

6. PRESENTAZIONE DEI DATI RELATIVI ALLA RESISTENZA

La presentazione dei dati relativi alla resistenza delle carene è stata in passato oggetto di molte discussioni tendenti ad individuare la migliore forma di rappresentazione dei risultati relativi alle sperimentazioni alla vasca navale. In questo campo non si è raggiunto alcun accordo in sede internazionale né è stata proposta alcuna forma di rappresentazione che abbia ottenuto un consenso unanime dal momento che il metodo migliore per presentare i dati relativi alla resistenza delle carene dipende dall'utilizzo che si intende fare dei dati stessi.

È evidente che chi è interessato ad indagini sulle componenti della resistenza o sull'estrapolazione alla nave dei dati del modello avrà bisogno di una rappresentazione della resistenza differente da quella necessaria a chi, impegnato nella progettazione, intende compiere valutazioni di merito tra carene di forma differente. Non esiste quindi, né potrebbe esistere, un metodo unificato capace di soddisfare le esigenze di tutti gli interessati.

A causa delle differenti esigenze, cui si è accennato sopra, chi fornisce dati sulla resistenza delle carene dovrebbe preoccuparsi di agevolare l'eventuale rielaborazione in modo che essi possano essere utilizzati anche in forme differenti da quella originale.

A questo proposito si possono fare le seguenti considerazioni:

- 1) sarebbe desiderabile che fossero forniti i dati originali relativi ai modelli provati, comprendendo: velocità misurate e relative resistenze, temperatura dell'acqua, metodi di stimolazione della turbolenza, area trasversale della vasca, dimensioni superficie di carena e dislocamento del modello, ed ogni altra informazione pertinente. In questo modo l'utilizzatore verrebbe posto in grado di convertire i risultati a suo piacimento nella forma che egli ritenesse più utile.
- 2) se i dati sono presentati in forma di coefficienti questi dovrebbero essere adimensionali in modo da assumere lo stesso valore numerico in qualunque sistema coerente di unità di misura.

Purtroppo, nel passato, molti dati sono stati presentati sotto forma di coefficienti non adimensionali, ad esempio $V/\sqrt{L_{WL}}$, costringendo chi si occupa di resistenza al moto delle carene a conoscere ed a saper utilizzare diversi sistemi di rappresentazione e coefficienti.

6.1 RAPPRESENTAZIONI VOLTE ALLA PROGETTAZIONE

Nel campo della progettazione delle carene spesso ci si trova a dover compiere valutazioni di merito tra carene differenti tra loro ma tutte utilizzabili per un determinato progetto. A questo scopo il confronto tra varie carene viene solitamente condotto utilizzando la resistenza totale; non è detto infatti che la carena che presenta la minore resistenza residua abbia anche la minima resistenza viscosa e viceversa.

Per confrontare la resistenza totale di carene differenti è necessario che esse siano ricondotte ad avere una dimensione in comune, in modo che sia possibile calcolare correttamente i rispettivi coefficienti di resistenza viscosa; ricordiamo infatti che i coefficienti di resistenza residua non dipendono dal fattore di scala, mentre altrettanto non può dirsi dei coefficienti di resistenza viscosa.

Anche in questo caso non si è affermata una unica procedura ed i confronti possono venire condotti indifferentemente a parità di lunghezza od a parità di volume di carena. Per facilitare queste valutazioni si è convenuto di stabilire una lunghezza standard, pari a 400 piedi, ed un volume di carena standard, pari a 10000 m³, ai quali ricondurre i dati di resistenza delle carene che vengono resi di pubblico dominio.

Quasi tutti gli interessati sono d'accordo nel riconoscere che l'indice di merito per il confronto tra carene diverse debba contenere la resistenza totale ed il dislocamento, e di conseguenza sono stati elaborati diversi sistemi di rappresentazione, tutti basati sul rapporto tra resistenza e dislocamento.

Robert Froude, nel 1888, propose un sistema di rappresentazione dei dati di resistenza delle carene basato su coefficienti, da lui stesso proposti, simboleggiati da lettere maiuscole racchiuse da cerchi; di qui il nome di **notazione cerchiata** con il quale alcuni autori hanno indicato questa rappresentazione. A causa della difficoltà di stampare detti simboli essi, nella presente trattazione, verranno sostituiti dalle corrispondenti lettere racchiuse entro rettangoli.

