

Ferruccio BRESCIANI

APPUNTI

di

GEOMETRIA DEI GALLEGGIANTI

GEOMETRIA DELLE NAVI

1 DEFINIZIONI

Si definisce **galleggiante**, un corpo delimitato da una superficie chiusa e continua (tale cioè che si possano utilizzare i metodi dell'analisi matematica), che in condizioni d'equilibrio è attraversato dalla superficie libera di un fluido.

La **nave** è un galleggiante che per forme, dimensioni, sistemazioni è adatto a muoversi sulla superficie dell'acqua con sufficiente sicurezza, con una certa velocità, secondo percorsi stabiliti da chi la manovra e che deve rispondere alle esigenze richieste dallo scopo per cui è stata costruita.

Lo **scafo** è l'insieme degli elementi che costituiscono le strutture della nave, esso è costituito dal **fasciame** che costituisce il rivestimento esterno della nave, e dalle strutture interne che devono resistere alle sollecitazioni generate dai carichi interni ed esterni alla nave stessa.

La superficie di una nave è formato dalla **murata**, che è la parte laterale, dal **fondo**, che è la parte inferiore, dal **ginocchio**, che è la parte di raccordo tra murata e fondo e dal **ponte** che costituisce la superficie superiore.

La parte immersa della nave è detta **carena** od **opera viva**, mentre la parte emersa è chiamata **opera morta**; la parte dell'opera morta che è posta al di sopra del ponte principale, e non concorre alla robustezza della nave costituisce le **sovrastutture**. Se le sovrastutture non sono complete da prora a poppa sono detti **casseri**, ed in particolare quello prodiero prende il nome di **castello**.

Nella realtà le navi sono dotate di diversi ponti che si distinguono dal servizio cui sono adibiti e da cui prendono anche il nome. In particolare ricorderemo il **ponte di coperta** sui cui sono sistemate le attrezzature necessarie all'ormeggio della nave, il **ponte di bordo libero** cioè il ponte più alto dotato d'aperture regolamentari stagne, il **ponte principale** cioè quello più alto e robusto scelto per il dimensionamento delle strutture dello scafo. Molte volte essi possono anche coincidere.

Con riferimento alla direzione del moto della nave, la **prora o prua** è la parte anteriore, la parte posteriore è denominata **poppa**, e la parte centrale è chiamata **corpo centrale**. Sempre riferendoci alla direzione del moto si può notare che la carena è simmetrica rispetto ad un piano verticale che prende il nome di **piano longitudinale** o **piano diametrale**. Poiché la linea che si ottiene dall'intersezione del piano diametrale con la superficie di carena è detta **figura di deriva** il piano longitudinale è chiamato anche **piano di deriva**.

Per quanto riguarda la geometria dei galleggianti si fa riferimento, generalmente, alla **superficie fuori ossatura**, cioè alla superficie ideale che racchiude le strutture della nave, poiché la **superficie fuori fasciame** può presentare diverse irregolarità dovute alle variazioni dello spessore del fasciame stesso, che sono sconosciute nella prima fase progettuale. La superficie fuori ossatura è inoltre considerata sino al ponte di bordo libero, poiché quest'ultimo definisce la parte stagna della nave. In tali condizioni la nave si presenta come un solido simmetrico con la dimensione longitudinale prevalente sulle altre due, avente una superficie continua caratterizzata superiormente da uno spigolo che è l'intersezione del ponte con le murate.

2 DISLOCAMENTO

Con il termine dislocamento si definisce il peso del volume dell'acqua spostata da una carena, che per il principio d'Archimede è uguale al peso della nave stessa. Il dislocamento quindi rappresenta il peso di una nave che può variare secondo le condizioni di caricazione, ed è indicato con il simbolo Δ .

Tra i possibili dislocamenti possiamo distinguere:

Dislocamento a pieno carico normale o dislocamento di progetto: è il dislocamento corrispondente alla condizione di massimo carico consentito, con la nave completa di tutte le sistemazioni fisse e pronta a salpare. Esso è individuato nella prima fase di progetto e costituisce il peso di riferimento. Per questa condizione viene anche individuato il piano di galleggiamento corrispondente che è indicato come piano di galleggiamento a pieno carico normale o di progetto (design water line) che costituisce la base per i riferimenti della nave, ed è indicato con DWL.

