

ニューマティックケーソン係船装置の開発に関する研究

九州大学 学生会員
九州大学 正会員

○若林 信孝 松尾 雄太
吉田 明徳 山城 賢

1. はじめに

風波の非線形干渉で生じる拘束長周期波と、これが拘束を解かれ自由波として進行する自由長周期波の周期が、港湾に係留されている大型船舶の動揺の固有周期とほぼ合致することから、船体に大きな動揺を生じ、荷役に支障を来すとともに、防舷材の破損、係留策の切断、船体の漂流などの被害が生じる場合がある。特に近年の港湾整備の進展と船舶の大型化に伴い、接岸時係留船舶の長周期動揺の対策が急務となっている。本研究は、(1) 通常長周期波の振幅は高々十数 cm 程度であってその波浪外力自体はそれほど大きな力ではない、(2) 大型船舶の船型は船底がフラットな矩形の断面形状を有している(図-1 参照)、(3) 防波堤などの外郭施設や湾内に設ける消波護岸等によって長周期動揺を抑えるのは現象上も施工コスト上も困難である、という認識のもと浮遊状態の船体を係留策で繋ぐという古来より代わらない方法に代えて、船体をケーソン上に定置させるという、全く新しい方法「ニューマティックケーソン係船装置」(図-2 参照)を考案し、その実現に必要な流体力学的検討課題、特に定置に至るまでの遷移状態での船体とケーソン、および波浪との動的干渉を実験的に解明することを目的としている。

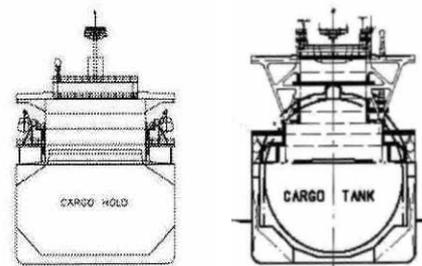


図-1 大型船舶の鉛直横断面形状の例

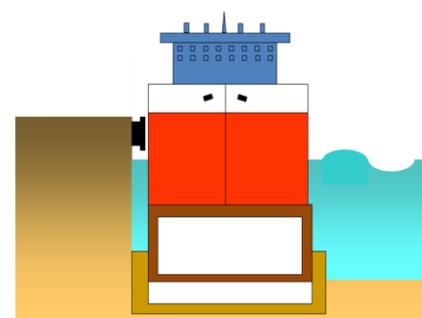


図-2 ニューマティックケーソン係船装置

2. 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)。ケーソン装置のメカニズムの概略を図-3 に示す。ケーソン下部の BOX 内にモーターがあり、モーターの回転を、ギヤを介してネジを切った水平ロッドの回転運動に変え、内ネジが固定されているパンタグラフの足を左右に可動し、パンタグラフの高さを変化させてケーソンを上下させる。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。図-4 にケーソンの上昇速度と変位の一例を示す。ケーソンの上昇速度が開始直後の 23 (mm/sec) 程度から最大上昇位置に近づくにつれて 5 (mm/sec) 程度と減少し、一定速度で上昇していないのはパンタグラフ方式を用いているためである。

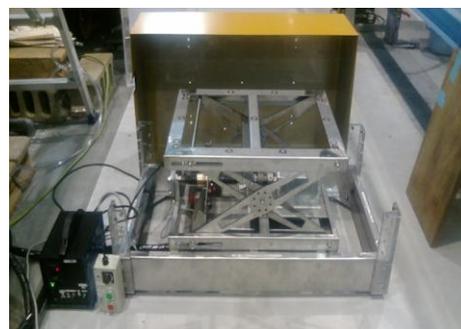


写真-1 ケーソン装置

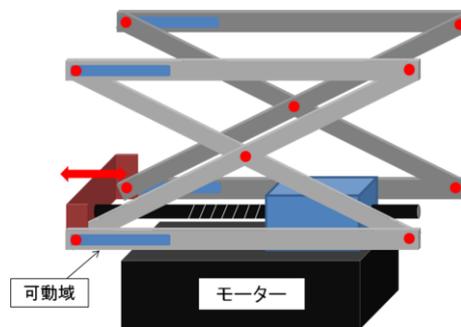


図-3 ケーソン装置の概略

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-5 参照)、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 38cm 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-6に示す。

3. 実験内容

ケーソンの上昇によって船体とケーソン上端との距離が小さくなると、船舶工学で制限水路影響と呼ばれるところの現象(船底とケーソン面との流水速度が速くなりベルヌーイの定理によって船体が引かれて思わぬ動きをする現象)が局所的に生じることが考えられ、これによって、ケーソンと船体が断続的に接触反発を繰り返す振動応答を誘発したり、傾斜して接近することによって船体が浅いほうに横滑りする現象、また、岸壁と船体側壁間にも同様の制限水路影響が生じることから、安定してケーソン上に定置させることが困難となることも想定される。これらの点を明らかにするため次のような計測を試みる。

