



ADVANCED
STRUCTURAL
CONTROL

**Laboratorio per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e
costruzioni esistenti (c-bis)**

art. 59, comma 2, D.P.R. n. 380/2001 e circolare

n. 633/STC del 03/12/2019 – Settore A e Settore C.

Autorizzazione M_INF.CSLP n. 0000001 del 03.01.2022



Laboratorio con Sistema Certificato ISO 9001:2015

INDICE

Presentazione aziendale

Prove con martinetto piatto singolo e doppio	1
Prove soniche	2
Indagini videoendoscopiche	3
Prove diagonali in situ	4
Prove di carotaggio su muratura	5
Studio mineralogico - petrografico di campioni di malta	6
Prove di pull-off	7
Prove mediante pacometro	8
Prove di carotaggio su calcestruzzo	9
Prove di carbonatazione	10
Prove mediante pull-out	11
Prove mediante sclerometro	12
Prove ultrasoniche	13
Prove di trazione su spezzoni di barre metalliche	14
Prove di carico	15
Saggi mediante resistograph	16
Determinazione del tiro delle catene	17
Prove dinamiche	18

PRESENTAZIONE AZIENDALE



EXPIN – Advanced Structural Control è una società nata nel 2010 come spin-off dell'Università di Padova. Il campo in cui opera è quello relativo allo sviluppo, applicazione, gestione e controllo delle metodologie e dei sistemi per la conoscenza delle strutture, a supporto delle esigenze quotidiane di chi opera nel settore dell'ingegneria civile.

In particolare, EXPIN studia costantemente tutte le tipologie di indagine sulle strutture esistenti, per individuare quelle più idonee al caso specifico e meno invasive per l'oggetto di studio.

L'attività di ricerca e sviluppo ha un ruolo centrale all'interno della società, che promuove il trasferimento di tecnologia dal mondo universitario alla pratica professionale. Siamo orgogliosi di riuscire a sviluppare continuamente tecnologie innovative e di tendenza, per semplificare e migliorare le attività richieste.

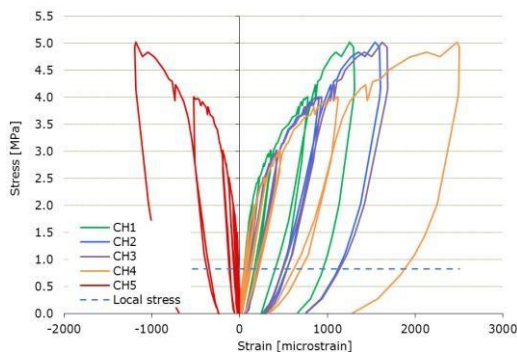
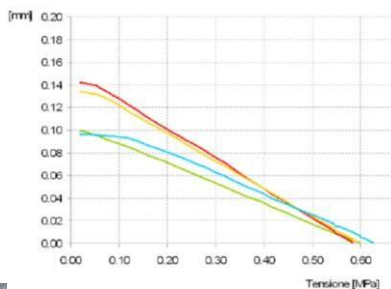


PROVE CON MARTINETTO PIATTO PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE E DI DEFORMABILITÀ DELLA MURATURA

Le prove di martinetto piatto singolo e doppio sono le più efficaci prove disponibili in sito che possano proporre dei risultati sufficientemente attendibili circa le caratteristiche locali di tensione e deformabilità delle strutture in muratura.

La **prova con martinetto piatto singolo** misura la variazione dello stato tensionale in un punto della muratura provocato da un taglio piano eseguito in direzione normale alla superficie. Viene quindi inserito all'interno del taglio il martinetto che viene collegato al circuito idraulico di una pompa. La pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare la deformazione misurata successivamente all'esecuzione del taglio. La prova si considera ultimata quando, in seguito ad incremento di pressione nel martinetto, si ottiene il ripristino delle misurazioni iniziali (le misure relative si portano sullo zero).

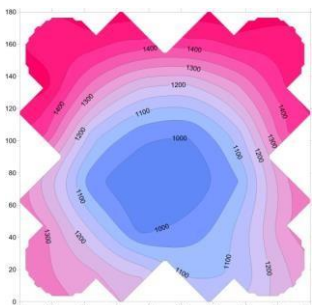
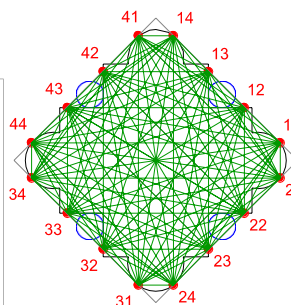
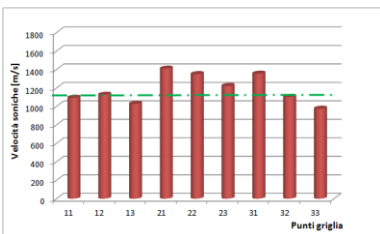
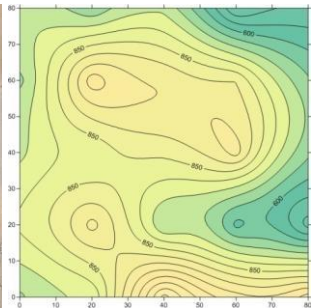
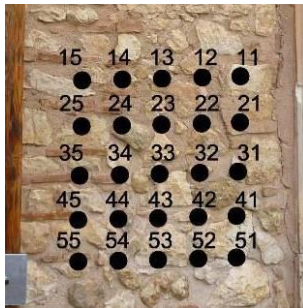
Nella prova di **martinetto piatto doppio** si aggiunge un secondo martinetto a circa 50 cm dal primo e si arriva ad ottenere la resistenza a compressione monoassiale e le proprietà elastiche della muratura mediante cicli di carico e scarico. Normativa di riferimento: ASTM C 1196 - 09 e ASTM C 1197 - 04.



