

(昭和 57 年 11 月 日本造船学会秋季講演会において講演)

高速コンテナ船の波浪中船体縦運動 および垂直波浪荷重について

正員 竹 沢 誠 二* 正員 平 山 次 清*
正員 西 本 和 生**

A Study on Longitudinal Motions and Wave Loads of a Container Ship in Waves

by Seiji Takezawa, *Member* Tsugukiyo Hirayama, *Member*
Kazuo Nishimoto, *Member*

Summary

In the first¹⁾ and second²⁾ report, comparisons between tank experiments and theoretical calculations were carried out mainly in following waves where encounter frequency is very low. At $\omega_e \doteq 0$ transfer functions of vertical wave load from experiment showed a considerable difference compared with results of theoretical calculation methods. And this difference is understood that there was certain problem in calculation of diffraction force and radiation force, especially in following waves.

In this paper, we made a reconsideration of accurate estimation on longitudinal ship motions and vertical wave loads taking account Mizoguchi's method³⁾ for diffraction force and moment and using Maruo's three dimensional correction⁵⁾ for only added-mass in radiation component. This calculation method for diffraction force and moment is a complementary approach in Newman's⁴⁾ diffraction solution, considering no effect of the forward velocity on the hydrodynamic coefficients mentioned in our second report. By applying this method, experimental values of longitudinal ship motions and vertical wave loads can be explained satisfactorily not only in following sea, but in all the wave directions and all Froude numbers within the range for practical use.

1 緒 言

最近のストリップ法に関する研究によると、特に追い波中の縦波浪荷重について計算と実験値の間に著しい差がみられ、従来のストリップ法では波浪荷重の推定には問題があることが明らかになっている。

筆者らが第1報¹⁾で提案した New Strip Method において付加質量に3次元修正を施した N(A) 法は縦曲げモーメントに関してはよい推定値を得ていたが、垂直剪断力に関しては実験値との一致度が極めて悪く実用計算法とはいえないことが第2報²⁾でわかった。さらに追い波中で出会周波数がゼロに近くなると波浪荷重の成分の内波浪強制上下力およびモーメントが支配的に作用し、この成分をよりよく求めることによって、周波数応答関数の実験値をよく説明できるであろうことが示され

た。

また第2報の実験結果から追い波中での Diffraction 成分における流体力、即ち断面付加質量 M_H および断面減衰係数 N_H に出会周波数影響はなく、船体停止時フルード数 $F_n=0.0$ の場合の現象が時間軸上で引き伸ばされて、ゆっくりした現象として表われるのと同等であると考えられることから、 $F_n=0.0$ の応答関数を船速にかかわらず適用できることを述べた。しかし、 $F_n=0.0$ の応答関数は Diffraction 成分の流体力の算出に周波数を ω にしているだけでなく、Radiation 成分の計算でも波周波数 ω に対する M_H および N_H を用いていることになるなど、問題が残されていることも指摘しておいた。

一方、ごく最近このような現象を良く説明しうる Diffraction Force の解法が、Newman⁴⁾ の考え方を基にして溝口³⁾によって導かれた。本論では、この方法を Diffraction 成分の計算に新しく取り入れ、さらに Radiation 成分においては前と同様に丸尾⁵⁾の3次元修正を考慮した計算法を用いて、縦運動および垂直波浪荷重

* 横浜国立大学船舶海洋工学科

** 東京大学工学系大学院 (研究当時 横浜国立大学大学院研究工学科)

に関して応答関数の推定精度を位相差も含めて再検討した結果について述べる。

なお、対象とした出会角度および船速の範囲は前 2 報より広範囲になっている。

2 波浪強制力およびモーメントの推定法

前報²⁾における追い波中垂直波浪荷重の推定においては従来の O. S. M. および N. S. M. と比較して実験から得られた波浪強制力を使用した N(A) 法がよい推定値を与えた。このことは波浪強制力をよりよく求めることによって追い波中の波浪荷重応答関数の推定精度を上げられることを意味する。さらに Diffraction 成分では波長そのものが出会現象に優先し、船速にかかわらず、船速ゼロでの ω に対する流体力係数を使用した方がよいことが実験結果から推察された。また追い波では波浪強制力の成分が支配的となり、 $F_n=0.0$ の応答関数の計算特性が実測値にほぼ一致していることから、Diffraction 成分の算出にあたっては、波周波数 ω に対する M_H および N_H の値を使用し、Radiation およびその他の成分では出会周波数に対する算出値を用いるのが、良い方法であることが類推された。

Newman⁴⁾ は細長体の船速 V および出会周波数 ω_e をあるオーダーでまとめることによって、このような Diffraction Force が導かれることを示し、ごく最近、溝口³⁾がこの方法を用いてストリップ法による波浪強制力計算における周波数のとり方について提案を行い、実験値ともかなり一致していることを示した。本報告では前 2 報と異なり Diffraction Force の計算にこの考え方を新しく導入した。

2.1 Diffraction Force の計算法

物体が細長い場合の波浪強制力およびモーメントを次のような仮定においてまとめることができる^{4), 6)}。

細長体パラメーターを実分小なる $\varepsilon=B/L$ として前進速度 V を $O(1)$ 、出会周波数 ω_e を $O(\varepsilon^{-1/2})$ とすると、 $\omega_e=\omega-(\omega^2/g)V \cos \chi$ という関係がなりたつことから、波周波数 ω は $O(\varepsilon^{-1/4})$ 、波数 K は $O(\varepsilon^{-1/2})$ となる。この仮定は波長 ($\lambda=2\pi/K$) が船長より十分短く、幅よりも長いことになる。