Froude pensava che, da un punto di vista pratico, il migliore criterio per valutare le prestazioni di una carena ad una certa velocità, in termini di resistenza, fosse il rapporto tra la resistenza totale ed il dislocamento R/Δ ; egli, infatti, voleva essere in grado di scegliere, da un insieme di dati di resistenza, la carena che presentasse la minore resistenza per trasportare, alla velocità V , un determinato dislocamento Δ .

Era quindi necessario che la sola caratteristica, indicante la dimensione della nave, da includere nei coefficienti di resistenza e di velocità fosse il dislocamento; egli scelse pertanto come grandezza lineare, rappresentante la dimensione della nave, la radice cubica del volume di carena, e la chiamò U :

$$U = \nabla^{\frac{1}{3}}$$

Volendo ottenere un coefficiente adimensionale di velocità egli pensò di dividere la velocità della carena per la velocità di un'onda avente lunghezza pari ad $U/2$. La scelta di utilizzare $U/2$ anziché U , come lunghezza, fu spiegata da Froude come un artificio che consentiva una migliore rappresentazione grafica dei risultati. Denominando C la velocità di un'onda di lunghezza \mathcal{L} si ha:

$$C = \sqrt{\frac{g\mathcal{L}}{2\pi}} \quad [6.1]$$

e, sostituendo ad \mathcal{L} il valore $U/2$ si ottiene:

$$C = \sqrt{\frac{gU}{4\pi}} \quad [6.2]$$

Il coefficiente di velocità introdotto da Froude risulta quindi:

$$\boxed{K} = \frac{V}{C} = \frac{V}{\sqrt{\frac{gU}{4\pi}}}$$

ed esplicitando il volume di carena si ottiene:

$$\boxed{K} = \sqrt{\frac{4\pi}{g}} \frac{V}{\nabla^{1/6}} \quad [6.3]$$

ed anche:

$$\boxed{K} = \frac{V}{\sqrt{g \nabla^{1/3}}} \sqrt{4\pi} = \sqrt{4\pi} \text{Fn}_{\nabla} \quad [6.4]$$

Per quanto riguarda il coefficiente di resistenza la scelta iniziale di Froude fu di utilizzare il coefficiente adimensionale R/Δ , ma esso aveva lo svantaggio di crescere molto rapidamente con la velocità; ciò provocava la necessità di utilizzare, per la rappresentazione grafica, scale molto grandi che producevano un appiattimento della curva a scapito della precisione nella lettura dei dati dal diagramma. Per ovviare a questo inconveniente egli utilizzò l'artificio di dividere il rapporto R/Δ per \boxed{K}^2 , ma ciò portava a valori molto piccoli del coefficiente di resistenza; egli decise, alla fine, di moltiplicarne il valore per 1.000 e di chiamare \boxed{C} il coefficiente così ottenuto; si ha pertanto:

$$\boxed{C} = \frac{1000 \frac{R_T}{\Delta}}{\boxed{K}^2} \quad [6.5]$$

Sostituendo a \boxed{K}^2 il valore ottenuto dalla [6.3] si ricava:

$$\boxed{C} = 1000 \frac{R_T}{\Delta} \frac{\nabla^{1/3}}{V^2} \frac{g}{4\pi}$$

e ricordando che $\Delta = \rho g \nabla$ si potrà scrivere:

$$\boxed{C} = 1000 \frac{R_T}{\rho g \nabla} \frac{\nabla^{1/3}}{V^2} \frac{g}{4\pi}$$

$$\boxed{C} = \frac{250}{\pi} \frac{R_T}{\rho \nabla^{2/3} V^2} \quad [6.6]$$

che è ancora un coefficiente adimensionale che assume lo stesso valore numerico utilizzando un qualsiasi sistema coerente di unità di misura.

Per completare la descrizione del sistema di coefficienti, ideato da R. Froude, è necessario considerare ancora i coefficienti \boxed{L} , \boxed{M} ed \boxed{S} .

Il coefficiente \boxed{L} è stato definito da Froude come il rapporto tra la velocità V della nave e la velocità di un'onda avente lunghezza pari a metà di quella della nave, pertanto la sua espressione risulta:

$$\boxed{L} = \sqrt{\frac{4\pi}{g}} \frac{V}{\sqrt{L}} = \sqrt{4\pi} Fn \quad [6.7]$$

Va però notato che, pur essendo \boxed{L} un coefficiente adimensionale di velocità, Froude non lo utilizzò mai per rappresentare la resistenza in termini di \boxed{C} , ma solamente per determinare le correzioni alla resistenza d'attrito, che dipendono dalla lunghezza, necessarie per passare dal modello alla nave.

