

37. ニューマティックケーソン係船装置の開発に関する実験的研究

若林 信孝

1. 目的

港湾の整備と船舶の大型化に伴って、接岸時の係留船舶が風波の周期よりも格段に大きな周期で大きく動揺する長周期動揺の対策が急務となっている。そこで、浮遊状態の船体を係留策で繋ぐ従来の方法に代えて船体をケーソン上に定置させるといふ、全く新しい方法「ニューマティックケーソン係船装置」(図-1)を考案した。本研究は、その実現に必要な流体力学的検討課題として、船体の浮遊状態からケーソン上の定置状態、および定置状態から浮遊状態までの遷移状態における船体・ケーソンの動的干渉を実験的に解明することを目的としている。

2. 内容

2.1 実験装置

「ニューマティックケーソン係船装置」の模型(ケーソン装置)は、定速回転するモーターとパンタグラフを組み合わせた装置(幅 100cm, 奥行 58cm)を考案して用いた(写真-1)。上昇速度は手元のダイヤルでモーターの回転速度を変化させて調節する可変式となっている。係留船体の模型は厚さ 1cm のアクリル製(幅 90cm, 奥行 58cm, 高さ 45cm)で、喫水の調整は浮体の内部に水室を設け注入する水の量で調節することとした(満水時の最大喫水 33cm)。なお、浮体模型とケーソン装置の寸法は過去 3 年間に製造された大型船舶の船幅を調査し(図-2)、それを参考に実験水槽の大きさを勘案して模型縮尺を 1/45 に取り、岸壁前面の水深を 37cm としておこなうことにした。なお、実験には反射吸収式二次元造波水路を使用する。水槽と実験模型のセットアップの概観を図-3 に示す。

2.2 実験内容

ケーソンが上昇し、浮体(船体)に接触し、最終的にケーソン上に定置するまでと、ケーソンが下降し、定置状態にあった浮体がケーソンから離れ、浮遊状態で静止するまでの遷移状態におけるケーソン位置と浮体の動揺(上下, 左右, 回転)を計測する。実験では図-4 のようにケーソン上端の中心, 浮体側面であらかじめ算定した重心位置を通る水平線上の 2 点にマーカーを付け、さらに固定点として岸壁上の 2 点とケーソン静止時(上昇前)の上端左端位置に当たる水槽側壁上の点にマーカーを付け、デジタルビデオカメラで浮体とケーソンの動

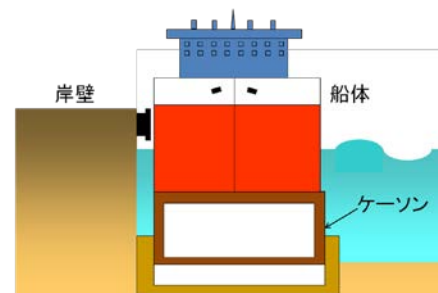


図-1 ニューマティックケーソン係船装置



写真-1 ケーソン装置

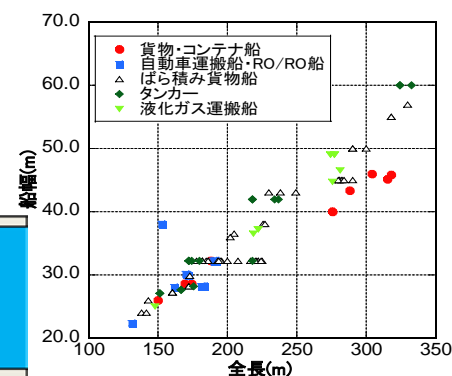


図-2 大型船舶の全長と船幅の関係

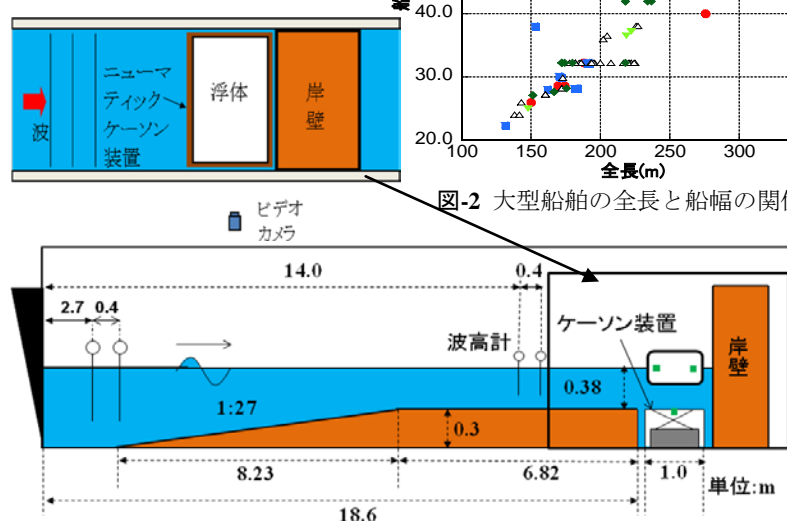


図-3 水槽と実験模型のセットアップ概観図

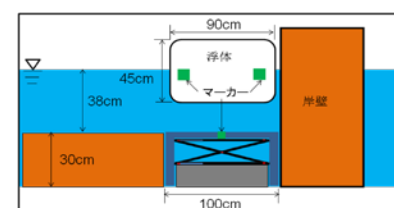


図-4 浮体とケーソンの概観図

きを連続撮影しモーションキャプチャーを用いて固定点からの変位を計測した。実験では、浮体の喫水、岸壁からの離岸距離、ケーソン上昇速度を幾通りか変化させ、波ありと波無しの場合について計測することとした。