入射波の速度ポテンシャルを ϕ とすると

$$\phi=(ig\zeta_A/\omega)e^{iK(x\cos\chi-y\sin\chi)+i\omega t+Kz} \quad (1)$$

船体表面条件式から、船体の近傍では Diffraction ポテンシャルを表わす吹出しの強さは $e^{iKx\cos\chi}$ で変化する。したがって Diffraction ポテンシャルは

$$\phi_i=\phi'_ie^{i(Kx\cos\chi-\omega t)} \quad (2)$$

と表わされる。従来の考え方では (2) 式の $Kx \cos \chi$ の項がない。このことからこのポテンシャルについて Laplace の式、自由表面条件、船体表面条件をまとめる

と、2次元 (ストリップ法) Diffraction 問題で従来の式と異なり、縦運動では自由表面条件が波周波数 ω になったものになる。

溝口³⁾はこの船体表面条件式に N. S. M., O. S. M. の考え方を導入することによって、船体に作用する Heave exciting force および Pitch exciting moment を求めた。

この計算法と従来のストリップ法との大きな差は断面付加質量および造波減衰係数は波周波数 ω そのものに対する値 $M_H(\omega)$ と $N_H(\omega)$ を用いていることである。このことは前報において実験結果から類推した推定法と一致している。この波浪強制上下力 F_{Vz} およびモーメント M_{Vz} の計算法は次のような式である。この式を前論 (5) 式と比較すると、 ω_e が分母にある項がなくなり、したがって $\omega_e \rightarrow 0$ での発散が起きないことがわかる。これも本式の特色である。

$$\begin{aligned} F_{Vz} \begin{Bmatrix} \cos \\ \sin \end{Bmatrix} &= 2\rho g \zeta_A \int \left[\begin{Bmatrix} \cos(Kx \cos \chi) \\ -\sin(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} \right. \\ &\quad \int_0^b e^{-Kz} \cos(Ky \sin \chi) dy dx \\ &\quad + \zeta_A e^{-KTm} \left[-\omega_e \int N_H(\omega) \begin{Bmatrix} -\sin(Kx \cos \chi) \\ -\cos(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} dx \right. \\ &\quad \left. - \omega \omega_e \int M_H(\omega) \begin{Bmatrix} \cos(Kx \cos \chi) \\ -\sin(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} dx \right. \\ &\quad \left. + \omega V M_H(\omega) \begin{Bmatrix} \sin(Kx \cos \chi) \\ \cos(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} \right. \\ &\quad \left. \left. - V N_H(\omega) \begin{Bmatrix} \cos(Kx \cos \chi) \\ -\sin(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} \right] \right] \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Vz} \begin{Bmatrix} \cos \\ \sin \end{Bmatrix} &= 2\rho g \zeta_A \int \left[x \begin{Bmatrix} -\cos(Kx \cos \chi) \\ \sin(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} \right. \\ &\quad \int_0^b e^{-Kz} \cos(Ky \sin \chi) dy dx \\ &\quad - \zeta_A e^{-KTm} \left[\omega_e \int N_H(\omega) x \begin{Bmatrix} \sin(Kx \cos \chi) \\ \cos(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} dx \right. \\ &\quad \left. + \omega \omega_e \int M_H(\omega) x \begin{Bmatrix} \cos(Kx \cos \chi) \\ -\sin(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} dx \right. \\ &\quad \left. + \omega V \int M_H(\omega) \begin{Bmatrix} \sin(Kx \cos \chi) \\ \cos(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} dx \right. \\ &\quad \left. + V \int N_H(\omega) \begin{Bmatrix} -\cos(Kx \cos \chi) \\ +\sin(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} dx \right. \\ &\quad \left. - \omega V M_H(\omega) \begin{Bmatrix} \sin(Kx \cos \chi) \\ \cos(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} \right. \\ &\quad \left. \left. + V N_H(\omega) x \begin{Bmatrix} \cos(Kx \cos \chi) \\ -\sin(Kx \cos \chi) \end{Bmatrix} \right] \right] \quad (4) \end{aligned}$$

T_m = mean draught of section ;

b = half width of cross-section at the water line ;

$K = \omega^2/g$, wave number ;

χ = angle of wave incidence ;

$M_H(\omega) = \omega$ base sectional added-mass ;

$N_H(\omega) = \omega$ base sectional damping coefficient ;

ζ_A =wave amplitude ;

V =forward speed of ship ;

これらの式の第1項は Froude-Kriloff 成分であり、従来の N. S. M. によるこの成分と同じである。本論の計算ではこの項は溝口のこの成分と異なり³⁾、より厳密に断面上の幅方向の積分を行っている。

以下この式を用いた Diffraction Force の計算法を Diff(ω) と呼ぶことにする。

文献 3) ではこの方法を用いた計算値と Heave exciting force および Pitch exciting moment の実験値との比較を行っているが、本研究では、この計算法に基づいた、midship における波浪強制垂直剪断力および縦曲げモーメントの計算結果と前報²⁾に掲載した実験値との比較を行った。その結果 $F_n=0.275$ および $F_n=0.4$ においてかなりの一致度を示し、この方法を用いることによって縦方向に関するストリップ法が改善されることがさらに明らかになった。

ここで、一例として $F_n=0.4$ における波浪強制縦曲げモーメントの図を Fig. 1 に掲載する。記号の説明は次節で述べるが図中の (4), (5), (6) が今回の計算値である。

