(昭和 41 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

船型可分原理による肥大船型の新設計法

正員 谷 口 中* 正員 渡 辺 恭 二*
正員 田 村 欣 也*

On a New Method of designing Hull Form of Large Full Ship, based
on the Separability Principle of Ship Form

By Kaname Taniguchi, *Member*
Kyoji Watanabe, *Member*
Kinga Tamura, *Member*

Summary

Based on the finding that the wave-making resistance of a slow speed full ship depends solely on the shape of entrance provided the hull form is designed properly, a new method of designing hull form of large full ship is presented. The method consists of the following processes :

- (1) The proper shape of run is selected taking the design requirements such as propeller arrangement, prevention of flow separation, etc. into considerations.
- (2) Then the optimum entrance shape is determined for the value of $C_m \frac{H_e}{B}$ which is determined from the given conditions on principal dimensions.
- (3) Estimating the form factor and the self-propulsion factors for the such determined ship form, the total resistance and SHP can be calculated. Therefore, the optimum hull form with the minimum SHP for the given design conditions can be easily designed.

This method was developed by the authors in Mitsubishi Experimental Tank (Nagasaki) and has been applied to the practical design work resulting in a remarkable accomplishment of economical hull forms.

1. 緒 論

船型を設計する場合に、抵抗推進性能に大きい影響を持つ船型パラメタとして、block coefficient (または prismatic coeff.), 主要目比 (L/B , B/d), 浮心縦位置, sectional area curve および frame line の形状等に注目し、これらを適当に選定計画して良好な性能の船型を得んとするのがこれまでの一般的な方法であつた。しかしながら、この方法で、与えられた設計条件 (L , B , d , ∇ および計画速度) に対し、最良と主張し得る船型を得るためには、これら船型パラメタの各組合わせに対する系統的・定量的な資料が必要であり、全組合わせを考えると、これは膨大な量となる。すなわち船型パラメタを上にあげた6コに絞り、これら各パラメタに仮に4コずつの組合わせをとらしても、系統船型の数は $4^6=4.096$ に達する。従つて現実にはさらにパラメタの数を絞り、たとえば Todd¹⁾ は母型の選定を含め $C_b \times L/B \times B/d$ のシリーズで総計約 100 隻の模型を使用して系統試験を行なっているが、これには sectional area curve や, frameline の形状等は含まれていない (母型の選定に際して考慮しているのみ)。他方われわれ長崎水槽では、過去において C_b , L/B , B/d の影響はこれら文献を利用することとして、それらを実用的なごく狭い範囲に押さえて、主として sectional area curve や frame line の形状の影響を中心に系統的な研究を行なつてきた。船型パラメタの全組合わせに対するこの種の資料が得られさえすれば、optimum な船型を設計する作業は、たとえば電子計算機の使用等によつて、純粋に機械的に処理できるようになる。しかし実際に船型パラメタの全組合わせに対する系統的資料を期待することは不可能で

* 三菱重工業株式会社, 技術本部, 長崎研究所

あり、この不足をカバーして実質上 optimum に近い船型を設計するのが現実の問題となるわけである。造波抵抗理論の積極的な活用、粘性抵抗理論の最新知識の応用および与えられた設計条件の巧みな利用等がここで必要となる。

われわれ長崎水槽においては、今日までに 200 隻を越える大型タンカーの船型を試験・研究してきた。そしてその過程において、大型タンカーの船型について次のごとき総合的な結論を見出した。

(1) 良好に設計された entrance を持つ肥大船型* においては、parallel part 以降にはほとんど造波現象は認められず造波抵抗は主として entrance のみによつて支配されることができる。

(2) 自船要素は主として run の形状で支配され、さらに run の形状には船尾流れの不安定を惹起せぬための限界が存在する。

(3) 船型が決定すると、適当な船型パラメタを用いて、form factor は実験をまたずとも、十分な精度で推定することが可能である。

これらの事実を利用することにより、われわれは船型を常に船型全体として取扱う従来の方法を揚棄し、造波抵抗を支配する entrance、推進効率を支配する run、設計条件を満足するための parallel part という風に、船型を分離して取扱う新しい船型設計法を開発した。この新設計法では浮心の縦位置とか、parallel part の長さ等は結果として自ら定まってくるため、船型パラメタの実質的な数は減少し、従来の方法に比し少なくとも数分の一ないしは数十分の一の組合わせ数で、同等以上の効果を期待することができる。さらに半無限体としての entrance に造波抵抗理論を応用することにより、粘性の影響や、幅広船型の問題およびいわゆるたれ下り船型の補正等に悩むことなく、有効に造波抵抗理論の肥大船への活用が可能となる。

長崎水槽ではすでに数年前より、まず満載状態に対しこの新設計法を実用に供して、著しい改善効果を実現したが、引き続きこの新設計法をバラスト状態の船型設計へも拡張し、タンカー・オアキヤリヤーのごとき常に 2 種類の載貨状態で均等に運航される肥大船型に対し、両状態共 optimum に近いものとするための総合的船型設計法も完成し、すでに両 3 年前から実用されて、著しい成果を収めつつある。以下この新しい設計法の要点について報告しご参考に供したいと思う

2 船型可分原理

造波抵抗が entrance のみによつて支配されるという事実を活用するためには、まず entrance 自身の造波抵抗を分離計測することが必要と考えられた。このため、当初われわれは entrance の後方で船型を切断し、後方の部分と別々に抵抗を計測することを研究した。しかしこの方法は、切断部の transverse plane における水圧分布が静水圧と相異し、その補正を精密に行なわないと、要求する精度で entrance の抵抗を計測することができぬことがわかつて断念した。ついで波形分析から造波抵抗を算出する方法を開発し²⁾、すでに実用に供しており、十分長い parallel body を持った entrance について波形を実測することにより、理論上 entrance の造波抵抗を純粋に計測することが可能となつている。しかしわれわれは、以下の新設計法においては実用的な容易さの観点から、いわゆる Hughes の方法を注意深く利用することにより entrance の造波抵抗を求める方法を代用した。

いま全造波抵抗を R_w 、entrance、run およびそれらの干渉による造波抵抗をそれぞれ添字 e 、 r および i で区別すると。

$$R_w = R_{m_e} + R_{w_r} + R_{w_i} \quad (1)$$

緒論で述べた通り R_{w_r} 、 R_{w_i} が R_{w_e} に対して無視できるならば、近似的に

$$R_w \approx R_{w_e} \quad (2)$$

となつて、Hughes の方法で R_{w_e} を求めることができるわけである。実用的にこのことを立証するためには、同一の entrance に種々の run や、parallel part を組合わせて抵抗試験を行ない、これらの試験結果より解析される造波抵抗が同一値を与えるかどうかを調べればよい。われわれが実施した多数のこの種の実験結果から、われわれはある程度優れた entrance については実用上 (2) 式が満足されることを確認した。Fig-1, 2 にこの種の実験の例を示した。Fig-1 は同一の entrance、run の間に異なる長さの parallel part を挿入した場合

* $v/\sqrt{gL} \leq 0.2$, $Cb \geq 0.8$ 程度の船型を肥大船型と呼び、本論文の研究対象とする。

Fig. 1 Comprison of C_{wB} among the 3 ship forms having the same entrance & run with different parallel body.

Fig. 2 Comparisons of C_{wB} among the models, having the same entrance & different run.

の例で、造波干渉が無視できなくなる高速 ($F_{NB} > 0.5$) を除いては、造波抵抗は全船型の相異にかかわらず一定となつている。Fig-2 は同一の entrance, parallel body で異なる形状の run を組合わせた場合の例であるが、全実験速度に亘つて造波抵抗は一定となつている。

entrance の造波抵抗が計測されれば、それと entrance の形状との関係を多く資料並びに造波抵抗理論によつて整理・研究することができる。この場合造波抵抗を無次元化するのが取扱い上便利であるが、無次元化の場合の面積の dimension としては、造波抵抗を第一義的に支配する量として B^2 を取るのが適当である。また Froude number としても、もはや全長を取ることは無意味で、 $F_{NB} = v / \sqrt{gB}$ を使用する。かくのごとくして

$$C_{wB} = R_w \frac{\rho}{\frac{1}{2} v^2 B^2} = f(F_{NB}, \text{Entrance の形状}) \quad (3)$$

として資料が整理される。entrance の形状として考えられる船型パラメタは

$$(\text{Entrance の形状}) = f(L_e/B, B/d, \nabla_e/L_e B d, \text{Sectional area curve, Frame line の形状}) \quad (4)$$

である。

つぎに自船要素は実用上 run によつて大きく支配され、この種肥大船型については entrance が良好な形状を有する限り、entrance や parallel part によつては余り影響を受けないとみなすことができる。一例として、さきに掲げた Fig-1 の例における自航要素の比較を Fig-3 に示した。すなわち、parallel part の変更により L/B が相当に変化しても、自航要素は実用上ほとんど変化しないとみなしてよい。自航要素が run の形状のみで決定されるということはもちろん理論的に立証することはできないが、近似仮定としてこれを利用するの

Fig. 3 Comparison of self-propulsion factors among the 3 ship forms having the same entrance & run with different parallel body.

が本新設計法の第2の必要条件であつて、このことは本設計法の多くの実用経験から實際上許容されうるものと考えている。

船型を entrance, run および parallel part に3分して考え、これらを後述するようにそれぞれ別々の観点から選定して組合わせて一つの全体船型として組立てた場合、この船型の form factor が実験をまたず船型の主要パラメタによつて実用上十分な精度で推定し得ることが、船型可分原理に基づく新設計法を可能ならしめる第3の必要条件となる。

長崎水槽では7m程度的大型模型船を対象に、低フルード数域 ($F_{nL} \approx 0.2$) での全抵抗を粘性抵抗とみなす。Hughesの方法によつて form factor を解析しており、このようにして求められた約200隻のデータを次式の形式で整理している。

$$\kappa = A_1 \left(\frac{C_b}{L/B} \right)^x (\beta - B_1) + A_2 \frac{\{C_b/(L/B)\}^y}{\{C_1(B/L_r)^z + C_2\} \{(B/d)^w + D_1\}} \quad (5)$$

ただし $A_1, A_2, B_1, C_1, C_2, D_1$ および x, y, z, w 等はそれぞれ未定係数および未定指数で、 β は run の frame line 形状の特徴を表わすパラメタである。これらの未定係数並びに未定指数は least square 法によつて電子計算機で解析され、現在の所約200隻のデータに対し、 κ の standard deviation は0.024 (粘性抵抗値では約1.7%) の程度となつていて、ほぼ上述の第3の必要条件を満足している。

以上船型可分原理について述べたが、以下これの船型計画への応用について述べる。

3 船型可分原理による新設計法

3.1 新設計法の要点 (狭義船型設計)

船型を計画・設計する場合の最も基本的な case は、長さ (L)、幅 (B)、喫水 (d)、排水量 (∇) (あるいは block coefficient, C_b) および計画速力が与えられた場合に、最小軸馬力または最小抵抗を与えるような具体的船型形状を決定する問題である。この場合をわれわれは狭義の船型設計と称しており、ここではこの場合について考察する。主要目の一部が unknown で選択の対象となる場合 (この場合を広義の船型設計と称する) については後述する。

さて、entrance, run の定義により主要目間には次の関係がある。

$$L_e/L + L_{11}/L + L_r/L = 1 \quad (6)$$

$$\nabla_e/\nabla + \nabla_{11}/\nabla + \nabla_r/\nabla = 1 \quad (7)$$

いま $C_{b_e} = \nabla_e/L_e \cdot B \cdot d$, $C_{b_r} = \nabla_r/L_r \cdot B \cdot d$ を定義すると、 $C_m = \nabla_{11}/L_{11} \cdot B \cdot d$ であるから、 L_{11} , ∇_{11} を消去して entrance, run の間における次の基本式を導くことができる。

$$(C_m - C_{b_s}) \frac{L_e}{B} + (C_m - C_{b_r}) \frac{L_r}{B} = (C_m - C_b) \frac{L}{B} \quad (8)$$

いま

$$(C_m - C_{b_s}) \frac{L_e}{B} = C_m (1 - C_{p_s}) \frac{L_e}{B} = C_m \frac{H_e}{B}$$

ただし $(1 - C_{p_s}) L_e = H_e^*$ と書くと (8) 式は

$$C_m \frac{H_e}{B} = (C_m - C_b) \frac{L}{B} - (C_m - C_{b_r}) \frac{L_r}{B} \quad (9)$$

さて肥大船の run の形状については、船尾において著しい流れの剥離を防止し、且つ優れた self-propulsion factors を持つためには B/L_r , $\nabla_r/L_r \cdot B \cdot d$ 等にある上限が存在する。現実の船型設計においては、できるだけ短い肥大経済船型が求められるので、run の形状は通常この上限値に近いものが採用せられ、これ以下の fine な形状を選ぶ必要のあることは希である。すなわち run の B/L_r , C_{b_r} は通常この上限に対応した常数值として取扱つてよい。従つて船体主要目が与えられている場合 (9) の右辺第一項は既知であるから、上述の限界 run を採用するとすれば、entrance を規定する左辺は一義的に定まる。与えられた計画速力 F_{nB} において、このようにして、定まる $C_m \frac{H_e}{B}$ の値に対して最小の C_{wB} を与える entrance 形状を (3) の資料から探し求めれば、設計条件に適合する optimum entrance が決定し、同時に船型全体が具体的に決定されることとなる。

この optimum entrance 選定の具体的プロセスは、次節に述べる entrance data を用いて行なえばよいわけであるが、若し data として適当な entrance がなければ近い $C_m \frac{H_e}{B}$ に対応する data より挿入して entrance 形状を求めるか、あるいは近くの $C_m \frac{H_e}{B}$ に対する entrance data をそのまま採用し、逆に run を若干修正すればよい。

現在、run の限界値については種々の研究が実施されつつあるが、これまでのわれわれの研究結果では大体において

$$B/L_r < 0.40 \sim 0.42, C_{b_r} < 0.675 \quad (10)$$

と考えておけば不具合は生じないようである。

以上が船型可分原理による新設計法のあらすじであるが、この方法では (3) の資料と、上述の上限に近い比較的小数の run の資料とがあれば、緒論で述べた膨大な資料数に匹敵する成果をあげることができる。すなわち、たとえば entrance に対し B/d , sectional area curve, frame line 形状および $C_m \frac{H_e}{B}$ の 4 主要パラメータの各々に対しそれぞれ 4 つの組合わせを計画した場合には、組合数は $4^4 = 256$ であり、run については前述の理由で多くともこの $1/4$ 、すなわち 64 以下の組合数で十分であつて、必要総組合数は $256 + 64 = 320$ 以下となり、緒論で述べたごとく全体船型に固執する従来の方法の十数分の一の研究量で、同等の効果が達成できるのである。さらにまた (3) の資料そのものの improvement も上述のごとき単なる機械的組合わせのほか、造波抵抗理論を効率よく活用できるため、全体船型を考慮する従来の方法に比し遙かに能率的・理論的に研究を進めることが可能となる。

3.2 Entrance Data

新設計法を実施するにあつて最も重要なのは、 $C_m \frac{H_e}{B}$ に対し与えられた設計条件 $[B/d, F_{nB}]$ で、minimum C_{wB} を与える entrance の形状を具体的に決定する方法である。このための資料の大体の傾向を理論的に把握するため、船体中心面に特異点を分布させて得る半無限体について造波抵抗と統線計算を行ない、与えられた F_{nB} と $C_m \frac{H_e}{B}$ に対し minimum の造波抵抗を与える entrance 形状を求めた。結果の一例を Fig-4 に示す。Fig-4 より min. C_{wB} を与える船型に対し、 C_{wB} min. は E_{nB} の増加につれて、および $C_m \frac{H_e}{B}$ の減少につれて増加するが、 $C_m \frac{H_e}{B}$ については一定の F_{nB} に対しそれぞれある critical value 的なものがあつて、こ

* H_e の定義は Fig-8 に示す。(full load even keel の時 $\delta=0$ となる)

Fig. 4 Minimum wave making resistance coefficient
Curves derived from
theoretical calculation.

Fig. 5 Plot of C_{wB} at $F_{NB} = 0.48$

の値以下になると $C_{wB \min.}$ が急増することがわかる。このことは、critical value 以下の $C_m \frac{H_e}{B}$ に対しては特異点分布はもはや単一の特異点とみなされる程度に短くなり、特異点分布の長さ方向の分布の調節によつて C_{wB} を小さくすることが困難となること、この critical value 以上の $C_m \frac{H_e}{B}$ に対しては、特異点分布の適当

な分布により entrance 自体として互に適当な造波干渉が行ない得て、 C_{wB} を低く押え得ることが理論計算の結果から説明されることを示す。すなわち、厳格には、船型可分原理はこの critical value 以上の長い entrance に対して適用されると考えるのが妥当であろう。

以上の理論計算に対応する実験資料を求めるため、既存の entrance data について $C_m \frac{H_e}{B}$ を横軸に C_{wB} をプロットした一例を Fig-5 に示した。Fig-5 において $C_{wB \min.}$ を通る envelope を図に示すごとく引けば、これが Fig-4 の理論計算結果に対応する（実現可能な）ものとなる。Fig-5 は $B/d \approx 2.5$ の entrance に対するものであるが、このような解析を各 F_{NB} について行ない、まとめて表示すると、 $B/d \approx 2.5$ に対しては Fig-6 の様な結果を得る。Fig-6 において点線で示すごとく $C_m \frac{H_e}{B}$ の critical value を求めると、図に示す通りこれらは

$$F_{NE} = v / \sqrt{gL_E} \approx 0.44 \quad (11)$$

なるほぼ一本の線上にあることがわかる。ここに L_E は entrance の有効長さで、entrance の sectional area curve の形状を $y=f(x)$ （原点を F.P. とする）としたとき、次のように定義した量である。

$$\frac{l}{L_E} = \int_0^1 \left(\frac{dy}{dx} \right) dy / \int_0^1 dy \quad (12)$$

Fig. 6 Minimum wave making resistance coeff
derived from experi-
ments.

ただし l は entrance 長さとする。

しかして $F_{nE}=0.44$ は entrance のみを持つ半無限長船型の最高 hollow speed にはほぼ相当することが簡単な造波干渉の計算によつて確めることができる。すなわち Fig-6 に示す解析の結果は、Fig-4 で示した理論計算の予想とよく一致した性質を有することがわかる。

このようにして、Fig-6 に示すごとく Zone-I は entrance 自体における造波干渉によつて造波抵抗を低く押え得る zone であつて、本設計法は厳格にはこの zone に適用される。Zone-II は entrance 自体では十分波消しができず、run との干渉によつて全船型として波消しを考えねばならぬ zone を示している。しかし現実の設計では $F_{nE}=0.44$ 、またこれに対するよりやや小さい $C_m \frac{H_e}{B}$ で entrance が設計される場合が多く、経験上この付近までは本設計法が十分な信頼度で適用されることがわかっている。

3.3 広義船型設計

さらに設計条件をゆるめ、主要目の一部も選定の対象とした場合にも本設計法は非常に有効に適用することができ、どのような主要目とすればどの程度の改善が期待できるかについても、適格な判断を下すことができる。

いま最も基本的な場合として、排水量 ∇ 、喫水 d および計画速力 V_s の3量が与えられた場合について述べる。条件としては

$$L \cdot B \cdot C_b = (\nabla/d)_0 = \text{constant} \quad (13)$$

であるから

$$B = \sqrt{\frac{(\nabla/d)_0}{(L/B) \cdot C_b}} \quad (14)$$

となり、

- i) (L/B) , C_b を仮定すれば B が定まり、以下 L , B/d , F_{nB} が定まる。
- ii) run を限界値に選定する
- iii) (9) により run に対応する $C_m \frac{H_e}{B}$ を求め、これと F_{nB} に対応する min. C_{wB} を求める。
- iv) form factor κ および浸水面積 S を算出、粗度修正係数 ΔC_f を与えて対応実船の全抵抗係数 C_t を算出する。

以上の計算を L/B , C_b の種々の組合わせについて行なえば、主要目の影響が明確に把握される。もちろん必要あれば、さらに DW を一定に押えた場合の主要目による排水量 ∇ の修正を加え、建造コストをも考慮に入れて広い意味での最良船型を求めることも同様に可能である。

3.4 応用例

狭義船型を計画した場合について、抵抗および自航要素の推定値と、設計の結果得られた具体的船型について水槽試験を行なつた結果得られた実験値との比較を示す。

本船の設計条件を

$$L/B=6.55, C_b=0.809, F_{nB}=0.433$$

とする。まず限界値付近の run data 中より優れた性能を持つものとして次の run を採用する。

$$B/L_r=0.403, C_{br}=0.671,$$

$$(C_m - C_{br}) \frac{L_r}{B} = 0.801$$

したがつて (9) より

$$C_m \frac{H_e}{B} = 0.405$$

(3) によつて entrance data を調べると、本船は計画速力 $F_{nB}=0.433$ において Zone-I にあり直ちに適当な entrance を選ぶことができ、具体的船型が完成する。造波抵抗 C_w の推定値も entrance の決定に伴つて直ちに与えら

Fig. 7 Comparisons of C_w between the resistance test results and prediction by the present method

第1表
推定値と実験値との比較 (at $F_{nB} = 0.433$)

項目	推定値	実験値	備考
造波抵抗 C_w	0.00048	0.00060	Fig-7参照
form factor K	0.403	0.422	
推力減少率 τ	0.18	0.175	
伴流率 W_m	0.47	0.47	
船後効率比 e_r	1.00	1.003	
全抵抗係数 C_t	0.01242	0.01270	比 1.022
power constant ($75 \text{ SHP} / \Sigma U^{3/4}$)	0.01828	0.01823	比 0.997

れるが、Fig-7 にこのようにして得られた推定値と、具体的全体船型につき水槽試験を行なつて求めた C_w の実験値とを比較図示した。

form factor K は、簡単には (5) で計算したのみにてもよいが、さらに run の細かい形状によつても値が変化するので、run data の実験値 (K_{expt}) を用いて補正しておく方がよい。すなわち

$$K(\text{推定値}) = \frac{K_{\text{cal.}}(\text{本船})}{K_{\text{cal.}}(\text{run data})} \times K_{\text{expt}}(\text{run data}) \quad (15)$$

このようにして計算すると、本船に対して

$$K(\text{推定値}) = 0.403$$

を得る。

自航要素は run data の値をそのまま採用することとする。計画速力において、抵抗および自航要素の推定値および実験値の比較を第一表に示すが、推定値に対し実船での全抵抗係数は 2.2% 増、馬力係数は 0.3% 減程度で一致しており、新設計法が与えられた設計条件に対する optimum な船型選定に、十分な精度をもつて実用に供し得ることが示されたと考えてさしつかえなからう。

4 新設計法の Ballast Condition への適用

以上述べた新設計法を実際設計に応用した結果、満載状態については所期の改善効果を実現することができたが、ballast cond. の性能は必ずしも満載状態と平行には改善されぬ場合のあることが明かとなつてきた。よつて ballast 状態そのものに対して新設計法を適用するため、ballast 状態についても満載状態に対して行なつたと同様の解析を行なつた。

しかし、一般に ballast 状態においては 1~2% の船尾トリムのあるのが普通で、この場合トリムした parallel part が果して造波抵抗に寄与せぬかが問題となる。これに対する厳密な検討は未だ終予していないが、1~2% トリムした通常の ballast cond. については、計測された全造波抵抗を近似的に entrance のそれとみなして、本新設計法を適用した結果は予想と実験とがよく一致し、実用的には心配ないと考えてよい。

Fig. 8 Definition of H_e' in ballast condition

Fig. 9 plot of C_{wB} at $F_{nB} = 0.50$

トリムした場合の sectional area curve に対し H_e' は Fig-8 に示すごとく定義する。また ballast cond. に対する entrance data の一例を Fig-9 に示すが、 $C_{wB} \text{ min.}$ と H_e'/B との間には満載状態に対して理論で予想したとき関係が見られない。これはトリムの影響と、 B/d が著しく大きくなつたためと考えられる。トリムのある ballast cond. に対しては、

(9) に相当する条件式は次のようになる。

$$\frac{H_e'}{B} = \frac{\frac{L}{B}(C_m - C_b) - \frac{H_r'}{B}\left(C_m + \frac{\delta}{2}\right)}{C_m - \frac{\delta}{2}} \quad (16)$$

ただし $\delta = \text{Trim}/d_{\text{g}}$ (船尾トリムの場合を正)

H_r' は run に対し Fig-8 と同じ定義で求めたもの。

(16) を用いて計算するためには、使用すべき限界 run の形状につき、種々の喫水・トリムに対する H_r' の資料をさらに用意しておく必要がある。この他の点は満載状態の場合の計算と全く同様である。

このようにして任意に与えた ballast cond. に対し optimum な船型 (ballast 状態において) を決定することができるが、現実の設計々算においては満載と ballast 状態との間で、 B は一定、且つ ∇ と d との間に妥当な関係が成立していなければならない。また通常同一主機出力に対する ballast cond. と full load cond. との速度差が、ballast cond. の性能を相対的に考慮するメジャーとなることが多い。いま一例として $\Delta_B/\Delta_F = 1/2$ なる ballast cond. において、同一主機出力のもとに両状態の速度差が 1 kn となるように ballast cond. の船型を設計 (この場合の満載状態は critical speed 付近で設計されるものとする) するものとする、一般に満載と ballast 状態とで同一の entrance 長を考えると限り実現不可能となり、ballast cond. の entrance 長さを満載状態のそれより若干長くし、 H_e'/B を大きくする必要があることが計算される。Fig-10 はこの計算結果の一例を示したもので、full, ballast 両状態の推進効率の間に簡単な仮定を設けて計算したものである。

この満載と ballast 状態とで entrance 長を変えなければならないという矛盾した要求を現実に対応するためには、ballast cond. に対して要求される entrance 長を持つ船型を計画し、満載喫水線付近でたとえば Fig-10 で与えられる α に相当する長さだけ船首部 load water line 付近を cut off し、この付近を適当に fair up すると、(cut off して fairing した後の船型が、所定の満載排水量を満足するようあらかじめ設計条件を調節しておくことはもちろんである) 実用上 2 種の entrance 長を持つ船型が実現し得ることが、多くの試験例から明かとなっている。すなわちこのような船型では、ballast cond. に対して必要な entrance 長を持つ船型よりも $\alpha\%$ だけ短い L_{pp} ですみ、しかも満載状態の性能はほとんど劣化しないので、極めて経済的な船型といえることができる。

Fig. 10 Necessary amount of bow projection to keep 1kn speed difference between full and ballast conditions.

5 結 び

以上述べた通り、 $F.N. \leq 0.2$, $C_b \geq 0.8$ 程度の肥大船型の最良経済船型を設計するために、従来のごとき全体船型に注目して設計する方法の代りに、entrance と run とを分離して考え、run には船尾で流れの剥離が著しくならないような限界の船型を採用し、entrance は Fig-5 に示すがごとき資料の整理法によつて、最小造波抵抗の船型を確実・容易に決定・採用する新しい設計法を開発し、実際の船型設計に使用して著しい成果をあげることができた。

この新設計法に従つて設計データを収集、改善するとすれば、従来の全体船型に拘泥する方法に比して十数分の一の研究量で同等の効果を期待することができ、また元となる設計データの改善もより理論的に確実に行なうことができるという著しい利点がある。

この方法をタンカーのごとき、満載・ballast 両状態で運航される船型のそれぞれ両状態の船型設計へ適用し、一般的にかかる肥大船型にあつては ballast 状態の entrance 長が、満載状態のそれより L_{pp} の若干%大でなければならない点を明かにし、これを実際に満足実現するための方法として cut off 船型を考案した。この

新設計法は満載・ballast 状態にそれぞれ適当なウェイトをかけ、ウェイトのかけられた両状態の性能和を最良にするための船型設計にももちろん適用可能で、本新設計法は多くの広い応用面を持つている。

本新設計法は三菱長崎水槽において研究・開発せられ、すでに数年前から現実の設計に活用されて見るべき成果をあげているものであり、本研究の発表が今後のわがくに肥大船型の建造並びに改善に貢献するならば、著者等の喜びこれに過ぎるものはない。本論文の発表に関し種々 advise を与えられた三菱重工・船舶事業部の関係者に謝意を表するとともに、この研究の完成と応用とに一体となつて協力した船型試験場の全員に心からの感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) F.H.Todd ; "Some Further Experiments on Single Screw Merchant Ship Forms Series-60"
Trans. SNAME, Vol. 61 (1953)
J.B.Hadler, G.R.Stunz & P.C.Pien ; "Propulsion Experiments on Single Screw Merchant Ship
Forms—Series 60" Trans. SNAME, Vol. 62 (1954)
F.H.Todd & P. C. Pien ; "Series 60—The Effect upon Resistance and Power of Variation
in LCB Position" Trans. SNAME, Vol. 64 (1956)
F.H.Todd, G.R.Stunz & P.C.Pien ; "Series 60—The Effect upon Resistance and Power of
Variation in Ship Proportions" Trans. SNAME, Vol. 65 (1957)
 - 2) 谷口 中「造波抵抗の測定」造船協会造波抵抗シンポジウムにて講演 (June, 1~2, 1965)
造船協会誌第 436 号 (Nov. 1965)
-