Dislocamento a nave vacante: è il peso della nave completamente allestita, pronta a salpare ma priva di carico, d'equipaggio e di dotazioni consumabili.

Dislocamento a nave scarica e asciutta: è il peso della nave vacante in cui sono stati tolti anche i liquidi nelle tubature.

Il peso corrispondente alla differenza tra il dislocamento a pieno carico normale e quello a nave vacante costituisce la **portata lorda** che è il massimo peso che la nave può imbarcare senza superare il dislocamento previsto in fase di progettazione. La portata lorda a sua volta è data dalla somma di due elementi la **portata netta** detta anche **carico utile** e il **peso passivo** costituito a sua volta dal peso dei consumabili (combustibile, lubrificanti, acqua ecc.) e dall'equipaggio, dai viveri....

3 LINEE E PIANI DI RIFERIMENTO

Per definire le forme dello scafo è necessario individuare in modo univoco un sistema di riferimento cartesiano sfruttando tutti quegli elementi della carena che possono essere noti in una prima fase di progetto. Per poterlo individuare dobbiamo innanzi tutto definire alcune linee fondamentali (vedi Fig.1):

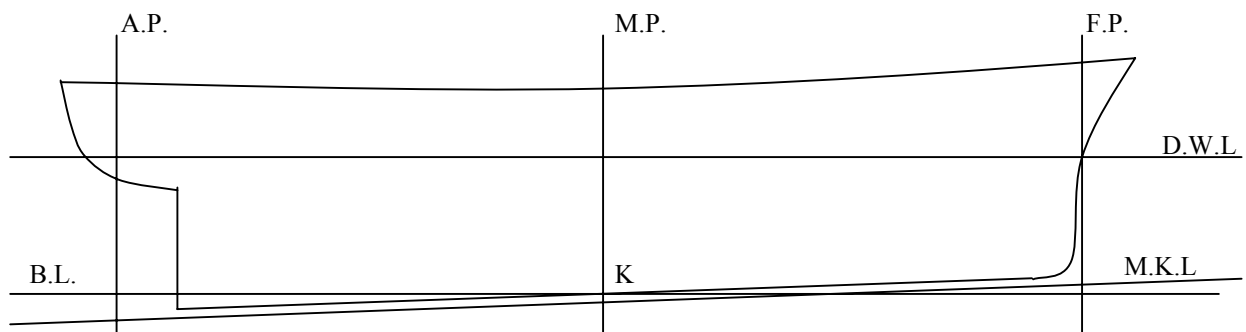


Fig.1

La **perpendicolare addietro** (After perpendicular) è la retta normale al piano di galleggiamento a pieno carico normale passante per l'intersezione di tale piano con l'asse del timone e giacente sul piano diametrale. Essa è indicata con **A.P.**

La **perpendicolare avanti** (Forward perpendicular) è la retta normale al piano di galleggiamento a pieno carico normale e passante per l'intersezione di tale piano con la faccia posteriore del dritto di prora. Essa è indicata con **F.P.**

La **perpendicolare al mezzo** (Midship perpendicular) è una retta sul piano diametrale equidistante alle perpendicolari estreme. Essa è indicata con **M.P.**

La **linea di costruzione** (Base Line) è la retta parallela al galleggiamento, contenuta nel piano diametrale e passante per l'intersezione della superficie fuori ossatura con la perpendicolare al mezzo. Essa è indicata con **B.L.**

Il **pie' della perpendicolare al mezzo**: è il punto d'intersezione della perpendicolare al mezzo con la superficie fuori ossatura. Esso è indicato con **K**.

Linea di sottochiglia (Moulded Keel Line) è la retta intersezione della superficie fuori fasciame con il piano diametrale. Il suo nome deriva dalla **chiglia**, una trave massiccia sulla quale erano impostate le ossature della nave, che nelle navi attuali si è trasformata in una lamiera. Essa è indicata con **M.K.L.**

Se la linea di sottochiglia è inclinata rispetto alla linea di costruzione la nave ha una differenza d'immersione di costruzione, ciò è tipico per pescherecci e rimorchiatori poiché richiedono di un'elica di dimensioni piuttosto grandi.

