

避泊施設に係留された高速船の風による動揺と係留張力に関する水理模型実験

九州大学 学生会員

○松尾 雄太

(株)三洋コンサルタント

正会員

小野 貴也

松原 千恵

西井 康浩

九州大学 正会員

山城 賢

吉田 明德

1. はじめに

鹿児島県の甑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。この高速船を台風

等による荒天時に避泊させるための施設を県内の川内港に建設する計画がある。本研究では、その避泊施設に係留された高速船の強風作用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. 実験内容

避泊施設としては図-1に示すコの字型の係留施設が計画されており、この係留施設は写真-1に示す直立消波ブロックにより形成されている。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。船体模型の大きさは全長1.94m、全幅0.33mで、避泊施設の大きさは1.2m×3.0mである。直立消波ブロックの高さは34.4cmであり、水深は川内港のH.H.W.L.を想定し、実験スケールで32.4cmとした。模型における係留索にはワイヤー(直径1.5mm)を使用した。係留施設および船の模型は写真-2に示すように8.28m×20.29mの平面水槽の中央に設置された。外力である風は写真-3に示す送風機により発生させた。この送風機の設置位置を変えることによって図-2に示すように風向を5ケース設定した。風速は別途、現地で推算されている値の22.6m/sを設定し、これをフルード則で実験スケールに縮小した4.52m/sとした。係留索にかかる張力は係留索に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1.26Nを目安とした。船体の動揺量の測定は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3次元的にマーカーの変位を計測した。計測は各風向に対して3回行った。

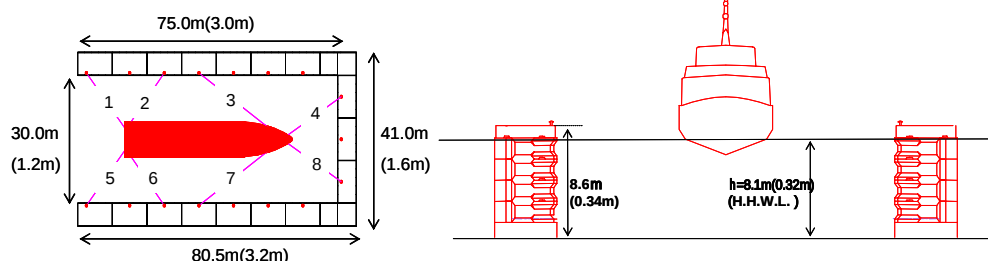


図-1 係留施設 (括弧内は実験スケール)



写真-1 直立消波ブロック模型 (左: 正面, 右: 側面)



写真-2 模型の設置状況



写真-3 送風機 (左: 正面, 右: 側面)

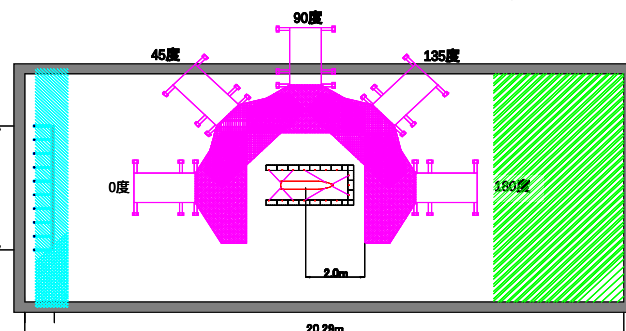


図-2 船体模型の係留状況

3. 実験結果

3.1 係留張力

図-5 に張力の測定結果の一例を示す。これは風向が 90 度のときの係留索 No.4 における張力の時系列変化である。なお、初期張力は差し引いている。図にみられるように張力は 3N 程度の幅で激しく変動しており、最大値は 4.41N、平均値は 2.38N であった。本実験では風を定常風として設定したものの実際に送風機で生じる風は極めて短い周期で変動しており、それが張力にも強く影響したことが推測される。したがって、細かい変動による張力の最大値については検討の余地があるため、平均張力に着目する。図-6 に風向が 0 度、図-7 に 90 度のケースについて各係留索に作用する平均張力の値を示す。ただし、ここでの平均張力は全 3 回の計測結果の平均値である。0 度の場合、受風面積が小さい船尾から風が当たるため、張力は全体的に小さく、概ね左右対称の値となった。一方、90 度の場合、受風面積が大きい左舷側から風を受け、張力は係留索 No.1~No.4 で大きく、No.5~8 ではほぼ 0 となった。特に係留索 No.4 は本研究での全てのケースにおける最大値 2.47N を計測した。本研究では初期張力を実船での計測結果を参考に 1.26N と設定しており、これに風による増加分として実験結果で得られた最大平均張力 2.47N を加えると 3.73N で、現地スケールでは 58.3kN となる。係留索の破断強度は 245kN とされており、実験結果は破断強度を大きく下回っている。実際には瞬間的に大きな張力が係留索に作用することが考えられるが、仮に平均張力の 5 倍を想定しても 212.7kN で十分に安全と思われる。

