

風速と風の変動性の効果

運輸省港湾技術研究所

正会員

白石 啓

同上

正会員

上田 茂

運輸省第三港湾建設局

出路 康夫

運輸省第二港湾建設局

小島 晃

1. まえがき

運輸省では、船舶の港内運動に関する技術的検討を行っているが、港湾技術研究所において模型実験を行ったので、その結果を報告する。本報告では、とくに、係岸船舶の動揺に及ぼす風速の影響、風の変動性の影響、防風壁の影響等について考察した結果を記述する。模型実験には、港湾技術研究所の25m×15m×1mの不規則造設水槽を用いた。定常風および変動風は水槽内に設置した送風機により発生させた。また模型船は10,000DWT級の貨物船の1/30モデルとした。

2. 風速が船舶の動揺に及ぼす影響について

船舶の動揺に及ぼす風速の影響を検討した。波向および風向は90°。つまり船舶を岸壁に対し真横に押し付ける側に作用する方向とした。風速は、0.0, 3.65, 4.56, 5.48, 6.39 m/s (実物換算 0, 20, 25, 30, 35 m/s) の5ケースとし、定常風で実験を行った。図-1は、波の有義周期2.19秒 (実物換算12秒)、有義波高1.67cm (実物換算0.5m) のときのスウェイの動揺波形であるが、風速0 m/s のときには船舶が岸壁から大きく離れる運動をすることがわかる。また

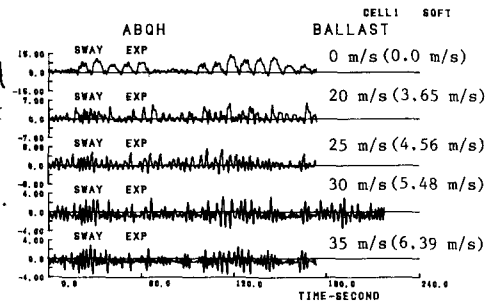


図-1 スウェイの動揺波形

た、スウェイの動揺周期は、風速0 m/s のときには、波周期の3~4倍であるが、これに対して風速5.48 m/s (実物換算30 m/s) 以上では、波周期とほぼ同じ周期である。図-2は、波の有義周期0.73, 1.10, 1.46, 1.83, 2.19, 2.56秒 (実物換算4, 6, 8, 10, 12, 14秒) に対するスウェイの動揺量の最大値である。風速が0.0~3.65 m/s (実物換算0~20 m/s) では、船舶が岸壁から大きく離れる運動をすることがわかる。これに対して風速5.48 m/s (実物換算30 m/s) 以上では、船舶が岸壁から離れられる運動は小さくなり、防舷材の圧縮側への運動が大きくなっている。以上示した現象は、筆者らが別報 (その1) で述べたように、防舷材と係留索とが与える係留系の非対称性に起因する。風速が大きくなるとスウェイの動揺周期が短くなるのは、係留系の非対称性が緩和されているためである。

SWAY ABQW WAVE 90° WIND 90°

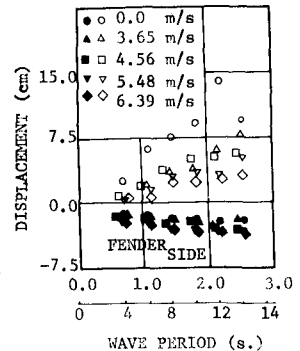


図-2 スウェイの動揺量

3. 防風壁の効果について

岸壁側から風が吹く場合については、上屋等によって風が遮蔽されることを期待される。風の遮蔽効果と船舶の動揺の変化を検討した。まず、風向270°および240°のケースについて、風速の平面的分布を計測した。遮蔽板は岸壁法線より-1.2m (実物換算36m) および-2.0m (実物換算60m) の位置に取付けた。距離が-1.2mのケースでは、遮蔽板高さを岸壁上面より0.2, 0.4, 0.6m (実物換算6, 12, 18m) とし、距離が-2.0mのケースでは、0.4m (実物換算12m) とした。図-3は、風向240°のケースの中央列線における風速分布である。風速の測定高度は水面上0.33m (実物換算10m) とした。遮蔽板の背後では風速の低下がみられた。ただし、遮蔽板の距離が-2.0mのケースでは、距離が-1.2mのケースに比べて岸壁法線付近での風速が大きくな

っている。これは、距離が -2.0m のケースでは、岸壁法線付近で風の流速が境界層に再付着しているためと思われる。岸壁法線付近での流速の低下は遮蔽板がないケースについてもみられる。これは、岸壁前面で風の流速が境界層より剥離したためと思われる。次に、遮蔽板の距離を -1.2m 、遮蔽板の高さを 0.2m および 0.4m とし、波向 90° 、風向 270° および波向 60° 、風向 240° として船は動揺実験を行った。図-4は、スウェイの動揺量である。遮蔽板を設置することによって船舶が岸壁から離れる動揺量がかなり小さくなることが見られる。ただし、遮蔽板の高さによる船舶の動揺量の差はあまり大きくない。これは、

