrasive e paste diamantate fino ad ottenere una superficie a specchio.
- Eseguire un attacco chimico della superficie con nital 2%.
- Applicare sulla superficie del film in acetato di cellulosa per la replica della microstruttura.
- Rimozione del film in acetato di cellulosa e posizionamento sul vetrino prestando attenzione di proteggerla da polveri o altri contaminanti.
- Osservazione della replica al microscopio.

NOTE

Ciascuna replica deve essere esaminata in modo completo al microscopio e ogni anomalia segnalata e documentata.

RIFERIMENTI

UNI EN 11373
UNI 7329, UNI 9993
ASTM E 1351

INDAGINI SUGLI ACCIAI — 6

Verifica della coppia di serraggio dei bulloni — *6.10*

Il controllo consente di verificare l'efficienza del serraggio di giunti bullonati utilizzando una chiave dinamometrica. I bulloni non devono essere poco serrati , per ovvi motivi, o serrati eccessivamente al fine di evitare che un eccessivo serraggio causi lo snervamento o addirittura la rottura della vite.

PROCEDURA

- Marcare dado e bullone per identificare la loro posizione relativa.
- Allentare il dado con una rotazione almeno pari a 60°.
- Applicare la coppia prescritta e risserare il dado.
- Controllare se la coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Tabella 4.2.XVI – *Coppie di serraggio per i bulloni 8.8*

Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	*k=0.10*	*k=0.12*	*k=0.14*	*k=0.16*	$F_{p,C}$ *[kN]*	A_{res} *[mm²]*
M12	56.6	68.0	79.3	90.6	47.2	84.3
M14	90.2	108	126	144	64.4	115
M16	141	169	197	225	87.9	157
M18	194	232	271	310	108	192
M20	274	329	384	439	137	245
M22	373	448	523	597	170	303
M24	474	569	664	759	198	353
M27	694	833	972	1110	257	459
M30	942	1131	1319	1508	314	561
M36	1647	1976	2306	2635	457	817

Tabella 4.2.XVII *Coppie di serraggio per bulloni 10.9*

Viti 10.9 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	*k=0.10*	*k=0.12*	*k=0.14*	*k=0.16*	$F_{p,C}$ *[kN]*	A_{res} *[mm²]*
M12	70.8	85.0	99.1	113	59.0	84.3
M14	113	135	158	180	80.5	115
M16	176	211	246	281	110	157
M18	242	290	339	387	134	192
M20	343	412	480	549	172	245
M22	467	560	653	747	212	303
M24	593	712	830	949	247	353
M27	868	1041	1215	1388	321	459
M30	1178	1414	1649	1885	393	561
M36	2059	2471	2882	3294	572	817

NOTE

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

RIFERIMENTI

CNR – UNI 10011
D.M. del 17 gennaio 2018 (Art. 4.2.8.1)
UNI EN 1090-2

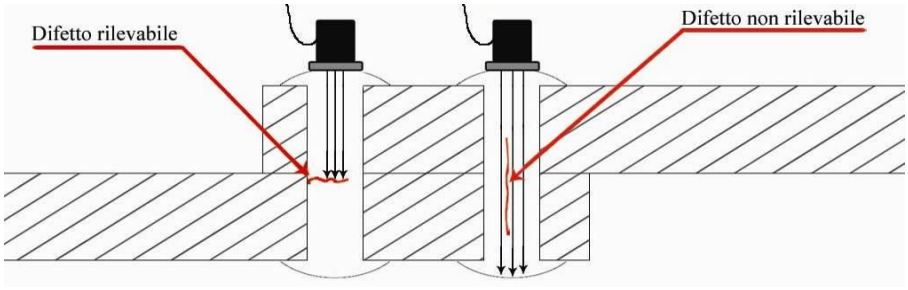
INDAGINI SUGLI ACCIAI — 6

Verifica dell'integrità delle chiodature — *6.11*

Nella verifica viene utilizzato il metodo ultrasonoro per la ricerca di difetti (vedi scheda 6.4).
In questo caso il metodo è stato utilizzato per la verifica dell'integrità strutturale dei chiodi attraverso la valutazione dell'eco di ritorno del segnale ultrasonoro emesso da una sonda piana posizionata sulla testa del perno o del bullone. I difetti che possono essere evidenziati con questa metodologia hanno un orientamento trasversale (difetti più dannosi per il tipo di ancoraggio).

PROCEDURA

- Preparare la testa dei chiodi mediante molatura in modo da ottenere una superficie piana e permettere il corretto accoppiamento tra la sonda ed il chiodo.
- Verificare la strumentazione ed eseguire la taratura dell'asse dei tempi e della sensibilità sui blocchi campione previsti da normativa e sui difetti di riferimento (fori trapanati lateralmente, fori piani, intagli, ecc….).
- Posizionare la sonda sulla testa del chiodo e verificare la presenza di eventuali difetti.



NOTE

Se in un giunto anche un solo chiodo non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i chiodi del giunto devono essere controllati.