Il **piano trasversale** è un piano ortogonale al piano di galleggiamento a pieno carico normale e al piano diametrale. L'intersezione del piano trasversale corrispondente alla perpendicolare al mezzo con la superficie fuori ossatura, da origine ad una figura che prende il nome di **sezione al mezzo**, mentre se il piano trasversale interseca la superficie fuori ossatura nella posizione dove si ha la massima area immersa parleremo di **sezione maestra**. La sezione maestra in genere coincide con quella al mezzo, ma, in alcuni casi, soprattutto per di navi veloci, essa può essere posta a poppavia della sezione al mezzo.

4 FORMA DEI PONTI

Il ponte, cioè la superficie che chiude superiormente la nave, è una superficie a sella, cioè presenta una curvatura longitudinale rivolta verso l'alto ed una trasversale rivolta verso il basso. La superficie fuori ossatura del ponte interseca la murata secondo una linea a doppia curvatura che prende il nome di **linea della suola**, mentre la linea che delimita il parapetto detta **linea dell'orlo**.

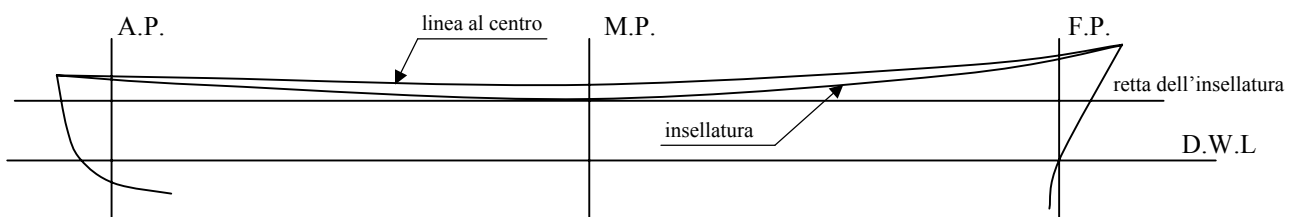


Fig.2

Proiettando la linea della suola sul piano diametrale si ottiene una curva detta **linea dell'insellatura** o **cavallino** (vedi Fig.2). Essa è costituita da due rami di parabola il cui vertici sono, solitamente in corrispondenza della perpendicolare al mezzo, tangenti ad una retta orizzontale detta **retta dell'insellatura**; il ramo prodiero ha in genere altezza doppia di quella poppiera. Nelle navi moderne essa è spesso assente per ragioni costruttive inerenti alla prefabbricazione, mentre nelle navi da diporto il punto di minimo può essere a poppavia per ragioni estetiche. La sua funzione è legata al miglioramento delle qualità nautiche diminuendo la tendenza all'imbarco d'acqua da prora e da poppa. La curva d'intersezione della superficie del ponte con il piano diametrale prende il nome di **linea al centro** o **linea dei bolzoni**.

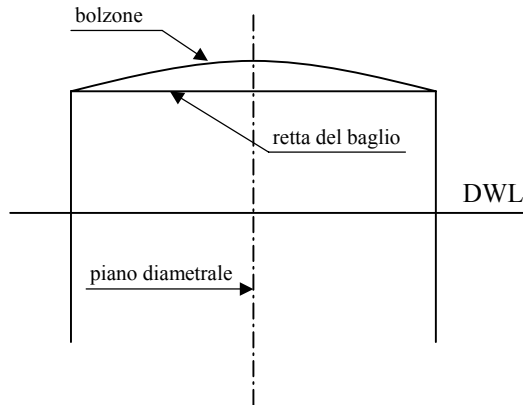


Fig.3

La seconda curvatura del ponte, quella trasversale, è detta **bolzone** e la sua funzione è di facilitare lo scolo delle acque dal ponte (vedi Fig.3). Da una generica sezione trasversale, la superficie del ponte è intersecata secondo un arco di parabola, i cui punti estremi sono costituiti dall'intersezione della linea della suola con la sezione stessa, mentre la retta che li congiunge è la **retta del baglio** (dall'omonima struttura che regge il ponte). La freccia della parabola è indicata con il termine di **bolzone** che in genere è pari ad $1/50$ della distanza tra i punti estremi.