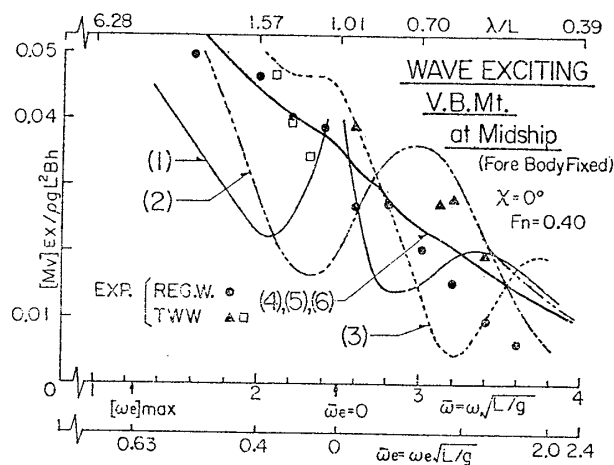


Fig. 1 Wave exciting V. B. moment at midship, $\chi=0^\circ$, $F_n=0.4$

3 縦運動および垂直波浪荷重の推定の問題点

3.1 Diff(ω) 法による縦運動および垂直波浪荷重

追い波中における縦運動および垂直波浪荷重の推定においては波浪強制上下力およびモーメントがの場合支配的となることから、Diff(ω) 法を用いることによりかなりの改善があることは文献 3) でも示されている。

しかし追い波中出会周波数 ω_e がゼロに近づくとき 2 次元的に求めた断面付加質量が発散する。したがって第 1

Table 1 Representation of calculation methods

(1)	N(O)	————	New Strip Method (Original)
(2)	N(A)	-----	N.S.M. with 3dim. correction on Added Mass only
(3)	N(A.D.)	-----	N.S.M. with 3dim. correction on Added Mass and Damping Coefficient
(4)	N(O)+Diff(ω)	-----	N(O), MIZOGUCHI'S METHOD for Diffraction force is applied
(5)	N(A)+Diff(ω)	-----	N(A), MIZOGUCHI'S METHOD for Diffraction force is applied
(6)	N(AD)+Diff(ω)	-----	N(A.D.), MIZOGUCHI'S METHOD for Diffraction force is applied

報¹⁾の(3), (4), (5)式における Radiation および Diffraction 成分がこの付加質量を含んでいることから、この両成分は $\omega_e=0$ の近傍では発散する。よって従来から使用されて来た N. S. M. および O. S. M. はこの付近で問題があることがわかる。しかし Radiation 成分の発散が小さい $F_n=0.275$ では、後出の Fig. 8, 14 の中に示す [(4)] の計算法からわかるように通常の N. S. M. で Diffraction 成分のみに、この Diff(ω) 法を用いるだけでかなりの一致度が見られる。これに対し、Radiation 成分の発散が目立つ $F_n=0.4$ においては Diffraction 成分に Diff(ω) を用いた方法のみでは問題があり、Fig. 6, 7 における縦運動に大きな影響を与え、Fig. 13, 19 における垂直波浪荷重も $\omega_e=0$ の近傍で発散がみられる。

3.2 Radiation 成分における 3 次元影響

Diffraction 成分と異なり Radiation にもとづく流体力は出会周波数に依存しており、出会周波数が極めて低い場合、ストリップ法によって求めた付加質量は発散するが 3 次元的に解いたものにはそれがみられない。このようなことから低周波範囲での 3 次元影響は無視できない。

一方、第 1 報¹⁾で述べた丸尾⁵⁾の示した実用的な Improved Slender Ship Theory に基づく低周波域においての 3 次元影響を Radiation 成分に考慮することによって Radiation 成分の発散はなくなる。そこで、この方法にさらに Diffraction 成分において Diff(ω) を用いた縦運動および垂直波浪荷重の計算を行い、比較検討を行うことにした。

本論では前 2 報で述べた主な計算法 (N(A), N(AD), etc) の他に、新しく試みた各種計算法による結果を実験値と比較しているため、Table 1 に示した図の中で使用されている記号を説明する。なお O. S. M.¹⁾は追い波の実験値とかなりの差があるので今回掲載しなかった。

(1) N(O) : New Ship Method の原型 (original)

(2) N(A) : N. S. M. 法に Added-Mass にのみ 3 次元修正を加えたもの

(3) $N(AD)$: N. S. M. 法で Added-Mass および Damping Coeff. に 3 次元修正を行ったもの

(4) $N(O)+Diff(\omega)$: $N(O)$, ただし波浪強制力に $Diff(\omega)$ を用いた。

(5) $N(A)+Diff(\omega)$: $N(A)$, ただし波浪強制力に $Diff(\omega)$ を用いた。

(6) $N(AD)+Diff(\omega)$: $N(AD)$, ただし波浪強制力に $Diff(\omega)$ を用いた。

4 理論計算値と実験結果の比較

本論ではこれらの理論計算結果と実験結果と比較するために第1報および第2報に示した本学で得られた $F_n=0.275$ の正面追い波および向い波と $F_n=0.4$ の正面追い波の実験値の他に住友重機平塚水槽 (S. H. I.) における正面追い波中および斜波中の実験結果を一部引用した。

ここで比較した Froude 数, 波向などは Table 2 に一覧表として掲載してある。なお船体縦運動, ミドシップにおける垂直剪断力 F_v および縦曲げモーメント M_v の応答の振幅および位相の実験値を求めるため規則波の他に過渡水波¹⁾を使用しているので, Table 3 でそれぞれの実験値の記号を示してある。