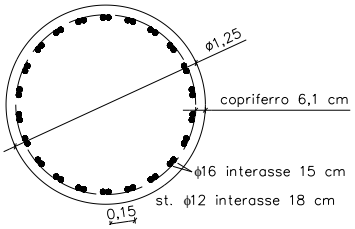
RIFERIMENTI

UNI EN 9712,
UNI EN 583, UNI EN ISO 10228-3

INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA | 7

Indagini tramite pacometro | *7.1*

Lo scopo della prova è quello di determinare la posizione delle armature, lo spessore del copriferro e, con buona approssimazione, il diametro dei ferri facendo scorrere lungo la superficie mediante una sonda emettitrice di campo magnetico collegata ad un'unità di elaborazione digitale ed acustica.
Questo tipo di rilevazione è particolarmente utile per l'esecuzione delle altre prove come il carotaggio ed il Pull-out, che necessitano di evitare le armature.



PROCEDURA

- Posizionare la sonda con l'asse longitudinale nella direzione presunta delle barre.
- Muovere la sonda nella direzione presunta delle sbarre è verificare se è quella effettiva. La sonda infatti emette un segnale di diversa intensità a seconda che il tondino rilevato corra parallelamente alla sonda o perpendicolarmente.
- Accertato di muoversi nella corretta direzione, tracciare, man mano che si scansiona la superficie,la mappa dei ferri di armatura rilevati tramite un gesso colorato.
- Usare le manopole dello strumento per settarlo correttamente e ripassare dove segnato col gessetto per determinare la profondità del copriferro.
- Muovere nuovamente le manopole e passare nuovamente lo strumento nei punti contrassegnati dal gessetto al fine di rilevare in più punti il diametro dei ferri d'armatura
- Trascrivere le misure rilevate in diversi punti e calcolare i valori medi del diametro delle armature rilevate, il loro passo e la profondità del copriferro.

NOTE

- Utilizzare il lato NERO della sonda per coperture di calcestruzzo dai 30 mm ai 90 mm, mentre per coperture inferiori ai 30 mm bisogna girare la sonda mettendo il lato BIANCO a contatto con l'armatura e sottraendo i 30 mm di spessore della sonda dalla profondità segnata sul display.

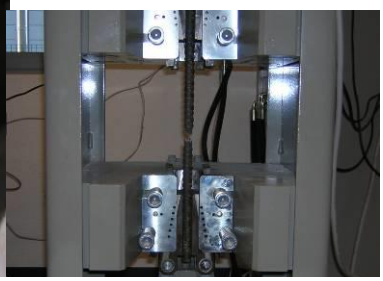
RIFERIMENTI

BS 1881-204

INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA | 7

Prelievo di armature | *7.2*

Lo scopo della prova è quello di prelevare dei ferri d'armatura sui quali andranno poi eseguiti dei test chimici, fisici o meccanici in un laboratorio prove materiali. Questa metodologia prevede l'uso di uno scalpello per togliere il copriferro e di una cesoia per tagliare il ferro. Esso deve essere eseguito in zone di scarsa sollecitazione indicate dal Committente e deve essere condotto in modo da creare il minor disturbo possibile al manufatto ed ai suoi elementi costitutivi.



PROCEDURA

- Individuare insieme al DL la posizione che arrechi minor disturbo al manufatto..
- Individuare la presenza di ferri di armatura con pacometro e segnare la loro presenza con un gesso colorato.
- Scapitozzare il c.a. sino a liberare il ferro d'armatura per una lunghezza di circa 15 cm o maggiore se richiesti dal Laboratorio.
- Tagliare mediante molatrice o cesoia pneumatica il ferro da prelevare.
- Continuare a raffreddare i ferri d'armatura con getti d'acqua per impedire mutazioni delle caratteristiche chimiche e meccaniche del ferro.
- Dopo il prelievo fotografare il provino su un piano di colore neutro insieme con un foglio di carta ove sia indicata la posizione e un metro semirigido.
- Misurare e annotare il diametro e il copriferro delle armature rilevate.

NOTE

- All'atto della consegna al Laboratorio va allegata anche la planimetria della struttura con l'indicazione dei punti di rilevamento.

RIFERIMENTI

D.M. del 17 gennaio 2018 (Cap. 11.3)

INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA | 7

Misura del potenziale di corrosione | *7.3*

La mappatura di potenziale è un metodo elettrochimico utilizzato per valutare lo stato di corrosione delle armature. La tecnica prevede la misura del potenziale delle armature attraverso un elettrodo di riferimento (Cu/CuSO4), appoggiato sulla superficie del calcestruzzo mediante una spugna umida per garantire il contatto elettrolitico. Questa caratteristica consente di definire estensione e intensità del fenomeno corrosivo sulle barre dell'armatura causato da diminuzione dell'alcalinità del calcestruzzo dovuta a fenomeni di carbonatazione o attacchi di sostanze aggressive.