La relazione tra i coefficienti di velocità \boxed{K} e \boxed{L} è data dalla:

$$\boxed{L} = \frac{\boxed{K}}{\sqrt{\boxed{M}}} \quad [6.8]$$

I coefficienti \boxed{M} ed \boxed{S} sono definiti rispettivamente:

$$\boxed{M} = \frac{L}{\nabla^{1/3}} \quad [6.9]$$

$$\boxed{S} = \frac{S}{\nabla^{2/3}} \quad [6.10]$$

Un secondo metodo di rappresentazione è quello che fu proposto da E. Telfer alla prima ICSTS, nel 1933, nel quale il coefficiente delle velocità è V/\sqrt{L} ed il coefficiente di resistenza è dato dal rapporto tra R/Δ ed il quadrato del coefficiente di velocità.

In questo caso il coefficiente di resistenza vale:

$$\frac{\frac{R_T}{\Delta}}{\left[\frac{V}{\sqrt{L}}\right]^2} = \frac{R_T L}{\Delta V^2} \quad [6.11]$$

Un terzo sistema di rappresentazione è quello che impiega direttamente il rapporto R_T/Δ associato al coefficiente di velocità V/\sqrt{L} ; questo sistema venne utilizzato da D. Taylor nel suo libro "The Speed and Power of Ships".

Questi ultimi due sistemi di rappresentazione hanno il difetto di non utilizzare coefficienti adimensionali; infatti, essendo stati introdotti nei paesi anglosassoni, la resistenza viene solitamente espressa in libbre, il dislocamento in tonnellate inglesi, la velocità in nodi e la lunghezza in piedi. È necessaria pertanto la massima attenzione ad esprimere le varie grandezze utilizzando le unità di misura appropriate.

Esistono naturalmente anche le versioni adimensionali dei due sistemi di rappresentazione sopra citati, che utilizzano rispettivamente:

	$\frac{R_T/\Delta}{Fn^2}$	Fn
e	R_T / Δ	Fn_{∇}
oppure	R_T / Δ	Fn

Oltre al sistema cerchiato di Froude può essere utilizzata la rappresentazione basata su:

$$\frac{R_T / \Delta}{Fn_{\nabla}^2} \quad Fn_{\nabla}$$

che è del tutto equivalente.

Come si vede esistono molti sistemi di rappresentazione dei dati relativi alla resistenza delle navi, ma occorre utilizzare sempre **sistemi compatibili**. Con la dicitura sistemi compatibili, introdotta da Telfer, si intendono quei sistemi di rappresentazione che mantengono inalterato l'ordine di merito tra le varie carene in esame.

La questione si pone nel caso in cui si utilizzino coefficienti di resistenza in cui il rapporto R_T/Δ viene diviso per un coefficiente adimensionale di velocità. In questo caso è necessario utilizzare, come coefficiente di velocità sulla base del quale riportare il coefficiente di resistenza, lo stesso coefficiente utilizzato nell'indice di resistenza. In caso contrario la graduatoria di merito tra le varie soluzioni analizzate viene modificata o addirittura sovvertita a seconda dei casi. Analogamente si ha un sistema di rappresentazione di tipo non compatibile se il coefficiente di resistenza dipende da altre variabili che non siano R/Δ ed il coefficiente di velocità utilizzato come base di confronto.

Un esempio di sistema di rappresentazione **non compatibile** è quello in cui il coefficiente \boxed{C} viene riportato in funzione del numero di Froude; il coefficiente

$$\boxed{C} = \frac{250}{\pi} \frac{R_T}{\rho \nabla^{2/3} V^2}$$

può essere riscritto nella forma:

$$\boxed{C} = \frac{250}{\pi} \frac{R_T}{\rho \nabla^{2/3} V^2} \frac{\nabla^{1/3}}{\nabla^{1/3}} \frac{L}{L} \frac{g}{g}$$

ed ancora nella forma:

$$\boxed{C} = \frac{250}{\pi} \frac{R_T}{\Delta} \frac{\nabla^{1/3}}{L} \frac{g L}{V^2}$$

che equivale alla forma:

$$\boxed{C} = \frac{250}{\pi} \frac{\frac{R_T}{\Delta}}{\frac{L}{\nabla^{1/3}} \left[\frac{V}{\sqrt{gL}} \right]^2} = \frac{250}{\pi} \frac{\frac{R_T}{\Delta}}{\boxed{M} Fn^2}$$

Come si può notare \boxed{C} non dipende esclusivamente dal coefficiente di velocità che si è scelto in questo caso, e pertanto il corretto ordine di merito tra le varie carene in esame potrebbe essere mantenuto solamente nel caso (praticamente impossibile) che esse avessero il medesimo valore di \boxed{M} .

