

神戸商船大学	船貨輸送研究施設	正員	久保雅義
神戸商船大学	船貨輸送研究施設	正員	斎藤勝彦
東洋建設(株)	技術本部	正員	大音宗昭
東洋建設(株)	鳴尾研究所	正員	○弓山 泰

1. はじめに

著者らは、荒天時における航行補助施設として「船舶入港支援ガイド」の設置を提案してきた。このガイドに要求される必要最低限の条件は、船体を損傷せずかつ船体を転覆させないことである。このことを確認するため、簡易な数値計算法により船体接触時のガイドおよび船体の挙動をある程度の精度で検討できることが望ましく、そうした数値モデルを開発してきた。しかし、既発表の数値計算法は波強制力をサージ成分にしか考慮していない。ガイドと船の接触による船体の挙動、特に横傾斜角を検討する上で、ガイドから受ける反力に加えて波による横傾斜角の増大を無視することはできない。そこで今回は波強制力をピッチ、ヒーブをのぞく4成分に拡張し、主に支援ガイドのエネルギー吸収過程および船体横傾斜角について模型実験結果と数値計算結果を比較検討し、数値モデルの妥当性について検討した。

2. 波強制力の評価

波強制力は船形を箱船近似とし微小振幅を仮定して評価する。図-1に示す固定座標系からみた船体周辺の入射波ポテンシャル ϕ_i を船体の運動を考慮し次式で表す。

$$\phi_i = -\frac{ag}{\omega} \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \cos(kX_G \sin \gamma + kY_G \cos \gamma + x_1 \sin(\gamma - \theta) + x_2 \cos(\gamma - \theta) - \omega t + \varepsilon_w) \quad (1)$$

ここに、 a は波の振幅、 g は重力加速度、 k は波数、 ω は角周波数、 h は水深、 X_G および Y_G は固定座標系からみた船体の重心位置、 x_1 、および x_2 は船体座標系における任意の点の位置、 ε_w は初期位相である。

圧力の算定には以下に示す線形化された圧力式（フルードクリロフ力）を用いる。

$$P_i = P_{FK} = -\rho \left(\frac{\partial}{\partial t} - U \frac{\partial}{\partial x_2} \right) \phi_i \quad (2)$$

スウェーイ、サージ、ロールおよびヨーに作用する波強制力は、圧力式（2）をその作用方向に積分することにより、次式のように書き表せる。

$$F_{sway} = \int_{-d}^0 \int_{-L/2}^{L/2} (P_{i(x_1=-B/2)} - P_{i(x_1=B/2)}) dx_2 dz \quad (3)$$

$$F_{surge} = \int_{-d}^0 \int_{-B/2}^{B/2} (P_{i(x_2=-L/2)} - P_{i(x_2=L/2)}) dx_1 dz \quad (4)$$

$$M_{roll} = \int_{-d}^0 \int_{-L/2}^{L/2} (P_{i(x_1=B/2)} - P_{i(x_1=-B/2)}) \cdot (\overline{OG} - z) dx_2 dz - \int_{-L/2}^{L/2} \int_{-B/2}^{B/2} P_{i(z=-d)} \cdot x_1 dx_1 dx_2 \quad (5)$$

$$M_{yaw} = \int_{-d}^0 \int_{-B/2}^{B/2} (P_{i(x_2=-L/2)} - P_{i(x_2=L/2)}) \cdot x_1 dx_1 dz + \int_{-d}^0 \int_{-L/2}^{L/2} (P_{i(x_1=B/2)} - P_{i(x_1=-B/2)}) \cdot x_2 dx_2 dz \quad (6)$$

上式より得た波強制力および波強制モーメントを船体の運動方程式中に取り込み、波浪場における船体動揺を検討した。

Masayoshi KUBO, Katuhiko SAITO, Muneaki OOTO, Yutaka YUMIYAMA

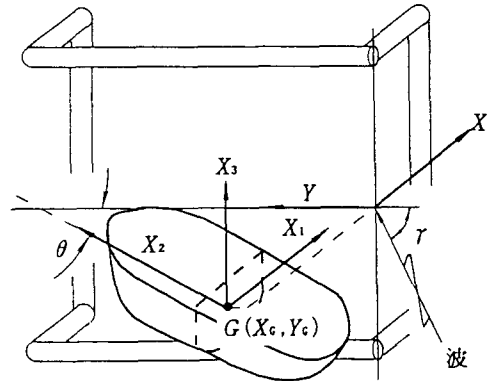


図-1 座標系

3. 実験との比較による数値モデルの検証

数値モデルの妥当性を検討するため、久保ら¹⁾の模型縮尺 1/14.4 での実験結果との比較を行った。模型縮尺 1/14.4 とし、比較する波浪場は静水中および $H=2$ m, $T=7$ s の規則波浪場とした。なお、想定した水深は 8.6 m である。

