

MISURE DI MASSE E FORZE

Introduzione

Le misure di massa e di forza anche se fisicamente sono diverse sono storicamente correlate. Si definisce massa una proprietà intrinseca del corpo mentre si definisce forza peso un valore associato ad un campo gravitazionale. La forza è una grandezza vettoriale caratterizzata dunque da un valore scalare e da una direzione di applicazione. Questo aspetto risulta essere influente in alcune applicazioni come ad esempio le celle di carico mentre risulta essere importante in altre applicazioni. La forza dunque è un vettore e quindi è pienamente identificato da tre componenti secondo i tre assi ortogonali. A rigore la misura in forza riguarda quindi tre quantità: qualora ne interessino di meno bisogna prestare attenzione agli effetti incrociati cioè letture lungo un asse di misura, dovute a carichi lungo altri assi.

Bilance g-sensibile: introduzione

I primi strumenti che introduciamo per misurare le masse sono le bilance g-sensibili cioè bilance sensibili al peso dei corpi. Le bilance g-sensibili comprendono tutti gli apparecchi che utilizzano sensori e trasduttori di forza che convertono la massa da misurare in forza gravitazionale. Questa misura non è banale perché l'accelerazione di gravità varia in funzione della:

- Latitudine della locazione di misura
- Altezza del terreno sul livello del mare
- Altezza del misuratore sul terreno

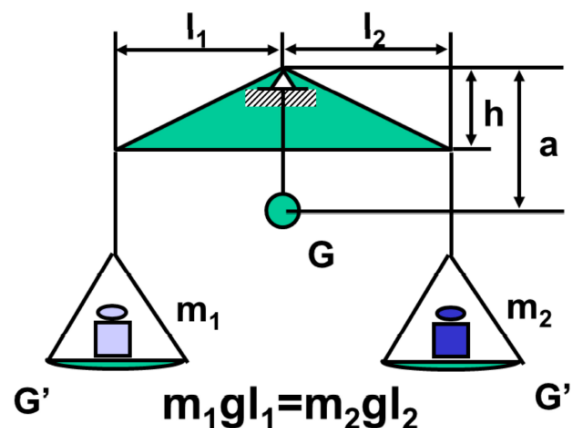
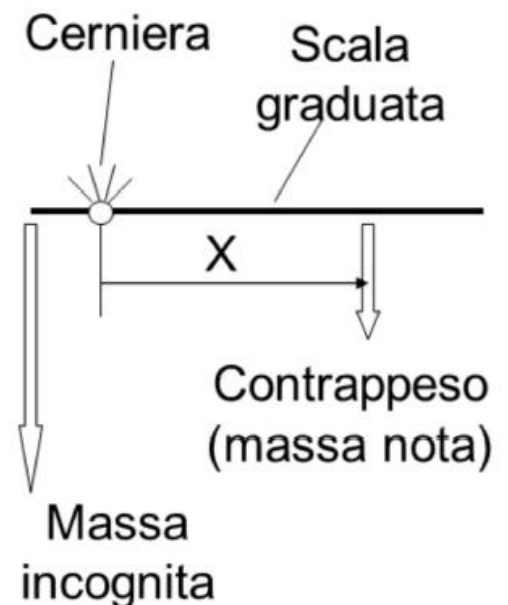
Dunque questi strumenti danno misure variabili al variare dell'accelerazione di gravità, è quindi necessario utilizzarli nelle aree geografiche per cui sono stati tarati.

Bilance g-sensibile: stadera

Prima di capire come contrastare questi effetti parliamo della prima bilancia g-sensibile che è stata inventata: la stadera. La stadera è uno strumento che si basa sull'equilibrio delle forze tra una massa incognita e un contro peso di massa nota. In queste bilance si confrontano dunque masse incognite collegate ad un lato di una leva con una massa di bilanciamento nota che può scorrere su una scala graduata: modificando il braccio di leva si ottiene un momento di bilanciamento variabile ma noto. Questo momento bilancia il momento della forza peso della massa incognita moltiplicato per un braccio di leva noto e fisso.

