

1. まえがき

現在、わが国では係船施設への接岸力の算定に用いる船体の付加質量としてステルソン式、すなわち吃水を直径とし、船長を長さとする円筒の排除する水の質量が採用されている。この式は T.E. Stelson & F.T. Mavis¹⁾が薄い矩形板を面に直角方向に上下に強制振動させて得られた実験結果に基づいて提案した式であるが、この式には水面影響や水深影響は考慮されていない。しかし、大部分の係船施設は船舶の吃水に比べて水深の浅いところに造られており、水深影響は無視できない。実際の衝突力から逆算される付加質量はステルソン式で計算される値よりもかなり大きいことが林らの模型実験²⁾、また港湾技研の模型実験³⁾や現地調査^{4),5)}などで明らかにされている。

筆者も以前にオイルタンカーの波浪動揺によるドルフィンへの衝突力に関する研究に関連して接岸時仮想質量について模型実験によって研究し、仮想質量が船底アリアランスの減少およびドルフィンのばね定数の減少と共に急激に増大することを明らかにしたが、今回これらのデータを再整理し、船体の接岸エネルギー＝ドルフィンの変形エネルギーで衝突力が計算されている現在の係船施設の設計法に準じて、板ばねの最大変形量から求められる船体仮想質量について、これが接岸速度、船底アリアランスおよびドルフィンのばね定数とどのような関係があるかを定量的に明らかにする。

2. 実験装置と方法

実験は大阪市立大学河海工学研究室の長さ42m、幅12m、深さ0.75mの水槽で行った。水槽の一端は1/3勾配の碎石堤が設けられているが、他端はフラップ型造波板が設置されている。碎石堤から15.5mの位置に水槽の長軸に直角にオイルタンカーの模型が設置され、水槽を跨ぐガーダーに上端を固定した板ばねに適当な接岸速度を与えた船体を衝突させた。

船体模型は実物の20万DWTタンカーの縮尺1/40の近似模型で、その概略形状と寸法は図-1に示すとおりである。また、吃水 $d = 45.5\text{ cm}$ 、重心高 $\overline{KG} = 35.0\text{ cm}$ 、傾心高 $h_m = 15.7\text{ cm}$ 、排水重量 $W = 3995\text{ kg}$ 、重心を通る船首軸周りの慣性モーメント $I_G = 7850\text{ kg}\cdot\text{cm}\cdot\text{sec}^2$ である。

船体はその重心を通る水平な横軸上で板ばねの衝突点に当て、横揺れおよび船首揺れの影響が入らないように注意した。衝突力は板ばねに歪ゲージを貼って計測した。

水深は $h = 50\text{ cm}, 55\text{ cm}, 60\text{ cm}, 68\text{ cm}$ 、および 73 cm の5種類に変え、それぞれの水深に対応して板ばねのばね定数は $k = 4.29\text{ kg/cm} \sim 20.7\text{ kg/cm}$ の範囲に変化させた。接岸速度はポテンシオメータとオシログラフ上の板ばねの変形立上り勾配から求め、約 $1\text{ cm/sec} \sim 8\text{ cm/sec}$ の範囲に変化させた。

船体の仮想質量 M_v は船体の接岸エネルギー $\frac{1}{2} M_v v_0^2$ (v_0 : 接岸速度) と板ばねの変形エネルギー $\frac{1}{2} K x_m^2$ (x_m : 最大変形量) とを等しく置いて得られる(1)式に、計測したばね定数 K 、最大変形量 x_m 、および接岸速度 v_0 を代入して求めた。

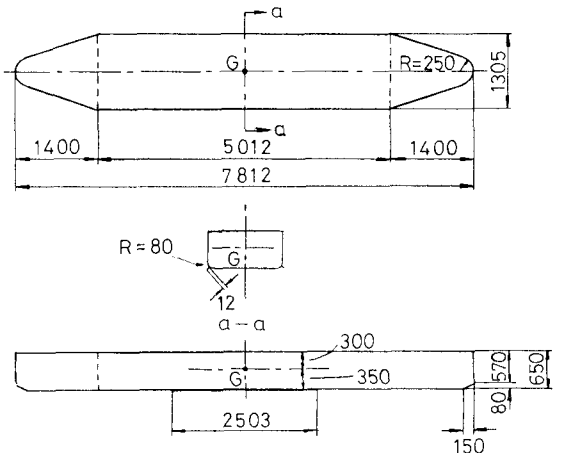


図-1 船体模型の概形と寸法

$$M_v = K \cdot (X_m / V_0)^2$$

(1)

