

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"



Facoltà di Architettura

Dipartimento di Costruzioni e Metodi Matematici in Architettura

Anno Accademico 2004-2005

Corso di
**SPERIMENTAZIONE, COLLAUDO
E CONTROLLO DELLE COSTRUZIONI**

**STRUMENTI DI MISURA, MACCHINE
E METODOLOGIE DI PROVA**
APPUNTI DELLE LEZIONI

di

PROF. ING. RAFFAELE LANDOLFO

con la collaborazione dell'ing. Francesco Portioli

Strumenti di misura, macchine e metodologie di prova

Indice

1. <i>La misura delle lunghezze</i>	3
1.1 Il nonio.....	3
1.2 Il calibro a corsoio.....	4
1.3 Il micrometro.....	5
2. <i>La misura degli spostamenti</i>	5
2.1 Flessimetri e comparatori.....	5
2.2 Trasduttori di spostamento potenziometrici.....	7
2.3 Trasduttori di spostamento magnetostrittivi.....	7
3. <i>La misura delle deformazioni</i>	8
3.1 Il deformometro meccanico.....	8
3.2 Il Tensotast.....	8
3.3 Estensimetri a leva ottica.....	9
3.4 Estensimetri elettrici a resistenza.....	10
4. <i>La misura delle accelerazioni</i>	11
4.1 Accelerometri piezoelettrici.....	11
5. <i>La misura delle forze</i>	11
5.1 I dinamometri a pendolo.....	11
5.2 I dinamometri a molla.....	13
5.3 I dinamometri ad anello.....	14
5.4 Le celle dinamometriche.....	14
6. <i>Le macchine di prova universali</i>	15
7. <i>Le prove in sito</i>	16
7.1 I martinetti piatti.....	16
7.2 Lo sclerometro.....	21
<i>Bibliografia</i>	23

Strumenti di misura

1. La misura delle lunghezze

I procedimenti per eseguire le misure di lunghezza variano in funzione del valore della grandezza da determinare. Di seguito si farà riferimento alle misure che si conducono in un Laboratorio per le prove sui materiali esponendo i principi su cui si fondano tali misurazioni e descrivendo brevemente alcuni tipi di strumenti.

1.1 Il nonio

Il nonio è costituito da un corsoio scorrevole con una graduazione che comprende n divisioni della scala incisa sul regolo ed è suddiviso in $n+1$ tratti.

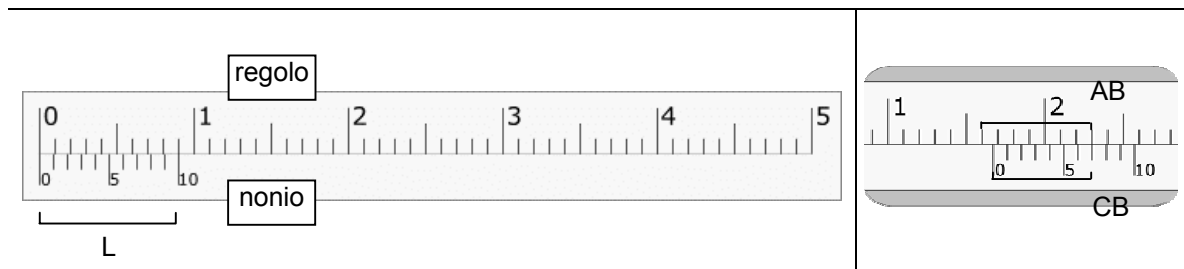


Fig.1: nonio decimale

Indicando con a l'intervallo tra due tratti consecutivi del regolo, con b quello tra due tratti del nonio e con L la lunghezza della graduazione tracciata sul nonio si ha:

$$L = n \cdot a = (n+1) \cdot b$$

e quindi:

$$b = \frac{n}{n+1} \cdot a$$

Si supponga che l'indice zero del nonio capiti tra due tratti consecutivi della graduazione del regolo; si individui l'indice della graduazione che coincide, o che più di tutti è vicino, con uno della scala del nonio. Il valore x , se si indica con m il numero di divisioni sul nonio è:

$$x = AB - CB = m(a - b) = \frac{ma}{n+1}$$

La frazione più piccola di L che si può misurare è perciò pari a

$$\varepsilon = \frac{a}{n+1} = \frac{L}{n(n+1)}$$

Tale valore prende il nome di approssimazione del nonio. Dividendo in dieci parti un tratto di corsoio la cui lunghezza sia pari a 9mm, si ottiene un nonio con l'approssimazione di 1/10 di mm. Se invece si divide in 20 parti un tratto di 19mm si ottiene un'approssimazione di 1/20 di mm. Nella figura 1 il nonio è decimale, e la lettura è pari a 16.7 mm. In Fig. 2 il nonio è ventesimale ($\varepsilon = 0.05$ mm) e la lettura è pari a 16.65mm.

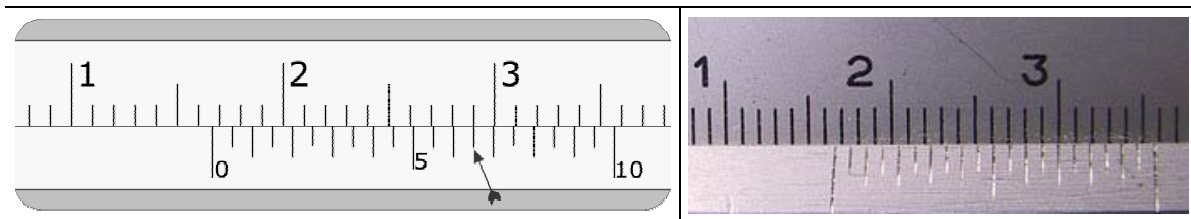


Fig.2: nonio ventesimale

1.2 Calibro a corsoio

Il calibro a corsoio (o compasso in asta) è costituito da un regolo graduato con una appendice in un estremo ed un corsoio scorrevole.

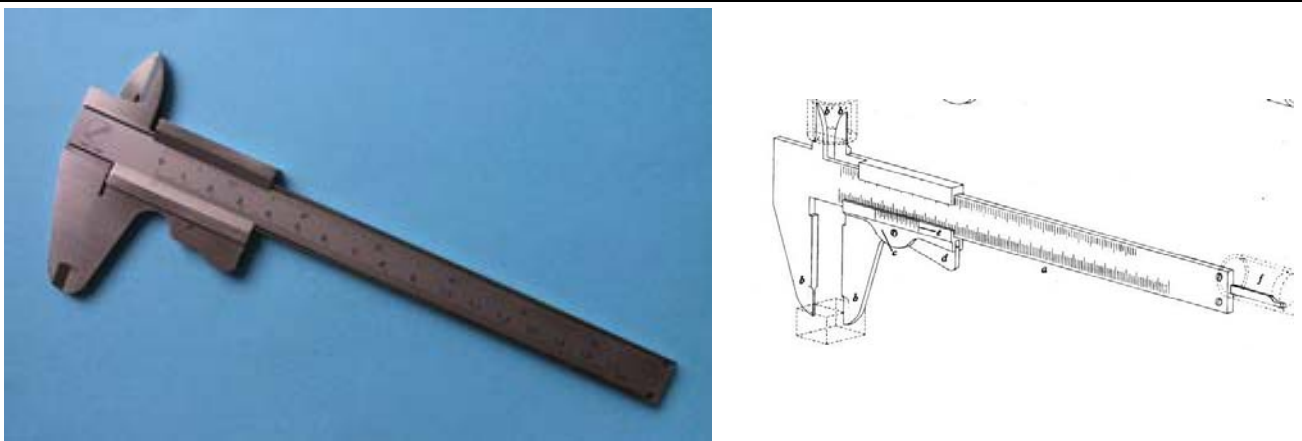


Fig. 3: Calibro a corsoio

I calibri sono generalmente provvisti di nonio ventesimale con approssimazione di 1/20 di mm; più rari sono quelli con noni cinquantesimali.

1.3 Il micrometro

Il micrometro è un apparecchio di misura a vite micrometrica. Esso è costituito da un pezzo ad U che porta ad un estremo un cilindro fisso terminante con una base perfettamente piana ed all'altro estremo un cilindro sul quale è avvitato un boccolo sul cui lembo è incisa una graduazione che scorre lungo un'altra graduazione fissata al pezzo ad U.