Bilance g-sensibile: bilancia analitica

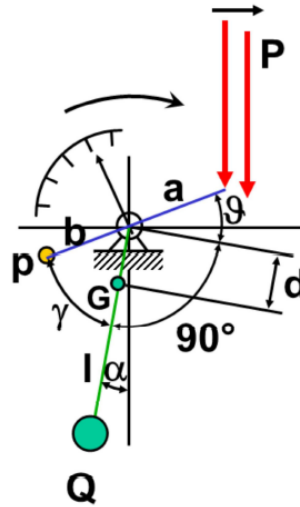
Per ovviare al problema della variazione dell'accelerazione di gravità è stata inventata una bilancia nota come analitica. L'equilibrio in questo tipo di bilancia non dipende dall'accelerazione di gravità poiché si elimina il contributo della forza di gravità; l'equilibrio sarà però influenzato dalla forza idrostatica. Per ovviare a questo problema si può effettuare la misura nel vuoto. Appurato che il problema di misura causato dalla forza idrostatica è facilmente risolvibile occorre introdurre un'altra problematica: i due bracci della bilancia analitica non potranno mai fisicamente essere della stessa lunghezza poiché non è possibile costruire dei bracci perfettamente identici (ideali) quindi l'equilibrio non sarà propriamente rispettato. Per risolvere questo problema si utilizza un metodo di pesata noto come doppia pesata o pura pesata: consiste nel porre una massa equilibratrice iniziale e sostituire la massa incognita con delle nuove massa equilibratrici. Le masse equilibratrici sono anche note come campioni di massa.



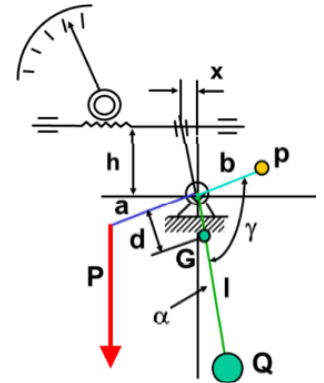
Dinamometri

La seconda classe di strumenti che analizziamo sono i dinamometri cioè strumento che sfruttano campi di forza creati artificialmente per misurare una forza. Anche le bilance g-sensibili sfruttano campi di forza ma non sono artificiale, sfruttano infatti quello gravitazionale. Ne esistono diversi tipi:

- Braccio della forza variabile:
 - Dinamometro a pendolo = il pendolo è ruotato rispetto alla verticale. Il carico p mette in rotazione il pendolo e quindi cambierà la retta di applicazione della forza. L'applicazione della forza P genera una diversa posizione di equilibrio il vantaggio rispetto ad una bilancia è che non servono dei pesi per bilanciare la massa ignota. Questo sistema può essere migliorato ottenendo così un nuovo sistema di misura
- Braccio della forza costante
 - Dinamometri amsler = in questo caso la rotazione non è lineare con il carico applicato ma, grazie al sistema cremagliera-pignone, l'indicazione è lineare con il carico



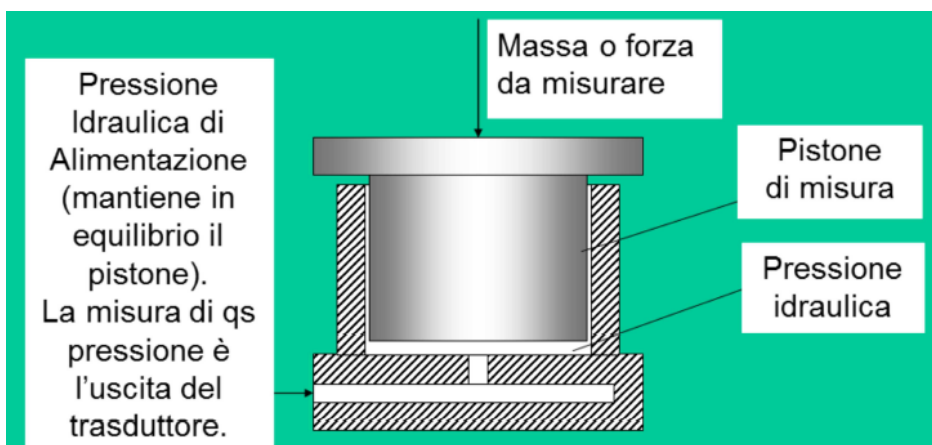
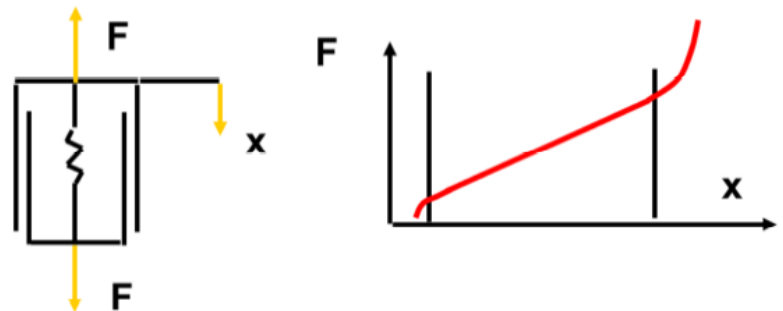
dinamometro a pendolo



dinamometro amsler

Analizziamo anche altri dinamometri:

- Dinamometri a molla = è costituito da una molla. Affinché funzionino correttamente occorre tenerli in mano o appenderli da quel che parte. Attaccando un peso la molla si estende e misurando lo spostamento è possibile dedurre la forza. Idealmente si desidererebbe un comportamento lineare della molla che in realtà non si ha a causa delle forze di attrito. La sensibilità di questi oggetti è solo funzione della rigidità della molla stessa
- Dinamometri idraulico = tale dinamometro sfrutta il principio di Pascal cioè l'idea che il fluido possa trasmettere una pressione omogeneamente su un volume di lavoro. Dunque la forza incognita viene equilibrata da quella derivante dalla pressione di un fluido all'interno di un volume. La forza determina quindi un aumento di pressione e si misura quest'ultima. Il legame forza-pressione è lineare, senza grossa influenza della temperatura. La trasmissione della pressione può avvenire a lunga distanza, utilizzando lo stesso fluido in pressione e quindi senza la necessità di dover alimentare traduttori in loco. Per migliorare le prestazioni si possono usare tre trasduttori in parallelo che si suddividono il carico: in questo caso si può avere una misura più precisa poiché si effettua una media inoltre si sforzano di meno le condutture.



- Bilance pneumatiche = è un dinamometro idraulico riempito però con aria e non con fluido idraulici. Sono particolarmente adatti per misurandi non grandi in valore e ove la pulizia e la sicurezza siano i requisiti fondamentali. Inoltre anche in caso di rottura non danno contaminazione. Al contrario può presentare una serie di vantaggi come ad esempio effettuano solo misure statiche o meglio la misura deve essere fatta molto lentamente e occorre controllare la qualità dell'aria.

Celle di carico a deformazione

Un altro strumento di misura di forze sono le celle di carico a deformazioni. Generalmente sono strutture in metallo estensimstrate. Utilizzando gli estensimetri si è in grado di ricostruire la deformazione e si può dunque dedurre il valore della forza. Le celle di carico possono essere di tanti tipi in funzione delle diverse applicazioni; possono infatti essere ottimizzate mediante diverse configurazioni geometriche. La cella di carico più comune sono:

- Binoculare = una trave incastrata a flessione in cui sono costruite due concentrazioni di sforzo mediante foratura. Per misurare forze piccole i fori saranno ridotti così da avere concentrazioni di sforzi ridotti.
- Anello
- Taglio puro = dipende solo dalla forza e non dalla sua posizione. Il problema è che non ci sono modelli strutturali congruenti
- Trazione = in questo caso vi è una sezione sensibile munita di estensimetri per la misura dell'allungamento
- Torsione
- Flessione permette anche di fare misure assiali e permettono di compensare i disallineamenti

Ricordiamo anche:

- Dinamometri ad anello = è di fatto un anello la cui deflessione è pari a δ :

$$\delta = 1,79 \frac{PR^3}{Ewt^3}$$

Questa espressione è approssimata perché non tiene conto delle parti rinforzate in alto e in basso. Si hanno dunque due scelte di misura della deformazione meccanica:

- Deformazione all'estremità dell'anello
- Misurare lo spostamento tra l'estremità inferiore e quella superiore

La deformazione dell'anello può essere misurato con un LVDT.

- Piezoresistivi = sono cristalli che modificano la loro resistenza elettrica in funzione della loro deformazione.
- Dinamometri al quarzo = Siccome sono materiali duri e resistenti sono in grado di supportare loro stessi il carico. Le forze devono essere dinamiche. Il vantaggio è che è possibile creare delle celle di carico triassiali creando dei dischi di materiali ciascuno caratterizzato da un orientamento diverso dei cristalli. La direzione di misura sarà ortogonale ai cristalli. Dunque le celle di carico triassiali al quarzo sono realizzate utilizzando diversi assi di sensibilità degli elementi al quarzo.

La cosa importante da ricordare sempre è che il principio di trasduzione delle forze si basa sempre sulla realizzazione di una struttura deformabile di cui si misurano le deformazioni o gli spostamenti. Si usano quando si vogliono celle di carico estremamente rigide o portate massime elevate a fronte di un'accuratezza di misura.

Taratura

La taratura dei dinamometri viene effettuata per confronto con un dinamometro campione avente un'incertezza inferiore al dinamometro in prova.