PROCEDURA

- Preparare l'elettrodo con un'apposita soluzione ed inumidirlo almeno 12 ore prima della prova.
- Individuare la presenza di ferri di armatura con pacometro e segnare la loro presenza con un gesso colorato.
- Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte integrante del materiale in esame.
- Tracciare un reticolo precedentemente con spaziatura 25 cm x 25 cm al fine di rilevare sui nodi i valori del potenziale.
- Scapitozzare il c.a. sino a liberare il ferro d'armatura per una lunghezza di circa 15 cm o maggiore se richiesti dal Laboratorio.
- Collegare un polo del millivoltmetro ad una barra d'armatura e l'altro polo ad un elettrodo di riferimento che viene trascinato sulla superficie del materiale seguendo il reticolo tracciato.
- Spruzzare leggermente la superficie per renderla umida.
- Misurare il potenziale nei nodi del reticolato

NOTE

Dopo ogni rilevamento deve essere effettuata almeno una coppia di misure per effettuare la correlazione tra il potenziale misurato e la diminuzione percentuale di diametro delle armature. In questo modo è possibile, utilizzando rilievi precedentemente eseguiti ed elaborati, definire una legge lineare di correlazione tra potenziale e corrosione correggendo opportunamente i parametri di pendenza e intersezione.

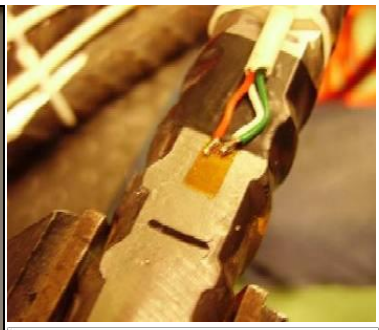
RIFERIMENTI

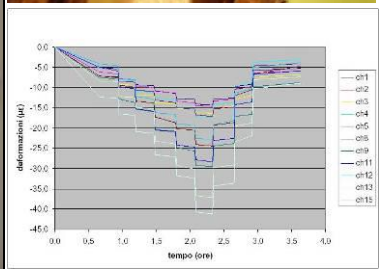
Norma ASTM C876

INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA — 7

Misura dello stato di tensione tramite Strain-Gauges (estensimetri) — *7.4*

Lo scopo della prova è misurare lo stato tensionale degli elementi strutturali in metallo mediante il montaggio di una coppia di sensori diametralmente opposti in modo tale da potere rilevare lo stato tensionale combinato di sforzo assiale e di momento flettente.





PROCEDURA

- Prendere le opportune misure in modo da posizionare gli "strain-gauges" alla stessa altezza e diametralmente opposti.
- Pulire bene la superficie dove va attaccato lo "strain-gauges" con moletta e trapano, controllare che non vi siano solchi e pulire con solvente.
- Mettere del nastro isolante alla base vicino alle saldature dello "strain-gauges" e del nastro trasparente sopra per proteggerlo dalla colla.
- Mettere sullo " strain-gauges" prima il solvente, subito dopo la colla e poi comprimere con forza un paio di minuti.
- Preparare l'altro strumento e prima di installarlo staccare delicatamente il nastro dal primo.
- Posizionare un cavo in modo da poter attaccare insieme i due " strain-gauges"; spellare i fili ad una lunghezza tale da potere collegare insieme filo rosso e blu e filo marrone e nero; i fili bianco e giallo sono i due neutri.
- Dopo l'installazione provarne il funzionamento e con esito positivo mettere uno strato di protezione e della carta stagnata con mastice.
- Accendere lo strumento utilizzato per la lettura e selezionare il tipo di connessione a ponte intero.
- Impostare il numero di gauge-factor in base al valore che ha la confezione di "strain-gauges".
- Fare la differenza tra valore iniziale e letto.
- Dividere per 2,6 (valore per ponte intero).
- Moltiplicare per 0,21 ottenendo così i MPa.

RIFERIMENTI

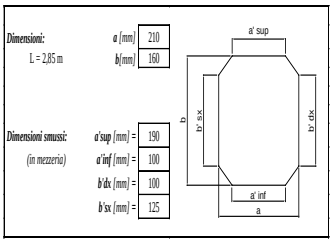
Norma ASTM E 837-01

INDAGINI SUL LEGNO — 8

Ispezione in situ per la diagnosi di elementi in opera — *8.1*

Le indagini diagnostiche applicate al legno in opera assumono un ruolo fondamentale nello studio delle patologie lignee ai fini della determinazione dello stato di conservazione e delle loro capacità prestazionali in rapporto alla sicurezza statica.
Allo scopo, facendo riferimento alle normative vigenti, si evidenzia una procedura di lavoro che consente la valutazione dello stato di conservazione e la stima della resistenza di elementi lignei in opera attraverso ispezioni in situ e mediante l'impiego di metodologie di prova non distruttive.

