

II - 356

船舶入港支援ガイド諸特性の計算における波強制力の算定法について

東洋建設鳴尾研究所

正会員 ○弓山 泰

神戸商船大学船貨輸送研究施設

正会員 久保雅義

神戸商船大学船貨輸送研究施設

正会員 斎藤勝彦

東洋建設鳴尾研究所

正会員 大音宗昭

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。このガイドの機能を確認するため、船体の進行方向であるサージ成分の波強制力のみを考慮した簡易な数値計算手法により、船体接触時のガイドおよび船体の挙動を検討してきた。しかしながら、サージ成分以外の波強制力による船体運動が、さらに大きな力をガイドへ与えることも考えられる。そこで本研究では、波浪場におけるガイドの機能をより正確に把握するため、比較的簡易な方法で算出した波強制力による船体運動について検討した。

2. 波浪場における外力

波浪場において流体から船体運動に作用する外力は、波強制力と流体抵抗力がある。この2つの外力を以下に示す方法で評価し、船体の運動方程式¹⁾に取り込む。

2. 1 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。

$$\phi_i = -\frac{ag \cosh k(h+x_3)}{\omega \cosh kh} \cos(kX_G \sin \gamma + kY_G \cos \gamma + x_1 \sin(\gamma - \theta) + x_2 \cos(\gamma - \theta) - \omega t + \varepsilon_w) \quad (1)$$

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 、 x_2 および x_3 は船体座標系における任意の点の位置、 θ および γ は船の進入角および波向き、 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)をその作用面で積分することにより、次式から算出する。

$$F_{sway} = \int_{-d}^0 \int_{-L/2}^{L/2} (P_{i(x_1=B/2)} - P_{i(x_1=-B/2)}) dx_2 dx_3 \quad (3)$$

$$F_{surge} = \int_{-d}^0 \int_{-B/2}^{B/2} (P_{i(x_2=L/2)} - P_{i(x_2=-L/2)}) dx_1 dx_3 \quad (4)$$

$$M_{roll} = \int_{-d}^0 \int_{-L/2}^{L/2} (P_{i(x_1=B/2)} - P_{i(x_1=-B/2)}) \cdot (\overline{OG} - x_3) dx_2 dx_3 - \int_{-L/2}^{L/2} \int_{-B/2}^{B/2} P_{i(x_2=-d)} \cdot x_1 dx_1 dx_2 \quad (5)$$

$$M_{yaw} = \int_{-d}^0 \int_{-B/2}^{B/2} (P_{i(x_2=L/2)} - P_{i(x_2=-L/2)}) \cdot x_1 dx_1 dx_3 + \int_{-d}^0 \int_{-L/2}^{L/2} (P_{i(x_1=B/2)} - P_{i(x_1=-B/2)}) \cdot x_2 dx_2 dx_3 \quad (6)$$

2. 2 流体抵抗力の評価

波浪場における流体抵抗力は、静水中における流体抵抗力¹⁾を、波浪中における対水速度を評価することにより拡張する。今、図-2に示すように、船体座標系の原点が固定空間座標系の原点にあると仮定する。波

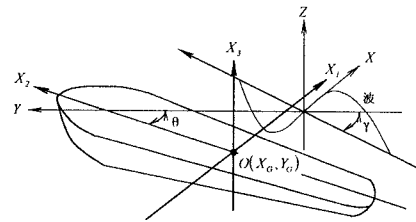


図-1 座標系

浪中を航行する船体に向かう流れ V_w をベクトル表示すると、

$$\vec{V}_w = \vec{V} - \vec{U} \quad (7)$$

ここに、 $\vec{V}$ は船体の対地速度であり、 $\vec{U}$ は水粒子速度である。次に、固定座標系からみた対水速度の方向角 θ_i は、 $\vec{V}_w$ の X 軸成分 V_{wx} および Y 軸成分 V_{wy} より、

$$\theta_i = \tan^{-1}(V_{wy} / V_{wx}) - \pi \quad (8)$$

となり、船体座標系からみた船体への流れの方向角 θ_w は次式で表せる。

$$\theta_w = -\theta + \theta_i \quad (9)$$

これより対水速度の X_2 軸成分は、

$$\dot{x}_{2w} = V_w \cos \theta_w \quad (10)$$

以上より、 V_w および $\dot{x}_{2w}$ を用いて流体抵抗力を評価する。

3. 解析結果

解析対象場は、 $H=0.14$ m、 $T=1.85$ sの規則波浪場とし、波角 γ は 90° 、初期船速 V_0 は 0.68 m/sとした(縮尺 $1/14.4$ の模型スケール)。