PROVE SONICHE

Le **indagini soniche** restituiscono la velocità di propagazione di onde meccaniche (sonore) attraverso il mezzo murario investigato, fornendo indicazioni di natura qualitativa (quantitativa se effettuate in maniera comparativa, ad esempio per individuare situazioni singolari su elementi ripetitivi) sulla consistenza della muratura e sulla presenza di cavità, fessure o eterogeneità di materiale intercettate lungo il percorso di trasmissione dell'onda. La tecnica d'indagine sonica si basa sulla generazione di impulsi meccanici con frequenze nel campo del sonoro (20-20000 Hz) e per questo detti sonici. L'onda sonora viene generata sul supporto murario mediante battitura con martello strumentato, e viene quindi ricevuta da un sensore (accelerometro) posto in un punto diverso della struttura. Entrambi i dispositivi sono collegati ad una unità di acquisizione per la visualizzazione e registrazione dei dati su un computer portatile. L'elaborazione dei dati consiste nel calcolo del tempo di volo, ricavando quindi – noto lo spazio che divide trasmettitore e ricevitore – la velocità di attraversamento della muratura.

Le **indagini soniche di tipo tomografico** offrono un'analisi di dettaglio di una particolare sezione d'interesse; tali prove, basandosi sulla combinazione di acquisizioni soniche su più direzioni in una stessa sezione, consentono di migliorare il grado di conoscenza mediante una "mappatura" più definita delle velocità acquisite. Per tale ragione il loro utilizzo è particolarmente indicato per l'analisi di pilastri. Normativa di riferimento: ASTM C597 - 09.

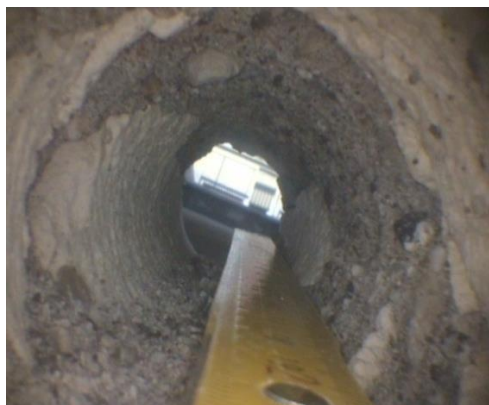


INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE

All'interno dei fori si effettuano **indagini mediante videoendoscopio**.

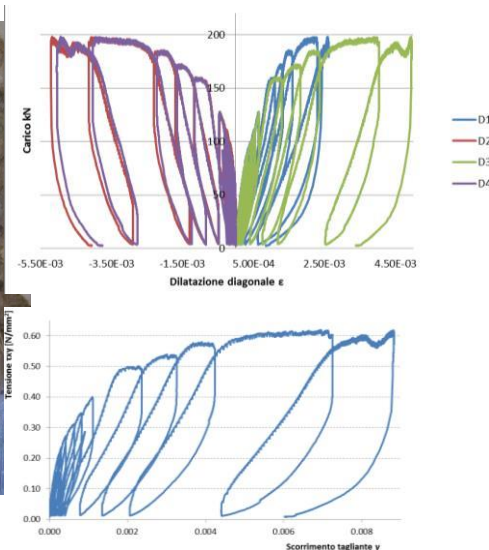
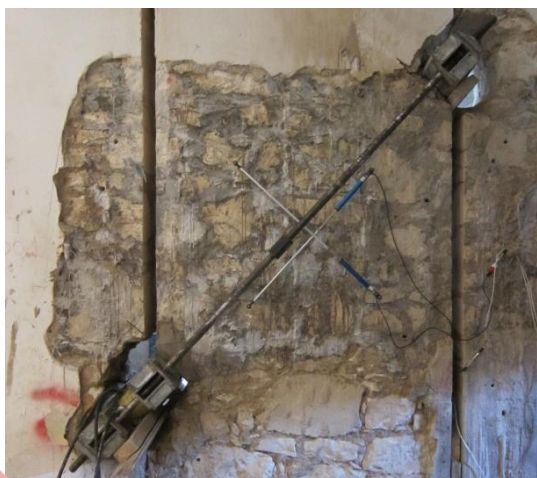
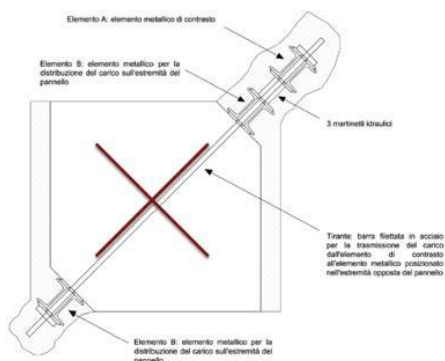
L'indagine endoscopica consente l'ispezione visiva diretta di cavità e altre caratteristiche peculiari altrimenti inaccessibili e non rilevabili della muratura, all'interno dello spessore murario.