4.1 波浪中における船体縦運動の応答関数

波浪中における縦運動に関しては従来のストリップ法 (N. S. M., O. S. M. など) による推定値が実験値とよく一致していることが知られている。

この推定値は第1報¹⁾で述べたように追い波においても実験値と良く一致し, 船体縦運動に関しては従来の方法でも問題はないといえる。

本論では, $Diff(\omega)$ を波浪強制上下力およびモーメントの算出に用い, $N(O), N(A), N(AD)$ によって Table 2 に掲載されている Froude 数および波方向において縦運動の計算結果と実験結果と比較を行ったところ全計算法による結果の差はほとんどなく, 実験値ともよく一致しているので, ここでは主に各計算法による算出値に比

Table 2

Froude number and correspondent wave directions for comparison between exp. values and calculation methods

F_n	χ (deg)
0.0	0° (follow)
0.2	30°
0.275	0° (follow) 30° 150° 180° (head)
0.4	0° (follow)

較的差があるものを掲載した。

Fig. 2, 3 に示されるように $F_n=0.0$ の縦運動および垂直波浪荷重の応答関数の計算においては $Diff(\omega)$ によ

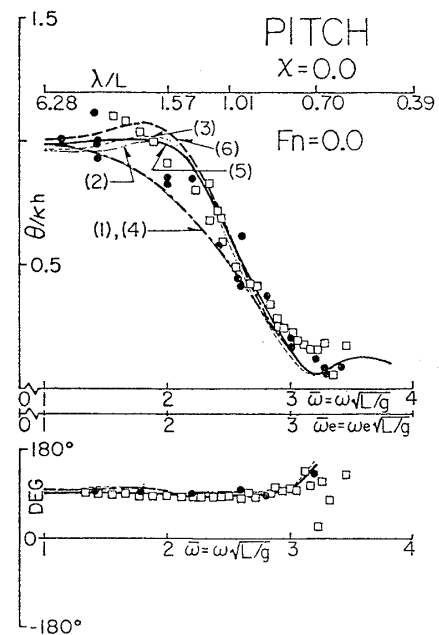


Fig. 2 Transfer function of pitch, $\chi=0^\circ$, $F_n=0.0$

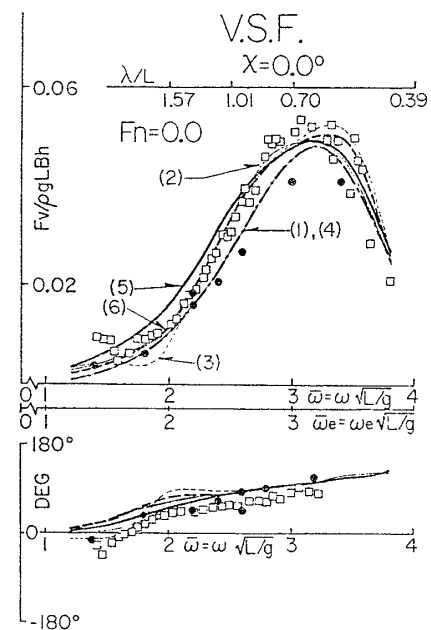


Fig. 3 Transfer function of vertical shearing force, $\chi=0^\circ$, $F_n=0.0$

Table 3 Representation of experimental results

●	REGULAR	Yokohama National University
◇ □ ▼ ▲ ○	T.W.W.	
①	REGULAR	Sumitomo Heavy Industries, LTD (Hiratsuka laboratory)
△	T.W.W.	

る波浪強制力と従来のストリップ法における波浪強制力は同じであるから従来の N. S. M. とかわらなくなることになり、運動および波浪荷重の計算値はこの状態においては実験値をよく説明している。また流体力に3次元影響を導入することによっても低周波域に大きな変化はない。また $N(AD)$ および $N(A)$ にもほとんど差はなくむしろ実験値に近づく傾向を示した。

また速度がある場合には、 $F_n=0.275$ に関して $\chi=90^\circ$ をのぞく全波方向について考察を行ったが運動についてはほとんど差はない。

向い波 ($\chi=180^\circ$) における縦運動は $\text{Diff}(\omega)$ を考慮することによっても大きな差はないが、3次元影響を含むことによって低周波域における Pitch Fig. 4 の応答関数の変動がみられた。追い波中 ($\chi=0^\circ$) の Pitch Fig. 5 に関しても ω ベースでみた低周波域で同じような傾向があることがわかる。しかし $F_n=0.0$ の場合と同様にむしろ実験値に近づくことが $N(A)+\text{Diff}(\omega)$ による計算値でわかる。

$F_n=0.4$ における船体縦運動の応答関数 Fig. 6, 7 についてはすでに述べたように $N(O)+\text{Diff}(\omega)$ の計算結