3. 実験結果と考察

3.1 接岸速度の影響

図-2(a)および(b)は(1)式で求めた船体の仮想質量と船体質量の比、 M_v/M_0 と接岸速度 V_0 との関係をそれぞれ $h = 50 \text{ cm}$ ($h/d = 1.10$) の場合および $h = 73 \text{ cm}$ ($h/d = 1.60$) の場合について表わしたものである。これらの図によれば、実験値はかなりばらついており、特に水深とばね定数が小さくなるとばらつきは顕著である。これは実験間隔が短かく、十分に水の乱れが治まらないうちに次の衝突実験を行ったことおよび十分に定常速度にならない状態で衝突したことが影響しているのではないかと考えられる。しかしながら、何れにしても、仮想質量と接岸速度との間には特定の関係は認められず、仮想質量の速度依存性は本実験の範囲内ではないようである。

3.2 船底クリアランスとばね定数の影響

仮想質量が接岸速度に依存しないと考え、図-2に示したように、実験の各ケース毎に仮想質量と船体質量の比 M_v/M_0 の平均値を求め、船底クリアランスの代わりに水深・吃水比 h/d をパラメーターとして板ばねの無次元ばね定数 K/w_0dB (w_0 : 水の単位重量, d : 吃水, B : 船幅) との関係を示すと図-3のごとくである。

この図から、仮想質量は無次元ばね定数の減少と共に、また水深・吃水比の減少と共に増大することがわかる。しかし、何れの水深・吃水比の場合でも、 $K/w_0dB > 3 \sim 4$ 程度になると仮想質量はばね定数の影響を受けなくなる傾向が認められる。

また参考のために図にステルソン式で計算した値を鎖線で示したが、今回の実験値はこの値よりかなり大きいことわかる。

4. あとがき

本論文においては開放型の係船施設であるドルフィンを想定して、これに接岸するタンカーの仮想質量について模型実験によって明らかにしたが、今後理論的に検討した成果を別な機会に発表したい。

参考文献

- 1) Stelson, T.E and F.T., Mavis: Virtual Mass and Acceleration in Fluids, Proc. of ASCE, 1955.
- 2) 林 泰造・白井増次郎: 接岸時船舶の衝撃力と船舶の仮想質量, 第9回海講, pp.112~115, 1962.
- 3) 堀井修身・上田 茂・柳沢雄博: 船舶接岸力に関する模型実験, 港研資料, No.263, 1977.
- 4) 溝口正仁・中山種清: 船舶接岸力調査, 港研資料, No.170, 1973.
- 5) 大谷博包・上田 茂・市川 建・杉原賢正: 大型タンカーの接岸力調査, 港研資料, No.176, 1974.

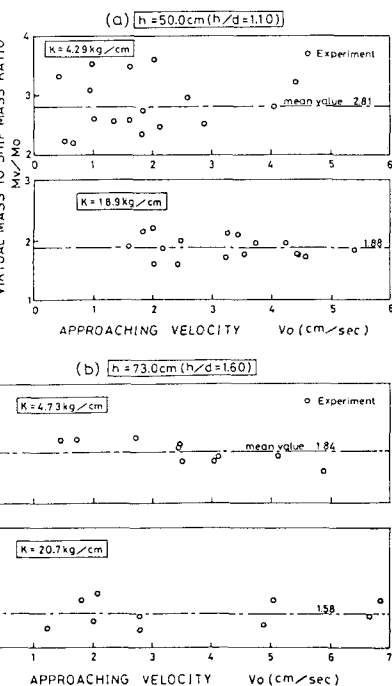


図-2 M_v/M_0 と V_0 の関係

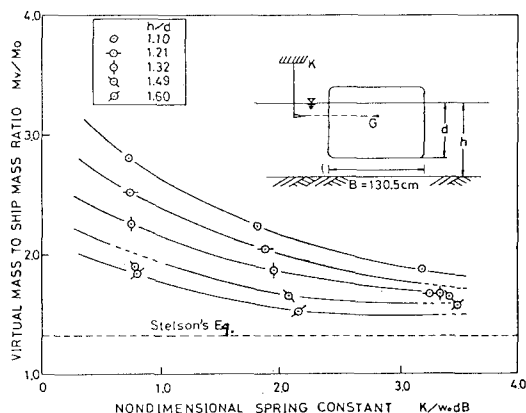


図-3 M_v/M_0 と無次元ばね定数 K/w_0dB の関係