L'apparecchiatura è composta da una micro telecamera e da un videoprocessore il tutto collegato a un computer portatile con apposito software installato. La sonda comprende due parti: un fascio di fibre ottiche per l'illuminazione e un sensore CCD che capta i segnali luminosi e li trasmette via cavo al videoprocessore che li elabora in immagini che vengono ricostruite su video. Le immagini rilevate e trasmesse al monitor possono essere memorizzate sotto forma di fotografie e/o di filmati che successivamente possono essere trasferiti su PC per le elaborazioni e relazioni.



PROVE DIAGONALI IN SITU

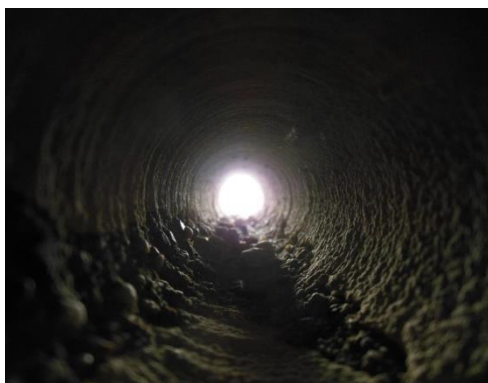
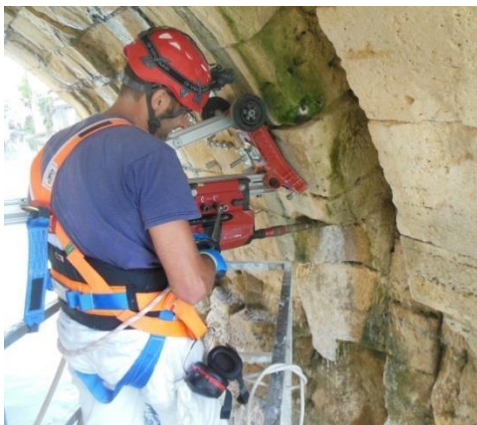
La **prova diagonale** consiste nel sollecitare un pannello in muratura ad un'azione di compressione "diagonale", che va a sollecitare il pannello sia a compressione che a taglio, e consente di conseguire il livello di conoscenza LC3 ai sensi della normativa vigente. La prova in sito si differenzia da quella di laboratorio per la parte inferiore di pannello che resta ammorsata alla muratura della parete. L'azione di compressione è applicata mediante martinetti idraulici disposti su uno spigolo del pannello ed è contrastata in corrispondenza dello spigolo opposto. Durante la prova vengono acquisiti gli spostamenti relativi di basi deformometriche posizionate lungo le diagonali del pannello; la strumentazione di misura più idonea è composta da trasduttori di spostamento posizionati su ciascun lato del pannello. Da tale prova si ottengono la resistenza a taglio ed il modulo di deformabilità tagliante della muratura indagata. Normativa di riferimento: ASTM E 519.



PROVE DI CAROTAGGIO SU MURATURA

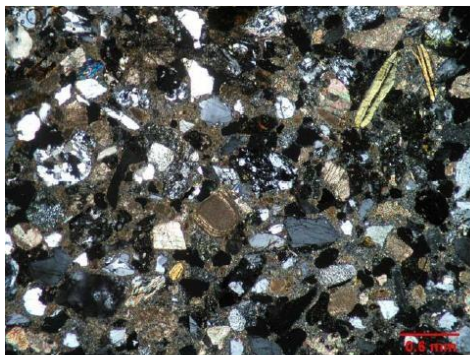
I **sondaggi orizzontali a carotaggio continuo** vengono eseguiti, nelle murature in elevazione per una profondità massima dipendente dallo spessore della muratura indagata. Viene utilizzata una carotatrice ad avanzamento manuale munita di corona diamantata a parete sottile, con diametro carota in base ad esigenze di prova (abituale pari a 40 mm).

Le carote estratte vengono collocate in apposite cassette catalogatrici contrassegnate con l'indicazione della sigla e della profondità del sondaggio e fotografate direttamente in sito.