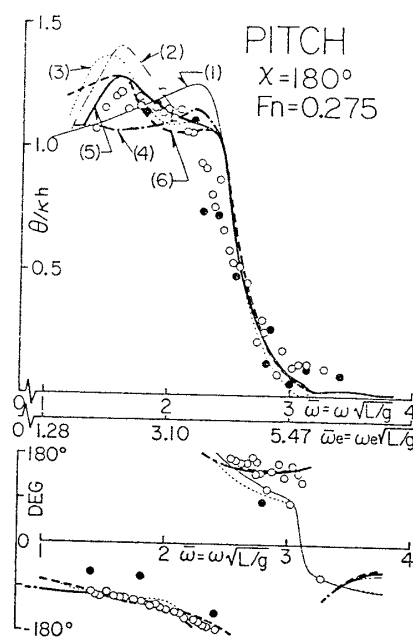


Fig. 4 Transfer function of pitch, $\chi=180^\circ$, $F_n=0.275$

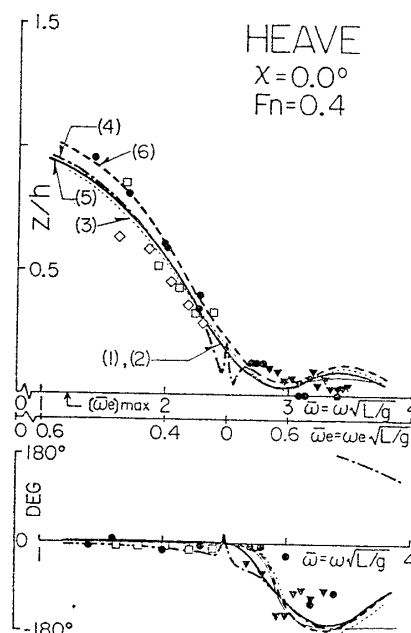


Fig. 6 Transfer function of heave, $\chi=0^\circ$, $F_n=0.4$

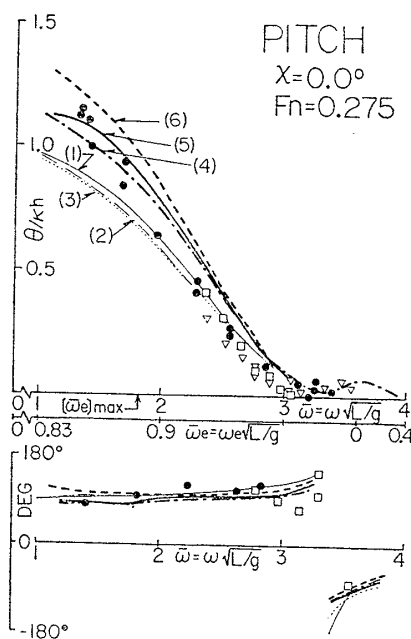


Fig. 5 Transfer function of pitch, $\chi=0^\circ$, $F_n=0.275$

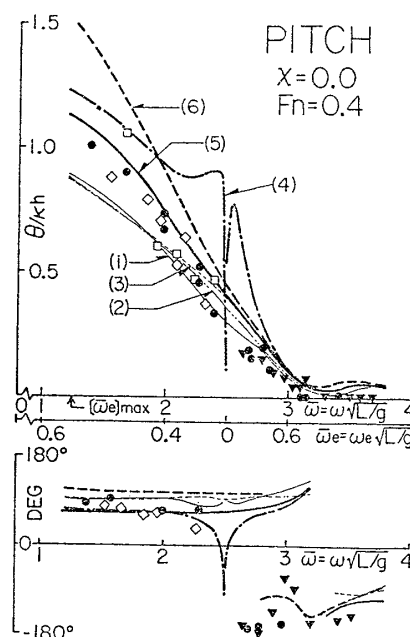


Fig. 7 Transfer function of pitch, $\chi=0^\circ$, $F_n=0.4$

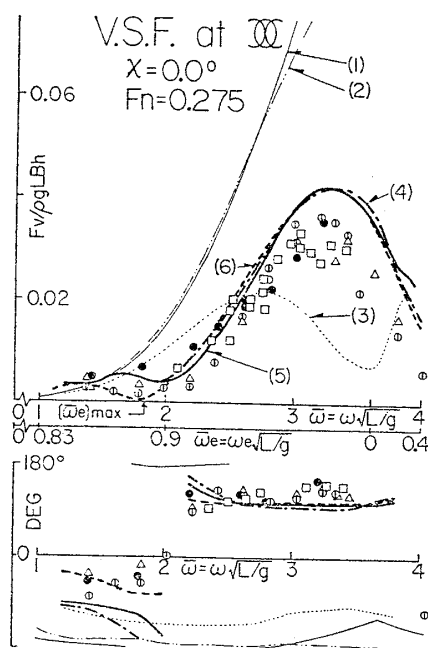


Fig. 8

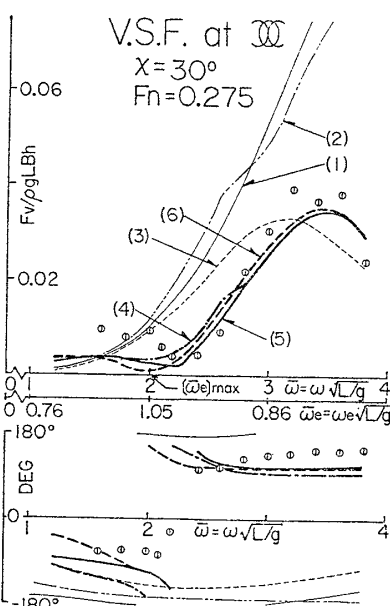


Fig. 9

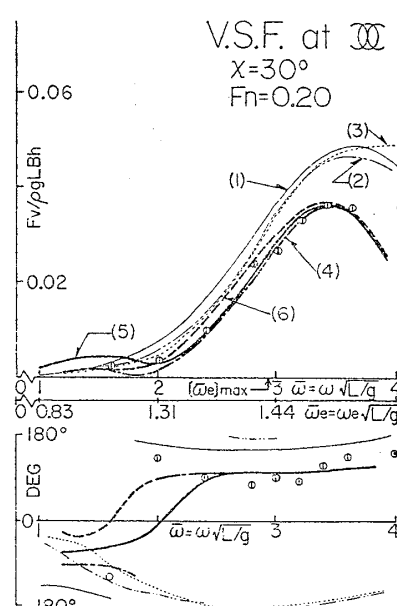


Fig. 10

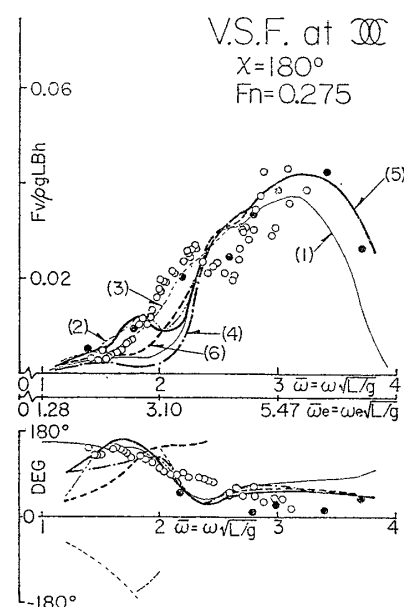


Fig. 11

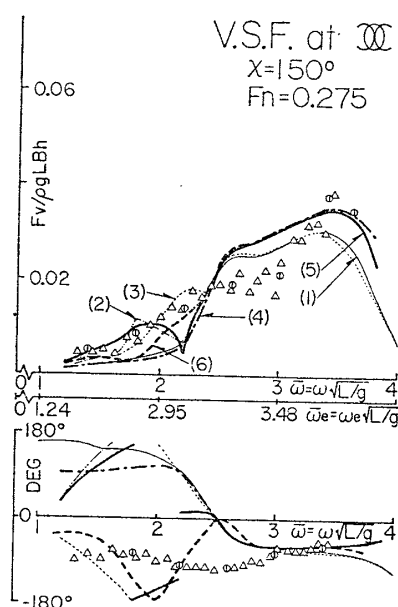


Fig. 12

