

## 28. 係留船舶の風と波による係留張力と動揺に関する水理模型実験

松尾 雄太

### 1. 目的

鹿児島県の甬島と串木野港を結ぶ航路に高速船「シーホーク」が就航している。この高速船は島の人々や観光客にとって重要な交通手段となっている。現在、この高速船を台風等による荒天時に避泊させる施設を県内の川内港に建設する計画がある。本研究では、避

泊施設に係留された高速船の台風来襲時の安全性を検討するため、水理模型実験を実施して係留張力および船体の動揺量を計測した。

### 2. 内容

#### 2.1 測定内容

避泊施設は図-1 に示すコの字型の係留施設が計画されており、この施設は写真-1 示す直立消波ブロックにより形成される。高速船は左右両舷に4本ずつの計8本のロープで係留される。実験では縮尺 1/25 で模型を作成した。船体模型は全長 1.94m (現地スケールで 48.5m, 以下同様)、全幅 0.33m (8.20m) で、直立消波ブロックの高さは 34.4cm (8.6m) であり、避泊施設の大きさは図-1 に示すとおりである。模型における係留索にはワイヤー (直径 1.5mm) を使用した。図-2 に示すように係留施設および船の模型を 8.28m×20.29m の平面水槽の中央に設置し、図中に示す送風機と造波装置により風と波を同時に作用させた。なお、送風機は写真-2 に示すように可搬式のものである。写真-3 に模型の設置状況を示す。実験条件については、係留施設を幅が異なる2ケースとし、狭いケースでは防風柵を設置したケースも実施した。水深は川内港の H.H.W.L. と L.W.L. を想定し、32.4cm (8.1m)、18.0cm (4.5m) とした。風速は計画で想定されている 15.0m/s、22.6m/s、36.6m/s をフルード則で縮小した 3.0m/s、4.5m/s、7.3m/s とし、風向は図-2 に示す2ケースを設定した。入射波は台風来襲時の港内の波浪を想定し、有義波高  $H_{1/3}=2.08\text{cm}$  (52cm)、有義周期  $T_{1/3}=3.28\text{s}$  (16.4cm) の不規則波として、波形が異なる3波群を作用させた。係留張力は係留索に小型のひずみゲージを設置し計測した。なお、初期張力については実際の高速船が岸壁に片舷係留された際の張力を現地で測定し、これを実験スケールに換算した 1.0N を目安とした。船体の動揺量の計測は3次元運動解析システム (モーションキャプチャー) を使用した。船体上面に複数のマーカーを取り付け、3台のカメラでマーカーの動きを撮影し変位を計測した。計測時間は 529.6 秒とし、計測開始から 60 秒後に風と波を発生させ、120 秒後からの 409.6 秒間のデータを有効データとして以降の解析に使用した。

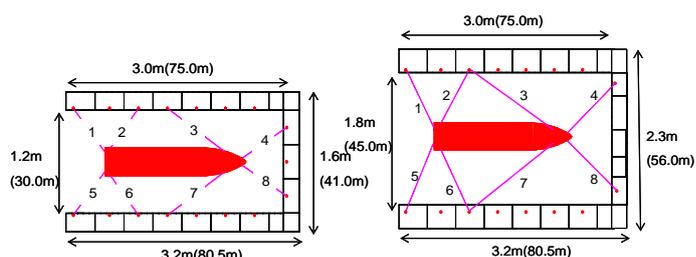


図-1 係留施設 (括弧内は現地スケール)



写真-1 直立消波ブロック模型 (左:正面, 右:側面)

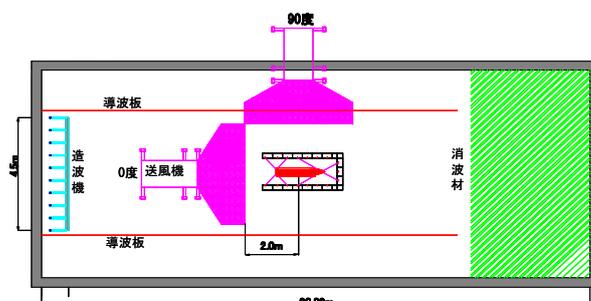


図-2 船体模型の係留状況



写真-2 送風機 (左:正面, 右:側面)

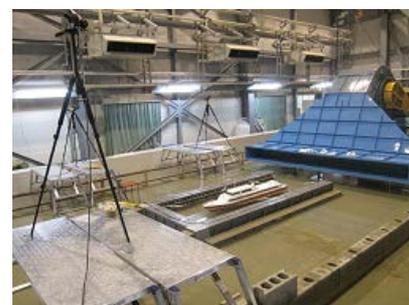


写真-3 模型の設置状況

## 2.2 係留張力

図-3 に張力の時系列変化の一例を示す。実験条件は図中に示すとおりである。このケースの最大張力は 9.89N で、平均値は 0.95N であった。張力の変動には比較的長い周期の変動と、短い周期の変動が含まれている。本研究で使用した送風機の風には極めて短い周期の変動があるため、張力の短い変動は風によるもので、長い変動は波によるものと推測される。図-4 に風速 22.6m/s,