2.3 実験結果

離岸距離 1cm, 満載喫水を想定した喫水 33cm, ケーソンの速度 9.8mm/s (現地換算 6.6cm/s) を例にとって浮体の X, Z 方向の動揺量, ケーソンの Z 方向の変位とケーソンと浮体 (底面両端) との距離, および浮体の回転角度を図-5 から図-9 に示す。ケーソンと浮体の接触・離脱の判断はケーソンと浮体の距離 (図-6 (上昇時), 図-8 (下降時)) で判断し, 距離が一定になった時点を接触, 一定値から変動を始めた時点を離脱とした。ケーソン上昇時について見ると, 図-5 よりケーソンが上昇を開始した直後に浮体も動揺を開始している。X 方向変位は岸壁方向にわずかに移動した後反転し, 沖方向に緩やかに移動して, 最終的に初期位置から沖方向にわずかに離れた位置に定置する。Z 方向変位は一旦上昇した後反転下降し, 再度上昇を始め, ケーソンとの接触直前の上昇スピードはケーソンの上昇スピードに近く, 滑らかにケーソンに着底定置することがわかる。図-9 よりケーソンが上昇を開始すると浮体もわずかながら回転動揺を始めるが, ケーソンとの接触後滑らかに定置する。ケーソン下降時について見ると, 図-7 と図-8 より浮体は静水時の静止位置よりも下でケーソンから離れている。X 方向変位は一旦沖方向に移動し, その後岸壁方向に移動してから, 再度反転してほぼ一定の速度で沖に移動する。Z 方向変位は浮体がケーソンから離脱してからも下降を続け, ある喫水で反転し上昇する。浮体の回転は自由浮体となる下降時のほうが大きく, ケーソンと離れるとともに回転動揺を生じ減衰しながらしばらく継続する。図-10 にケーソン下降時のケーソン速度と, 浮体が静水時の静止位置を越えて下に沈んだ量 ΔZ を示す。浮体の沈み込み量は速度に対して非線形 (2次曲線) の関係になっていることがわかる。

3. 結論

新しく考案されたケーソン係船装置について, 上昇・下降する際の浮体との動的干涉に関する水理模型実験を行った。その結果, ケーソン上昇時には, 当初の想定よりもスムーズに浮体がケーソンに定置することが確認された。一方, 下降時には, ケーソンの速度が大きいほど浮体の沈み込み量が増加し, 浮体が大きく動揺することがわかった。

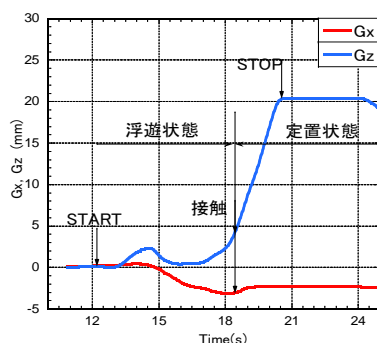


図-5 浮体動揺 (上昇時)

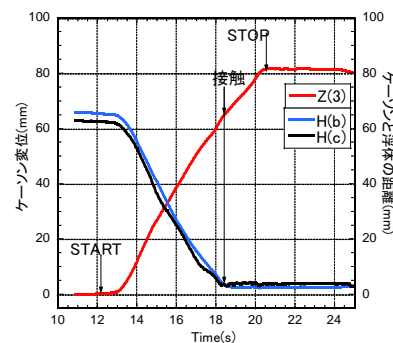


図-6 ケーソン-浮体間距離 (上昇時)

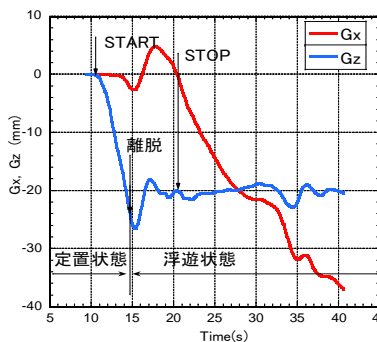


図-7 浮体動揺 (下降時)

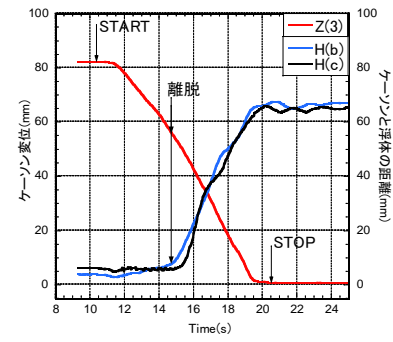


図-8 ケーソン-浮体間距離 (下降時)

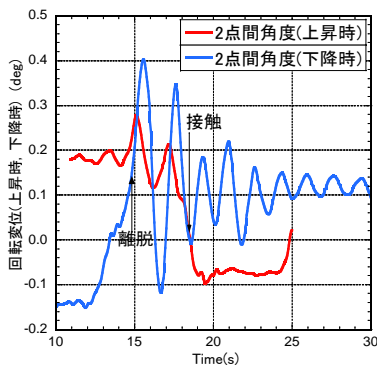


図-9 浮体の回転変位

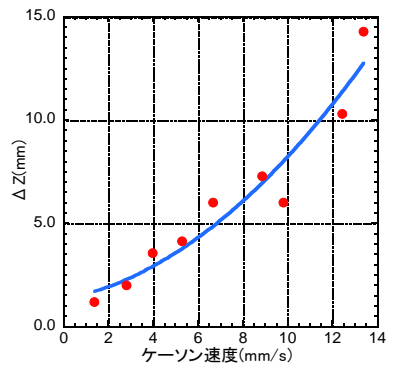


図-10 ケーソン速度と沈み込み量の関係