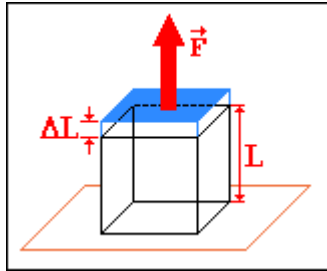


## CENNO SUGLI SFORZI E SULLE SOLLECITAZIONI

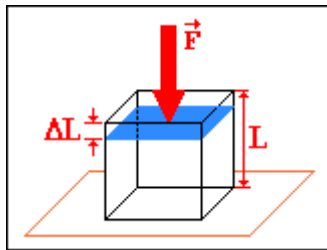
### Sforzi

Supponendo che il corpo sia vincolato in modo che l'applicazione di una forza non ne modifichi lo stato di quiete, a seconda della direzione della forza rispetto alla superficie di applicazione abbiamo vari tipi di sforzi.

**SFORZO DI TRAZIONE:** si ha quando la forza viene applicata perpendicolarmente ed uniformemente ad una superficie del corpo, in modo da tendere ad allungarlo.



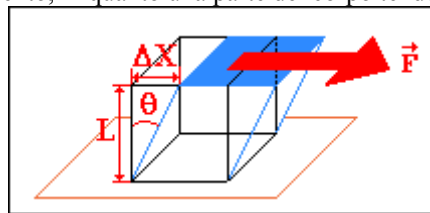
**SFORZO DI COMPRESIONE:** si ha nelle stesse condizioni del punto precedente, solo che la direzione della forza è tale da tendere ad accorciare il corpo.



Gli sforzi di trazione e compressione, deformando il corpo nella direzione in cui vengono applicati, producono variazioni relative della lunghezza che si definiscono *deformazioni*:

$$\epsilon = \text{deformazione} = \Delta L/L$$

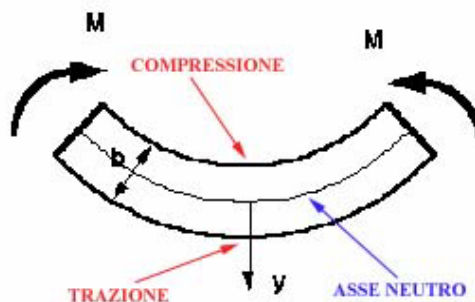
**SFORZO DI TAGLIO:** si ha quando una forza è applicata tangenzialmente ad una superficie del corpo. L'effetto di questo tipo di sforzo è chiamato deformazione di scorrimento, in quanto una parte del corpo tende a scorrere rispetto all'altra.



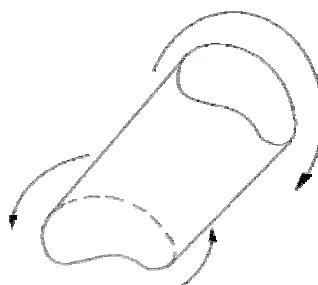
In questo caso la deformazione è definita *deformazione di scorrimento* e, relativamente alla figura, è definita come:

$$\text{deformazione da scorrimento} = \Delta X/X = \text{tg}\theta$$

Esistono poi gli sforzi composti. Tali sforzi sono la conseguenza della composizione degli sforzi ora introdotti, come ad esempio o **SFORZO FLESSIONE**. Questo tipo di sforzo comprende sia la trazione che la compressione. E' la classica situazione che si verifica quando ad una sbarra, un'estremità è vincolata e all'altra viene applicato un peso.



**SFORZO DI TORSIONE:** si ha quando al corpo viene impresso un momento ad una o ad entrambe le estremità, ma di verso opposto:



## CENNO SUGLI SFORZI E SULLE SOLLECITAZIONI

### Cenno sulle Deformazioni

È stato detto che forze agenti su un corpo in equilibrio statico possono semplicemente deformarlo o a deformarlo per scorrimento a seconda del tipo di sforzo a cui il corpo stesso è sottoposto. La deformazione che può subire un corpo quale ad esempio una barra solida, quando sottoposta a sforzo di trazione, ha un andamento come quello illustrato.

Il grafico è lineare fino al punto 1: tale comportamento è noto come Legge di Hooke. La barra, sottoposta ad uno sforzo maggiore, arriva ad un livello di deformazione oltre il quale non ritorna alla propria lunghezza iniziale (anche se eliminato lo sforzo applicato): rimarrà permanentemente deformata (punto 2). Applicando uno sforzo ancora maggiore, arrivando al punto 3 il corpo si rompe.