PRELIEVO ED ANALISI (CARATTERIZZAZIONE E STUDIO MINERALOGICO - PETROGRAFICO) DI CAMPIONI DI MALTA DI ALLETTAMENTO

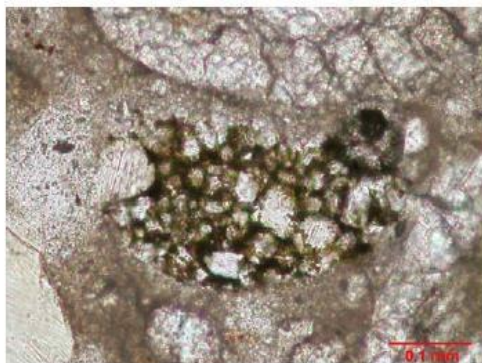
La prova consiste nell'estrazione di un idoneo quantitativo di malta di allettamento ai fini della caratterizzazione chimico-fisica (studio mineralogico - petrografico). Per i campioni di malta estratti viene effettuato lo studio al **microscopio polarizzatore preparato in sezione sottile**, oltre alla documentazione fotografica e la catalogazione.



Campione M1: microfotografia della sezione sottile (luce trasmessa, N+).



Campione M2: microfotografia della sezione sottile (luce trasmessa, N+)

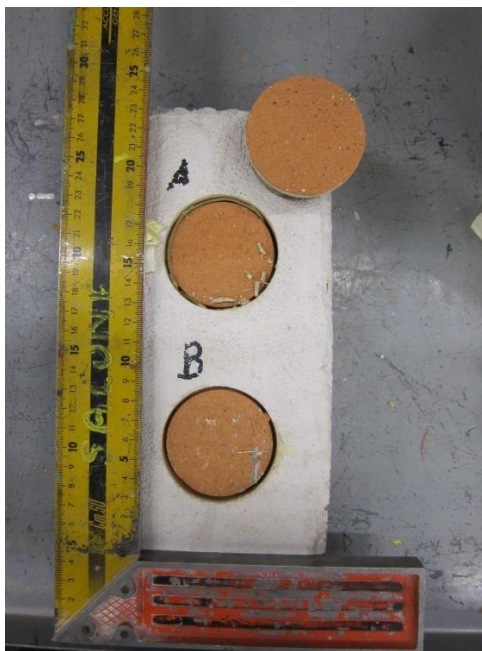


Campione M1: dettaglio di un granulo non idratato di cemento (luce trasmessa, N+ a sinistra, N// a destra).

PROVE DI PULL-OFF

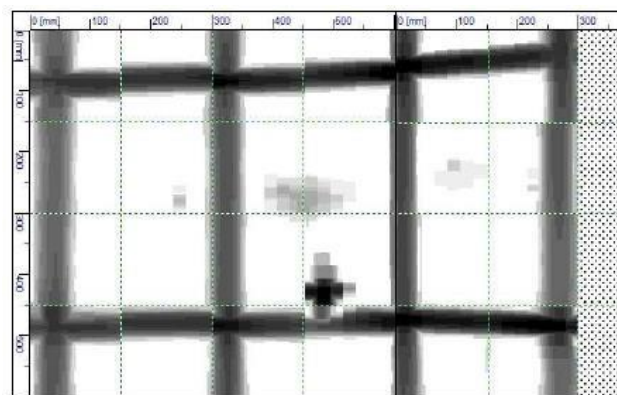
La prova di **pull-off** è una tecnica di indagine semidistruttiva che permette la misura della resistenza a trazione o della resistenza allo strappo di un materiale applicato ad un sottofondo, come ad esempio i rivestimenti murari (malte di finitura, intonaci o altro). Tale prova si effettua praticando sulla superficie del materiale da indagare un'incisione circolare di diametro 50 mm, per una profondità almeno pari allo spessore del rivestimento, mediante un apposito carotiere, in modo da isolare la zona oggetto di indagine. Si procede poi incollando sulla superficie un disco metallico, su cui si applica, perpendicolarmente, una forza di trazione, tramite un martinetto dotato di un manometro tarato, fino a quando non avviene una frattura sul piano di contatto tra il rivestimento ed il supporto.

La prova di pull-off è utile per determinare la resistenza a trazione e allo strappo di intonaci, malte, o altri tipi di rivestimenti di pareti in muratura o in conglomerato cementizio. Normativa di riferimento: UNI 12636/2001.



PROVE MEDIANTE PACOMETRO

Le **prove mediante pacometro** consentono la localizzazione delle armature nel conglomerato cementizio armato, la misura del copriferro, forniscono indicazioni qualitative sul diametro delle barre principali e secondarie, in relazione alla differenza di proprietà magnetiche tra queste ed il conglomerato cementizio. La prova, completamente non distruttiva, consiste nel passaggio di una sonda sulla superficie della struttura. I dati ricavati vengono elaborati e visualizzati su di un display e/o salvati nella memoria dell'unità ricevente. Normativa di riferimento: BS 1881-204/1988.