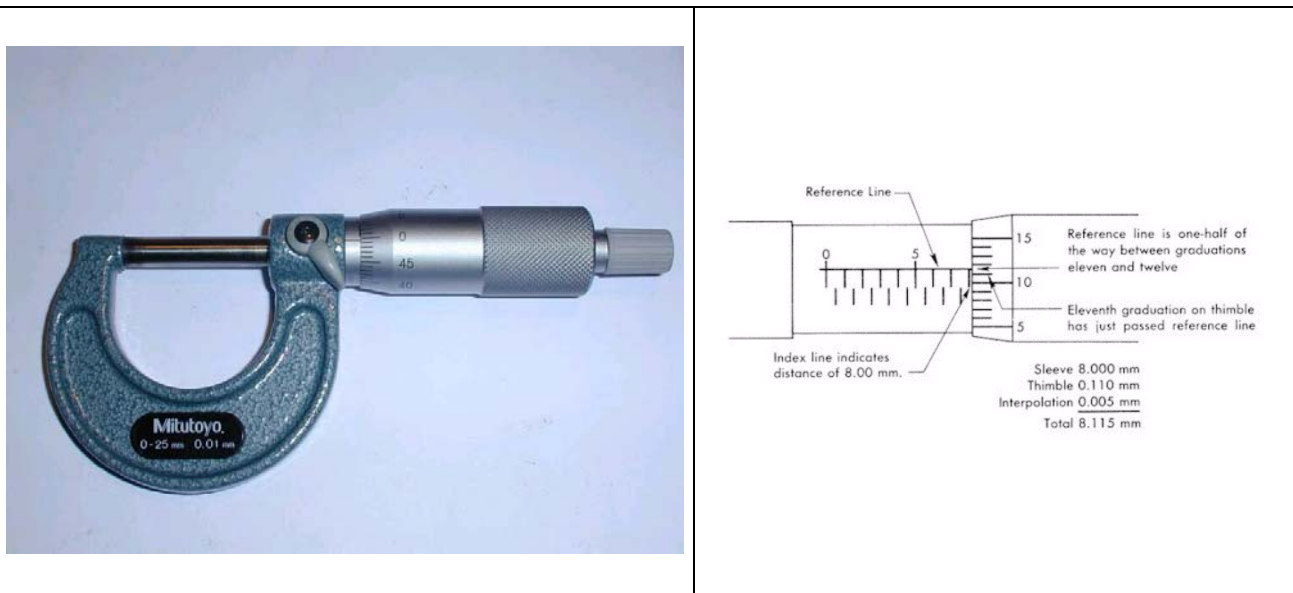


Fig. 4: Micrometro centesimale

I micrometri sono generalmente costruiti con approssimazione del centesimo di millimetro. Tale approssimazione si può ottenere facendo una vite micrometrica con passo di mezzo millimetro, graduazione sul cilindro fissato al pezzo ad U di mezzo millimetro e circonferenza del bossolo divisa in 50 parti ($\epsilon = 0.5/50$ mm).

2. La misura degli spostamenti

2.1 Flessimetri e comparatori

Il flessimetro è costituito da un involucro a corona circolare con un'asta che può muoversi lungo il suo asse.

La cremagliera a durante la traslazione di b fa girare la ruota dentata c e l'indice I ad essa solidale. Il sistema $e-d$ a settore dentato e molla crea una coppia che spinge l'asta b verso il basso. Durante il funzionamento la base del flessimetro viene disposta tra il punto oggetto della misura ed un punto fisso.

L'ingrandimento dello spostamento dell'asta è pari ad R/r , dove R è il raggio dell'indice ed r il raggio della ruota dentata. Con riferimento all'amplificazione dell'indice di lettura rispetto allo spostamento dell'asta b , vale la relazione:

$$\frac{\delta}{r} = \frac{S}{R} \Rightarrow S = \frac{\delta R}{r}$$

dove δ è l'abbassamento dell'asta b ed S è lo spostamento dell'indice I .

La sensibilità dei flessimetri è di circa 1/20 di millimetro.

Il funzionamento del comparatore, che è in genere caratterizzato da due quadranti, è analogo a quello dei flessimetri. In questo caso, però, l'ampiezza dello spostamento dell'indice di lettura è ottenuta con un ingranaggio costituito da una coppia di ruote dentate; in tal modo viene aumentata la sensibilità di lettura fino ad 1/1000 mm, pur diminuendo la grandezza del quadrante esterno.

Lo spostamento S_1 della punta dell'indice I_1 sul quadrante piccolo è legato a quello dell'asta A dalla relazione:

$$S_1 = \frac{\delta R_2}{R_1}$$

mentre lo spostamento dell'indice I_2 è:

$$S_2 = S_1 \frac{R_4}{R_3} = \delta \frac{R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3}$$

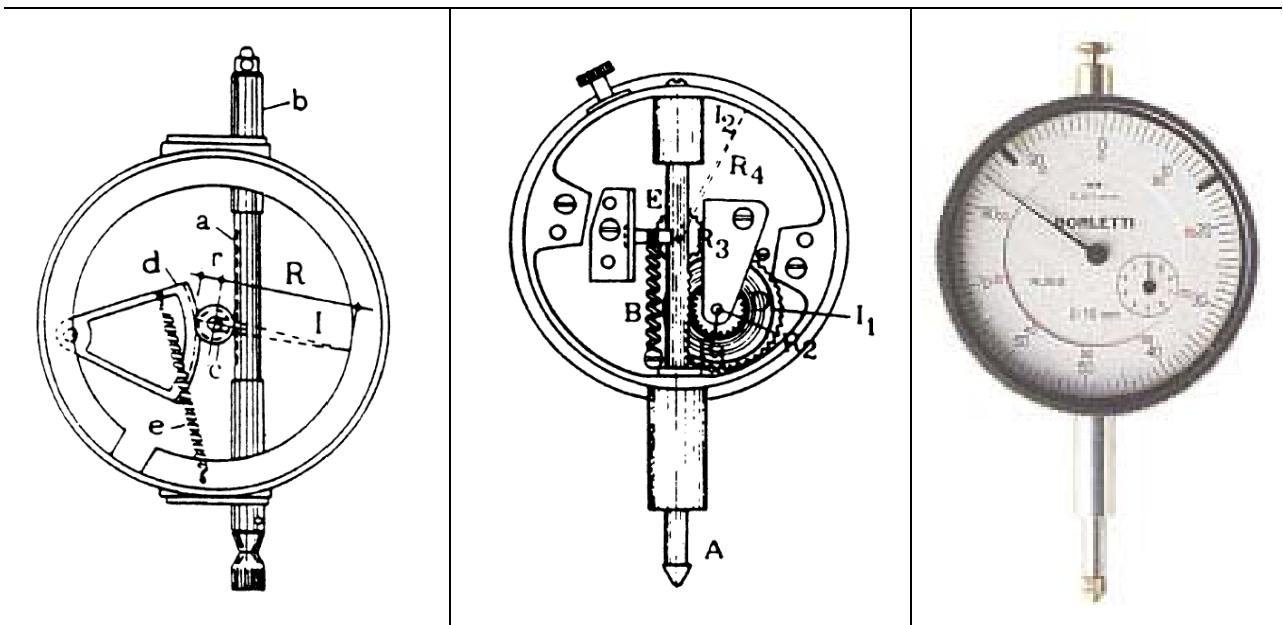


Fig. 5: Flessimetri e comparatori

I comparatori meccanici a quadrante sono in genere adoperati nelle prove di carico su impalcati civili e su ponti.

2.2 Trasduttori di spostamento potenziometrici

E' uno strumento basato sulla misura della variazione della resistenza elettrica di un circuito, in cui l'elemento sensibile è un contatto mobile che scivola su di un filo metallico in genere avvolto su un cilindretto di materiale isolante. Per effetto dello spostamento del contatto mobile si verifica una variazione della lunghezza del filo compreso fra un suo terminale ed il contatto stesso e quindi una variazione della sua resistenza elettrica. Ciò produce una variazione della intensità di corrente ($\Delta V = I \cdot R$), che è rilevata da un amperometro disposto nel circuito.

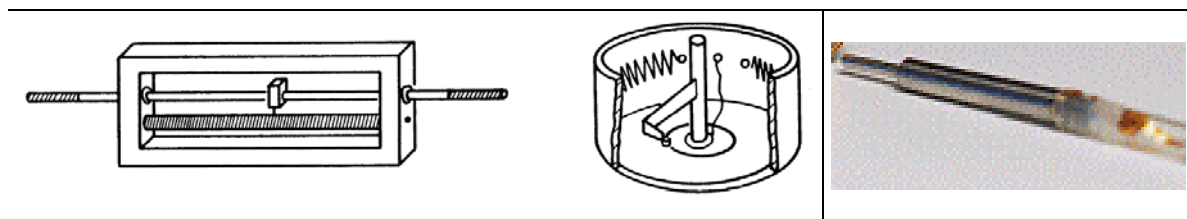


Fig. 6: Trasduttori di spostamento potenziometrici

La resistenza è alimentata in corrente continua o alternata e l'uscita risulta funzione lineare dello spostamento. La risoluzione dello strumento dipende dalle caratteristiche del potenziometro. Il moto del cursore può essere sia una traslazione, che una rotazione, ed è possibile pertanto misurare anche spostamenti angolari. La corsa dell'elemento sensibile varia da pochi millimetri a circa 1÷2 m ed è soprattutto in questo campo che viene utilmente impiegato.