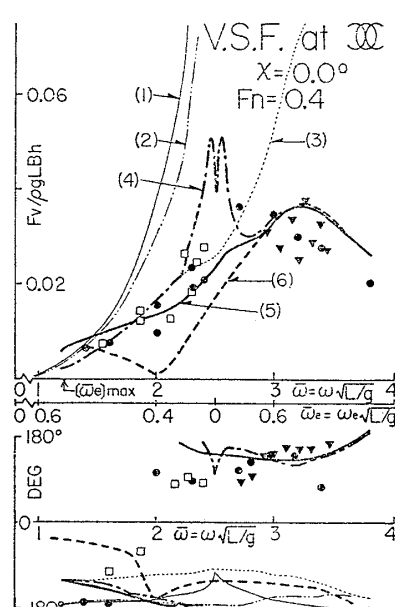


Fig. 13

Fig. 8~13 Transfer function of vertical shearing force at ∞

果には $\omega_e=0$ の近傍で発散値がみられた。しかし、3次元修正を考慮することにより、この発散値はなくなり特に $N(A)+Diff(\omega)$ が実験値をよく説明しているといえる。

4.2 波浪中における垂直剪断力の応答関数

前報で問題となるように、追い波中における垂直前断力については従来のストリップ法と実験結果の差は極めて大きい。そこで、ここでは追い波中で航走時の実験値と本論における計算結果との比較を主としてとりあげ、向い波および斜波中でも $F_n=0.275$, $F_n=0.2$, $F_n=0.4$ において比較検討した。

追い波中では波浪強制力が支配的である。また $X=0^\circ$, $F_n=0.275$ における垂直剪断力 Fig. 8 は Radiation 成分の発散が顕著でないため $Diff(\omega)$ 法を適用するだけで実験値をよりよく説明できる。さらに3次元影響を含めても、これによる変化はほとんどみられず [(4)], [(5)], [(6)] の計算結果はほとんど一致している。

しかし、Radiation 成分の発散が目立つ $F_n=0.4$, Fig. 13 に関しては、計算値間の一致はみられず $N(A)+Diff(\omega)$ 法が実験値をよく説明しており、Radiation 成分における3次元修正の必要性がわかる。

