

メガ・コンテナ船のキャビテーション試験の一例

輸送高度化研究領域 *久米 健一、右近 良孝、深澤 良平、藤沢 純一、松田 登

1. まえがき

近年、アジア圏の経済発展を反映し、海上コンテナ貨物の荷動き量は増加を続けている。欧米や韓国などにおいてはコンテナ船の大型化やさらなる高速化に関する研究が盛んに行われている。

そして我々は現在実現していない 12,000 個積みを超大型コンテナ船を考え、このプロペラに対して生じる流体力学的問題を把握し、これを克服する上で必要なプロペラ設計技術の開発に取り組んでいる[1]。ここでは、12,000TEU 超大型コンテナ船の原船型(NMRI M.S.No.732)とプロペラ(NMRI M.P.No.576)を設計・製作し、大型キャビテーション試験水槽において船後キャビテーション試験を実施したので、その試験結果について概要を報告するとともに、キャビテーション試験法についての留意点を提起する。

2. 試験方法

2.1. 供試模型

試験に用いた模型の縮尺比は 1/50 で、模型船の L_{PP} は 6.880m、プロペラ直径は 0.200m である。

2.2. 計測装置

プロペラのスラストおよびトルクの計測にはプロペラ動力計(K&R 社製 R46)、船尾変動圧力計測には圧力センサ(共和電業製 PS-2KM)、水中騒音レベルの計測にはハイドロフォン(B&K 社製 8103)を使用した。圧力計は船長方向に 10ヶ、船幅方向に 9ヶ(2ヶ重複)をプロペラ直上の船体に取り付けた。ハイドロフォンは、音響中心がプロペラディスク面に一致するように取り付けられた。

3. 試験状態

エンジン馬力を MCR(連続最大出力)と NOR(常用出力、85%MCR)、キャビテーション数を一致させる位置をプロペラ軸心高さ(S.C.)とプロペラ軸心上方 0.8R とし、これらを組み合わせた MCR(0.8R)、NOR(0.8R)、MCR(S.C.)の

キャビテーション状態で試験を実施した。キャビテーション数 σ_n はそれぞれ 1.151、1.276、1.491 である。また、それぞれノンキャビテーション状態での計測も行った。

推定実船伴流分布の再現[2]にはフローライナを併用した。再現された伴流分布を図 - 1 に示す。また、気泡核供給[2]のためには、S.S.2 に固定されたステンレス鋼線から水素気泡を発生させた。

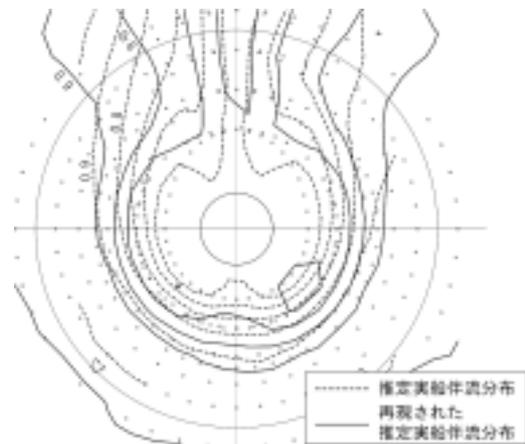


図 - 1 推定実船伴流分布

4. 試験結果と考察

4.1. キャビテーション観察

MCR(0.8R)と MCR(S.C.)の状態におけるキャビテーション(以下、キャビと呼ぶ)観察の結果、いずれの場合も翼角度 $\approx 340^\circ$ 付近で初生するが、MCR(S.C.)の方が発生面積ははるかに少なく、同角度での比較において半分以下になるところもあった。 $\approx 30^\circ$ でのキャビパターンの比較を図 - 2 に示す。また、シートキャビの消滅も MCR(0.8R)の 60° に比べ MCR(S.C.)は早く、 50° 付近であった。

いずれの試験状態においても、翼背面上においてシートキャビがバブル化して消滅しており、軽微なエロージョンの発生可能性がある。しかし、MCR(0.8R)の状態でもエロージョン予測のためのペ

イント(青タック®)テストを実施し、約30分間キャビを発生させたが、ペイントの剥離は全く見られなかった。また、フェイスキャビの発生は見られなかった。しかし、エロージョンによる質量欠損の程度を表す壊食率は、流速の6乗やプロペラの寸法の3乗に比例して増大する[3]ので、引き続き調査を行うとともにエロージョン試験法自体を再検討する。