ELEMENTO:	**A**	**DATA:**	14/12/2011
NOTE:	Terzera	**ORIZZONTAMENTO:**	Copertura
ESSENZA:	***CASTAGNO*** [3]	**DENSITA':**	0,50 g/cm^2



RILIEVO IGROMETRICO E TEMPERATURA			
Umidità *[%]:*	***Appoggio W***	**Temperatura** *[°C]:*	***Appoggio W***
	21,7		7,1
	Mezzeria		***Mezzeria***
	20,1		8,0

Presenza di deformazioni:	No
Stato degrado:	Elevato

CLASSIFICAZIONE SECONDO RESISTENZA		
		Categoria
Smussi:	z<1/3	III
Lesioni:	Estese	
Nodi singoli:	d/(a o b)<1/5; d < 50 mm	
Gruppi di nodi:	Σd/(a o b)<2/5	
Inclinazione fibre: (risp. asse longitud.)	<10% (1/10)	
Fessure radiali :	Estese-intradosso non passanti (prof. ≤ 6 cm)	

Situazione del legno in opera	**Umidità del legno**	**Funghi**	**Insetti**	**Classe di rischio**
Non a contatto del terreno ed al coperto	> 18 %	assenti	presenti	***2***

PROCEDURA

- Ispezione su ciascun elemento ligneo facente parte della struttura oggetto di indagine per la valutazione di integrità.
- Determinazione della specie legnosa, se necessario mediante il prelievo di una scheggia da analizzare in Laboratorio.
- Determinazione dell'umidità attraverso igrometro e della temperatura ambiente.
- Determinazione delle condizioni ambientali e della classe di rischio biologico (come prevenzione a eventuali trattamenti).
- Descrizione generale e rilievo geometrico con ubicazione ed estensione dei principali difetti e ubicazione di zone e sezioni critiche.
- Esecuzione di indagini non distruttive di omogeneità con Ultrasuoni o Pylodin e indagini Resistografiche per la valutazione di sezioni critiche.
- Classificazione secondo la resistenza dell'elemento nel suo complesso e/o delle singole zone critiche.

NOTE

- Condizioni essenziali per l'ispezione sono l'accessibilità, la pulizia e l'illuminazione degli elementi lignei.
- Possibilità del prelievo di campione con sonda incrementale (succhiello di Pressler) per la va lutazione di età, salute, densità e penetrazione agli agenti chimici.

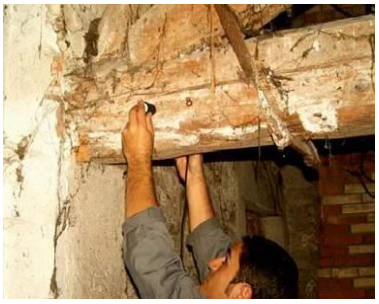
RIFERIMENTI

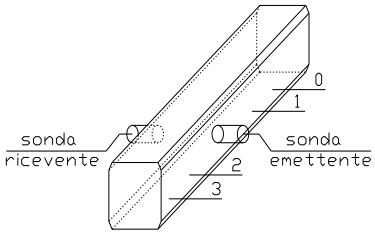
UNI 11119; UNI EN 335-1 e 2

INDAGINI SUL LEGNO | 8

Indagini microsismiche e ultrasoniche | *8.2*

Lo scopo di questa prova è quello di caratterizzare l'omogeneità del materiale in esame, o, se eseguita parallelamente alle fibre, dare un'indicazione sulla densità. Questa metodologia prevede di attraversare il materiale con treni di impulsi, mediante l'uso di apparecchi ad ultrasuoni che utilizzano sonde con frequenze comprese tra i 15 ed i 20 kHz, e calcolare di conseguenza la velocità di trasmissione, confrontandone i vari valori.





PROCEDURA

- Contrassegnare con precisione i punti opposti alla superficie da indagare, sia nel caso della verifica dell'omogeneità sia per la densità.
- Pulire e levigare i punti dove si pongono le sonde.
- Ubicare con precisione sulla faccia dell'elemento strutturale la sonda trasmittente e ricevente interponendo l'apposito grasso di aderenza.
- Emettere l'impulso ultrasonico e rilevare il tempo di transito.
- La misurazione si ottiene rilevando il valore medio di tre passaggi consecutivi con valori all'interno di una variabilità del ±5%.
- La velocità si calcola attraverso il rapporto tra la distanza delle due sonde ed il tempo di propagazione.

NOTE

- Vanno eseguite almeno tre prove per ogni elemento strutturale ottenendo un valore medio di riferimento.
- A velocità maggiori corrispondono densità minori del materiale.

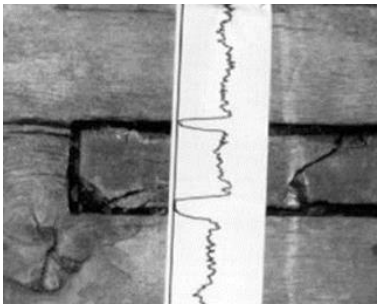
RIFERIMENTI

UNI EN 583

INDAGINI SUL LEGNO — 8

Determinazione del profilo resistografico — *8.3*

Lo scopo di questa prova è quello di individuare le variazioni di densità tra legno sano e decomposto ed effettuare una diagnosi delle aree di decadimento interno dell'elemento in analisi. Per questo tipo di prova si utilizza uno strumento che misura la resistenza alla penetrazione di una punta, di lunghezza 30 cm con diametro 3 mm, che avanza con un movimento combinato di rotazione e velocità costante.