2.3 Trasduttori di spostamento magnetostrittivi

Lo strumento è costituito da un cursore magnetico (anello, slittino o galleggiante) con incorporati dei magneti permanenti, che si muove lungo una guida. L'elettronica contenuta nel trasduttore invia nella guida (guida d'onda) un flusso continuo di impulsi elettromagnetici ad alta frequenza (impulsi di START).



Fig. 7: Trasduttori di spostamento magnetostrittivi

Questi impulsi, viaggiando lungo la guida, quando incontrano il campo magnetico del cursore, generano un impulso di ritorno (impulso di STOP). Misurando il tempo tra l'impulso di START e quello di STOP, come su un radar, si determina la posizione del cursore magnetico.

Questo tipo di trasduttori sono assoluti e permettono precisioni e risoluzioni di misura associate ad un'elevata robustezza del trasduttore anche grazie all'assenza di contatto tra la parte mobile e quella fissa.

3. La misura delle deformazioni

3.1 Deformometro meccanico

Il deformometro è un estensimetro meccanico ad ingranaggi per la misura di deformazioni. Il suo funzionamento è basato sul principio di trasmettere il moto relativo fra due punti di un campione sottoposto a prova ad un comparatore di misura il quale, mediante il proprio sistema di ingranaggi, ne realizza l'amplificazione. Nel deformometro Huggenberger, largamente utilizzato in passato nelle prove di carico su elementi strutturali in calcestruzzo armato, i puntalini conici a 45° visibili in figura vengono fissati in appositi fori praticati su due piastrine metalliche incollate sul campione prima dell'inizio della prova.

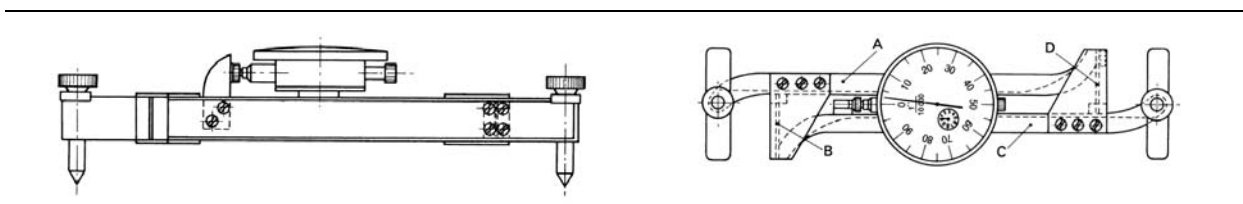


Fig. 8: Deformometro meccanico ad ingranaggi

La trasmissione del moto relativo al comparatore avviene attraverso il quadrilatero articolato costituito dalle due barre rigide A e C, l'una solidale al corpo del comparatore e l'altra al rinvio in contrasto con l'astina di questo, e dalle due lamine deformabili B e D. A seconda del modello, la base di misura, corrispondente alla distanza fra i fori, risulta di 250, 500 o 750 mm, mentre la singola divisione sul quadrante di lettura del comparatore risulta di un millesimo di millimetro.

3.2 Tensotast

Il tensotast è un estensimetro misto a leva e comparatore millesimale, utilizzato soprattutto per la misura in sito delle deformazioni delle barre di acciaio di strutture in c.a. .

La variazione di lunghezza della base di misura AB viene trasmessa mediante la leva *b* con fulcro in *o* al comparatore millesimale E. la lunghezza *l* della base di lettura è

definita dalla distanza fra le due sferette A e B fissate sulla superficie del campione, che trovano alloggio nelle sedi sferiche ricavate nei due coltelli dello strumento. Di questi il primo è solidale attraverso il rinvio c al corpo E del comparatore millesimale, mentre il secondo costituisce il meccanismo a leva b che consente la trasmissione del moto relativo all'astina del comparatore.

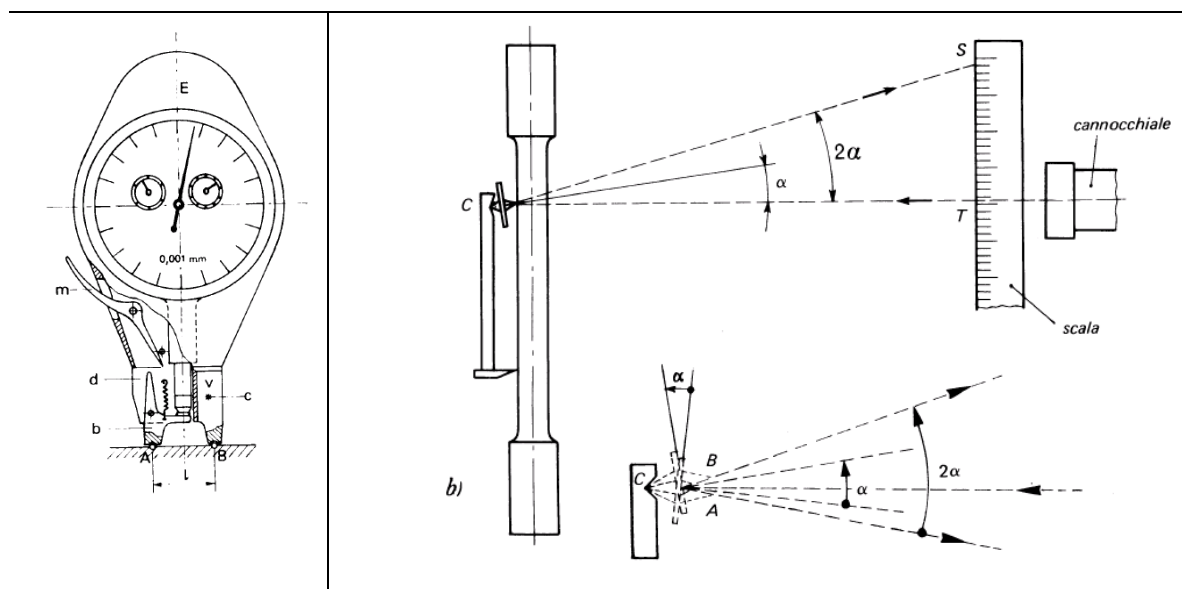


Fig. 9: Il tensotast e uno schema di funzionamento dell'estensimetro a leva ottica

Il rinvio c è intercambiabile ed è possibile realizzare basi di lettura di 20, 50 e 100 mm. La leva m manovrata dal dito mignolo dell'operatore facilita la sistemazione della sede sferica del coltello mobile sulla sfera A prima dell'inizio della prova. Lo strumento è corredato di una barra in lega a bassissimo coefficiente di dilatazione termica (invar) per depurare gli effetti della variazione termica sulle letture effettuate a notevole distanza di tempo e per effettuare la verifica della taratura.

3.3 Estensimetri a leva ottica

Gli estensimetri ottici sono basati sul principio di trasformare la variazione di lunghezza della base di misura nella rotazione angolare di uno specchietto che viene letto da un trasduttore collimatore. Lo strumento consta di due parti (fig. 9.16a): il coltello fisso con la relativa prolunga, la cui lunghezza può essere variata da 50 fino a 200 mm, ed il coltello mobile, che ha montato in asse lo specchietto, la cui posizione rispetto al coltello è regolabile in fase di montaggio. Lo schema di funzionamento è rappresentato in figura. Utilizzando il cannocchiale si legge la graduazione della scala di misura, disposta accanto ad esso, riflessa nello specchietto. Prima dell'inizio della prova si collima il reticolo del cannocchiale con una divisione della scala: quando il provino varia di lunghezza lo specchio ruota ed il reticolo del cannocchiale si collima con un'altra divisione della scala di misura. È facile rendersi conto dalla figura che il rapporto di amplificazione dello strumento, generalmente

pari a 500, corrisponde al rapporto fra il doppio della distanza specchio-scala e la lunghezza della diagonale della losanga del coltello mobile.

3.4 Estensimetri elettrici a resistenza (*Strain gauges*)

Esso è costituito da un filo metallico sottile in lega speciale disposto a serpentina su un supporto di carta o di resina, ovvero è ottenuto per stampaggio mediante un processo di fotoincisione di una lamina metallica di forma desiderata su un supporto in resina. Il suo funzionamento si basa sul fatto che la resistenza del filo o della lamina sottoposti a deformazione assiale varia linearmente con essa, sia per effetto della variazione della lunghezza dell'elemento metallico sensibile e dell'area della sua sezione trasversale, sia perché varia la resistività del metallo. L'estensimetro viene pertanto incollato, dopo accurata pulizia ed utilizzando resine polimerizzanti a freddo o a caldo, nella posizione desiderata e secondo l'orientamento voluto sulla superficie dell'elemento sottoposto a prova. Viene quindi collegato ad un circuito elettrico di misura in grado di rilevare piccole variazioni di resistenza e di trasformarle in una differenza di potenziale, come ad esempio un ponte di Wheatstone.