Un tipico esempio di alterazione dell'ordine di merito tra varie carene, prodotto dall'uso di sistemi non compatibili, è rappresentato in figura 6.1 che riporta i dati di resistenza relativi a sei differenti carene, riportate tutte alla lunghezza standard di 400 piedi, utilizzando la rappresentazione \boxed{C} in funzione di V / \sqrt{L} .

Confrontando le curve di questa figura con quelle della figura 6.2, che riporta i dati relativi alle stesse carene utilizzando la notazione compatibile $\boxed{C} - \boxed{K}$, si può osservare che l'ordine di merito tra le varie carene non viene mantenuto.

Per quanto riguarda la notazione $\boxed{C} - \boxed{K}$ va notato che essa è essenzialmente un confronto dislocamento – velocità ed, a rigori, le curve delle carene riportate ad una lunghezza standard non sono direttamente paragonabili. Infatti se fissiamo un certo valore di \boxed{K} ciascuna delle carene avrà una differente velocità, dal momento che i dislocamenti non sono eguali, e quindi l'ordine di merito che si deduce dall'osservazione diretta del diagramma può risultare errato.

Di conseguenza, volendo utilizzare la rappresentazione $\boxed{C} - \boxed{K}$, è preferibile riportare le diverse carene ad uno stesso dislocamento, come illustrato nella figura 6.3 nella quale i dati di resistenza della figura precedente sono stati ricondotti ad un unico dislocamento.

In figura 6.4 la resistenza delle stesse carene utilizzate nelle figure precedenti è rappresentata utilizzando la notazione proposta da Telfer; anche questa è una rappresentazione di tipo compatibile sebbene, confrontando le curve di questa figura con quelle della figura 6.3, non si ritrovi lo stesso ordine di merito stabilito con la notazione $\boxed{C} - \boxed{K}$.

In realtà questi due tipi di rappresentazione non sono direttamente paragonabili; infatti le curve hanno posizioni relative differenti in quanto nella figura 6.4 il confronto tra le resistenze è condotto sulla base lunghezza – velocità e le carene sono state riportate tutte alla lunghezza standard di 400 piedi, mentre nella figura 6.3 la base di confronto è dislocamento – velocità e le carene sono state riportate tutte ad uno stesso dislocamento.

Questo fa sì che utilizzando la notazione di Telfer si possa valutare solamente il merito relativo tra le varie carene. Infatti, essendosi proceduto a confrontare carene differenti ricondotte alla stessa lunghezza, le curve della resistenza totale debbono essere ricavate moltiplicando le curve R_T/Δ per i corrispondenti dislocamenti che, generalmente, risultano differenti tra loro, come nel caso rappresentato nella figura. Di conseguenza l'ordine di merito delle carene per quanto riguarda la resistenza totale può risultare differente da quello relativo al rapporto R_T/Δ .

Utilizzando la notazione cerchiata, al contrario, l'ordine di merito relativo coincide sempre con quello assoluto, dal momento che le carene sono state riportate tutte allo stesso dislocamento.

Le due rappresentazioni possono risultare graficamente identiche solo se tutte le carene considerate hanno lo stesso valore di \boxed{M} .

La notazione di Telfer è tuttavia di facile impiego in quanto:

- a) il valore di R_T/Δ si ottiene semplicemente, cioè moltiplicando il valore dell'ordinata per l'ascissa,
- b) il coefficiente di resistenza assume valori “comodi”, compresi generalmente tra 10 e 20,

inoltre esso è un valido collegamento con la pratica americana di esprimere la resistenza in termini di R_T/Δ .