斜め追い波中 ($X=30^\circ$) の $F_n=0.275$, Fig. 9 および

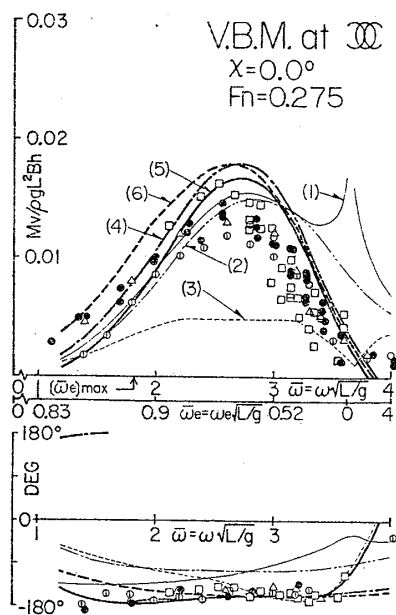


Fig. 14

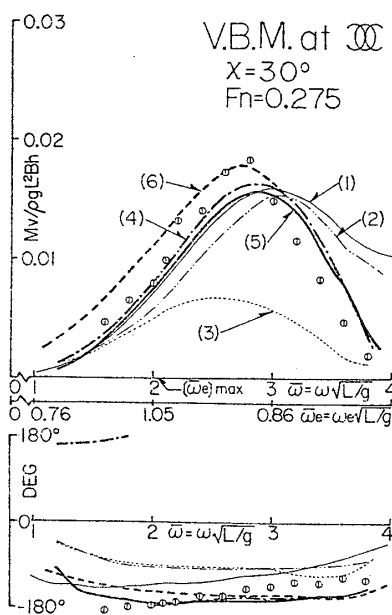


Fig. 15

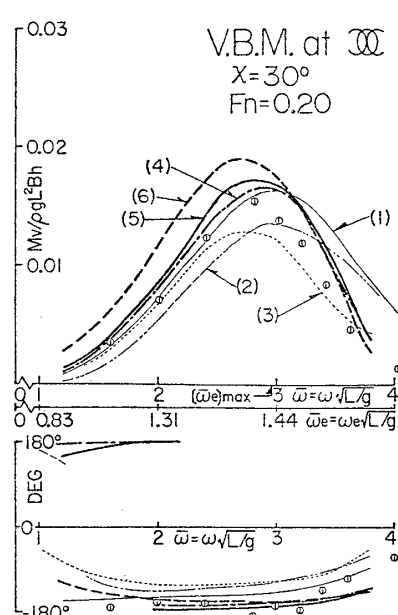


Fig. 16

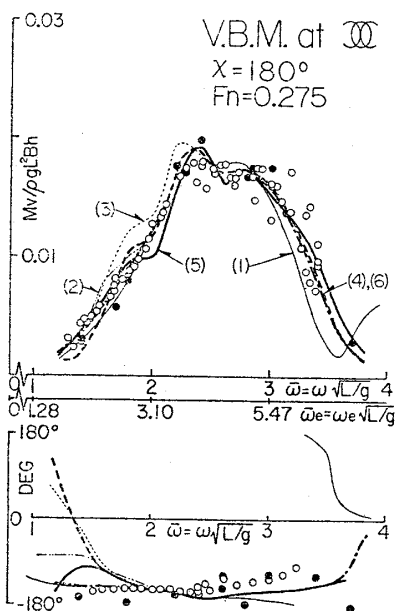


Fig. 17

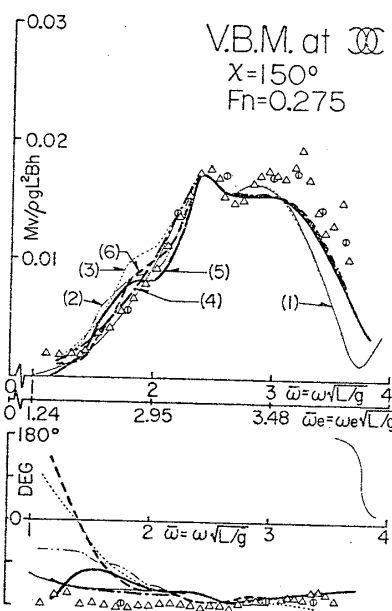


Fig. 18

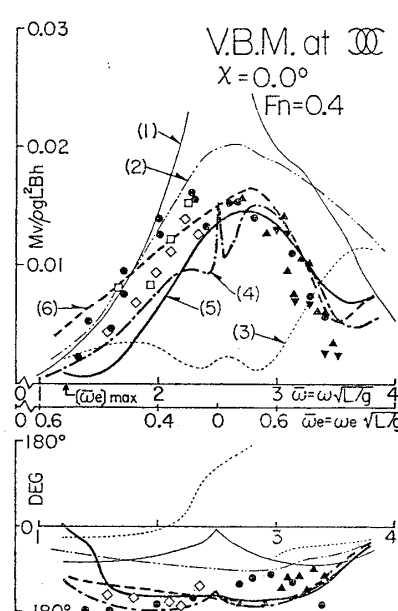


Fig. 19

Fig. 14~19 Transfer function of vertical bending moment at ∞

$F_n=0.2$, Fig. 10 における垂直剪断力についても正面追い波と同様な議論が成り立つことがわかる。

正面向い波中 ($\chi=180^\circ$) の $F_n=0.275$, Fig. 11 および斜め向い波中 ($\chi=150^\circ$) の $F_n=0.275$, Fig. 12 の垂直剪断力に関しては $\text{Diff}(\omega)$ を含むことによって追い波中における場合のような大きな変化はみられず、高周波において若干差がある程度である。また3次元修正を考慮してもその差はほとんどみられないが、低周波域において、より実験値に近づくことがわかる。

4.3 波浪中における縦曲げモーメントの応答関数

縦曲げモーメントに関しては垂直剪断力と同様に前2報において検討した $F_n=0.275$ および $F_n=0.4$ の追い

波中の応答関数を主として、 $F_n=0.275$, $F_n=0.2$ の正面向い波と斜波中の縦曲げモーメントについても今回の方法による計算結果と比較検討を行った。

$F_n=0.275$ の追い波中では ($\chi=0^\circ$) Fig. 14, 特に ω_e がゼロの近傍では波浪強制モーメントが支配的であることから、この成分において $\text{Diff}(\omega)$ を用いることのみによっても実験値をよく説明している。これは $F_n=0.275$ の Radiation 成分の発散が顕著でないことによるものであるが、垂直剪断力と同様に $F_n=0.4$, $\chi=0^\circ$ における $\omega_e=0$ の近傍での縦曲げモーメントの Radiation 成分の発散が目立つ場合は、3次元修正を考慮すれば実験値との一致度もよくなることが Fig. 19 で明らかであ