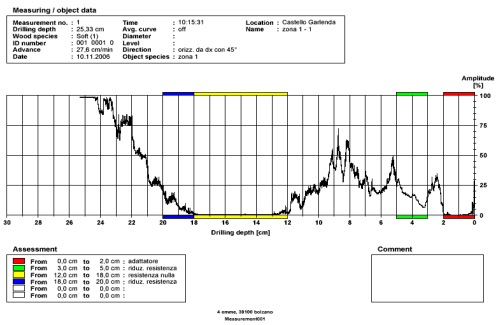


PROCEDURA

- Assicurarsi di rimanere fermi durante la misurazione e che non vi siano forze che agiscono in direzione opposta.
- Aggiustare la sensibilità dello strumento per garantire una velocità compresa all'interno del range prestabilito per quel tipo di legno.
- Aprire il coperchio di plastica, rimuovere l'adesivo di sicurezza e allentare l'inserto mediante chiavi a brugola a testa esagonale.
- Inserire la punta nell'inserto e fissarla, aprire il coperchio in plastica, rimuovere il precedente foglio di carta chimica e inserirne uno vuoto.
- Impostare senso di rotazione orario ed eseguire un foro all'interno dell'elemento da indagare fino al raggiungimento della profondità stabilita.
- Invertire senso di rotazione e rimuovere la punta dall'elemento in esame.

NOTE

- Le misure necessitano di un esperto per essere interpretate correttamente.
- I risultati non dipendono dall'orientamento del penetrometro.
- La striscia di carta in ascissa riporta la posizione della punta lungo il suo avanzamento mentre in ordinate esprime la resistenza alla penetrazione in percentuale rispetto alla resistenza massima.



INDAGINI SUL LEGNO | 8

Valutazione del modulo elastico tramite Pilodyn | *8.4*

Lo scopo della prova è quello di stimare il modulo elastico del legno in base ad opportune correlazioni con la profondità di penetrazione di un punzone di forma cilindrica che viene "sparato" contro la superficie ad energia costante. Il Pilodyn viene appoggiato alla zona di misura e attraverso un grilletto a molla infigge un chiodo calibrato. Questa tecnica, applicabile sulle parti esterne di elementi lignei, è influenzata dalle condizioni locali del legno nelle zone superficiali.

PROCEDURA

- Azionare lo strumento almeno tre volte prima di iniziare ad effettuare le letture.
- Assicurarsi che la superficie di impatto sia ben liscia.
- Posizionarsi di fronte alla superficie in misura facendo attenzione di tenere lo strumento perpendicolare rispetto alla superficie stessa.
- Per azionare il meccanismo a molla è necessario aumentare gradualmente la pressione di contatto fino a provocare l'impatto meccanico.
- Devono essere prodotte almeno 9 misure per singolo punto di analisi.
- La distanza dei singoli impatti non deve essere inferiore a 25 mm.
- Il risultato della prova risulta dalla media dei valori rilevati, successivamente interpretati in Resistenza stimata Rs in base all'orientamento dello sclerometro ed alle curve di taratura riportate sullo strumento.

NOTE

- Gli impatti devono distare dai bordi almeno 25 mm.
- Nel caso la superficie di impatto sia eccessivamente scabrosa non potrà essere utilizzato il penetrometro.
- L'indice del Pilodyn, essendo in funzione della durezza superficiale, è influenzato dal tempo, dai fattori climatici dall'esposizione agli agenti atmosferici e da attacchi di funghi o insetti. Tende pertanto a sottostimare gli elementi con forti degradi superficiali.

RIFERIMENTI

UNI EN 14250

INDAGINI SUL LEGNO | 8

Indagini tramite endoscopio | *8.5*

L'indagine tramite endoscopio ha lo scopo do classificare dettagliatamente la consistenza e la natura del materiale costituente la struttura in esame, mediante rilievi visivi e fotografici. Allo scopo è utilizzata una sonda che viene inserita in alcuni fori nel legno generati mediante fresatrice o trapano elettrico.
La restituzione fotografica o video dell'ispezione permette di osservare eventuali anomalie e cavità interne al legno.

PROCEDURA

- Praticare un foro da 20-30 mm, mediante un fresatrice, al fine di lasciare la superficie interna pulita e di ottenere un campione del materiale estratto il più possibile integro.
- Eliminare i trucioli e spolverare il foro.
- Inserire la sonda la sonda e ispezionare visivamente quattro posizioni, usualmente a 0° 90° 180° 270°, per ogni intervallo di 5 cm in profondità.
- Impostare la luminosità e l'esposizione della camera in base alle condizioni di luce presenti.
- Riprendere la superficie interna di ispezione annotando le eventauli anomalie riscontrate.
- Segnare sull'apposito modulo il numero di foto con il relativo tempo nel caso di riprese video oltre alle note di commento sull'aspetto visivo.

NOTE

- Prestare molta attenzione nell'esecuzione del foro, la ripresa deve essere eseguita con il foro d'ispezione perfettamente pulito.