L'unico inconveniente di questo sistema di rappresentazione è che esso non è adimensionale; il corrispondente sistema adimensionale utilizza come ascissa il numero di Froude e come ordinata:

$$\frac{R_T}{\Delta} \frac{g L}{V^2} = \frac{R_T}{\Delta F_n^2}$$

In conclusione si può affermare che esiste ampia libertà di scelta per la rappresentazione, dei dati di resistenza delle carene, da utilizzarsi per la progettazione, ma il sistema prescelto deve essere di tipo **compatibile** ed utilizzare coefficienti adimensionali.

Purtroppo nella letteratura tecnica questi requisiti non sono stati sempre rispettati e molti risultati sono stati pubblicati utilizzando notazioni non adimensionali ed a volte **non compatibili**. Ciononostante questi dati possono, a volte, essere utilizzati tenendo presenti le limitazioni da cui sono affetti.

6.2 RAPPRESENTAZIONI PER USI DIVERSI

Come si è detto i tipi sopra esposti di rappresentazione dei dati di resistenza delle carene sono stati studiati in modo da facilitare il lavoro del progettista che si accinge alla scelta della carena da utilizzare per il suo progetto. Evidentemente non è questo l'unico caso in cui si utilizzano i dati di resistenza, ma, ad esempio, ci si può trovare di fronte al problema di migliorare una carena esistente, oppure può essere necessario studiare la resistenza di una nuova carena e così via.

In questi casi le rappresentazioni sopra illustrate sono di poca utilità, in quanto le informazioni relative alle varie componenti della resistenza al moto della carena sono mascherate dall'uso della resistenza totale. Il concetto guida, da utilizzarsi nella rappresentazione dei dati di resistenza per scopi particolari, è che la scelta dei parametri di rappresentazione deve tener conto delle caratteristiche di forma della carena che influenzano le due componenti principali della resistenza totale, cioè la resistenza viscosa e quella d'onda.

Per quanto riguarda la scelta del coefficiente di velocità per lo studio della resistenza viscosa è indubbio che il coefficiente adimensionale più adatto allo scopo sia il numero di Reynolds in quanto parametro fondamentale per i fenomeni di tipo viscoso. Nel caso della resistenza d'onda è altrettanto chiaro che il migliore coefficiente di velocità sia senza dubbio il numero di Froude; tuttavia è opportuno ricordare che, in questo caso, esso va calcolato utilizzando la lunghezza e non $\nabla^{1/3}$, dal momento che la perturbazione della superficie del fluido ed i treni d'onda associati alla carena sono influenzati maggiormente dalla lunghezza della stessa piuttosto che dal suo dislocamento.

Come indici di resistenza per lo studio delle diverse componenti della resistenza si adottano solitamente i coefficienti di resistenza nella forma:

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2} \rho S V^2}$$

$$C_R = \frac{R_R}{\frac{1}{2} \rho S V^2}$$

È appena il caso di ricordare che, confrontando carene differenti a parità di numero di Froude, mentre i C_R possono essere comparati direttamente, per il paragone dei C_F occorre prima riportare le diverse carene ad una dimensione comune in modo da realizzare, per tutte le soluzioni in esame, lo stesso numero di Reynolds.

Nella tabella 6.1, tratta da 6.3, sono riportati i coefficienti che legano i diversi parametri utilizzati per la presentazione dei dati di resistenza al moto delle carene.

6.3 BIBLIOGRAFIA

[6.1]

Telfer E.V. "The design presentation of ship model resistance data" Transactions NECIES 1963, pag. 357.

[6.2]

Lackenby H. "On the presentation of ship resistance data" Transactions INA 1954, pag 471

[6.3]

"Principles of Naval Architecture", Vol. II, SNAME, 1988.

Marco Ferrando - Appunti del corso Architettura Navale 1: presentazione dei dati relativi alla resistenza