PROVE DI CAROTAGGIO SU CALCESTRUZZO

I **prelievi di campioni di calcestruzzo** vengono eseguiti mediante carotaggio continuo negli elementi strutturali per una profondità massima pari a poco più del doppio del diametro della carota estratta.

Viene utilizzata una carotatrice ad avanzamento manuale munita di corona diamantata a parete sottile, con diametro esterno $60 \text{ mm} \leq \varphi \leq 120 \text{ mm}$.

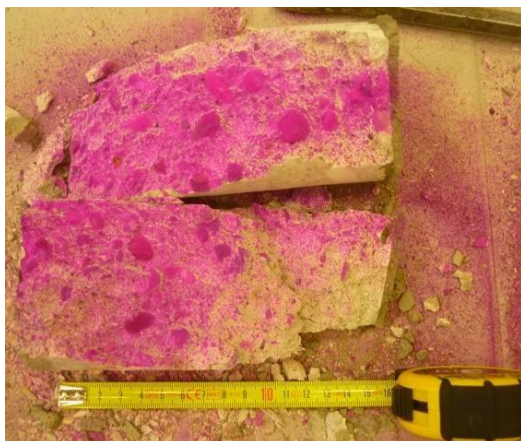
All'atto del prelievo ogni campione viene identificato, annotando il punto specifico di prelievo e l'orientamento nel getto di calcestruzzo.

Successivamente ogni campione viene esaminato attentamente, annotando le irregolarità (fessure, riprese di getto, nidi di ghiaia, segni di segregazione). Viene rilevata l'eventuale presenza di vuoti dovuti ad inadeguata compattazione (grandezza e distribuzione). Le carote estratte vengono fotografate direttamente in sito. Si procede successivamente in Laboratorio certificato allo schiacciamento dei provini in seguito a rettifica per la determinazione della **resistenza a compressione**. Normativa di riferimento: UNI EN 12390-3/2009, UNI EN 12504-1/2009.



PROVE DI CARBONATAZIONE

La **profondità di carbonatazione** viene determinata su carote estratte a secco, o spaccate secondo piani normali alla superficie esposta all'aria, o su campioni di calcestruzzo prelevati mediante scarifica superficiale: la superficie rotta viene liberata da polveri e spruzzata mediante nebulizzatore con la soluzione di fenoltaleina all'1% in alcool etilico. La determinazione della profondità di carbonatazione deve essere effettuata usualmente immediatamente dopo il prelevamento; se per ragioni particolari non si può evitare un'attesa i campioni devono essere conservati in recipienti a tenuta d'aria. Normativa di riferimento: UNI 9944/1992, UNI 14630/2007.



PROVE MEDIANTE PULL-OUT

La metodologia di indagine consente di determinare la resistenza media del calcestruzzo, R_{cm} , mediante l'**estrazione di tassello post-inserito**.

Il sistema è stato sviluppato in modo da permettere l'inserimento di un tassello in un foro appositamente svasato internamente; attraverso la battitura della testa del tassello si produce l'allargamento della parte radiale interna consentendo così una perfetta adesione alle pareti. Viene quindi applicato un martinetto oleodinamico che poggia su una superficie circolare; attraverso il tiro del tassello si determina la rottura di un cono di calcestruzzo.

Il valore della forza massima necessaria consente, attraverso delle curve sperimentali di correlazione, di pervenire al valore R_{cm} . La rottura della parte sottoposta a tensione avviene per compressione-taglio tra la parte allargata del tassello e la base del martinetto.

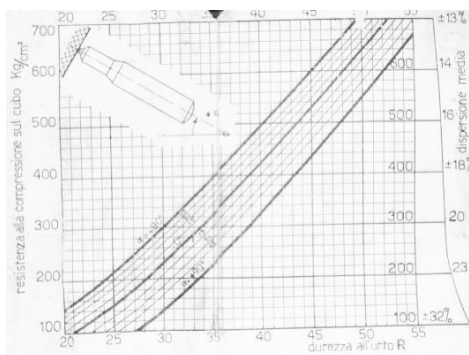
Vanno eseguite almeno tre estrazioni per ogni elemento strutturale utilizzando la media dei risultati ottenuti. Tutti i valori medi concorrono a determinare la resistenza caratteristica del conglomerato cementizio R_{ck} . Normativa di riferimento: UNI 10157/1992.



PROVE MEDIANTE SCLEROMETRO

La **prova sclerometrica** costituisce un metodo d'indagine non distruttivo in grado di fornire informazioni sulla qualità del calcestruzzo, misurando la capacità del materiale di resistere alla penetrazione. Il metodo è utilizzato per stimare la resistenza cubica a compressione del conglomerato testato, indagare il grado di omogeneità delle proprietà meccaniche, delineare zone o aree di scarsa qualità o degradate, non essendo tuttavia la metodologia intesa come sostitutiva della prova a compressione su provini di calcestruzzo.