5 DIMENSIONI PRINCIPALI

5.1. LUNGHEZZA

La lunghezza misura le dimensioni longitudinali della nave ed è misurata parallelamente al galleggiamento di pieno carico normale. Si distingue a seconda dei riferimenti adottati (vedi Fig.4) in:

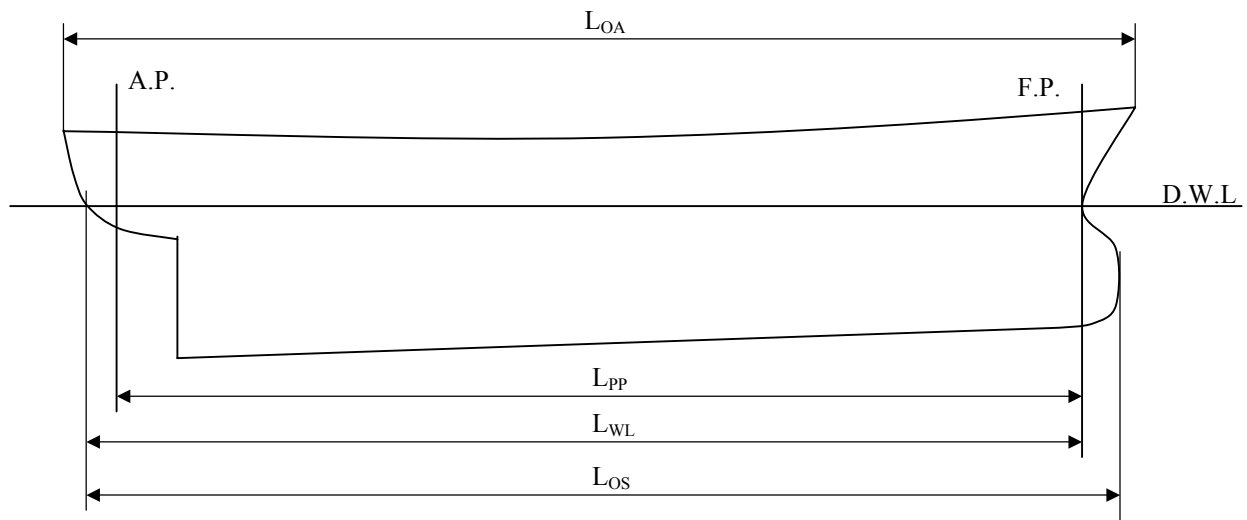


Fig.4

Lunghezza fuori tutto (length over all) è la lunghezza misurata tra il punto estremo di prora e quello di poppa, e la lunghezza d'ingombro della nave. E' indicata con L_{OA} .

Lunghezza al galleggiamento (length on the designed water line) è la massima lunghezza della figura di galleggiamento a pieno carico normale. E' indicata con L_{WL} .

Lunghezza tra le perpendicolari (length between perpendiculars) è misurata tra le perpendicolari ed è indicata con L_{PP} .

Lunghezza totale di carena (length over submerged body) è la lunghezza totale del corpo immerso, si differenzia da quella al galleggiamento in presenza del bulbo od altre appendici di carena, Viene indicata con L_{OS} .

5.2. LARGHEZZA

La larghezza misura la dimensione trasversale della nave ed è normalmente misurata al galleggiamento di pieno carico normale. Essa si distingue:

Larghezza al mezzo (bread on midship) è misurata in corrispondenza della perpendicolare al mezzo al galleggiamento di progetto essa è indicata con B_M .

Larghezza massima (maximum bread) è la massima larghezza al galleggiamento di progetto è indicata con B_X

Larghezza di costruzione è la massima larghezza della nave misurata fuori ossatura al di sotto del ponte di coperta. E' indicata con B .

5.3. IMMERSIONE

L'immersione è la distanza verticale tra il piano di galleggiamento e la linea di sottochiglia. Essa si distingue in:

Immersione prodiera (forward draught) è misurata in corrispondenza della perpendicolare prodiera tra il galleggiamento e la linea di sottochiglia. E' indicata con T_F .

Immersione poppiera (aft draught) è misurata in corrispondenza della perpendicolare poppiera tra il galleggiamento e la linea di sottochiglia. E' indicata con T_A .

Immersione al mezzo (midship draught) è misurata in corrispondenza della perpendicolare al mezzo tra il galleggiamento e la linea di sottochiglia, è indicata con T_M .