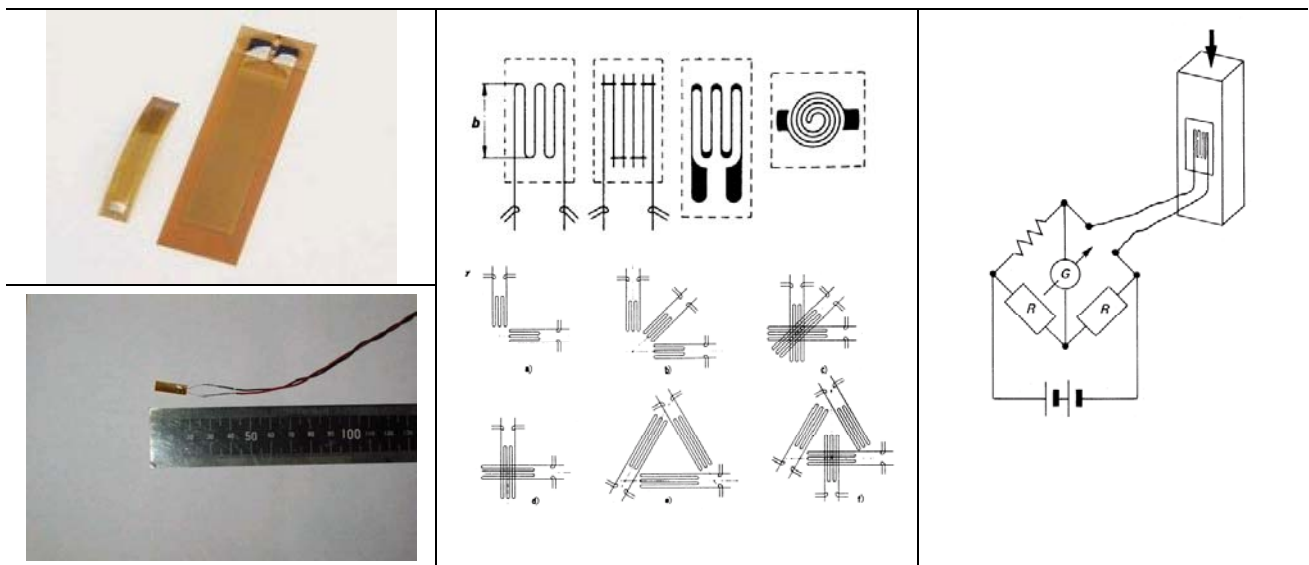


Fig. 10: Estensimetri elettrici a resistenza

Il rapporto tra la variazione ΔR e la resistenza originale R dell'estensimetro è legato alla deformazione $\varepsilon = \Delta L/L$ attraverso una relazione di proporzionalità, il cui coefficiente K è detta costante dell'estensimetro ed assume in genere valori intorno a 2. Una possibile fonte di errore negli strain gauges è rappresentata dalla variazione di temperatura che provoca come è noto la variazione della resistività dell'elemento metallico sensibile e quindi una variazione di resistenza che può essere erroneamente interpretata come una deformazione della struttura. E' possibile compensare tali variazioni collegando una delle resistenze del ponte di misura ad un materiale identico a quello sottoposto a misura.

4. La misura delle accelerazioni

4.1 Accelerometri piezoelettrici

Gli accelerometri possono essere ottenuti con trasduttori piezoelettrici. Sfruttano la proprietà di alcuni cristalli di materiali dielettrici, fra cui appunto il quarzo, di generare cariche elettriche proporzionali alle forze su di essi agenti (piezoelettricità). La differenza di potenziale nel circuito di misura risulta proporzionale alle cariche elettriche generate, che però vengono necessariamente dissipate nel circuito stesso rendendo pertanto tali trasduttori adatti esclusivamente alla misura di grandezze dinamiche. La forza inerziale sul materiale piezoelettrico viene generata attraverso una massa, la quale è mantenuta premuta da una molla di precarico su un cristallo di quarzo. Quando lo strumento è sottoposto ad un'accelerazione, la forza di inerzia agente sulla massa viene misurata dal trasduttore piezoelettrico. Il precarico consente di lavorare nel tratto lineare della curva di sensibilità del cristallo e permette di misurare accelerazioni in entrambe le direzioni.

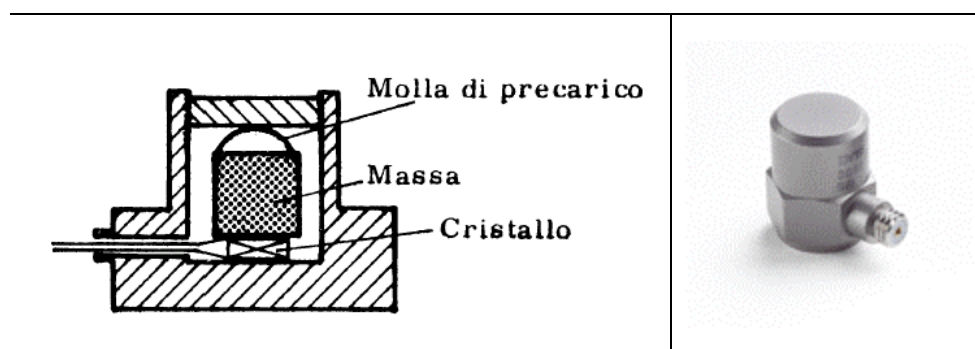


Fig. 11: Accelerometro piezoelettrico

Gli accelerometri piezoelettrici disponibili sul mercato hanno un peso compreso fra i 10 ed i 60 grammi. La loro sensibilità è funzione della massa che agisce sul cristallo: con i trasduttori di dimensioni maggiori si possono misurare fedelmente accelerazioni nell'ordine del centesimo di g, mentre i più piccoli sono particolarmente adatti nell'analisi di urti, consentendo di rilevare accelerazioni sino a 250÷300 g.

5. La misura delle forze

5.1 I dinamometri a pendolo

Il dinamometro a pendolo è costituito da due braccia riunite assieme in modo da formare una T in corrispondenza del punto *O*. In posizione di riposo il braccio lungo

è verticale e quello corto orizzontale. Lungo il braccio più corto può farsi scorrere un peso q con il quale si ottiene la perfetta verticalità del braccio maggiore.

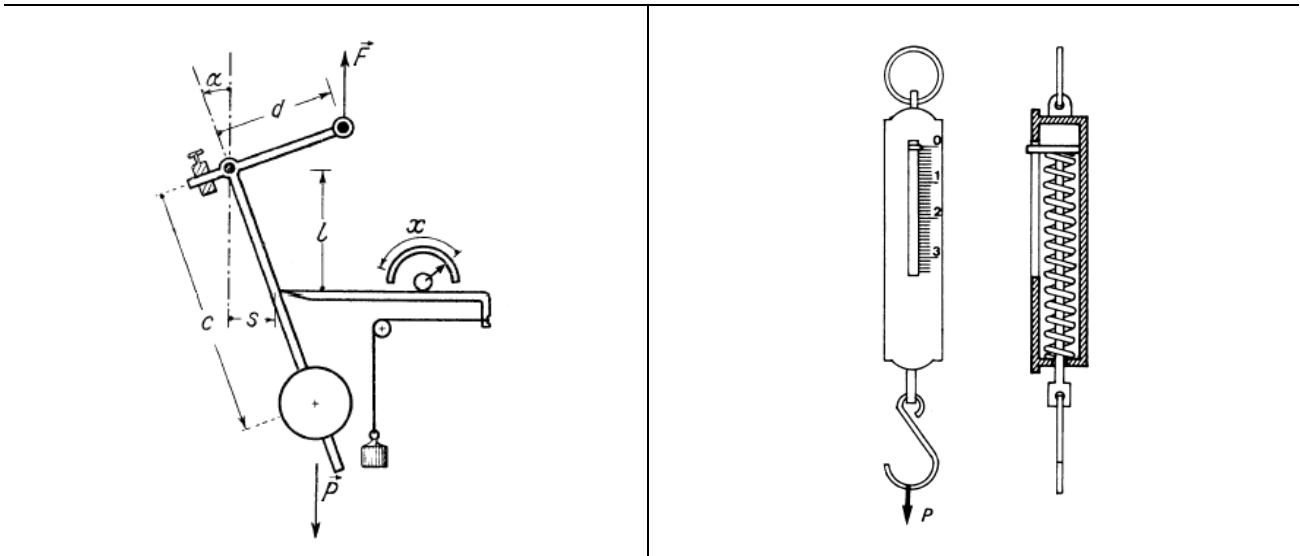


Fig. 12: I dinamometri a pendolo ed a molla

Il baricentro totale Q della leva e del peso q sarà perciò sulla verticale per O ad una distanza c_0 . Un peso P può scorrere lungo il braccio maggiore ed essere fissato in alcune posizioni prestabilite; sia c la sua distanza dal fulcro O .