3.1 浮体動揺の計測

ケーソンが上昇し、浮体に接触し、最終的にケーソン上に定置するまでの遷移状態における浮体の動揺(上下、左右、回転)を計測する。実験では図-6のように浮体側面にあらかじめ算定した重心位置を通る水平に平行線上の2点にマーカーを付け、この軌跡をデジタルビデオカメラで側面から連続撮影するモーションキャプチャーを用いて計測することとした。実験は二次元水槽で行うため、動揺時に浮体側面と水槽側面とが常に平行を保ち、側面との接触やそれによる抵抗が生じず滑らかな2次運動が実現する工夫が必要であるため、ボールプランジャーを水槽側壁に面する浮体側面の四隅に取り付けている。実験のパラメーターとしては、浮体喫水、ケーソン上昇速度、および波浪の有り無しについて、いくつかの組み合わせについて測定をおこなう。

3.2 浮体周辺の流れの計測

ケーソン上昇時および下降時の浮体周りの水の流れの状況を把握し、それが浮体の定置にどのような影響を及ぼすか知る必要がある。実験では、微細なトレーサー粒子と呼ばれるマーカーを流れに混入させ、これにグリーンレーザーシートを照射し、これを400fpsの撮影が可能な高速度カメラで撮影し、連続する2時刻の画像上のトレーサー粒子からその画像上での移動量 ΔX を求め、これと画像入力の間隔 Δt および画像の変換係数 α とから、流れ空間の局所速度 u を求めるというPIV法を用いて計測する。

4. おわりに

船体をケーソン上に定置させるという、全く新しい方法「ニューマティックケーソン係船装置」の実現に必要な流体力学的検討課題、特に定置に至るまでの遷移状態での船体とケーソン、および波浪との動的干渉を実験的に解明することを目的として水槽実験を計画した。ケーソン装置の製作に思わぬ時間を取り完成が大幅に予定より遅れたため本概要の提出時までには本実験を行うことが出来なかった。実験の結果については講演時に発表する予定である。

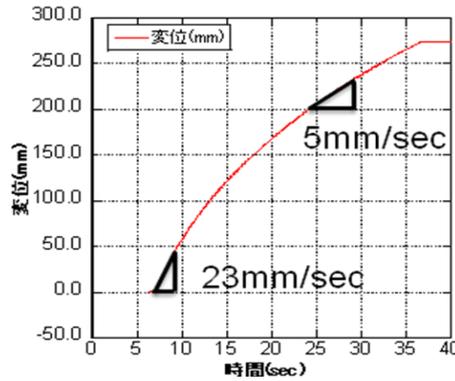


図-4 ケーソン装置の変位曲線

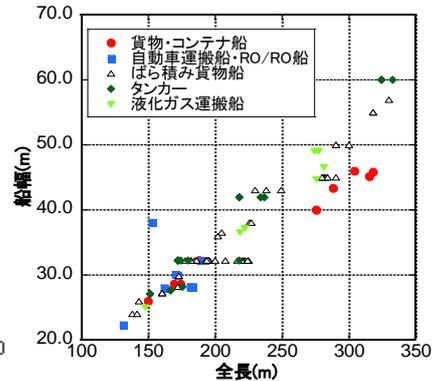


図-5 大型船舶の全長と船幅の関係

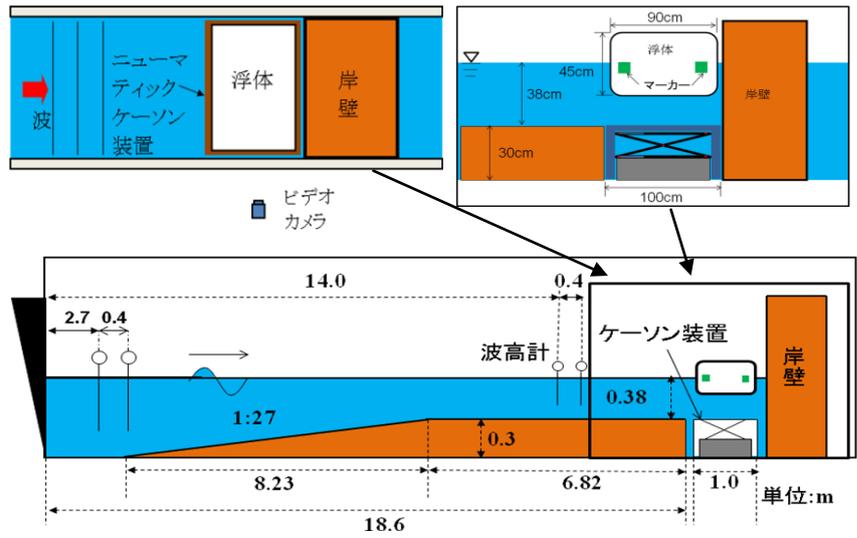


図-6 水槽の概観図