図-3に示されるように、岸壁前面での流速が $1.3\sim 1.7\%$ （実物換算 $7.1\sim 9.3\%$ ）程度であり、遮蔽板の高さが 0.2m と 0.4m とは、風圧力にあまり差がないためである。波向 60° 、風向 240° のケースでは、波向 90° 、風向 270° のケースに比べて船舶が岸壁から離れさる量が大きくなっている。これは、船首位置に遮蔽板端部から回りこんできた風が作用したためである。

4. 風速の変動性が船舶の動揺に及ぼす影響

風速の時間的な変動性が船舶の動揺に及ぼす影響を検討した。まず、風速 5.48m/s の定常風および変動風が風向 90° に作用するケースを検討した。船体付近での風速は、定常風のケースでは $5.2\sim 6.0\text{m/s}$ （実物換算 $28\sim 33\text{m/s}$ ）、変動風のケースでは $3.9\sim 6.7\text{m/s}$ （実物換算 $21\sim 37\text{m/s}$ ）であった。定常風のケースについても送風機の性能等で風速の乱れが多少あった。図-5に示すように風速の二乗値とスウェイの防舷材を圧縮する側の動揺量との関係は、ほぼ線形である。したがって、変動風のみが作用する場合には、従来係留索の設計の際に風のガスト率を考慮して設計した方法と同様な手法を用いて防舷材の設計をしても良いと思われる。次に、波向 90° 、風向 90° のケースで船舶の動揺を検討した。波周期は $0.73\sim 2.56\text{s}$ 、有義波高は 1.67cm とした。図-5は、最大風速と船舶のスウェイの動揺量の最大値（防舷材圧縮側）との関係である。風のみが作用する場合と同様、最大風速の二乗値と船舶のスウェイの動揺量の最大値との関係はほぼ線形である。風速 3.65m/s と 4.65m/s のケースでは、多少動揺量にバラツキが見られるが、これは先に述べたように係留索の非対称性の影響が出ているものと思われる。以上の結果、風速がかなり大きい場合には、変動風についても風のガスト率を考慮して定常風と同じ取扱いで防舷材の最大圧縮量を計算してよいと思われる。ただし、風速が小さく係留索の非対称性が強いときには、船舶が防舷材から離れさる量が大きいので、上述のような取扱いは、動揺量を過小評価する恐れがあり注意を要する。

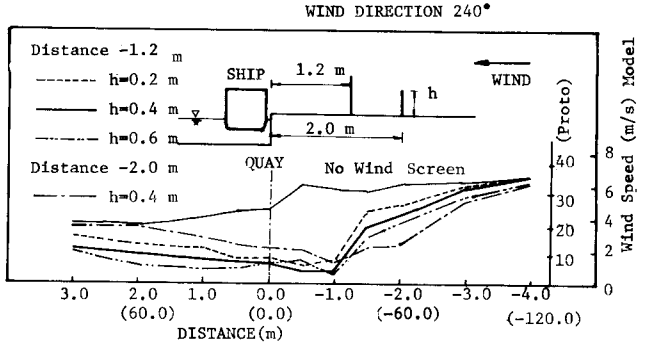


図-3 風速分布（風向 240° ）

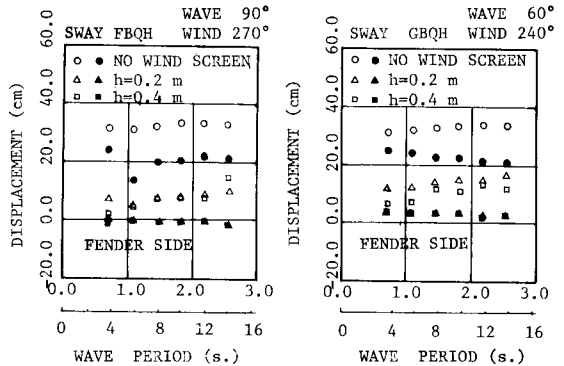


図-4 スウェイの動揺量（遮蔽板の影響）

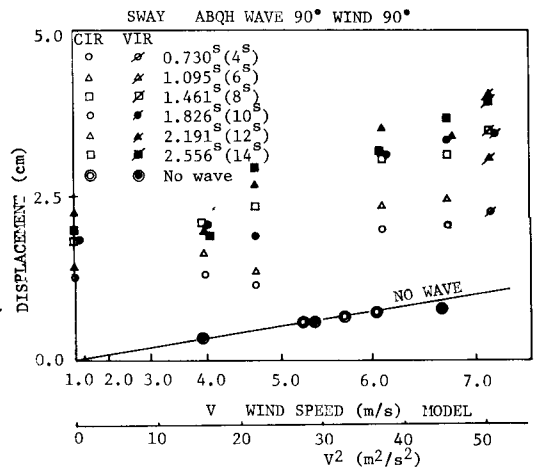


図-5 風速とスウェイの動揺量（防舷材圧縮側）