Lo **sclerometro** è costituito da un corpo cilindrico munito di un'asta che fuoriesce da un'estremità dell'involucro ed è caricata da una molla. L'asta è premuta sulla superficie da testare fino a raggiungere il limite della sua corsa. A questo punto una massa interna, guidata da una molla, colpisce la ghiera fissata rigidamente all'asta, che a sua volta, è a contatto della superficie in prova. La massa dopo aver battuto sull'asta, rimbalza ad una certa altezza ed è mostrata da un indice posto su una scala graduata. L'altezza di rimbalzo risulta proporzionale alla durezza superficiale del calcestruzzo. Normativa di riferimento: UNI EN 12504-2/2012.



PROVE ULTRASONICHE

La **prova ultrasonica** consente di ottenere la stima delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in base alla misura dell'omogeneità del materiale.

La misura si ottiene ponendo le **sonde, emettitrice e ricevente**, nelle facce opposte dell'elemento soggetto a prova nel caso di spessori fino a 50 cm, oppure su una linea superficiale. La sonda emettitrice produce degli impulsi ultrasonici che sono captati dalla sonda ricevente dopo che tali impulsi hanno attraversato il materiale interposto. Il tempo di transito è misurato e memorizzato dallo strumento.

Per una prima valutazione dei risultati sperimentali si utilizza una tabella comparativa che lega la velocità di propagazione dell'onda ultrasonica a valori tipici di resistenza. La misurazione si ottiene effettuando diverse emissioni ultrasoniche rilevando il valore medio di almeno tre passaggi consecutivi con valori all'interno di una variabilità del $\pm 5\%$. La prova dovrebbe essere effettuata – per migliore calibrazione - ove sono state effettuate delle prove di Pull-out e/o carotaggi. Normativa di riferimento: UNI EN 583-1/2004, UNI EN 12504-4/2005.



PROVE DI TRAZIONE SU SPEZZONI DI BARRE METALLICHE

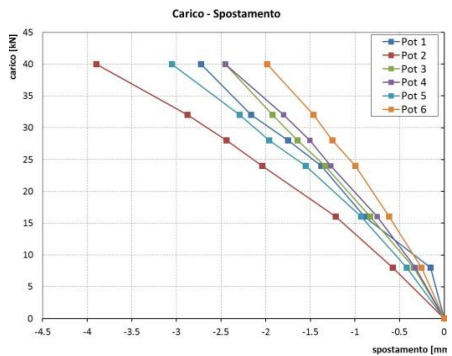
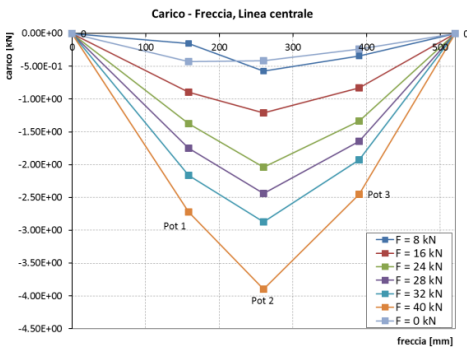
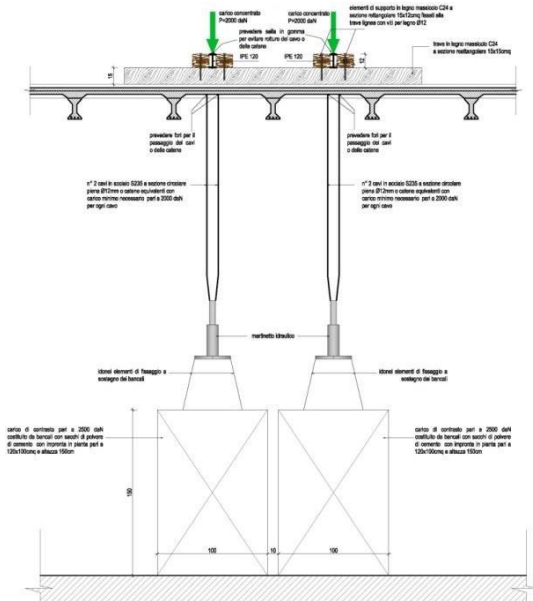
La procedura di prelievo prevede l'iniziale individuazione delle barre d'armatura mediante pacometro. Viene quindi eseguita la scarifica superficiale delle strutture in calcestruzzo nei punti d'interesse, con utensili manuali o piccoli martelli demolitori elettrici, per la messa a nudo delle barre ed infine il taglio delle stesse con smerigliatrice angolare. Gli spezzoni di armatura hanno lunghezza approssimativa pari a 50 cm.

