

PS-12 水陸両用車に作用する流体力及び波浪外力に関する研究

海洋開発系 * 大坪 和久, 荒木 元輝, 齊藤 昌勝, 石田 圭,
渡邊 充史, 長谷川 賢太, 佐藤 宏, 湯川 和浩
防衛装備庁陸上装備研究所 上村 圭右, 齊藤 翔太

1. はじめに

当所は平成 30 年度に港湾空港技術研究所と共に防衛装備庁陸上装備研究所などと研究協力協定を締結し、水際域及び水上域での水陸両用車等に作用する波浪を含む流体力や車両挙動の性能予測・評価手法に関して技術情報交換等を実施している。

水陸両用車は一般船舶とは大きく異なる特殊な形状を有しているため、海上航行時において車体に作用する流体力や波浪外力の特性は大きく異なることが考えられる。海上航行時の運動性能を評価するためには、これまで一般船舶に対して構築されてきた数学モデルや計算手法が水陸両用車に対してそのまま適用可能かどうかを見極める必要がある。

本研究では水陸両用車に対する基本的検討として、外形を簡易的に模擬した浮体を中心に、比較対象として矩形や流線形の浮体を加え、水槽模型試験を通じて車体に作用する流体力や波浪外力のデータを取得し、浮体形状の違いや履帯の有無が流体力性能に及ぼす影響を実験的に明らかにした。また、別途 CFD 解析を行い、形状の違いが流体力、波浪外力や浮体周りの流場に及ぼす影響について調査した。

2. 対象浮体

本研究では、矩形、流線形（長さを長径、幅を短径とする楕円柱形状）、簡易車体形状の浮体を対象とした。簡易車体形状の浮体は、前方のカットアップ角度が 50 度で履帯の無いもの（以下、50 度履帯無し）、前方のカットアップ角度を 41 度に変更したもの（以下、41 度履帯無し）、前方のカットアップが 41 度で履帯があるもの（以下、41 度履帯有り）の 3 種類とし、矩形や流線形と合わせて本研究では 5 種類の浮体を対象とした。図-1 にその対象浮体を示す。

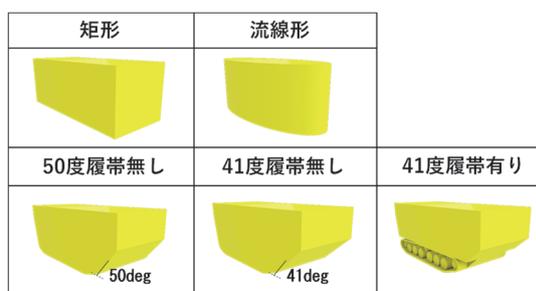


図-1 対象浮体

3. 水槽模型試験

水陸両用車の車体に作用する流体力や波浪外力を把握す

ることを目的に、三鷹第三船舶試験水槽（中水槽）及び海洋構造物試験水槽において水槽模型試験を実施した。本研究で実施した水槽模型試験の概要について以下に述べる。

3.1 操縦性試験

斜航及び旋回運動時に車体に作用する流体力を把握するため、斜航試験と旋回運動試験を実施した。そして、得られた試験結果に対して操縦微係数を使った多項式近似を行い、浮体形状毎の操縦微係数を求めた。これらのデータを把握できれば、水陸両用車に対する操縦運動の数値計算に応用できるだけでなく、針路安定性指数などの水陸両用車の海上航行時の操縦基本性能について明らかにすることが出来る。

図-2 に針路安定性指数を対象浮体毎に比較した結果を示す。矩形以外の浮体についてはすべて針路安定性指数が不安定となる。また、50 度履帯無し、41 度履帯無しの結果を比較すると船首部形状の傾きによっても針路安定性が異なることが分かる。

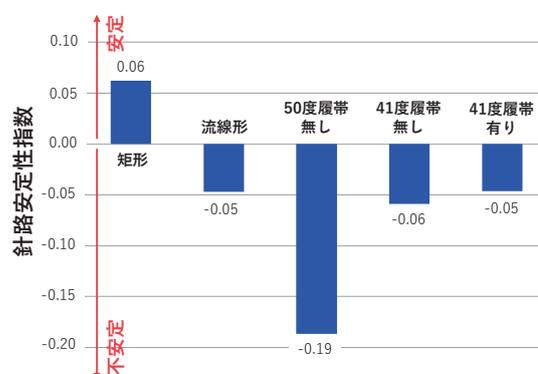


図-2 針路安定性の浮体間比較

3.2 平水中及び波浪中曳航試験

海上航行時には水陸両用車には波浪外力が作用するため、操縦運動計算の際には外力としての定量的評価が必要となる。本研究では対象浮体に対する平水中及び波浪中での曳航試験を実施した。波に対して直進及び斜めに曳航することで、相対的に車体に入射する波向を変更した。波強制力及び波漂流力に関しては平水中での試験結果との差を取ること、正味の波強制力と波漂流力を求め、応答関数として整理した。

代表的な結果として、図-3 に前進速度（実車換算：13.30km/h）がある場合の車体に作用する波強制力の応答関

数を示す。41度履帯有り・無し, 50度履帯無しの結果を比較している。若干の差異はあるものの, 大きな違いは見られない。速度影響に関しては紙面の都合から掲載しないが, 横力及び回頭モーメントにおいては顕著な影響はないものの, 前後力に関しては前進速度が大きくなるほど波強制力は増大する傾向が確認された。