Il peso totale $P+Q$ potrà quindi ritenersi applicato ad una distanza dal fulcro

$$c_t = \frac{Qc_0 + Pc}{Q + P}$$

La forza F che si vuole determinare agisce sempre verticalmente ed è applicata nella sezione terminale di uno dei bracci minori. Per effetto di essa la squadra dinamometrica ruota intorno ad O ed assume una nuova posizione di equilibrio caratterizzata dall'angolo α .

L'equazione di equilibrio alla rotazione consente di ricavare F in funzione di P e Q :

$$(P + Q) \cdot c_t \cdot \sin \alpha = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

da cui

$$F = (P + Q) \cdot \frac{c_t}{d} \tan \alpha$$

Se una stecca orizzontale a distanza l dal fulcro e scorrevole orizzontalmente è invitata da un peso di richiamo a puntare costantemente la sua estremità sul braccio maggiore della squadra, essa scorrerà durante il movimento del braccio di una quantità pari a:

$$\delta = l \cdot \tan \alpha$$

da cui:

$$F = (P + Q) \cdot \frac{c_t}{d} \cdot \frac{\delta}{l}$$

Se la stecca trascina senza scorrimento una rotella di raggio r cui è solidale una lancetta di lunghezza R la cui punta percorre l'arco S del quadrante, si può scrivere:

$$\frac{\delta}{r} = \frac{S}{R}$$

e quindi:

$$F = (P + Q) \cdot \frac{c_t}{d} \cdot \frac{r}{R} \cdot \frac{S}{l} = K \cdot S$$

Lo spostamento dell'estremità della lancetta è proporzionale alla forza F ; il quadrante su cui scorre tale lancetta può essere graduato perciò in unità di forza.

Variando il valore di P o cambiandone il punto di applicazione si possono ottenere varie costanti di proporzionalità tra forza e spostamento della lancetta. Ciò permette di avere con un solo dinamometro vari quadranti in funzione del carico massimo da misurare.

5.2 I dinamometri a molla

Il dinamometro a molla è fondato sulla misura della variazione di lunghezza di una molla elastica, generalmente di tipo elicoidale, caratterizzata geometricamente dal raggio di avvolgimento r , dal numero di spire n , dalla lunghezza l , dai momenti di inerzia polare I_p e flessionale I della sua sezione S e dall'angolo di inclinazione dell'elica ϕ . Lo spostamento relativo tra gli estremi A e B nella direzione z prodotto dalla due forze è fornito dalla seguente relazione:

$$w = F \cdot r^2 \cdot l \cdot \left(\frac{\sin^2 \phi}{EI} + \frac{\cos^2 \phi}{GI_p} \right)$$

in cui G ed E sono i moduli di elasticità longitudinale e trasversale del materiale costituente la molla. L'angolo ϕ nella precedente relazione è funzione di F , per cui w non è esattamente proporzionale ad F . Tuttavia, poiché l'angolo è piccolo, si può porre $\sin \phi = 0$ e $\cos \phi = 1$. Ciò corrisponde a trascurare la deformabilità flessionale della molla rispetto a quella torsionale, assumendo così una relazione di proporzionalità diretta tra F e w .

5.3 I dinamometri ad anello

Nei dinamometri ad anello circolare l'elemento elastico contiene sia i perni di estremità per l'applicazione della forza da misurare sia i supporti, posti all'intradosso dell'anello, che servono per il fissaggio del trasduttore di spostamento.

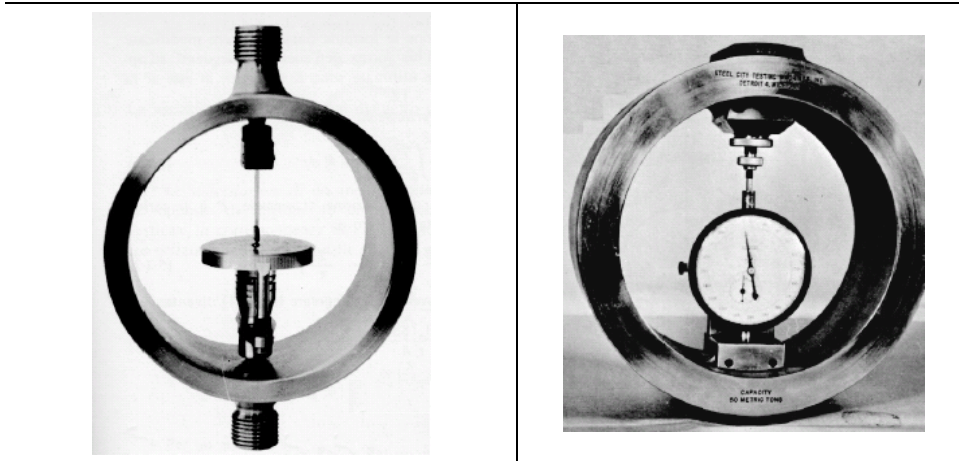


Fig. 13: Dinamometri ad anello

Negli strumenti in figura questo è costituito da una vite micrometrica e da un comparatore a lettura diretta. Quando i perni sono filettati il dinamometro può essere adoperato per misurare sia sforzi di trazione che di compressione, altrimenti viene utilizzato solo per forze in compressione. I due supporti all'intradosso giacciono nel medesimo piano medio longitudinale dell'anello e sono disposti per misurare solo una pura traslazione lungo il diametro verticale o quello orizzontale.

5.4 Le celle dinamometriche

Nelle celle dinamometriche (dinamometri elettrici) il valore del carico applicato viene ottenuto mediante la determinazione della variazione di lunghezza di un elemento elastico disposto tra la traversa mobile, che esercita il carico sul campione in prova, con estensimetri elettrici a variazione di resistenza.

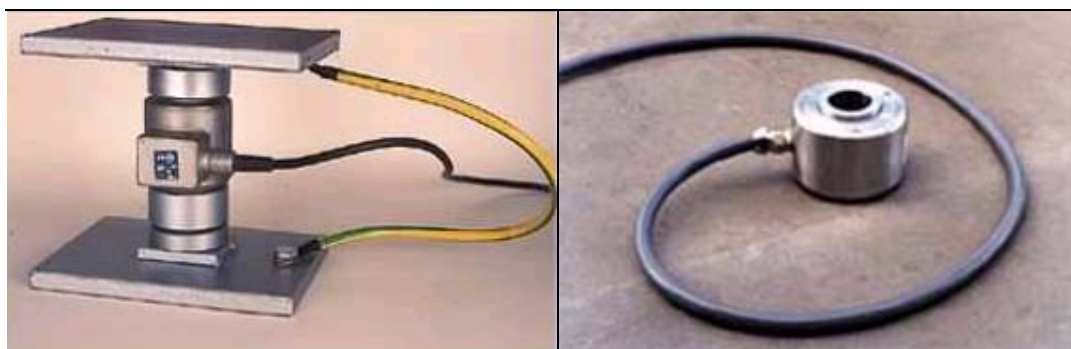


Fig.14: Celle dinamometriche a compressione e per cavi in trazione

6. Le macchine di prova universali

Le macchine di prova hanno la funzione di esercitare dei carichi al corpo in esame per determinare le caratteristiche meccaniche del materiale. Si dicono macchine universali i meccanismi con i quali si possono eseguire, con l'ausilio di alcuni dispositivi, tutte le prove meccaniche più ricorrenti quali trazione, compressione, flessione, durezza, viscosità, rilassamento e fatica. E' proprio per la molteplicità di usi che questi dispositivi vengono definiti universali.



Fig.15: Macchine di prova

La figura seguente mostra lo schema di funzionamento di una macchina idraulica a controllo manuale. La pompa idraulica azionata da un motore elettrico preleva olio da un serbatoio e lo invia, attraverso la tubazione e la valvola di carico, al pistone di carico (martinetto). L'olio in pressione spinge verso l'alto il pistone che mediante le colonne trasmette il carico al provino, il quale in funzione della sua posizione è sottoposto a trazione o compressione. Una derivazione nel circuito idraulico porta l'olio al dinamometro, che in genere è del tipo a pendolo. Sul quadrante sono presenti due indici: un primo per l'indicazione del carico attuale ed un secondo folle, trascinato dal primo, che serviva per indicare il carico di rottura del provino, quando il primo indice torna di colpo a zero per la perdita di pressione nel circuito. Per la registrazione del ciclo carico-deformazione si usa il tamburo su cui è avvolto un foglio di carta millimetrata: la rotazione del tamburo è comandata da una funicella fissata alla traversa mobile del telaio di carico e quindi risulta proporzionale all'allungamento del provino, mentre la penna solidale all'asta filettata del quadrante

del dinamometro a pendolo si sposta lungo l'asse del tamburo proporzionalmente al carico applicato.

