



Università degli Studi di Napoli "*Parthenope*"

Dipartimento di Scienze e Tecnologie

Tecnologia delle costruzioni ed allestimento navale

Vincenzo Piscopo

Piano di carico e contenimento delle sollecitazioni nei limiti ammissibili
Lezione 18 (36/48)

1.1 Il piano di carico

Prima di ogni partenza, è necessario verificare il **piano di carico** della nave, con particolare riferimento alla determinazione dei seguenti elementi:

- Portata netta della nave;
- Assetto longitudinale e immersioni;
- Stabilità;
- Sollecitazioni di trave-nave.

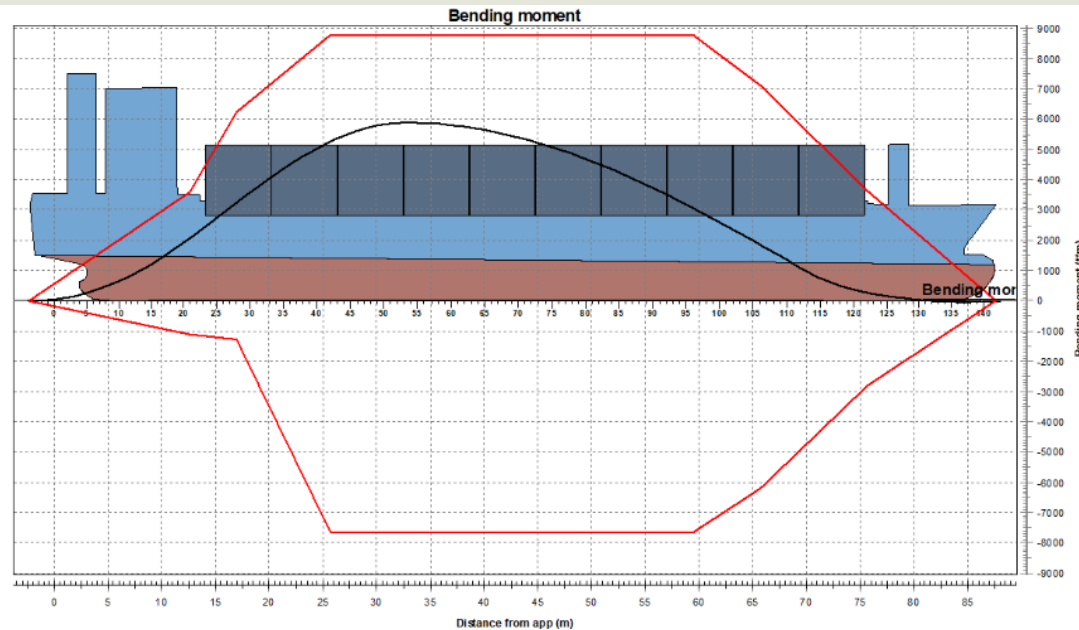
Sebbene tali fattori siano strettamente dipendenti dal tipo di nave, i criteri per la loro determinazione sono generalmente gli stessi per tutte le navi. Di seguito si tratterà esclusivamente il problema della determinazione e del contenimento delle sollecitazioni di trave-nave, dal momento che i primi tre punti esulano dagli obiettivi del corso, in quanto attinenti al campo dell'architettura navale.

La determinazione delle sollecitazioni di trave-nave riguarda prevalentemente le caratteristiche di sollecitazione di momento flettente verticale e di taglio verticale (di cui non si è parlato per brevità di trattazione). In entrambi i casi si esaminano normalmente due distinte condizioni operative, ovvero:

- Nave in porto (*harbour condition*);
- Nave in navigazione (*seagoing condition*).

In entrambi i casi la sollecitazione di momento flettente in acqua calma viene determinata noto il piano di carico della nave (distribuzione del carico pagante e dei consumabili) mediante opportuni software di bordo. Ad essa è sommata la distribuzione regolamentare del momento flettente verticale d'onda.