(1) ダッシュポットとバネのエネルギー吸収過程

ダッシュポットとバネによるエネルギー吸収機構を、本数値モデルがどの程度再現できるかを検討するために、数値計算によるダッシュポット、バネ、合反力および受衝枠変位の時系列と実験によるそれらとを比較した。その結果の一例を図-2に示す。計算における初期条件を簡易化するため、静水状態を対象とし、その実験結果の解析より得られた船体の進入角と進入速度を用いて計算を行った。図に示すケースの進入角は 87.7° 、進入速度は現地スケールで 2.47 m/s である。これによると、ダッシュポット反力と受衝枠変位量の計算値は実験におけるそれよりも反力および変位の立ち上がりが若干早く、逆にバネ反力の計算値は実験におけるそれよりも反力の立ち上がりが遅い。しかしながら、計算値と実験値とはよく一致している。

(2) 船体とガイドの接触による最大横傾斜角への波強制力の影響

波強制力が船体の横傾斜角に与える影響について検討したものが図-3である。波強制力を考慮した計算値の幅は、波の初期位相を変化させて計算した場合に発

生する横傾斜角の極値の範囲を示す。波強制力をサージおよびロール成分のみを考慮した場合には、横傾斜角は静水時におけるそれにほぼ添う形で、進入速度の増大とともに初期位相差による横傾斜角の増減幅を縮小しながら増大する。しかしながら、波強制力を前記の4モードに考慮した場合、波の初期位相差による最大値は、進入速度が早くても若干増大するにとどまる。また、進入速度が約 2.7 m/s 以下の場合には、サージおよびロールの波強制力を考慮した場合よりも横傾斜角の増減幅も広く、最大値も大きい。一方、進入速度が約 2.7 m/s 以上になると、横傾斜角の最大値はサージおよびロールの波強制力を考慮した場合のそれよりも小さい。今回の計算に用いた波の波速は約 2.14 m/s であり、船速の波向き方向成分とほぼ一致することから、この現象は船速と波速の関係が影響していると考えられる。しかしながら、今回はスウェイに作用する波強制力と枠荷重および船体横傾斜の関係は検討しておらず、今後の課題としたい。

4. あとがき

以上、波強制力を簡易な方法で船体の運動方程式に取り込み、ガイドのエネルギー吸収過程と船体横傾斜角の算定法について検討を行った。簡易な数値モデルながら、少なくともエネルギー吸収過程は比較的精度よく再現できたものと考えられる。

5. 参考文献

1) 久保雅義・斎藤勝彦・上田 茂・岡田 学・下田直克：波浪下における漁船用船舶入港支援ガイドの機能確認実験，海岸工学論文集，第40巻，pp.946-949, 1993

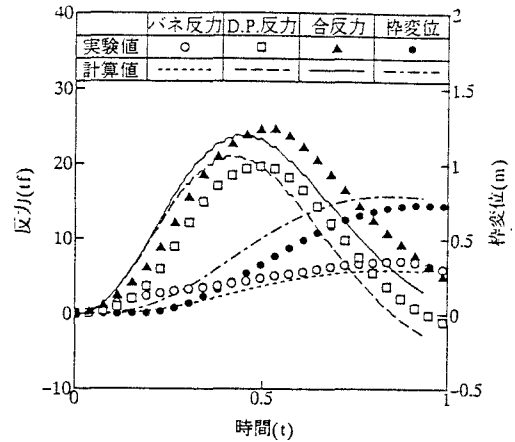


図-2 ガイドの緩衝特性

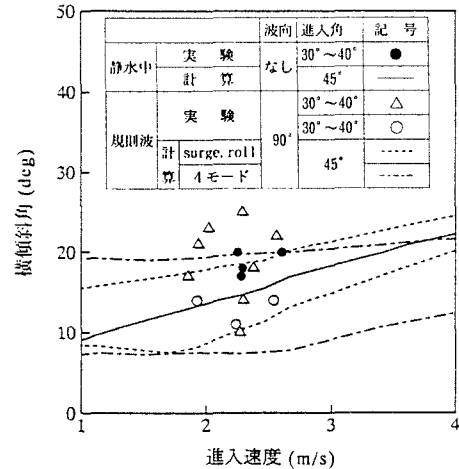


図-3 船体横傾斜角