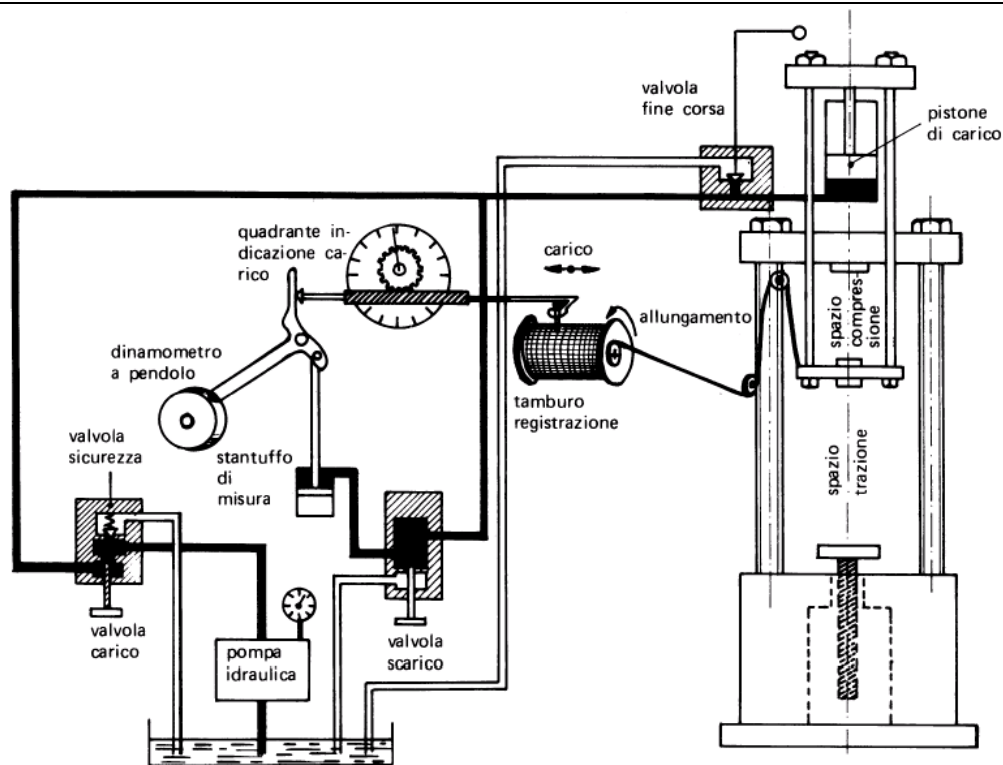


Fig.16: Schema di funzionamento di una macchina di prova universale

7. Le prove in sito

7.1 Martinetti piatti

I martinetti piatti sono prevalentemente adoperati nella diagnostica su edifici e



Fig.17: Martinetti piatti semiovali con pompa idraulica



Fig.18 : Martinetto in opera

strutture murarie al fine di stabilire sperimentalmente quali siano le reali condizioni statiche della struttura oggetto dell'indagine; altre possibili applicazioni riguardano le

misure di stress in sito. I martinetti piatti sono realizzati in acciaio in varie forme e dimensioni, con spessore anche di soli 3,5 mm.

L'indagine con martinetti piatti consente di determinare sia lo stato tensionale in sito cui è sottoposta la muratura che le sue caratteristiche meccaniche.

Determinazione dello stato di sollecitazione

La prova per la determinazione dello stato di sollecitazione è basata sul rilascio tensionale causato da un taglio piano, effettuato tra i giunti di malta. A tale scopo si impiega un unico martinetto piatto, operando secondo le seguenti fasi:

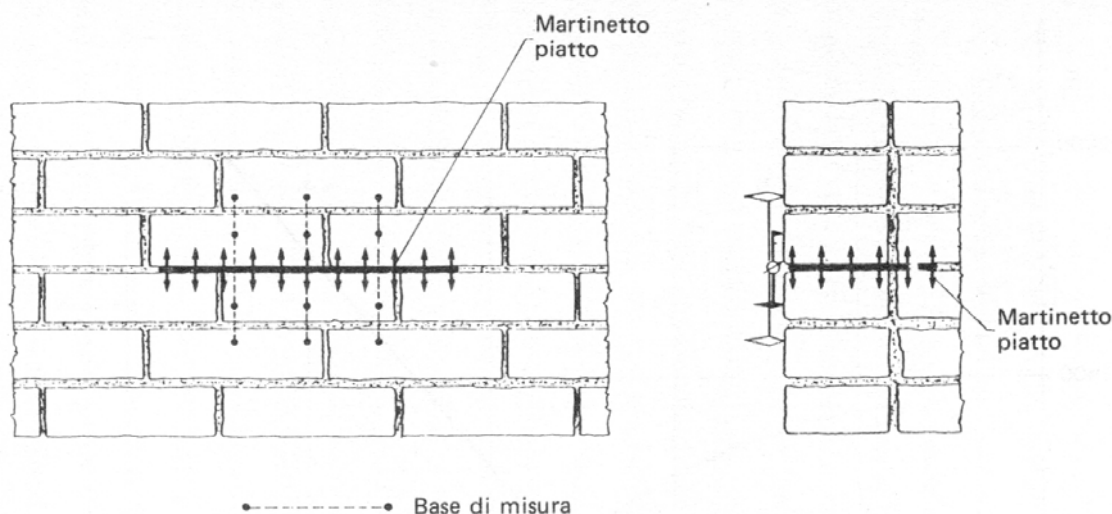


Fig. 19: Schema della prova con martinetto piatto per la misura delle sollecitazioni

- 1) Dopo aver preparato la superficie della muratura, si dispongono le basi estensimetriche a cavallo del corso di malta, in corrispondenza del quale effettuare la prova e si eseguono le misure dello zero con deformometro meccanico di precisione.
- 2) Si realizza un taglio nel giunto di malta con sega da muro in modo da realizzare una sede avente il più possibile le dimensioni in pianta del martinetto prescelto (usualmente 40x20 cm) ed uno spessore di circa 1 cm. Il taglio provoca un cedimento micrometrico della muratura sovrastante, che rimane comunque stabile grazie all'effetto arco, il quale ridistribuisce le tensioni nelle zone adiacenti. L'entità dei cedimenti viene valutata mediante una nuova lettura, disponendo il deformometro a cavallo della fessura.
- 3) Si inserisce quindi il martinetto piatto e si aumenta la pressione del circuito idraulico fino ad ottenere le stesse misure estensimetriche rilevate all'inizio della prova. In tali condizioni la pressione del martinetto eguaglia la compressione preesistente nel muro



Fig.20 : Messa in opera di un martinetto piatto e misura delle deformazioni a taglio effettuato

Il valore ottenuto della pressione p deve essere corretto mediante un coefficiente che tiene conto del rapporto tra l'area del martinetto e quella del taglio effettuato (K_a) e da un coefficiente ($K_m =$ costante del martinetto) che tenga conto delle particolari condizioni di vincolo a cui la muratura è sottoposta, per cui si ha: $\sigma = K_m K_a p$

Determinazione delle caratteristiche meccaniche (deformabilità e resistenza a comp.)

Per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità ed a rottura mediante martinetti piatti occorre apportare una modifica alla prova per la determinazione dello stato tensionale introducendo un secondo martinetto piatto parallelo al primo.

I due martinetti delimitano in tal modo un campione di muratura sul quale può essere eseguita a tutti gli effetti una prova di compressione senza l'asportazione del campione.

Possono essere disposte in questo caso più basi di misura per estensimetro sia in direzione trasversale che longitudinale, le quali permettono di avere un quadro completo del comportamento deformativo del campione sia in direzione assiale che trasversale.

La prova può fornire anche una stima della resistenza a compressione della muratura, se ci si avvicina al limite di rottura attraverso progressivi incrementi del carico applicato e valutando la resistenza a compressione mediante estrapolazione della curva carichi-deformazioni.