1.2 Verifica delle sollecitazioni ammissibili



Summary

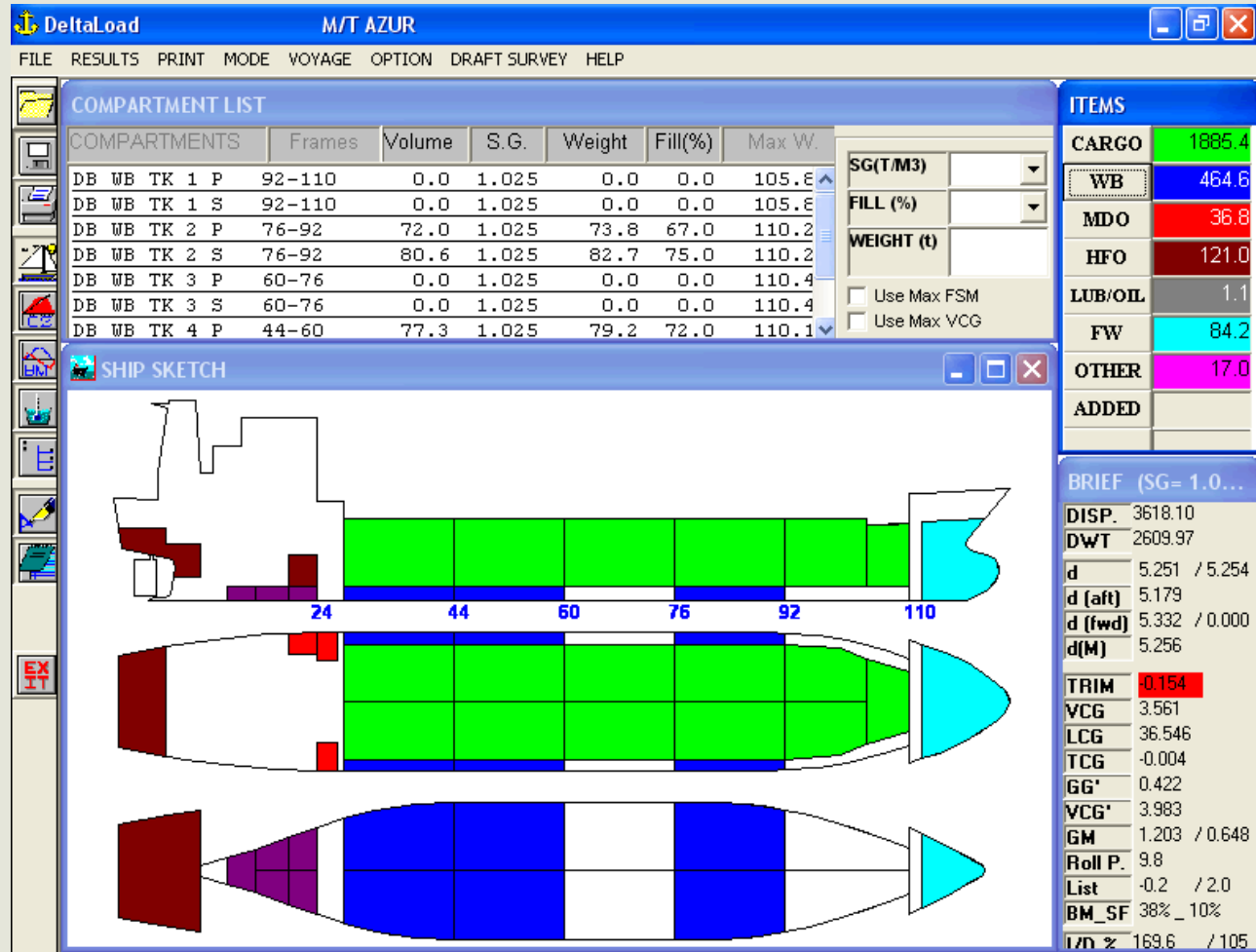
Mean moulded draft	3.790 (m)	Trim	-0.794 (m)
Displacement	3442.43 (tonnes)	GM	1.433 (m)
Minimum shearforce	-205.47 (tonnes)	10.1% Distance from app	65.775 (m)
Maximum shearforce	283.59 (tonnes)	17.2% Distance from app	15.600 (m)
Maximum sagging moment	-29.08 (t*m)	4.7% Distance from app	84.400 (m)
Maximum hogging moment	5891.65 (t*m)	67.0% Distance from app	33.200 (m)

The condition complies with the longitudinal strength criteria

In figura è mostrata la tipica distribuzione del momento flettente longitudinale agente sulla nave (linea nera). Le linee rosse superiore ed inferiore rappresentano invece i valori ammissibili inarcante (+) e insellante (-) della caratteristica di sollecitazione. Per convenzione il momento flettente si assume positivo se la nave è inarcata, negativo se la nave è insellata.

Dalla scheda di sintesi riportata in basso si deduce che massimo momento flettente inarcante è pari a 5891.65 tm ad una distanza pari a 33.2 m dalla PpAD. La distribuzione della caratteristica di sollecitazione è conforme ai criteri di robustezza longitudinale. Similarmente, anche se non rappresentata in figura, si riportano i valori della sollecitazione di taglio verticale (di cui come detto non si è parlato per brevità della trattazione):

1.2 Verifica delle sollecitazioni ammissibili



In figura è rappresentata una tipica interfaccia grafica di un programma di gestione delle condizioni di caricazione della nave. In particolare attraverso tale interfaccia è possibile gestire il grado di riempimento di ogni cassa in funzione del liquido trasportato e delle stive del carico, ottenendo in tempo reale informazioni in merito all'immersione, all'assetto nave e alle verifiche di robustezza longitudinale.