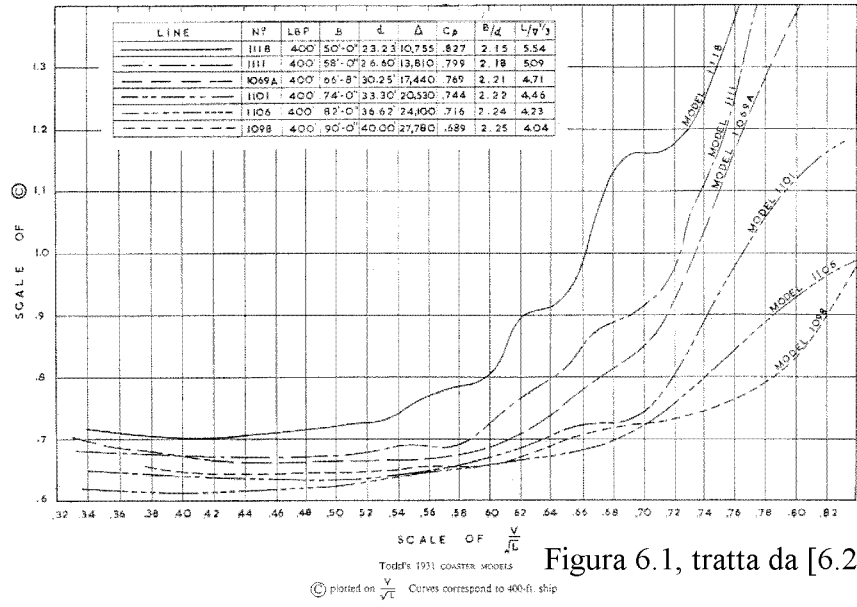


Figura 6.1, tratta da [6.2]

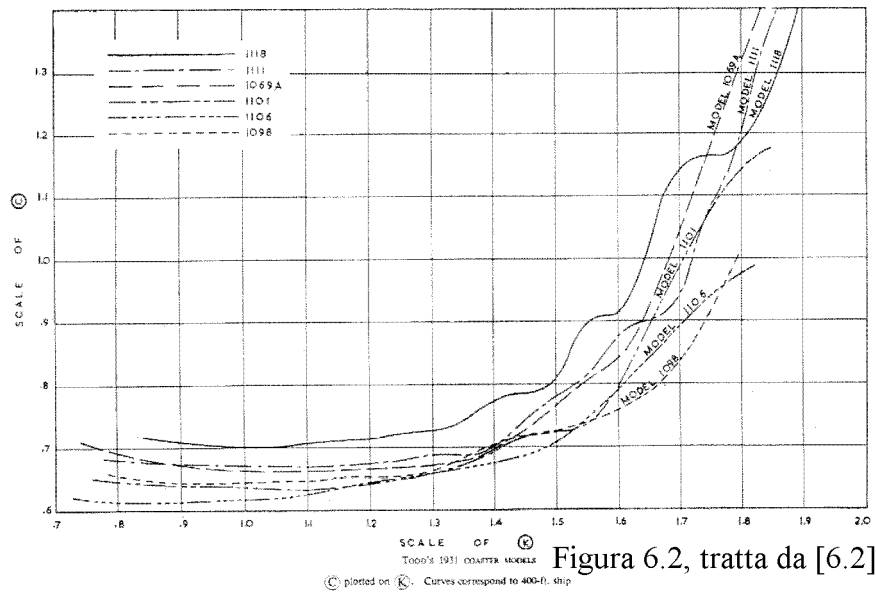