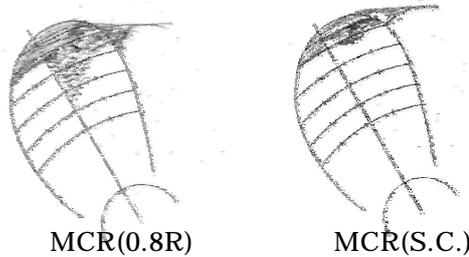


図 - 2 キャビテーションパターン(θ=30deg)

4.2. 船尾変動圧計測

図 - 3 にキャビ3状態とノンキャビ2状態の船尾変動圧力計測結果を示す。ノンキャビ状態ではいずれも K_{P6} (翼1次成分) が0.01程度であるが、キャビ状態ではMCR(0.8R)の場合に $K_{P6}=0.06$ という非常に大きな数値を記録した。また、MCR(0.8R)とMCR(S.C.)のように、同じMCR状態であっても K_{P6} の最大値で30%程度の差が認められた。キャビテーション数 σ_n の違いによるキャビの変化が船尾変動圧に大きな影響を与えていることが伺える。なお、ここには示していないが、曳航水槽での模型船伴流分布に近い再現伴流中での計測では、 K_{P6} の最大値が0.07を超えた。

K_{P12} (翼2次成分) では、キャビ3状態のうち σ_n の低い方の1状態と高い方の2状態で、位相が変化している。両者のキャビの様子を調査した結果、シートキャビが大きく崩壊する翼角度位置が異なっており、崩壊により誘起される変動圧力分布が変化したことが原因と考えられる。

4.3. 水中騒音計測

いずれのキャビ状態においても、ノンキャビ状態に比べ、翼1次成分である180Hz付近での騒音レベルが高くなった。特にMCR(0.8R)とNOR(0.8R)においては、翼1次成分直近の200Hzで騒音レベルが13~15dB高くなっており、キャビ発生による騒音レベルの上昇が認められた。ま

た、200Hz以上の広帯域でも数dBから最大30dB上昇した。

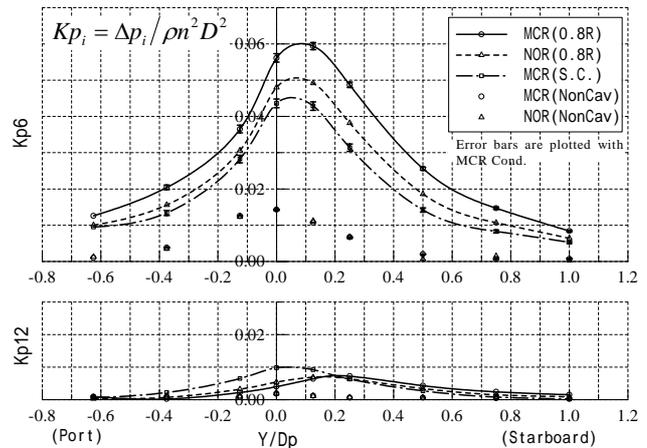


図 - 3 船尾変動圧力計測結果

5. まとめ

今回の試験の結果、翼1次成分による船尾変動圧力が0.06と極めて大きく、船型の改良による伴流分布の改善とプロペラの改良が必要である。エロージョンは発生しなかったが、実船において発生する可能性は十分あり、試験法の再検討も含め、調査を継続する必要がある。

また、今回の試験では実船と模型船の σ_n を合わせる位置を、プロペラ軸心の場合とプロペラ軸心上方0.8Rの位置の場合に状態を変化させて計測を行った。両者のキャビパターンは大幅に異なっており、船尾変動圧力の計測結果にも明らかな相違が見られた。直径が10mにも及ぶ大直径プロペラの場合には、上部と下部では約1気圧の水圧差がある。直径20cm程度の模型プロペラを用いた試験においては、この水圧差がキャビの状態に及ぼす影響を無視できないため、キャビテーション数を一致させる位置は慎重に決定しなければならない。

参考文献

- [1] 右近良孝「メガコンテナ船プロペラの流体力学上の問題」『平成16年度海上技術安全研究所発表会講演集』、2004年7月
- [2] 右近良孝「船尾変動圧力の推定に関する研究」『船舶技術研究所報告』第28巻第4号、1991年7月、19-52頁
- [3] 加藤洋治『キャビテーション 基礎と最近の進歩』槇書店、1999年