INDAGINI SUL LEGNO — 8

Misura dell'umidità con igrometro — *8.6*

L'indagine tramite igrometro ha lo scopo determinare la percentuale di umidità presente all'interno di un elemento ligneo. Generalmente, per impieghi all'esterno, è sufficiente arrivare a valori di umidità intorno al 15%, mentre se il legno viene utilizzato all'interno delle abitazioni occorre scendere al di sotto del 12%. La misura fornita dallo strumento rappresenta la percentuale di peso dell'acqua riferita al peso a secco del materiale.

PROCEDURA

- Scegliere gli elettrodi della lunghezza necessaria in base alla profondità di misura richiesta.
- Orientare gli elettrodi in posizione trasversale rispetto alle fibre.
- Conficcare nel legno gli elettrodi di misura:
  ad una distanza di 30 cm da una delle due estremità del campione,
  ad una distanza dal bordo pari ad un terzo della larghezza del campione,
  ad una profondità di un terzo dello spessore del campione.
- Dopo aver predisposto gli elettrodi ed il collegamento all'unità, configurare lo strumento per la misura.
- Leggere il valore di umidità e trascriverlo su carta.
- A misura ultimata, per estrarre gli elettrodi tirare verso l'alto l'attrezzo con leggero movimento oscillante (aiutandosi con la massa battente nell'attrezzo a martello).

NOTE

- Rilevare tre misure differenti effettuate casualmente, sempre ad una distanza maggiore di 30 cm, e calcolare la media dei valori ottenuti.
- Nel caso di materiale molto consistente, è necessario praticare dei fori guida per una più agevole infissione degli elettrodi evitando di forzare gli attrezzi.
- La risposta dello strumento è tanto più veloce quanto più alta è l'umidità rilevata. Con umidità bassa (< 8%) è necessario attendere un tempo più lungo. La misura sarà stabile non appena il valore cesserà di lampeggiare.

RIFERIMENTI

UNI EN 13183-2
UNI EN 13226, UNI EN 13227, UNI EN 13228
UNI EN 11538-1

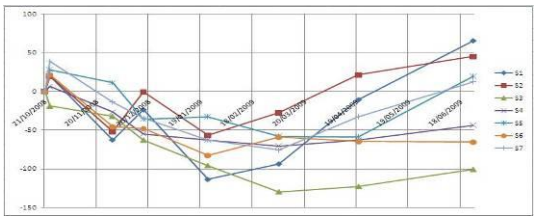
MONITORAGGI — 10

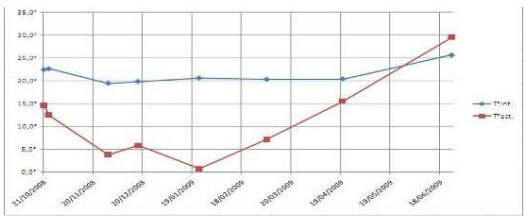
Movimento delle fessurazioni con riscontri fissi — *10.1*

Tale sistema di rilevamento viene adottato quando devono essere misurati nel tempo movimenti in evoluzione. In particolare quando non sono necessarie rilevazioni costanti per individuare l'esatto momento in cui avvengono variazioni.

PROCEDURA

- Vengono applicate due basi di misura, costituite da squadrette in ottone o acciaio opportunamente bulinate al centro, a cavallo delle fessure da monitorare. Le basi devono essere disposte frontalmente l'una all'altra.
- Mediante uno strumento di alta precisione vengono effettuati i rilevamenti ed elaborati tramite codice di calcolo per restituire le deformazioni sugli assi orizzontale e verticale.
- Va predisposta sempre anche una misura termica in ogni ambiente monitorato.
- Le acquisizioni vanno programmate in relazione alla velocità di evoluzione delle fessure, solitamente vengono eseguite semestralmente.





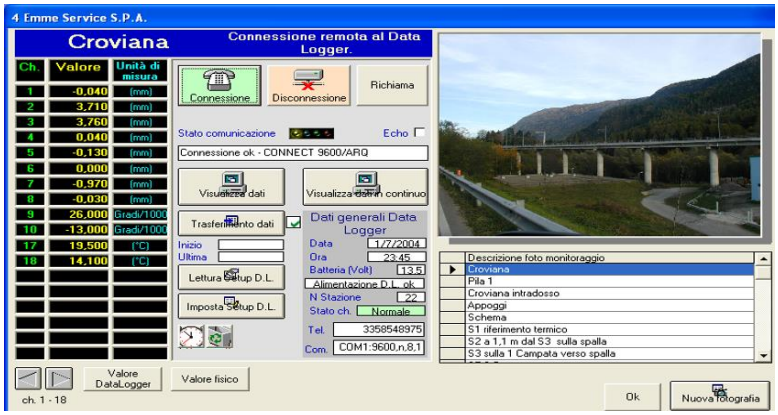
NOTE

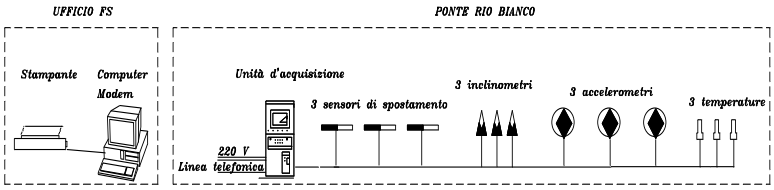
- I valori acquisiti sono elaborati e confrontati con i dati precedenti.
- Tutte le deformazioni vanno registrate in linea su nastro cartaceo o supporto informatico.
- Tutte le squadrette vanno coperte con delle scatole di protezione.