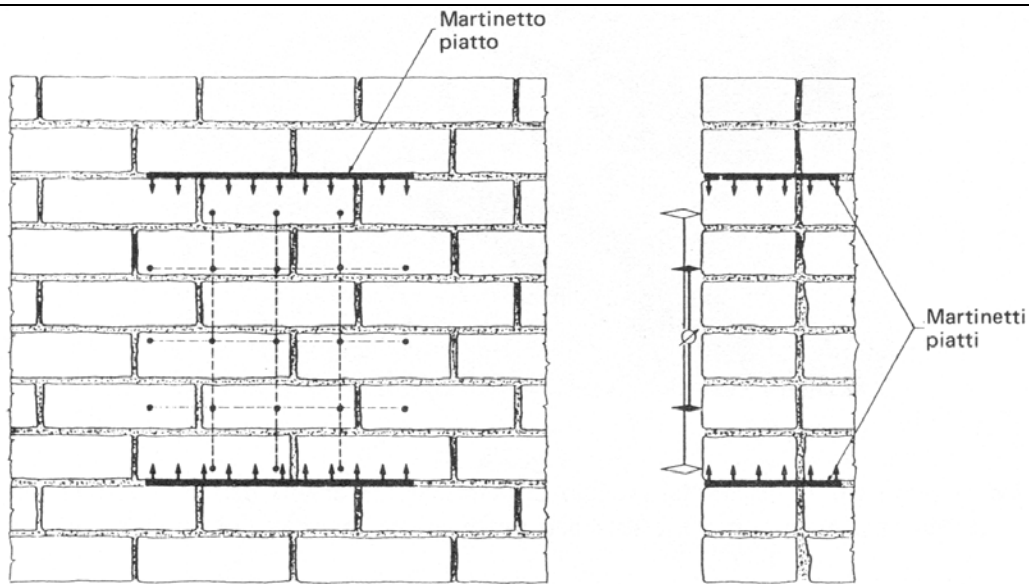


Fig.21 : Schema della prova con due martinetti piatto per la misura della deformabilità

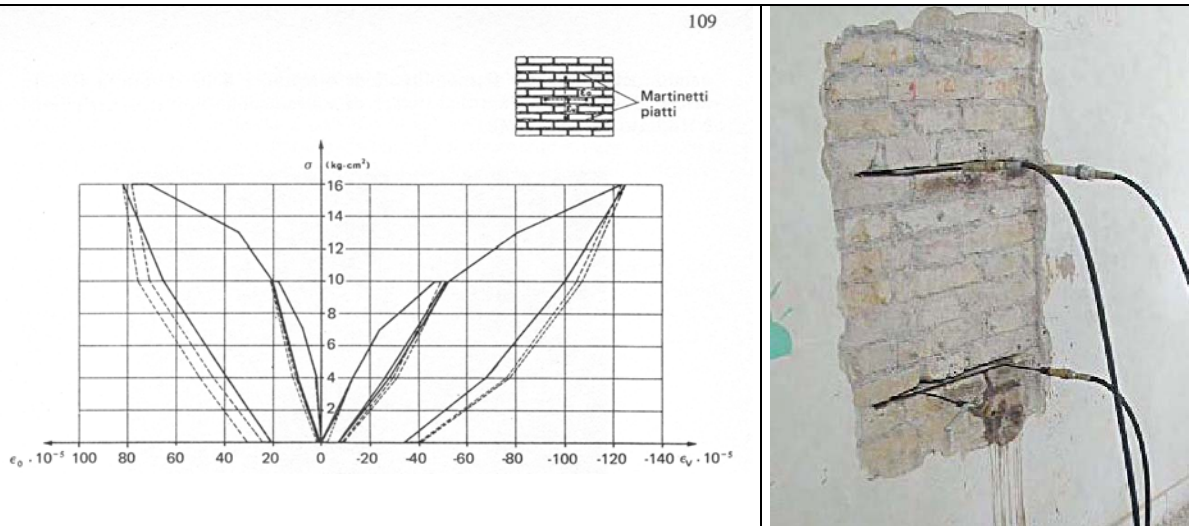


Fig.22 : Diagramma ciclico tensioni/deformazioni ottenuto da una prova con martinetti

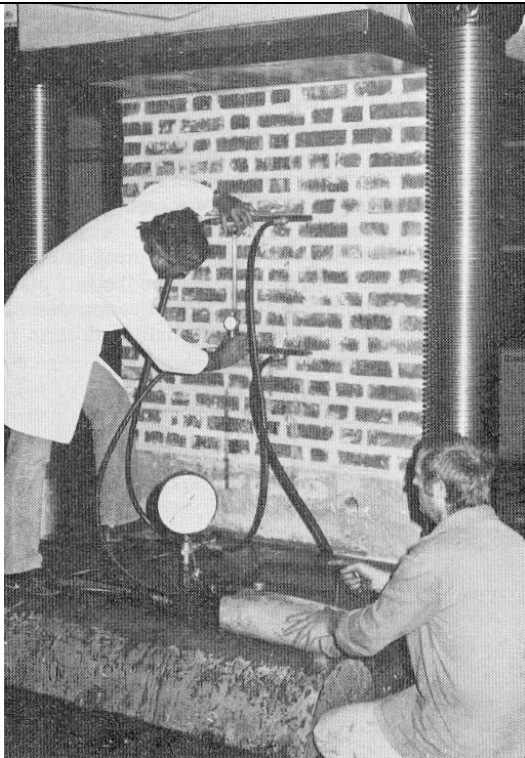
Taratura dei martinetti

Il campione di muratura sul quale viene eseguita la prova con martinetti, presenta in genere una sola faccia laterale libera, mentre su tre lati è vincolata alla muratura circostante.

Le condizioni di vincolo del campione sono dunque diverse da quelle della prova di compressione monoassiale convenzionale.

E' necessario allora procedere ad una taratura dello strumento, come illustrato brevemente di seguito. Una muratura campione viene caricata da un carico noto mediante pressa idraulica, e se ne misurano le caratteristiche di deformabilità operando con gli estensimetri su tutte le superfici libere della parete. Successivamente si opera con i martinetti piatti, determinando secondo le

metodologie precedentemente descritte sia le caratteristiche di deformabilità che lo stato di sollecitazione. I rapporti tra le misure effettuate costituiscono i coefficienti correttivi da applicare alla prova con martinetti.



$\sigma_{\text{applicata}}$	$E_{\text{martinetti}}/E_{\text{effettivo}}$
0 – 0.5 MPa	0.98
0.5 – 1.0 MPa	1.1

$$\sigma_{\text{martinetto}} = 1.15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{applicata}} = 1.0 \text{ MPa}$$

Fig.23 : Taratura dei martinetti effettuata mediante prova di compressione in laboratorio

Determinazione della resistenza a taglio lungo i corsi di malta

La conoscenza della resistenza a taglio è di grande interesse per la caratterizzazione statico-strutturale di edifici in muratura.

A tal fine è determinante la misura della resistenza a taglio lungo i corsi di malta.

Con l'ausilio di due martinetti piatti e di un martinetto idraulico è possibile pervenire alla determinazione di tale parametro mediante prove di tipo non distruttivo.

Si procede in primo luogo all'estrazione di un mattone che viene sostituito con un martinetto idraulico. Il martinetto applica una sollecitazione di taglio al mattone adiacente che viene isolato come in figura. La componente di sollecitazione normale ai corsi di malta viene applicata mediante due martinetti piatti paralleli. Mediante misure estensimetriche si rilevano sia gli scorrimenti relativi del mattone sottoposto a prova rispetto ai corsi di malta adiacenti sia le deformazioni in direzione normale

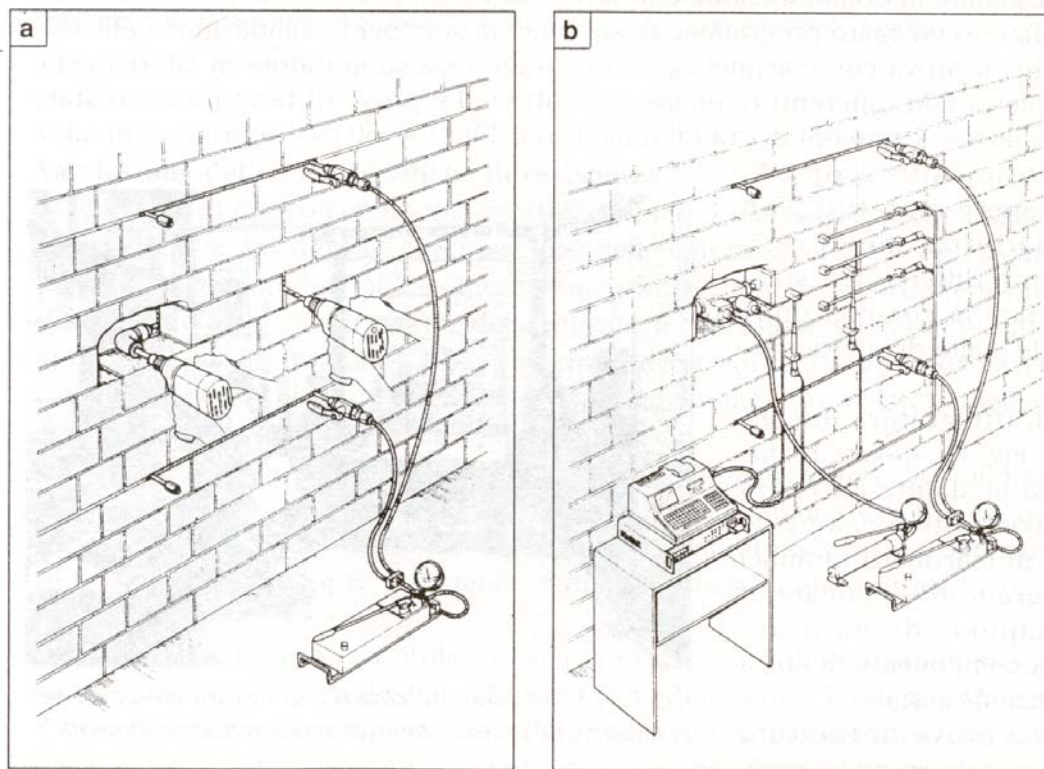


Fig.24: Isolamento del mattone (a) sottoposto alla prova ed introduzione del martinetto idraulico (b)