図-3に、進入角 θ が 90° の場合の船体座標原点における、船速 V 、対水速度 V_w 、水粒子速度 u および船体重心位置の変位 X_G の経時変化を示す。これによると、船が波とともに増減速し、波にあおられながら前進する様子がわかる。しかしながら、久保ら²⁾は実験より、波浪場における船速は、静水時における船速に水粒子速度を加えた程度であることを報告しており、本数値モデルは船速を若干大きく見積もっている。図-4に、進入角 θ が 45° の場合の船体の挙動を示す。この図を見ると、時間とともに船が波にあおられ、やがて船が波に対して直交する様子がわかる。しかしながら、今回の検討は定性的なものであり、今後は実験との比較などから、船体動揺を定量的に検討する必要がある。

4. おわりに

以上、波強制力と流体抵抗力を簡易な方法で船体の運動方程式に取り込み、波浪場における船体の挙動について検討を行った。簡易な数値モデルながら、波浪場における船体の挙動の様子は再現できたものとする。今回の解析は定性的な検討にとどまったが、今後は定量的な検討を加え、船体運動によりガイドに作用する力を、簡易に、より精度よく評価したい。

参考文献

- 1) 久保雅義・斎藤勝彦・上田 茂・弓山 泰：波浪中漁船衝突時のガイド・フェンスの特性の近似計算手法について，海岸工学論文集，第41巻，pp.961-965,1994
- 2) 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

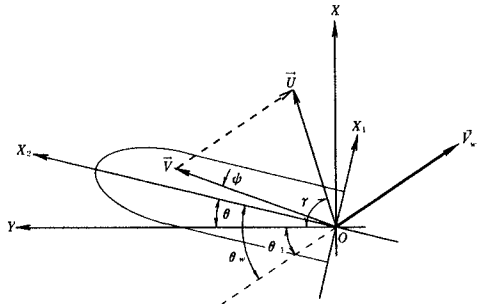


図-2 対水速度の評価

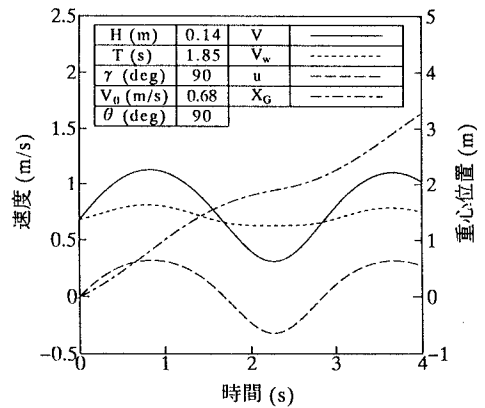


図-3 速度および変位の経時変化

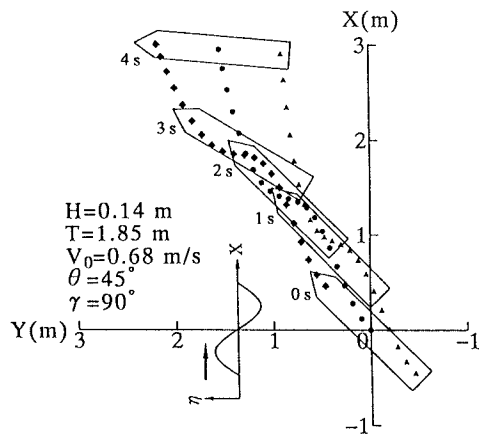


図-4 波浪中における船体の挙動