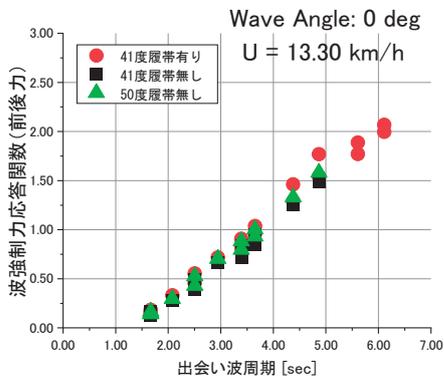


図-3 波浪中曳航時の波強制力の浮体間比較 (前後力)

3. 3 横揺れ強制加振試験

動揺しながら前進する浮体に関する流体力は, 一般船舶を対象としたものは数多くの研究が行われているが, 水陸両用車は形状が一般船舶と大きく異なるため, そこでの研究成果をそのまま適用することができるかどうかの判断が難しい。本研究では水槽模型試験とCFD解析を通じて流体力評価を行った。水槽模型試験では対象とする浮体を強制加振(横揺れ)させながら曳航し, 浮体に作用する流体力を計測した。

図-4に付加慣性モーメントの結果を示す。加振振幅及び周期は一定にして, 異なる曳航速度(実車換算: 4.68, 1.80km/h)に対する結果を示している。この結果から履帯の有無が与える影響は顕著であり, 履帯部の凹凸形状が影響しているものと推測される。41度履帯無し, 50度履帯無しの結果を比較すると, 50度履帯無しの結果の方が大きい値になっている。周波数影響は顕著でないものの, 低周波数領域で値が上昇する傾向が現れている。また, 曳航速度が大きくなるほど付加慣性モーメントは大きくなることも分かる。

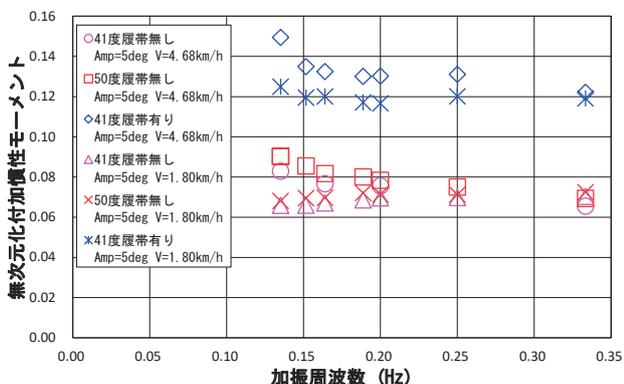


図-4 付加慣性モーメントの浮体間比較

4. CFD解析

矩形及び流線形, 簡易車体形状(41度履帯無し及び41度履帯有り)の4浮体を対象として, 浮体形状の違いや履帯の有無が車体に作用する流体力や波浪外力に及ぼす影響, そして車体周りの流場の違いをより詳細に把握するためにCFD解析を実施した。CFD解析は海技研で開発された船用CFDソルバーであるNAGISAを用いた。また, RANSにおける乱流モデルに関しては, 車両や船舶の分野において実績のあるk- ω SSTモデルを用いた。

図-5に平水中を高速曳航(実車換算: 13.30km/h)する際の浮体近傍に発生する波浪場を示す。曳波のコンターは波の高さを模型の代表長さで無次元化したものを表しており, 静止水面より高いほど赤く, 低いほど青く色づけした。41度履帯有り・無しの曳波は比較的良好な傾向を示しているが, 流線形, 矩形と41度履帯有り・無しの曳波の形状は大きく異なる。浮体近傍から, 矩形は浮体前方で大きく水位が上がり, その直後に急激に大きく下がり, 浮体の長手方向前半部分で大きな波を形成しているが, 後方にはそれほど大きな波がないことがわかる。一方, 流線形は浮体周りの長手方向の水位の上下は比較的穏やかであるが, 浮体の長手方向中央から後方で大きな曳波が発達していることが分かる。

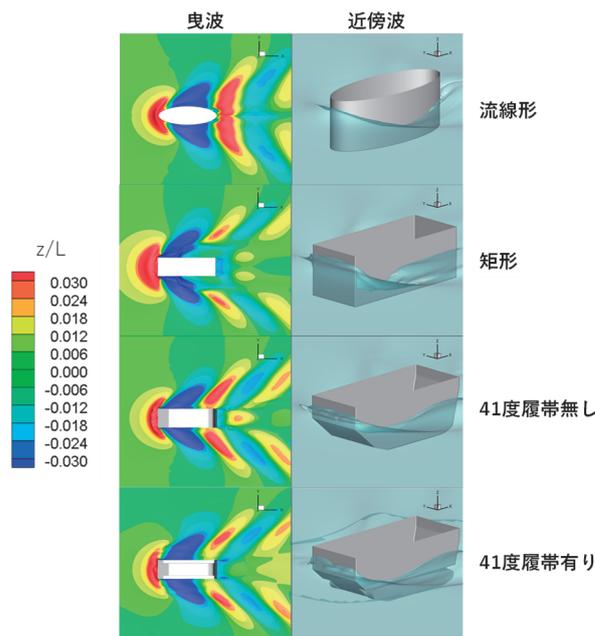


図-5 平水中曳航における曳波(左)と浮体近傍の波(右)

5. まとめ

本研究では水陸両用車が一般船舶とは異なる特殊な形状を有することから, その形状が海上航行性能に及ぼす影響を明らかにすることを目的として, 車体に作用する流体力及び波浪外力に関する水槽模型試験とCFD解析を行った。

今後も引き続き, 上記検討を深化させるとともに, より厳しい条件での模型試験等を行うことにより, 水陸両用車の海上航行性能に関する研究を進めていく予定である。