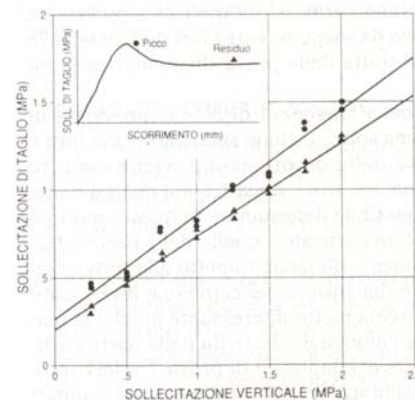
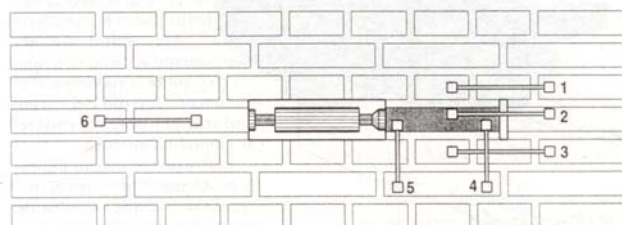


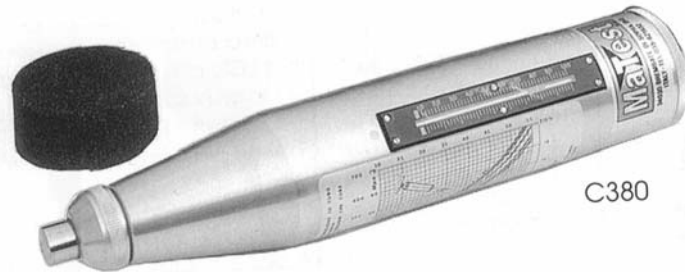
Fig.25 : Schema delle basi di misura e valori di resistenza al taglio di picco e residui

Eseguendo alcune prove con diversi valori della sollecitazione normale è possibile determinare il valore della coesione c e dell'angolo di attrito φ con cui in genere si caratterizza il dominio di resistenza della muratura.

7.2 Lo sclerometro

Le prove sclerometriche consentono di risalire alla resistenza a compressione del c.l.s. mediante una misura indiretta. Esse costituiscono il perfezionamento di un

antico sistema di valutazione della resistenza delle murature che consisteva nel colpire con un martello la superficie della struttura, ottenendo così in funzione del suono e del rimbalzo una verifica approssimativa della qualità del manufatto.



- 1 – Asta di percussione
- 4 – Indice
- 7 – Asta di scorrimento
- 8 – Disco
- 12 – Molla
- 13 – Gancio
- 14 – Martello
- 16 – Molla

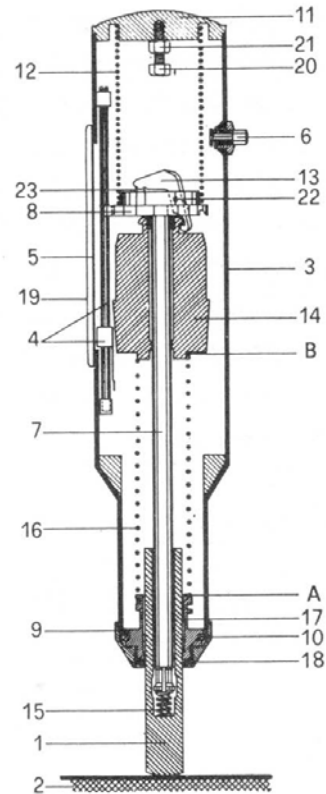


Fig.26: Lo sclerometro

La misura sclerometrica viene effettuata attraverso lo strumento riportato in figura. In posizione di riposo il martello 14 è fissato al disco 8 mediante il gancio 13. Le molle 12 e 16 sono in questo caso nella posizione indeformata. L'asta di percussione 1 è al di fuori dell'involucro e l'indice 4 è all'inizio della graduazione incisa sull'asticella.

La prova si esegue poggiando l'asta 1 a contatto con la superficie e facendo pressione sull'involucro. Le aste 1 e 7 si spostano con il martello 14 e le molle vanno in tensione. Quando il gancio 13 entra in contatto con il dado 20 il martello si disimpegna dal disco 8 e, trascinato dalla molla 16 scorre lungo l'asta 7, batte contro l'asta 1, rimbalzando successivamente. Durante l'avanzamento del martello il rinvio dell'indice 4 viene messo in vibrazione, per cui al ritorno della massa battente va in contrasto con lo scalino e viene trascinato in corrispondenza della posizione più arretrata raggiunta dal martello.

La quantità di cui si sposta il martello dopo la percussione è funzione della durezza d'urto del conglomerato e, tenuto conto della relazione che lega la durezza alla resistenza del materiale, la lettura sulla graduazione incisa sullo strumento rappresenta in scala la tensione di rottura a compressione del materiale.

La legge che lega la durezza superficiale, e quindi l'entità del rimbalzo, alla resistenza a compressione viene determinata sperimentalmente con prove di rottura su cubi di cls sui quali sono state eseguite precedentemente prove sclerometriche. Si ottengono così dei punti sperimentali che si addensano lungo una curva. L'elaborazione di tali dati fornisce un fuso limitato da due curve che individua un insieme di valori con probabilità dell'80%, ottenuto sommando ai valori medi le dispersioni ottenute con la formula dello scarto quadratico medio.

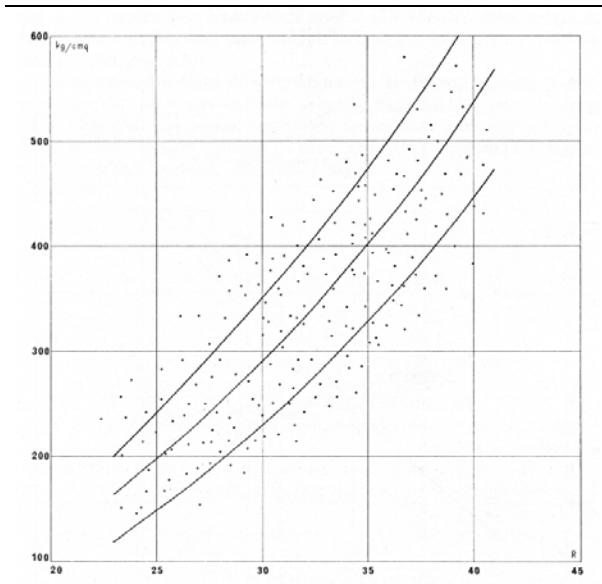


Fig. : Fuso di dispersione ottenuto correlando resistenze ottenute con prove a rottura su provini cubici e indice di rimbalzo

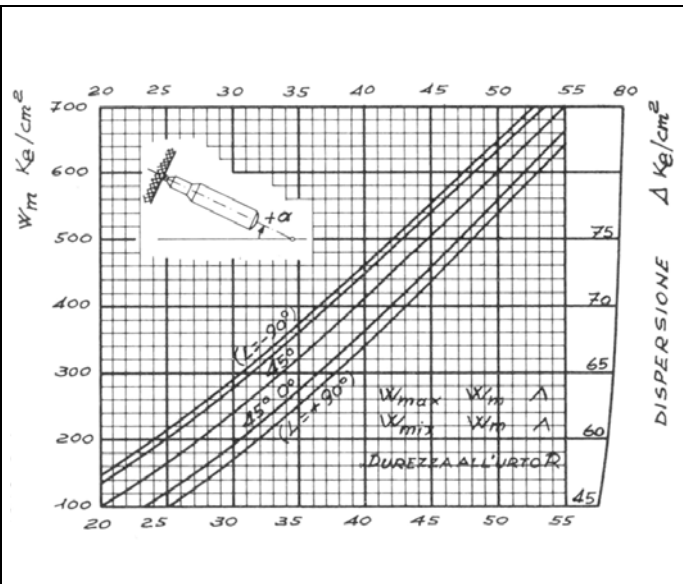


Fig. : Grafico di taratura dello sclerometro

Lo sclerometro viene tarato in direzione d'urto orizzontale, per cui quando si agisce con l'apparecchio inclinato le letture devono essere corrette per depurarle dall'influenza del peso del martello.

In figura è riportato un esempio di grafico, il quale può essere riportato direttamente sullo sclerometro. Su di esso sono indicate le curve relative a diversi angoli e le relative dispersioni.

Bibliografia

Barbarito, B. *Analisi sperimentale dei materiali*. Eliografia Ilardo, Napoli, 1982.

Castoldi, A., Serino, G. La sperimentazione strutturale. In *Ingegneria delle strutture*, a cura di Giangreco E.. UTET, Torino, 2002.