1.3 Tensioni ammissibili di trave-nave

Le tensioni ammissibili di trave-nave σ_{perm} sono dipendenti dalla posizione longitudinale della sezione resistente in corrispondenza della quale si calcola il modulo di resistenza. Tale distribuzione è fornita dai regolamenti strutturali. Per navi bulk carrier e oil tanker tale distribuzione è reperibile nelle *Harmonized Common Structural Rules*:

Table 1 : Permissible hull girder bending stress

Operation	Design load	Permissible hull girder bending stress, σ_{perm}				
		$\frac{x}{L} \leq 0.1$	$0.1 < \frac{x}{L} < 0.3$	$0.3 \leq \frac{x}{L} \leq 0.7$	$0.7 < \frac{x}{L} < 0.9$	$\frac{x}{L} \geq 0.9$
Seagoing	(S+D)	140/k	Linear interpolation	190/k	Linear interpolation	140/k
Harbour/sheltered water	(S)	105/k	Linear interpolation	143/k	Linear interpolation	105/k
Flooded condition at sea for bulk carriers having a length L of 150 m or above	(A:S+D)	140/k	Linear interpolation	190/k	Linear interpolation	140/k

Dalla tabella si evince che la massima tensione di trave-nave si raggiunge tra il 30% e il 70% della lunghezza L , cioè a cavallo della perpendicolare al mezzo e vale $190/k$ N/mm². Il fattore k dipende dal tipo di acciaio adoperato, come dettagliato nella slide successiva. Le tensioni ammissibili, inoltre, variano in funzione della condizione operativa della nave.

1.3 Tensioni ammissibili di trave-nave

Table 1 : Mechanical properties of hull steels

Steel grades for plates with $t_{as_built} \leq 100$ mm	R_{eH} , specified minimum yield stress, in N/mm ²	R_m , specified tensile strength, in N/mm ²
A-B-D-E	235	400 – 520
AH32-DH32-EH32-FH32	315	440 – 570
AH36-DH36-EH36-FH36	355	490 – 630
AH40-DH40-EH40-FH40	390	510 – 660

Table 2 : Material factor, k

R_{eH} , specified minimum yield stress, in N/mm ²	k
235	1.00
315	0.78
355	0.72
390	0.68

Gli acciai da scafo seguono ovviamente la classificazione già vista in precedenza. Il fattore k dipende dal tipo di acciaio come mostrato in tabella e varia tra 1.00 (acciai ordinari) fino a 0.68 (acciai ad elevato resistenza). Pertanto, si desume che la tensione ammissibile di trave-nave in corrispondenza della perpendicolare al mezzo per la condizione di nave in navigazione varia tra 190 MPa per acciai ordinari fino a 279 MPa per acciai ad elevata resistenza con $R_{eH}=390$ MPa. Il momento flettente ammissibile è il massimo valore che soddisfa in ogni punto della sezione resistente la disequazione:

$$\frac{M_{adm}}{I_{an}} Z \leq \sigma_{perm}$$

1.4 Condizioni di carico comuni alle navi bulk carrier e oil tanker

Unitamente al piano di carico che varia in funzione delle specifiche condizioni operative della nave, ogni nave è dotata di un **Fascicolo di Istruzioni al Comandante sulla Stabilità della Nave** (la cui analisi esula dagli obiettivi del corso) in cui vengono esaminate alcune condizioni di carico standard per le quali sono eseguite anche le verifiche di robustezza longitudinale in maniera analoga a quanto detto in precedenza. Per navi bulk carrier e oil tanker sono le seguenti:

Nave in navigazione (*Seagoing conditions*)

- **Nave a pieno carico (*Homogeneous loading condition*):** nave a pieno carico all'immersione di progetto con il carico pagante disposto in maniera omogenea in tutte le stive;
- **Nave in zavorra (*Ballast condition*):** nave priva di carico con le casse zavorra parzialmente o completamente piene;
- **Nave durante le operazioni di imbarco/sbarco zavorra (*Ballast water exchange condition*):** nave priva di carico durante le operazioni di imbarco/sbarco dell'acqua di zavorra in accordo *BWM Convention*.

Nave in porto (*Harbour and sheltered water conditions*)

- **Nave durante le operazioni di imbarco/sbarco del carico (*Loading and unloading operations*):** nave durante le operazioni di imbarco o sbarco del carico pagante;
- **Nave in bacino (*Docking condition afloat*):** nave a secco in bacino;