MONITORAGGI — 10

Movimento delle fessurazioni con sistema multicanale in linea — *10.2*

Lo scopo del monitoraggio è il controllo costante dell'andamento delle fessure nel tempo. Sono associabili sensori di rotazione (delle pile), di vibrazione, di spostamento relativo, di movimento verticale assoluto, di forza, di livello della falda, di temperatura ambiente e di materiale.
Il monitoraggio vuole esercitare un'opera di prevenzione allo scopo di limitare gli interventi postumi mantenendo intatto il grado di sicurezza dell'opera e la continuità del servizio.

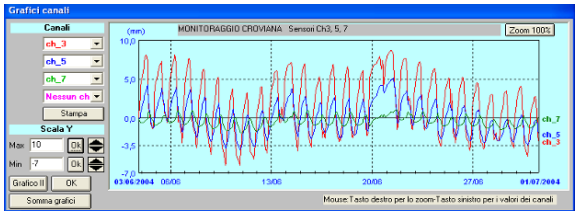


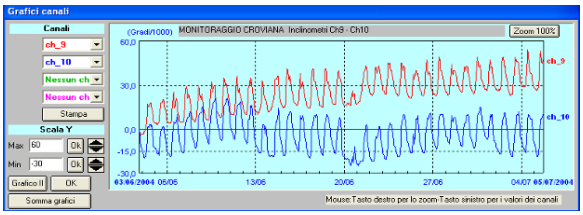


PROCEDURA

- Un sistema di monitoraggio consiste in un'unità di acquisizione computerizzata che controlla e gestisce una serie di sensori. La strumentazione è collegata telematicamente agli uffici abilitati.
- L'unità remota memorizza i dati a tempi programmati. Allarma automaticamente, al superamento di soglie prefissate, inviando SMS e/o accendendo spie luminose o acustiche.
- Collegandosi in linea si procede ad una verifica del perfetto funzionamento di tutti gli strumenti e si procede al trasferimento dei dati al proprio disco fisso.
- La procedura di trasferimento dati può essere programmata automaticamente con cadenze settimanali.
- Semestralmente è necessaria una verifica manutentiva sul sito.

I valori acquisiti sono elaborati e confrontati con altri parametri.





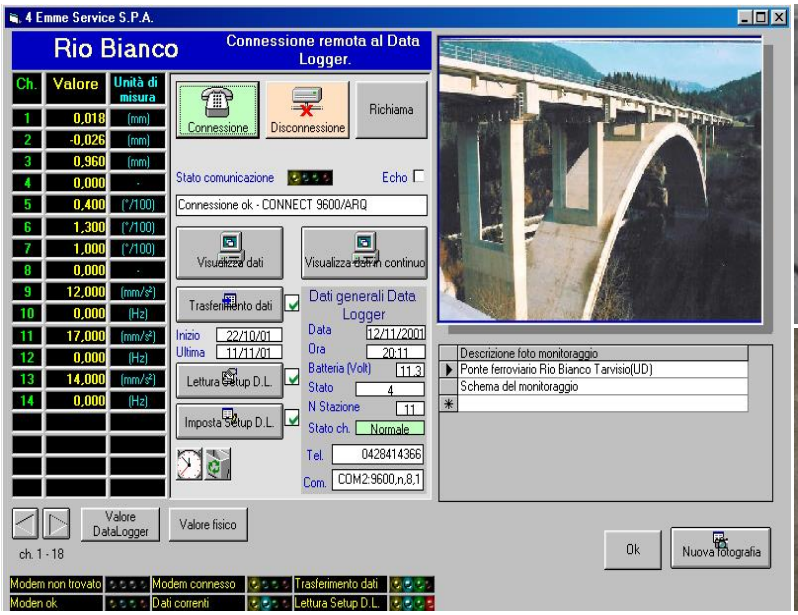
NOTE

- I sistemi di acquisizione vanno collegati alla linea elettrica, o alle celle fotovoltaiche, tramite gruppi di continuità.

MONITORAGGI — 10

Cedimenti assoluti con tazze livellometriche — *10.3*

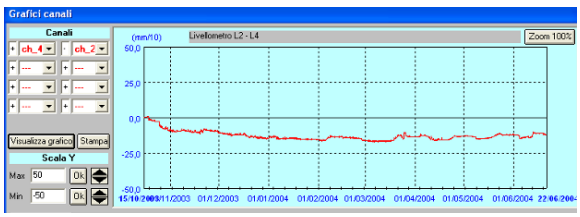
Lo scopo del monitoraggio con livellometri è il controllo costante dell'eventuale cedimento-movimento delle fondazioni. Sono associabili sensori di rotazione (delle pile), di vibrazione, di spostamento relativo, di controllo delle fessure, di forza, del livello della falda, di temperatura ambiente e del materiale. Il monitoraggio vuole esercitare un'opera di prevenzione allo scopo di limitare gli interventi postumi mantenendo intatto il grado di sicurezza dell'opera e la continuità del servizio.