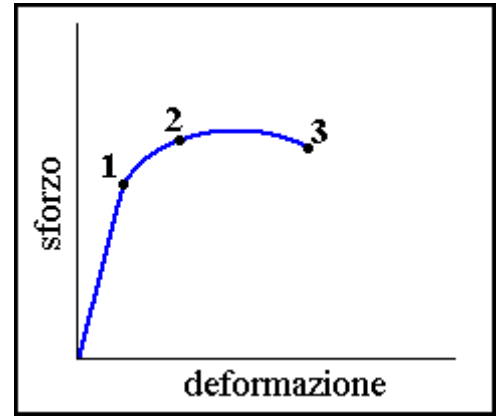
Il rapporto tra sforzo e deformazione nella zona lineare del grafico è una costante chiamata modulo di Young:

$$E = (F/A)/(\Delta L/L)$$

che nel S.I. si misura in  $N/m^2$ . Per molti materiali il modulo di Young per la compressione è lo stesso di quello della trazione, considerando la variazione di lunghezza  $\Delta L$  una diminuzione della lunghezza stessa: un'eccezione importante è invece costituita dall'osso, che ha due valori diversi per i rispettivi moduli.

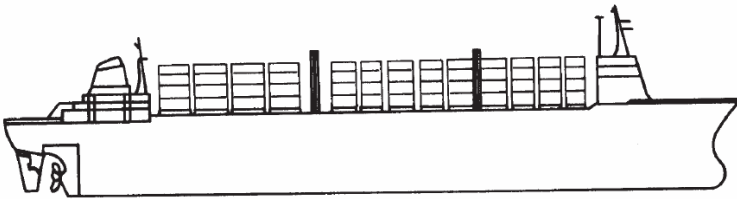
Per lo sforzo di taglio e la relativa deformazione per scorrimento è invece definito un **modulo di scorrimento**  $M_s$ :

$$M_s = (F/A)/(\Delta X/L) = (F/A)/tg\theta$$



### Robustezza e sforzi ai quali sono assoggettati gli scafi

Le strutture della nave sono soggette a sforzi che dipendono dalle condizioni di carico della nave e dalle condizioni meteorologiche.



Se consideriamo la nave ferma, liberamente galleggiante in quiete, in acque calme, essa, globalmente, galleggia in base al

Principio di Archimede (eguaglianza tra peso della nave e spinta idrostatica), definendo un certo valore di immersione o di pescaggio.

- a) Longitudinali (distribuzione del carico)
- b) Trasversali (forze di pressione)
- c) Locali (Bitte, argani, Bighi, ecc.)

Conseguentemente è possibile parlare di robustezza longitudinale, trasversale o locale.

Cominceremo con il considerare la nave ferma in acque calme. In questo caso, per comodità, si possono suddividere gli sforzi cui sono assoggettati gli scafi, in:

Se, pertanto, immaginiamo di suddividere la nave in tante sezioni, possiamo immaginarci che tale equilibrio venga raggiunto con galleggiamenti che non sono tutti eguali.

A causa della differente distribuzione dei pesi e delle spinte, posso avere situazioni di eccesso di peso sulla spinta, con conseguente immersione della sezione presa in esame, oppure l'opposto. In tal caso si avrà un'emersione della sezione considerata (vedi figura).

L'insieme degli effetti succitati determina, costantemente, degli sforzi di vario genere sulla nave (taglio, flessione) che possono comportare l'insellatura o l'inarcamento della nave.

Si possono così costruire dei veri e propri diagrammi degli sforzi, combinazione dei diagrammi dei pesi e dei diagrammi delle spinte, i quali consentono di identificare i punti (detti nodi) nei quali le sollecitazioni sono massime.

Appare chiaro che, in fase di progettazione a tali punti corrisponderanno anche delle appropriate azioni di rinforzo delle strutture. Nell'ordinaria amministrazione della nave, in sede di pianificazione del piano di carico, tali sforzi dovranno essere opportunamente minimizzati, al fine di salvaguardare

DIAGRAMMA DEI PESI

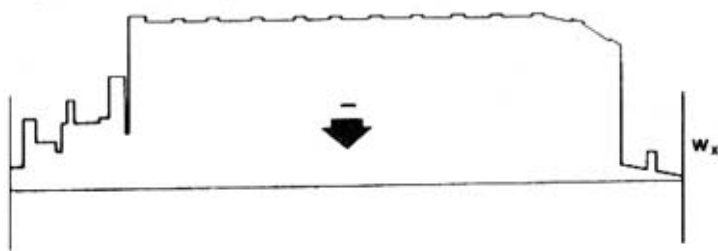


DIAGRAMMA DELLE SPINTE

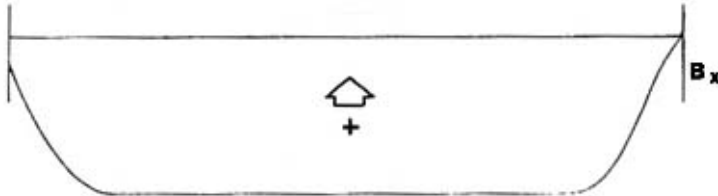
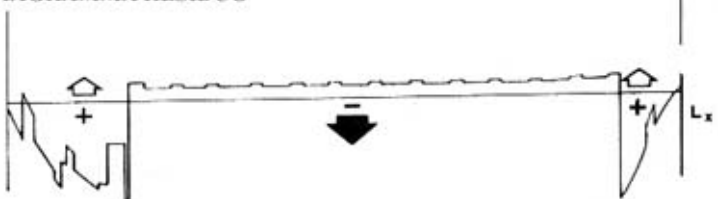