る。

また第1報で提案した $N(A)$ による計算結果と比較してもかなり一致度が良くなっていることがわかる。

斜め追い波中 ($\chi=30^\circ$) の $F_n=0.275$, Fig. 15 および $F_n=0.2$, Fig. 16 における縦曲げモーメントに関しても $\text{Diff}(\omega)$ を考慮することによって、剪断力の場合と同じことが考えられ、実験値をよく説明している。しかし、ここでは $N(AD)+\text{Diff}(\omega)$ は低周波数域で若干異なることがわかる。

$F_n=0.275$ における正面向い波 ($\chi=180^\circ$) Fig. 17 および斜め向い波 ($\chi=150^\circ$) Fig. 18 における縦曲げモーメントの応答関数はここで示した各種計算法による結果の差はほとんどなく実験値とよく一致している。

4.4 位 相 差

本研究では前2報のいずれにも掲載しなかった応答関数の位相差をも示し、全般にわたって実験値と計算値との比較を行った。

$F_n=0.0$ における応答関数および前進速度がある場合の縦運動の位相差に関しては実験値はほぼ等しく Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7 において各計算値との差もほとんどないことがわかる。しかし $\text{Diff}(\omega)$ を用い、3次元修正をも考慮したものが、さらに実験値に近づくことが見られた。

航走時の波浪荷重に対しては、向い波 ($\chi=180^\circ$) および斜め向い波 ($\chi=150^\circ$) の Fig. 17, 18 の縦曲げモーメントにおいては従来のストリップ法による位相差は実験値をよく説明しており、 $\text{Diff}(\omega)$ を用い3次元修正を考慮したものとも低周波域をのぞいてはほぼ一致している。しかし Fig. 11, 12 の剪断力に関してはこの一致度は悪い。

問題の追い波 ($\chi=0^\circ$) および斜め追い波 ($\chi=30^\circ$) においては $\text{Diff}(\omega)$ および3次元修正を考慮することによって実験値に近づく傾向がみられるが、これらについては Fig. 8, 9, 10, 14, 15, 16 に示されている。

5 結 論

本論では前2報に引き続き波浪中航走時の縦運動および垂直波浪荷重のより精度の良い実用的な推定法について検討してきたが、ここで得られた結果を以下に列記する。

1) 本論において用いた波浪強制力の計算法は、理論的には波長が長い場合と短い場合には適合しないにもかかわらず $\text{Diff}(\omega)$ 法による波浪強制力は割合広い範囲の λ/L にわたって実験値をよく説明していた。なお文献3)での実験値との比較においてもこのことがいえる。

2) 波浪強制上下力およびモーメントの算出にあたり Diffraction 成分の2次元流体力に ω ベースの値を用いる $\text{Diff}(\omega)$ 法は従来のストリップ法よりすぐれ、特に波

浪荷重の中でこの成分が支配的となる追い波ではこの方法は有効である。しかし従来のストリップ (N. S. M.) 法による Radiation 成分は出会周波数が零の近傍で発散する。したがってこの影響が大である高速追い波中では、 $\text{Diff}(\omega)$ 法のみによる運動および波浪荷重の推定にはまだ問題が残されている。

3) したがってこの問題点の解消をも含めた追い波、向い波および斜波中の縦運動および垂直波浪荷重の計算法については、N. S. M. 法 (特に追い波では) を用いかつ a) $\text{Diff}(\omega)$ 法を波浪強制力に用い、さらに b) Radiation 成分に含まれる断面付加質量のみに3次元修正を考慮する方法が全 Froude 数にわたって位相差も含めて実験結果を説明しうるので、従来のストリップ法にかわる実用算法として改めて提案する。

ただ $N(AD)+\text{Diff}(\omega)$ 法でも全般的に実験値を説明することができるが、部分的に若干差がみられたので前述の提案とした。

最後に本論文をまとめるにあたり、前2報も含めて貴重なデータを提供していただいた住友重機械工業(株)平塚研究所、特に再解析の労をとって頂いた小林頭太郎氏および公表前の論文を快く提供していただいた石川島播磨重工業(株)の溝口純敏氏に厚く御礼申しあげる。また本論の図面作成にあたっては宮川清助手、高山武彦技官に負うことが多く、ここに改めて謝意を表わす。

参 考 文 献

- 1) S. Takezawa, T. Hirayama, K. Nishimoto: A study on longitudinal motions and bending moment of a container ship in following sea, J. S. N. A. Japan, Vol. 150 (1981).
- 2) 竹沢誠二, 平山次清, 西本和生: 追い波中における船体縦運動と垂直波浪荷重について, 日本造船学会論文集, 第151号 (1982).
- 3) 溝口純敏: 高速コンテナ船の斜波中波浪強制力について (ストリップ法による波浪強制力計算における周波数のとり方), 関西造船協会春季講演会において講演, 昭和57年関西造船協会誌187号発表.
- 4) Newman, J. N.: Marine Hydrodynamic, M. I. T. Press (1977).
- 5) Maruo, H. & Tokura, J.: Predication of hydrodynamic forces and moments acting on ships in heaving and pitching oscillations by means of an improvement of slender ship theory, J. S. N. A. Japan, Vol. 143 (1978).
- 6) Newman, J. N.: The theory of ship motions, Adv. Appl. Mech. No. 18 (1978).
- 7) 小林頭太郎, 小保方準: コンテナ船型の斜波中船体運動及び波浪荷重試験, 住友重機械技報, Vol. 29, No. 86, 昭和56.8.
- 8) 西本和生: 波浪中船体縦運動及び垂直波浪荷重推定精度向上に関する研究, 横浜国大大学院工学研究科, 昭和56年度修士論文, 昭和57.3.