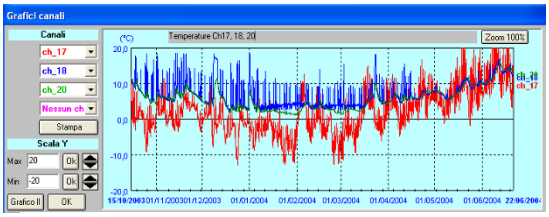


PROCEDURA

- Un sistema di monitoraggio consiste in un'unità di acquisizione computerizzata che controlla e gestisce una serie di sensori. La strumentazione è collegata telematicamente agli uffici abilitati.
- L'unità remota memorizza i dati a tempi programmati. Allarma automaticamente, al superamento di soglie prefissate, inviando SMS e/o accendendo spie luminose o acustiche.
- Collegandosi in linea si procede ad una verifica del perfetto funzionamento di tutti gli strumenti e si procede al trasferimento dei dati al proprio disco fisso.
- La procedura di trasferimento dati può essere programmata automaticamente con cadenze settimanali.
- Semestralmente è necessaria una verifica manutentiva sul sito.

I valori acquisiti sono elaborati e confrontati con altri parametri.





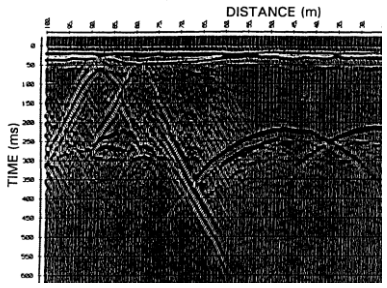
NOTE

- I sistemi di acquisizione vanno collegati alla linea elettrica, o alle celle fotovoltaiche, tramite gruppi di continuità.

PROVE SPECIALI — 11

Indagini tramite Georadar — *11.1*

Il sistema Georadar è uno strumento di indagine non invasiva. Attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, questo sistema è in grado di esaminare i materiali indagati senza interferire nelle loro caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.



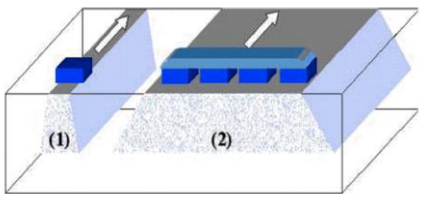
PROCEDURA

- L' acquisizione dei dati è effettuata spostando su una linea retta l'antenna (adagiata sulla superficie da scansire).
- Durante la scansione può essere collezionata una serie di riflessioni da punti adiacenti, la quale costituisce l'immagine della sezione radar; in presenza di un oggetto sepolto (es. un tubo) si ottiene una immagine radar con una tipica forma iperbolica.
- Per riconoscere il tipo di bersaglio, ovvero per verificare se esso è un bersaglio:
  - concentrato,
  - lineare,
  - distribuito,

  si ricorre a più scansioni parallele.

NOTE

E' possibile anche utilizzare un sistema radar dotato di array di 4 antenne, che permette di acquisire contemporaneamente fino a 8 sezioni radar, con un'unica scansione.



PROVE SPECIALI	**11**
Rilievo tramite Laser Scanner	***11.2***

Il laser scanner è un sistema che opera misurando migliaia di punti al secondo e formando delle "nuvole di punti" che descrivono la superficie dell'oggetto scansionato con il quale successivamente si possono eseguire analisi, misurazioni e generare oggetti 3D, che portano poi al modello CAD preciso e completo. La precisione dello strumento varia al variare della distanza e dell'angolo di incidenza.

PROCEDURA

- Posizionamento dello strumento su un piano orizzontale attraverso un treppiede telescopico con bolla sferica.
- Acquisizione di una nuvola di punti limitata alla vista dello strumento, che lascia in ombra parti dell'oggetto rilevato. Per completare la scansione effettuare altre scansioni comprendenti punti in comune con una sovrapposizione del 30% (utilizzare mire o target).
- Una volta importate le scansioni si passa all'elaborazione dei dati per ottenere una mesh 3D utilizzabile poi con i più diffusi programmi CAD, eseguendo:
  - pulitura della nuvola di punti attraverso un filtraggio del rumore presente,
  - eliminazione manuale dei punti non contestualmente legati all'oggetto,
  - ricerca di punti presegnalizzati all'interno della scansione laser (marker o entità geometriche di vario tipo, ad esempio sfere di dimensione nota),
  - allineamento ed unione delle singole scansioni,
  - triangolazione e costruzione della mesh,
  - esportazione per l'uso richiesto.
- Dalla nuvola di punti finale è possibile ricavare sezioni o interi modelli tridimensionali i.

NOTE

- Tipologie di indagini:
  - rilievo dello stato di fatto e restituzione geometrica di particolari costruttivi;
  - monitoraggio topografico (frane,…);
  - volumetrie (cave, profili stradali,…);
  - modelli 3D a colori, modelli CAD, reverse engineering, ortofoto di precisione.