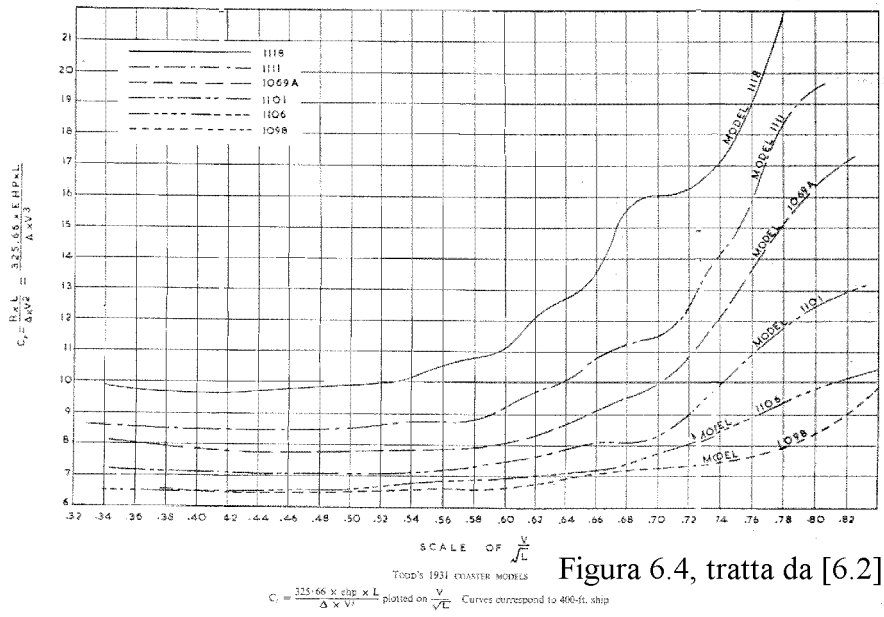
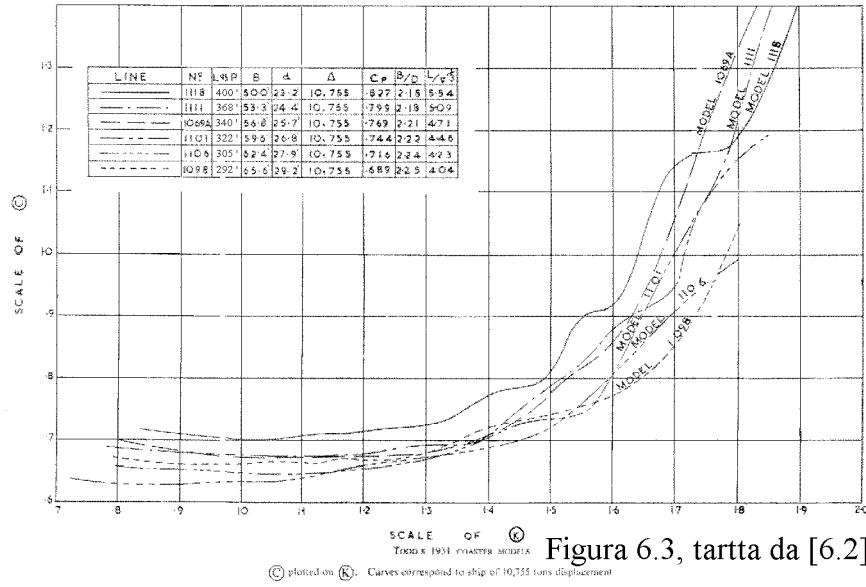