Immersione media (mean draught) è indicata con T_m ed è data dalla relazione:

$$T_m = \frac{1}{2}(T_A + T_F)$$

L'immersione media è l'immersione al mezzo sono uguali se si considera la nave perfettamente rigida, com'è considerato nell'Architettura Navale. Nella realtà la nave è deformabile per cui se $T_M > T_m$ si parla di nave insellata, mentre se $T_M < T_m$ la nave è inarcata.

Per **pescaggio** s'intende la massima immersione della nave considerando anche l'eventuale presenza d'appendici al di sotto della linea di sottochiglia.

5.4. ALTEZZA DI COSTRUZIONE

L'**altezza di costruzione** (moulded depth of ship hull) è misurata verticalmente, in corrispondenza della sezione al mezzo, dalla linea di costruzione alla retta del baglio del ponte più alto continuo. E' indicata con D .

6 RAPPORTI E COEFFICIENTI

Per confrontare carene dello stesso tipo nel campo dell'ingegneria navale sono spesso usati dei rapporti o dei coefficienti in modo da fornire al progettista delle indicazioni sulle caratteristiche idrodinamiche della nave.

6.1. RAPPORTI

I rapporti sono usati sia per mettere a confronto navi dello stesso tipo ma di differenti dimensioni, che in sede progettuale per stabilire le dimensioni della nave. Essi si distinguono:

Rapporto lunghezza - larghezza L/B esprime la snellezza di una nave ed influisce sulla velocità della nave.

Rapporto immersione - larghezza T/B da un'idea sulla stabilità trasversale della nave. Molte volte, soprattutto nei paesi anglosassoni, è usato il rapporto inverso cioè B/T .

I rapporti sono riferiti alla carena per cui le dimensioni da utilizzare sono L_{OS} , B_X , T_M , ma nella realtà molte volte si utilizza la L_{WL} o la L_{PP} e per quanto riguarda l'immersione si ha il dubbio se essa sia fuori ossatura o fuori fasciame.

Normalmente si ha:

$$\frac{L}{B} = 4 \div 10 \quad \frac{T}{B} = 0.25 \div 0.55$$

Molto usato è anche il rapporto **lunghezza - altezza di costruzione** L/D che rappresenta la resistenza a flessione della nave. Normalmente

$$\frac{L}{D} = 8 \div 18$$

6.2. COSTANTI DELLE FORME

Sono dei particolari rapporti molto in uso presso le vasche di sperimentali. Molte volte sono indicati come rapporti cerchiati o costanti circolari. Essi sono:

Lunghezza relativa al volume (Froude's length coefficient) \textcircled{M}

Larghezza relativa al volume (Froude's breadth coefficient) \textcircled{B}

Immersione relativa al volume (Froude's draught coefficient) \textcircled{T}

e sono dati dalle relazioni:

$$\textcircled{M} = \frac{L}{\nabla^{1/3}} \quad \textcircled{B} = \frac{B}{\nabla^{1/3}} \quad \textcircled{T} = \frac{T}{\nabla^{1/3}}$$

con ∇ il volume di carena al galleggiamento di pieno carico normale. In pratica essi confrontano le dimensioni principali della nave con il lato di un cubo avente volume corrispondente a quello della carena.

Normalmente si ha:

$$\textcircled{M} = 5 \div 7.5 \quad \textcircled{B} = 0.9 \div 1.1 \quad \textcircled{T} = 0.3 \div 1.1$$

6.3. COEFFICIENTI DI FINEZZA

I coefficienti di finezza danno un'idea della pienezza della nave, si riferiscono normalmente al dislocamento di pieno carico normale e si possono suddividere in due categorie cioè relativi alle aree e relativi ai volumi.

Coefficiente di finezza del galleggiamento (water plane coefficient) è dato dalla relazione:

$$C_w = \frac{A_w}{LB}$$

dove A_w è l'area di galleggiamento. Normalmente si ha:

$$C_w = 0.67 \div 0.87$$

con i valori più bassi per le navi militari

Coefficiente di finezza della sezione maestra (maximum transverse section coefficient) è dato dalla relazione:

$$C_x = \frac{A_x}{BT}$$

dove A_x è l'area della sezione maestra. Normalmente si ha

$$C_x = 0.75 \div 0.995$$

Coefficiente di finezza della sezione al mezzo (midship section coefficient) è utilizzato prevalentemente dagli anglosassoni ed è dato dalla relazione: