

(昭和 35 年 5 月造船協会春季講演会において講演)

船体運動に対する附加質量および附加慣性 モーメントについて

—その5 上下揺に対する附加慣性モーメント—

正員 元 良 誠 三*

On the Measurement of Added Mass and Added Moment of Inertia for ship Motions.

(Part 5. Heaving motion)

By Seizo Motora. Member

Abstract

A forced oscillation method same as was used in the case of pitching was employed. The effects of ship forms upon additional mass and damping force are discussed about the values corresponding to the ship's natural frequency.

It was found that the ratio additional mass to ship's own mass increases when C_b and B/L increases, that damping coefficient decreases when C_b increases and increases when B/L increases. Charts of added mass coefficient and damping coefficient same as for pitching motion are also proposed in this paper.

§1 測定方法

上下揺に対する附加質量は周期運動に対するもの $-m_z'$ であり周期によつて変化する。したがつて測定法としては縦揺のときと同じく強制動揺法を用いる。

第4報で述べた強制動揺装置を用い、模型の浮面心に固着した垂直の rod を介して一定周期の上下動を船に与える。船は縦揺を起こさないようにガイドをつけ even keel に保ちつつ上下せしめる。

rod と船の間に挿入した検力計により強制外力を測りまた強制装置の回転 disc に附した接点装置により船の運動と強制外力の位相差を測ることができる。

船の運動を $Z \cos \omega t$ (1)

Z = 上下動振幅 ω = 円周波数

とすると運動方程式は

$$(m + m_{z'})\ddot{z} + N_h \dot{z} + \sigma A_w Z = F \cos(\omega t + \varepsilon) \quad (2)$$

ただし N_h = 減衰係数

σ = 水の比重

A_w = 水線面積

F = 強制外力の振幅

ε = 船の運動と強制外力の位相差

(1), (2) 式より

$$\left. \begin{aligned} m + m_{z'} &= \frac{1}{\omega^2} \left(\sigma A_w - \frac{F \cos \varepsilon}{Z} \right) \\ N_h &= \frac{F \sin \varepsilon}{\omega Z} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

として見掛質量および減衰係数を求めることができる。

原稿受付 昭和 35 年 1 月 10 日

* 東京大学工学部

船の質量は容易に測れるからこれより附加質量 m_z' を求めることができる。強制装置は縦揺のときと全く同じものを用い、得られた Oscillogram も全く同様である。

§2 記録の解析および表示

測定は各船型につき周波数 2~14 の間で行ない、得られた Oscillogram より強制力の振幅 F 、位相差 ϵ 、周波数 ω を求め、周波数に対して Fig.1 のごとく plot して異常のないことを確かめた後、(3) 式により見掛質量 $m+m_z'$ および減衰係数 N_h を算出し、Fig.2 のごとく周波数 base に plot した。

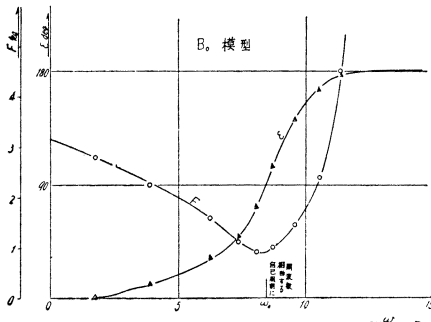


Fig. 1

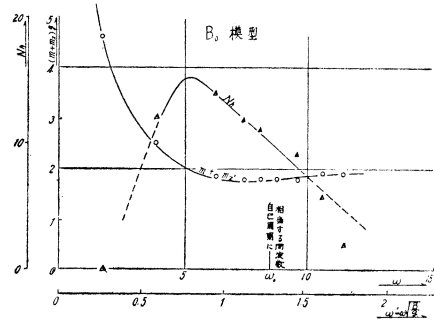


Fig. 2

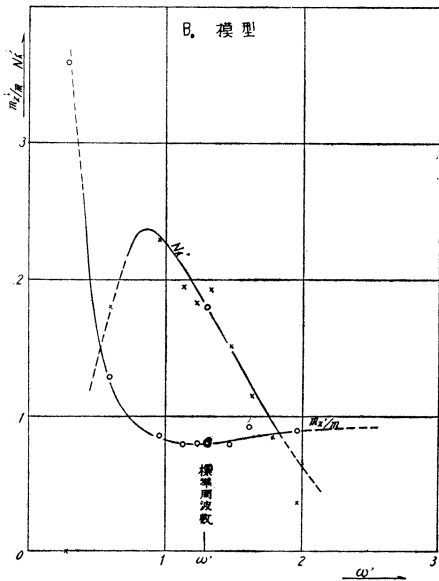


Fig. 3

このようにして各船型について求めた値は次のごとく無次元化して表わすことにした。

$$\left. \begin{aligned} \text{附加質量比} & m_z'/m \\ \text{無次元減衰係数} & N_h' = N_h \sqrt{gL/W} \\ \text{無次元周波数} & \omega' = \omega \sqrt{B/g} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

一例として B_0 船型について無次元化した値を Fig.3 に示してある。

各船型に対する結果を全部掲げるのは紙数の関係で無理なので、比較の基準として縦揺の場合と同じく自己周期に対する m_z'/m および N_h' の値を代表値として採ることとする。

§3 計測結果

(1) C_b の影響

C_b が大きくなると m_z'/m は増加するとともにその最小値を生ずる周波数が小さい方に移つて行く。この傾向は田才助教授の結果と一致する。

自己周期に対する m_z'/m の値は Fig.4 に示すごとく、 C_b が大きくなると徐々に増加する。自己周期に対する N_h' の値は Fig.5 に示すごとく C_b の増加とともに急激に減少する。この傾向は縦揺に対する減衰係数が C_b によりほとんど変化しないのと著く異なっているが、その理由として船の前後の脩せ方、すなわち C_p がこの系統模型船では C_b に比例して変化していない(第1報参照)ことが考えられる。

(2) B/L の影響

B/L の影響は Fig.6, Fig.7 に示すごとく、 $m_z'/m, N_h'$ ともに B/L の増加とともにほぼ直線的に増加する。

(3) 奥水変化

d/B の変化の影響は Fig.8, Fig.9 に示すごとく d/B が増加すると $m_z'/m, N_h'$ ともに減少する。

(4) 任意の状態に対する m_z'/m および N_h' の値

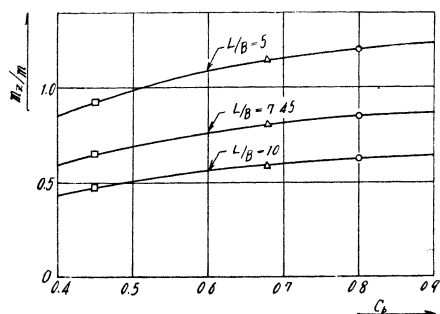


Fig. 4

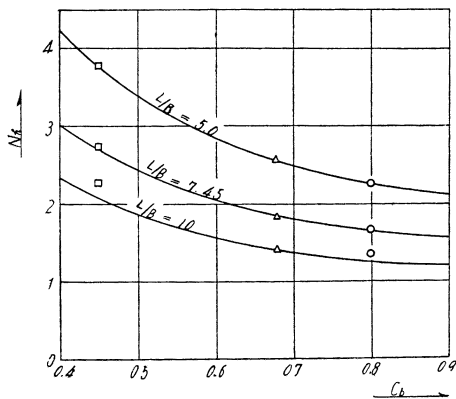


Fig. 5

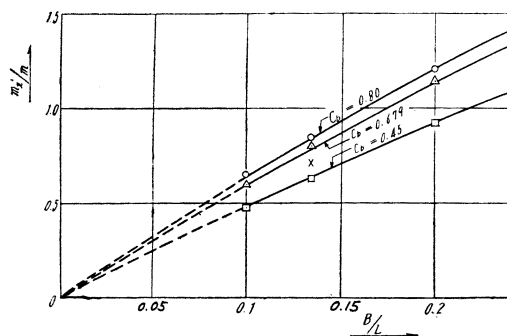


Fig. 6

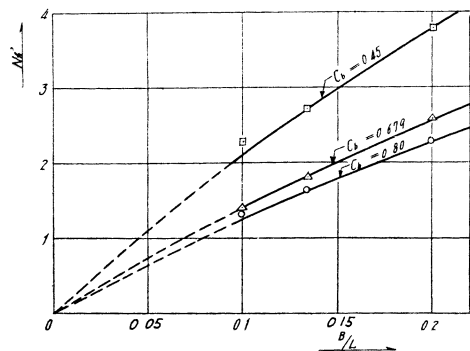


Fig. 7

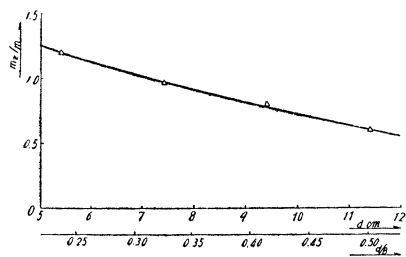


Fig. 8

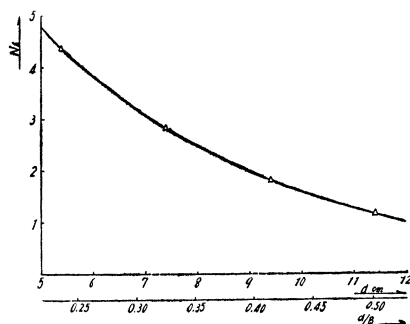


Fig. 9

任意の $C_b, L/B, d/B$ を有する船に対する m_2'/m および N_{hc}' の値を求める Chart を前報と同じ要領で作ると Fig. 10 および Fig. 11 のごとくなる。使用法は前と同じである。

(5) frame line の影響

frame line 変化の影響を見るため、 C_b 一定で frame line を変化した $F_0(V-U)$, $F_I(U-U)$, $F_{II}(V-U)$ の3船型につき実験を行なった。結果は Fig. 12, 13 に示すごとく余り大きな差が無く、Fig. 10, Fig. 11 は通常の船型に対して用い得ることが判る。

(6) 前進速度の影響

前進速度の影響を調べるため、装置全体を抵抗水槽の曳行車上に積んで実験を行なった。結果の数例を Fig. 4(a)(b), (c) に示してあるが、これより見て船が自身で起した波を追越す臨界速度以外では m_2'/m , N_{hc}' と

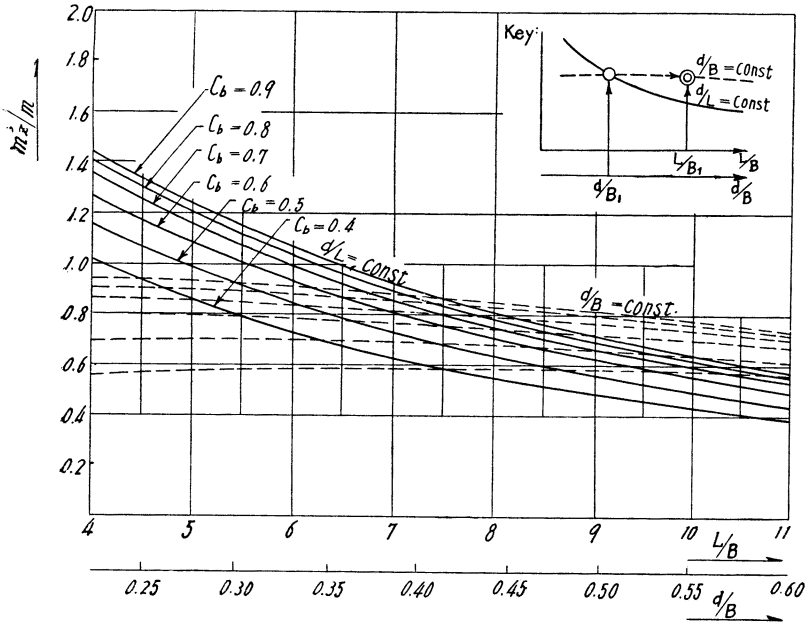


Fig. 10

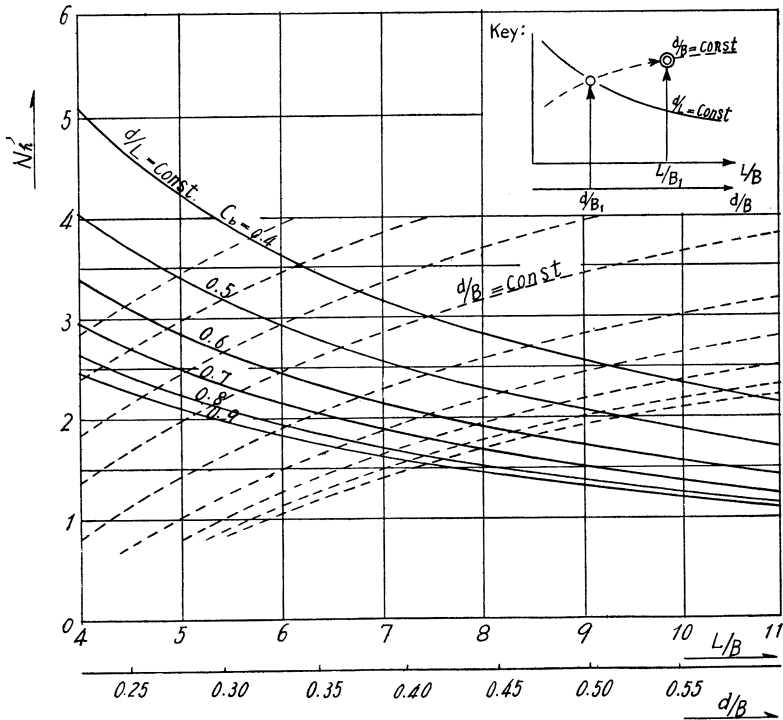


Fig. 11

もに大きな変化が無く、特に m_z'/m はほとんど速度に無関係と云つて差支えない。 N_k' は速度が増すと僅かに増加するがこれも現在の段階では変化しないと考へて差つかえないようである。

(7) 2次元の理論値との比較

田才助教授の2次元柱体に対する附加質量の理論値と本実験の結果を比較するため、比較的断面形の似ている

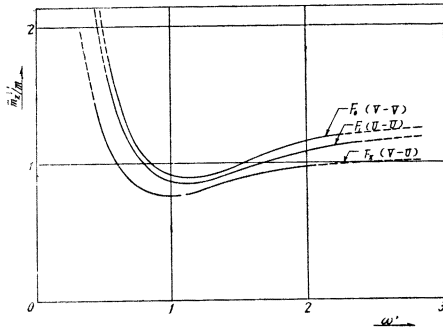


Fig. 12

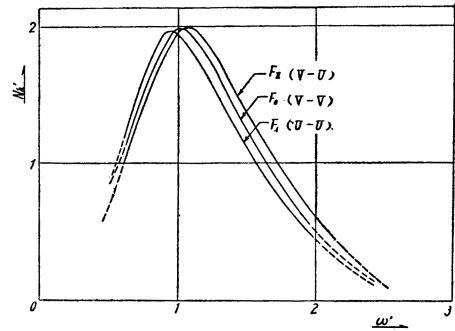


Fig. 13

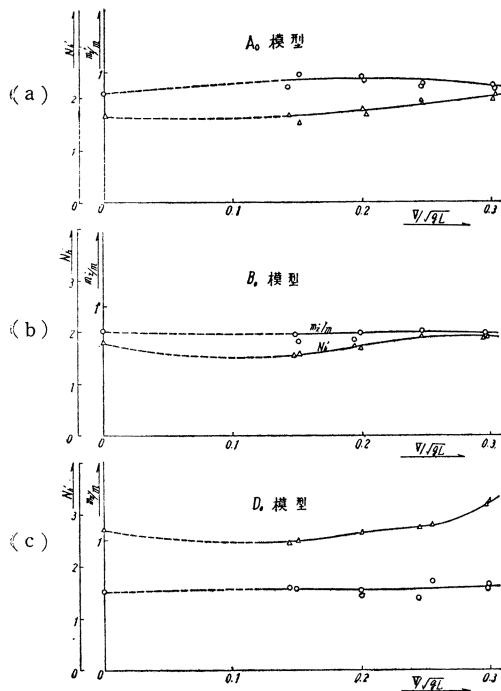


Fig. 14

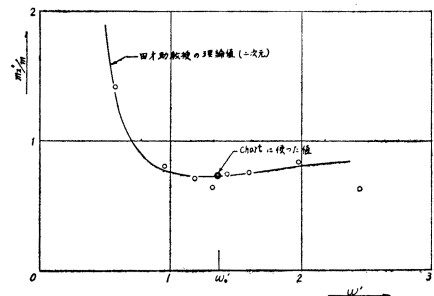


Fig. 15

C₀ 船型について strip method により附加質量を求めて見た。同論文中の ξ_0 と本論文の ω' との間には

$$2\xi_0 = \omega'^2$$

の関係があるので、計算結果を ω' base に表示すると Fig. 15 のごとくなる。

図中の plot は本論文の実験値で、2重丸は自己周期に対する値として Fig. 10 の chart に用いた値である。

Fig. 15 の理論値は 3次元の実験値と極めてよく一致し予想された 3次元影響が意外に少ないが、これは Fig. 6 で m_z'/m が B/L に対して linear に変化していることから当然と云えよう。

縦揺の場合にはこれよりも 3次元影響が大きく出ることが予想されるが、 B/L の余り大きくない範囲では strip method は十分の精度を持つと考えられる。

終りに臨み終始御指導を賜わった加藤教授ならびに各種便宜を与えられた乾教授に厚く御礼申上げる。また実験方法については徳田洋次、日比野福田両氏の卒業論文の経験に負う所が大きいので茲に感謝の意を表したい。