L'esecuzione in laboratorio autorizzato della **prova di trazione sulle barre estratte** consente di determinare le caratteristiche meccaniche del materiale. In particolare vengono determinati: la tensione di snervamento (convenzionale al 0,2% di allungamento o effettivo), la tensione di rottura ai fini della determinazione della resistenza caratteristica, il modulo di elasticità a trazione attraverso il rilevamento della curva carico-deformazione, la duttilità del materiale attraverso la determinazione dell'allungamento a rottura. Viene fornito il grafico relativo alla curva carico-deformazione. Normativa di riferimento: UNI EN 10002-1/2004.



PROVE DI CARICO

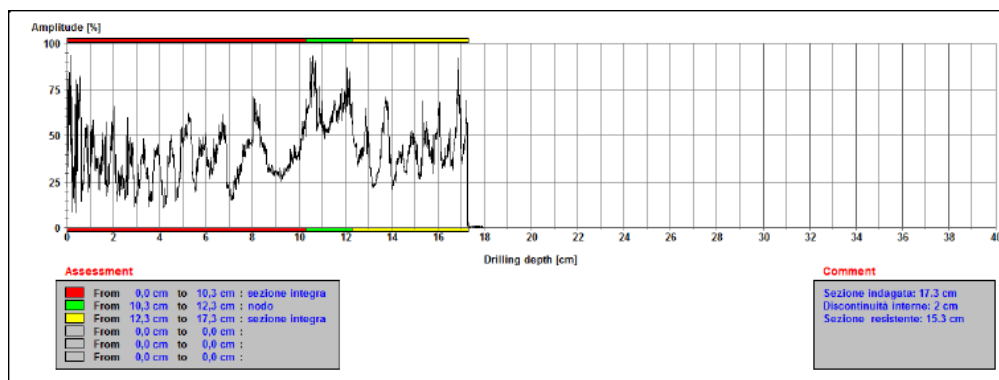
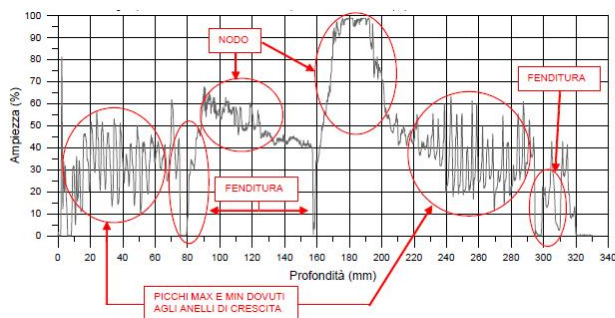
La **prova di carico** consiste nella misura delle deformazioni di un elemento strutturale - generalmente soggetto a flessione - sottoposto a carichi noti. Il test viene effettuato in modo da massimizzare le tensioni e le deformazioni nelle zone critiche della struttura da investigare, caricando la struttura fino a raggiungere – ed eventualmente superare – le proprie condizioni di esercizio. I risultati sono valutati sulla base di: proporzionalità tra carico e deformazione; lesioni o deformazioni che possano pregiudicare la sicurezza e la durabilità della struttura; deformazione residua che non superi una quota ragionevole della deformazione totale sulla base dei possibili cedimenti anelastici. Normativa di riferimento: ACI 437.1R-07 Load Tests of Concrete Structures: Methods, Magnitude, Protocols, and Acceptance Criteria.



SAGGI MEDIANTE RESISTOGRAPH

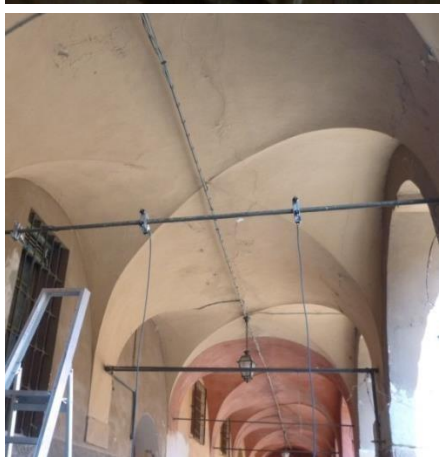
La prova si basa sul rilievo della resistenza alla perforazione opposta dal legno oggetto di analisi. Tale resistenza viene valutata attraverso la misura dell'energia impiegata dallo strumento per consentire l'avanzamento di una sottile punta di acciaio a velocità costante. La resistenza alla perforazione è concentrata sulla punta dell'ago. La regolazione elettronica del motore garantisce una velocità costante dell'ago, velocità che va adattata alle specifiche caratteristiche di densità del legno da esaminare.

Il **Resistograph** fornisce un profilo densometrico delle sezioni provate e permette di stimare le dimensioni di eventuali zone degradate non visibili dall'esterno, in modo da determinare la reale sezione resistente della struttura. I grafici ottenuti dalla prova riportano sull'asse delle ascisse la profondità di penetrazione e sull'asse delle ordinate un valore percentuale riferito all'energia consumata dallo strumento in risposta alla densità della sezione studiata.