H.H.W.L., 開口幅が狭いケースについて、風向が 0 度と 90 度の各係留索に作用する張力の最大値と平均値を示す。ただし、ここでの最大張力、平均張力は 3 波群での平均値である。0 度の場合、受風面積が小さい船尾から風が当たるため、平均張力は全体的に小さく、概ね両舷で対称の値であり、最大値は船尾側で生じた。一方、90 度の場合、受風面積が大きいため、風を受ける左舷側の係留索 No.1~4 で張力が大きく、No.5~8 では小さくなった。本実験の範囲での最大張力は 11.62N であり、これは現地スケールで 180.56kN である。係留索の破断強度は 245kN とされているため、本実験の結果からは係留索については安全であると推測される。

次に張力の応答特性について調べた。図-5 に張力の応答関数の一例を示す。実験条件は図中に示すとおりである。これらの係留索は周波数 0.35Hz 付近にピークを有している。これは現地スケールでの約 14.3 秒の周期であり、そのような波が避泊施設内に侵入すると大きな張力が発生してしまう危険性がある。

## 2.3 動揺量

動揺量については、船体が避泊施設に接触するかが検討の焦点となる。図-6 に風向 0 度および 90 度、風速 22.6m/s のケースでの船首、船尾、マストの最大動揺量（絶対値）を示す。鉛直方向の変動量が大きい。鉛直方向の動揺では避泊施設との接触はないため問題はない。また、水平方向の動揺量は最大でも 17.46mm であり、現地スケールではわずか 43.65cm であるため、8 本の係留が高い効果を発揮していることがわかる。

## 3. 結論

台風来襲時に計画中の避泊施設に係留される高速船の安全性について水理模型実験により検討した。その結果、係留張力および動揺量ともに安全性が確認された。また、ここでは触れていないが防風柵による係留張力と動揺量の低減についても確認された。

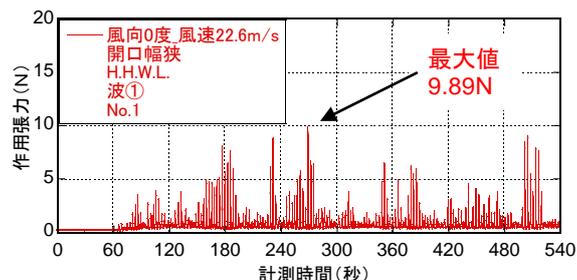
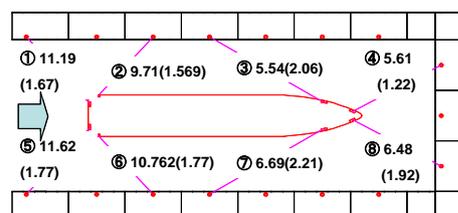
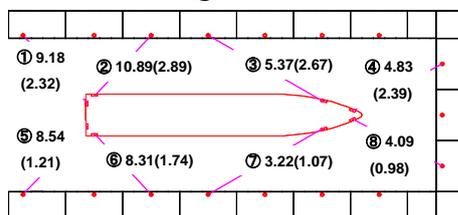


図-3 張力の時系列変化



(a) 風向 0 度



(b) 風向 90 度

図-4 係留張力の最大値と平均値

(風速 22.6m/s\_H.H.W.L.\_開口幅狭い)

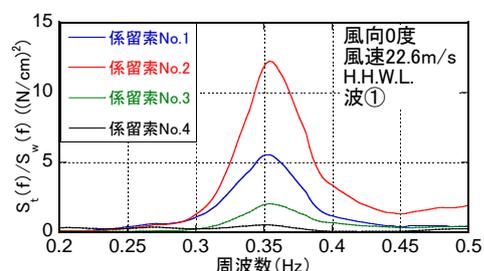


図-5 応答関数 (波と張力のスペクトル比)

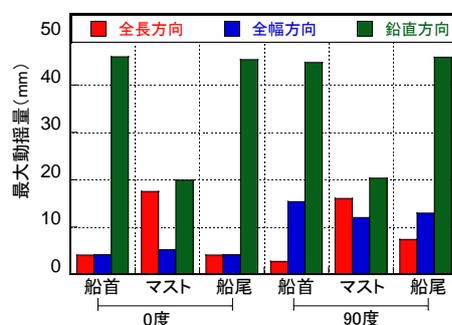


図-6 各計測点での最大動揺量 (絶対値)