3.2 船体動揺量

図-8 に最も変位量が大きかった、風向 90 度のときの船首に取り付けたマーカーの計測結果を示す。図中の X、Y、Z はそれぞれ全長方向、全幅方向、鉛直方向を示す。張力と同様に変位量も短い周期で変動しており、送風機の風の変動が強く影響していることが推測される。よって、平均値を比較すると、それぞれの軸方向の平均変位量は X 軸 -0.83mm、Y 軸 5.15mm、Z 軸 0.42mm で、最大変位である Y 軸方向でも現地スケールでは僅かに 12.9cm である。この結果から、左右両舷の 8 本の係留が動揺を抑える高い効果を発揮していることがわかる。

4. おわりに

計画中の避泊施設を対象に強風作用下において高速船を係留すること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。本研究では風の影響についてのみ検討したが、今後は風と波を同時に作用させ、台風来襲時の状況を再現した実験を行いより詳細に安全性の検討を行なう予定である。

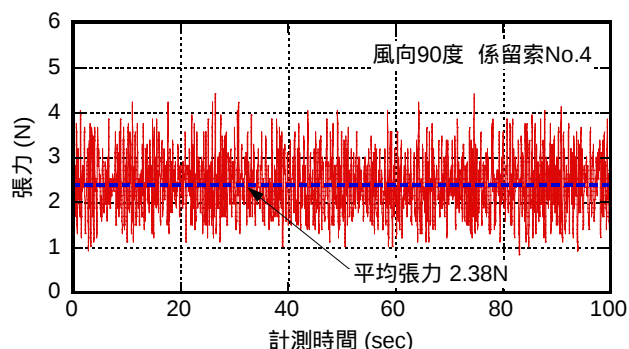


図-5 係留張力の時系列変化

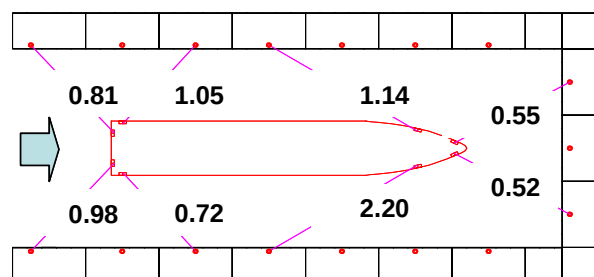


図-6 風向 0 度での平均係留張力 (単位 N)

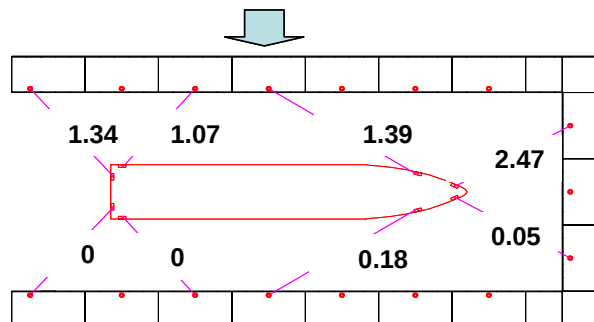


図-7 風向 90 度での平均係留張力 (単位 N)

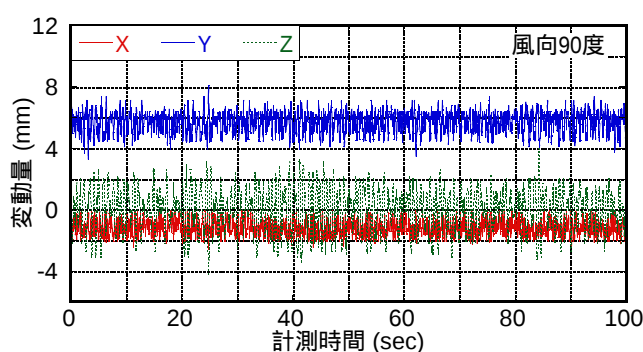


図-8 船首部マーカーの変位の時系列変化