Figura 6.2, tratta da [6.2]

Marco Ferrando - Appunti del corso Architettura Navale 1: presentazione dei dati relativi alla resistenza



Marco Ferrando - Appunti del corso Architettura Navale 1: presentazione dei dati relativi alla resistenza

	Fn (nondimensional)	Fn* (non-dimensional)	⊗ (non-dimensional)	V/W ^{1/4} (International units)	V/√L (International units)	
Fn (nondimensional)	Fn	$\frac{Fn_{\sigma}}{\sqrt{L/\nabla^{1/2}}}$	$\frac{\text{⊗}}{\sqrt{4\pi L/\nabla^{1/2}}}$	$\frac{\rho^{1/4}}{g^{1/2}} \frac{V/W^{1/4}}{\sqrt{L/\nabla^{1/2}}}$	$\frac{V/\sqrt{L}}{\sqrt{g}}$	
Fn* (nondimensional)	$\sqrt{L/\nabla^{1/2}} Fn$	Fn*	$\frac{\text{⊗}}{\sqrt{4\pi}}$	$\frac{\rho^{1/4}}{g^{1/2}} V/W^{1/4}$	$\frac{\sqrt{L/\nabla^{1/2}} \cdot V/\sqrt{L}}{\sqrt{g}}$	
⊗ (nondimensional)	$\sqrt{4\pi L/\nabla^{1/2}} Fn$	$\sqrt{4\pi} Fn_{\sigma}$	⊗	$\frac{\sqrt{4\pi} \rho^{1/4}}{g^{1/2}} V/W^{1/4}$	$\frac{\sqrt{4\pi L/\nabla^{1/2}} \cdot V/\sqrt{L}}{\sqrt{g}}$	
V/W ^{1/4} (International units)	$\frac{g^{1/2}}{\rho^{1/4}} \sqrt{\frac{L}{\nabla^{1/2}}} Fn$	$\frac{g^{1/2}}{\rho^{1/4}} Fn_{\sigma}$	$\frac{g^{1/2}}{\sqrt{4\pi} \rho^{1/4}} \text{⊗}$	V/W ^{1/4}	$\frac{\sqrt{\nabla^{1/2}}}{(\rho g)^{1/4}} V/\sqrt{L}$	
V/√L (International units)	√g Fn	$\frac{\sqrt{g}}{\sqrt{L/\nabla^{1/2}}} Fn_{\sigma}$	$\frac{\sqrt{g}}{\sqrt{4\pi L/\nabla^{1/2}}} \text{⊗}$	$\frac{(\rho g)^{1/4}}{L/\nabla^{1/2}} \cdot V/W^{1/4}$	V/√L	
	C _T (non-dimensional)	C _{T*} (non-dimensional)	⊙ (non-dimensional)	$\frac{R_T (R_w R_w)}{W}$ (non-dimensional)	C _{TL} (non-dimensional)	$\frac{R_T}{W^{2/3} V^2}$ (International units)
C _T (nondimensional)	C _T	$\frac{C_{T*}}{S/\nabla^{2/3}}$	$\frac{\pi}{125} \frac{\text{⊙}}{S/\nabla^{2/3}}$	$\frac{2 R_T/W}{(Fn_{\sigma})^2 S/\nabla^{2/3}}$	$\frac{2 C_{TL}}{L/S \cdot \nabla^{2/3}}$	$\frac{R_T}{W^{2/3} V^2} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2} \left(\frac{\rho}{g^2}\right)^{1/3} \cdot \frac{S}{\nabla^{2/3}}}$
C _{T*} (nondimensional)	$\frac{S}{\nabla^{2/3}} C_T$	C _{T*}	$\frac{\pi}{125} \text{⊙}$	$\frac{2 R_T/W}{(Fn_{\sigma})^2}$	$\frac{2 C_{TL}}{L/\nabla^{1/2}}$	$\frac{R_T}{\nabla^{2/3} V^2} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2} (\rho/g^2)^{1/3}}$
⊙ (nondimensional)	$\frac{125 S/\nabla^{2/3} C_T}{\pi}$	$\frac{125}{\pi} C_{T*}$	⊙	$\frac{250 R_T/W}{\pi (Fn_{\sigma})^2}$	$\frac{250}{\pi} \frac{C_{TL}}{L/\nabla^{1/2}}$	$\frac{250}{\pi} \left(\frac{R_T}{W^{2/3} V^2} \right) \cdot \frac{1}{(\rho/g^2)^{1/3}}$
$\frac{R_T (R_w R_w)}{W}$ (nondimensional)	$\frac{(Fn_{\sigma})^2 S}{2} C_T$	$\frac{(Fn_{\sigma})^2}{2} C_{T*}$	$\frac{\pi}{250} (Fn_{\sigma})^2 \text{⊙}$	$\frac{R_T (R_w R_w)}{W}$	$\frac{Fn^2 C_{TL}}{(Fn_{\sigma})^2 C_{TL}} = \frac{Fn^2 C_{TL}}{L/\nabla^{1/2}}$	$\frac{(Fn_{\sigma})^2 R_T}{(\rho/g^2)^{1/3} V^2}$
C _{TL} (nondimensional)	$\frac{\left(\frac{L}{\nabla^{1/2}}\right) \left(\frac{S}{\nabla^{2/3}}\right) C_T}{2}$	$\frac{\left(\frac{L}{\nabla^{1/2}}\right) C_{T*}}{2}$	$\frac{\left(\frac{L}{\nabla^{1/2}}\right) \text{⊙}}{250/\pi}$	$\frac{R_T/W}{Fn^2} = \frac{L/\nabla^{1/2} R_T}{(Fn_{\sigma})^2 W}$	C _{TL}	$\frac{R_T}{\nabla^{2/3} (\rho/g^2)^{1/3} V^2}$
$\frac{R_T}{W^{2/3} V^2}$ (International units)	$\frac{1}{2} \left(\frac{\rho}{g^2}\right)^{1/3} \frac{S}{\nabla^{2/3}} C_T$	$\frac{1}{2} \left(\frac{\rho}{g^2}\right)^{1/3} C_{T*}$	$\frac{\left(\frac{\rho}{g^2}\right)^{1/3} \text{⊙}}{250/\pi}$	$\frac{(\rho/g^2)^{1/3} R_T}{(Fn_{\sigma})^2 W}$	$\frac{\left(\frac{\rho}{g^2}\right)^{1/3} C_{TL}}{L/\nabla^{1/2}}$	$\frac{R_T}{W^{2/3} V^2}$

NOTE: $\rho = 0.999 \text{ kg/L}$ and 1.0259 kg/L for fresh and salt water respectively at 15 deg C (59 deg F) and $g = 9.81 \text{ m/sec}^2$ (32 ft/sec²).

Tabella 6.1