DETERMINAZIONE DEL TIRO DELLE CATENE

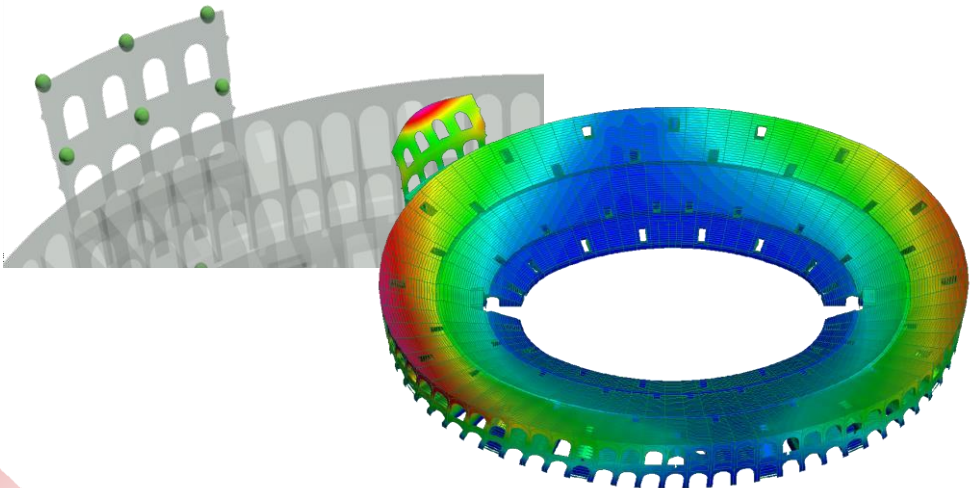
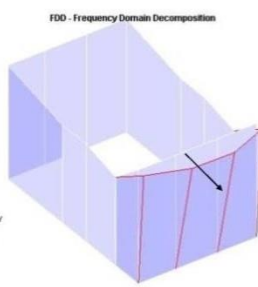
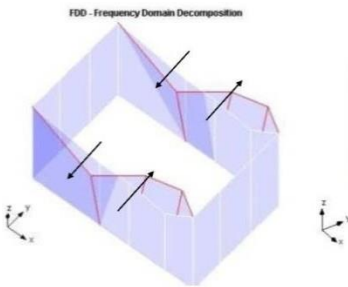
Il metodo dinamico tradizionale per la determinazione del **tiro nelle catene** di edifici storici, nella sua formulazione più semplice, modella la catena come una “corda vibrante”, priva di rigidità flessionale, e consente di ricavare il valore del tiro in funzione della frequenza corrispondente al primo modo di vibrare. Il metodo è di semplice applicazione, e fornisce risultati accurati a condizione che le catene siano snelle e soggette ad una tensione sufficientemente elevata. Il metodo risulta poco affidabile nel caso di catene tozze e poco sollecitate. Tale limitazione si può sopperire mediante metodi alternativi di identificazione dinamica (determinazione dei primi modi di vibrare), che consentono di determinare il tiro agente in una catena metallica, contemporaneamente al grado d'incastro presente alle sue estremità, anche considerando parametri quali la rigidità flessionale della catena ed appunto il caso di molla rotazionale alle estremità.



PROVE DINAMICHE

Le **prove di identificazione dinamica** sono finalizzate alla caratterizzazione della risposta modale della struttura. I risultati che si possono ottenere sono direttamente correlabili a parametri fisici e strutturali dell'edificio sottoposto ad indagine, come la geometria (distribuzione delle masse), la rigidezza e le condizioni di vincolo. I modelli ottenuti a partire dall'identificazione strutturale possono essere usati per valutare il comportamento attuale dell'edificio, nonché porsi come utile strumento predittivo nei confronti di azioni eccezionali, quali ad esempio i terremoti.

Le tecniche di identificazione modale operano principalmente nel dominio del tempo o delle frequenze. Le prime procedure si basano sull'estrazione delle FFT (Trasformate di Fourier – Fast Fourier Transform) dai segnali registrati e sulla successiva correlazione tra i vari canali, mentre il secondo gruppo si basa sul "fitting" parametrico di un modello matematico. Le indagini consistono nella misurazione delle vibrazioni di numerosi punti dell'edificio oggetto di studio, al fine di identificare le frequenze naturali e le forme modali ad esse associate, mediante eccitazione ambientale (traffico,...) o forzata (vibrochina, mazza strumentata). Sulla base dei parametri modali sperimentali si procede poi con l'identificazione dei modelli FEM. Normativa di riferimento: UNI 9614/1990, UNI 9916/2004.





ADVANCED
STRUCTURAL
CONTROL

EXPIN s.r.l.

Sede Legale: via Pisacane 34, 35138 Padova (PD)

Sede Operativa: via Panà 56-ter, 35027, Noventa Padovana (PD)

C.F./P.I. 04502850284 – tel/fax: 049761595

www.expin.it - info@expin.it – expin@italypec.it