DIAGRAMMA RESIDUO



## CENNO SUGLI SFORZI E SULLE SOLLECITAZIONI

la nave, il carico il personale imbarcato e l'ambiente, ma anche al fine di prolungare l'aspettativa di vita della nave stessa.

Per analoghe ragioni andranno minimizzati gli sforzi che la nave sarà costretta a subire nel corso della traversata. Si pensi infatti a cosa accade quando la nave viene a trovarsi sulla cresta oppure sul cavo dell'onda. Le strutture risultano sollecitate specie nei ponti e nel fondo da sforzi di compressione e trazione con conseguente indebolimento della struttura dello scafo.

### Nave inarcata e nave insellata

Tutti i discorsi fatti finora si riferiscono alla nave quando essa galleggia in equilibrio, ferma. Se però usciamo in mare aperto, andremo incontro alle sollecitazioni prodotte dal moto ondoso. Tranquilli, non ci inoltreremo in un terreno minato.

Ci limiteremo a dire che le norme internazionali sulla salvaguardia della vita umana in mare, accettate e condivise, sono state tradotte in regolamenti dai Registri di Classificazione. In particolare sono previsti dei "livelli minimi" di robustezza della

nave, considerata come una trave, nelle due condizioni estreme di:

- nave sulla cresta dell'onda;
- nave nel cavo dell'onda.

Nei due casi, il cosiddetto "modulo di resistenza" (che rappresenta una funzione della meccanica), calcolato per la sezione maestra, deve essere superiore a valori minimi, a loro volta calcolabili nave per nave sulla base delle specifiche caratteristiche.

Il modulo di resistenza si può definire come l'indice di robustezza conferito alla sezione maestra della nave da tutte le strutture (chiglia, paramezzali, correnti eccetera) che il progettista mette in campo per garantire alla nave la capacità di resistere all'assalto delle onde.

La sezione maestra è considerata come quella più sollecitata.

In effetti, quando la nave sta sulla cresta dell'onda e tende, come si dice, ad "inarcarsi", le fibre del ponte di coperta sono sollecitate ad allungarsi.

Analogamente, quando la nave si trova nel cavo dell'onda e tende, come si dice, ad "insellarsi", le fibre della chiglia sono a loro volta sollecitate ad allungarsi.

I due fenomeni tendono ad

amplificarsi via via che ci si allontana dalle estremità della nave; ed ecco perché la sezione maestra sta verso il centro della nave e perché essa è la più robusta.

Andando dal centro nave verso le estremità, peraltro, insorgono e si amplificano altri fenomeni e subentrano altre sollecitazioni, particolarmente pericolose verso prora, ma importanti anche verso poppa.

### Compartimentazione

La compartimentazione interna è prevista per ridurre i pericoli derivanti dall'allagamento in conseguenza di una falla, ma potrebbe essere anche in conseguenza di una collisione, un incaglio, un cedimento strutturale da stress, cioè in tutte quelle condizioni in cui viene meno una delle tre proprietà nautiche: l'impermeabilità (le altre due sono la galleggibilità e la robustezza ndt). Ciononostante la compartimentazione concorre ad irrobustire lo scafo, consentendogli una maggior resistenza agli sforzi.

La compartimentazione si ottiene per mezzo delle paratie stagne trasversali che delimitano longitudinalmente lo scafo. Il loro numero è funzione del tipo di nave e della sua lunghezza ed è regolamentato dalla SOLAS. La "massima lunghezza allagabile" definisce, per esempio la massima distanza tra due paratie stagne adiacenti longitudinali.

Ad irrobustire la nave esistono poi i ponti e le suddivisioni longitudinali.

### Riferimenti Bibliografici

- ❑ <http://ishtar.df.unibo.it/mflu/html/sforzo.html>
- ❑ <http://riemann.unica.it/attivita/colloquium/greco2/3.htm>
- ❑ <http://www.leganavale.it>
- ❑ Petronzi, Vecchia, Formisano "Teoria e tecnica delle navi" Ed. Vingiani, Napoli
- ❑ Rapacciuolo "Elementi di Teoria della Nave" Ed. Tipografie Moderna, La Spezia