

津波による小型船舶の漂流挙動に関する実験的考察

名古屋大学大学院 学生会員 宇佐美敦浩

名古屋大学工学部 学生会員 ○ 小池 竜

名古屋大学大学院 正 会 員 水谷 法美

1. はじめに：津波の被害としては、溺死などによる人的被害や構造物などの浸水・損壊被害といった一次被害のみならず、破壊された構造物の部材などが遡上波によって流され、背後の施設などに衝突するといった二次被害が挙げられる。特に、港湾においては、港内や後背地における木材・コンテナ・船舶などの漂流が懸念されている。2004年12月26日にスマトラ島沖で発生したM9.0の巨大地震では大規模な津波が発生し、多くの漁港で漁船が陸上に打ち上げられ、陸上を遡上することにより、港湾背後における家屋などの被害を甚大化したことは記憶に新しい。これらの被害を予測し、被害を軽減する対策を講じるためには漂流物の挙動特性を把握することが極めて重要である。

津波による漂流物に関する研究として、松富(1999)や池野・田中(2003)は木材を対象に、衝突力について実験結果に基づいて研究しており、水谷ら(2006)はエプロン上に遡上した津波によるコンテナの漂流や波力・衝突力に関して実験を行っている。また、漂流物が津波により陸上に打ち上げられる場合の研究としては、池谷ら(2005, 2006)が検討しているが、タンカー船など比較的大きな船舶を対象としており、小型船舶を対象とした研究例はほとんどない。そこで本研究では、漁船に代表される小型船舶を対象として水理模型実験を行って、津波による小型船舶の漂流挙動の特性を考究することを目的とする。

2. 水理模型実験：水理模型実験を名古屋大学の片面ガラス張り二次元造波水路(全長30m, 幅0.7m, 深さ0.9m)を使用して行った。水槽内に傾斜海底地形(勾配1/10と1/100の複合断面)と陸上部の模型を設置し(図-1)、護岸前面に船舶模型を浮かべ、造波水槽の一端にある最大ストローク1.5mのピストン型造波板により造波させた。なお、実験縮尺は1/40とし、護岸前面における水深を12.5cm, 岸壁の天端高を2.5cmとした。船舶模型はアクリル製の中空箱形とし、板厚を変えることにより喫水の異なる2種類の模型を用意した(表-1)。船舶の初期設置位置を、岸壁前面から5cmを基本とし、さらに岸壁前面から30cmの位置にも設置し、設置位置による打ち上げの有無を検討した。なお、船首尾方向が岸壁に対して平行(0度)の場合と直角(90度)の場合の二通りに対して実験を行い、打ち上げ時における挙動の違いを比較した。入射波は押波初動と引波初動を行い、押波初動については、長周期波13種類と孤立波5種類を作用させた。押波の長周期波の沖波波高(H)は2.6cm~7.4cm, 周期(T; 造波板が押出す時間とした)は7.5s~12.5sである。また、引波初動については長周期波のみ5種類行った。なお、実験中は陸上部上方からと側方からビデオカメラ(上方からは高速ビデオ)により船舶の挙動を撮影し、船舶の軌跡と移動速度を求めた。

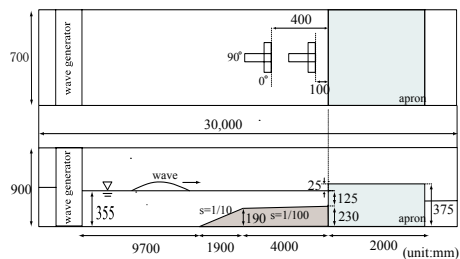


図-1 実験装置の概要

3. 実験結果及び考察：図-2に護岸と平行に設置した船舶の軌跡を例示する。ただし、移動中の軌跡については船舶の上面のみを示した。来襲波の水位上昇により、船舶は鉛直上方にゆっくり上昇するとともに護岸に接近し、その後、船舶の側面(岸側)が護岸前面と一致するあたりで横方向の移動速度が急激に増加しエプロン上を遡上する様子がわかる。しかし、来襲波の

表-1 船舶模型の諸元

	A	B
長さ(cm)	30	
幅(cm)	10	
高さ(cm)	5.2	
重量(N)	1.24	3.51
喫水(cm)	0.42	1.19

遡上高が小さい場合には、船舶が上方に移動するのみで陸上に打ち上げられない。また、図には波を示していないが、実験中の観察とビデオ解析から、入射波の遡上と船舶の打ち上げの間には時間差があり、船舶が護岸に乗り上げる前に波はエプロン上を遡上していること、そしてこの時間差は入射波や初期船舶設置位置により異なることを確認している。

上方から撮影された船舶の軌跡から求めた船舶の0.2秒毎の重心位置とその位置における船舶の漂流速度の関係を図-3に示す。船舶を護岸と平行に設置した場合、上述したように、船舶の側面（岸側）が護岸前面と一致する $x=-5\text{cm}$ あたりから加速している様子が分かる。この現象は船舶を護岸と直角に設置した場合にも認められるが、その増加割合は、流体力を受ける面積の違いにより、平行に設置した場合の方が大きい。また、図-4に示すように、直角に設置した場合には水位上昇による船舶の鉛直上向きへの移動より波進行方向への移動量が大きく、船舶の前面下部が護岸に衝突する傾向が見られた。そのため、衝突後に船舶はやや沖側に戻され、その後、入射波の作用により遅れて陸上へ打ち上がる様子が確認された。これは、縦に置いた場合、傾斜した波前面に押され、波進行方向への移動の開始が鉛直方向への上昇に比べ早い段階で生じることによると考えられる。また、この現象は喫水の大きいBにおいて顕著に認められた。

つぎに、船舶の初期設置位置による漂流挙動の違いについて考察する。図-5は初期位置が護岸より30cm沖側の場合における漂流速度を示したものである(0.4秒毎のプロット)。波が作用すると船舶は岸側へ移動するが、その速度は入射波の波速より遅いため、移動開始後に護岸からの反射波の影響により減速する様子が確認できる。ここで、船舶の漂流速度がゼロまで減速されると護岸に打ち上がることなく沖合へ流されるが、岸向きの速度を持続続けると、図示したようにゆっくりではあるものの護岸に打ち上がる場合も確認された。この場合、漂流速度は初期位置が護岸近傍の場合に比べかなり小さくなることを確認された。

実験では、長周期波だけでなく孤立波も作用させたが、波が船舶に作用する時間が短いため、特に、岸壁と直角に設置した場合に、長周期波と比べて大きく挙動が異なった。すなわち、峰高の大きな場合でも、波が船舶の下を通過し、船舶は上下動するのみで陸上に打ち上げられることはあまりないことが確認できた。

4. おわりに：本実験より、船舶が陸上へ打ち上がる条件やその漂流速度について定性的に明らかとなった。今後、船舶に作用する波力についても計測を行い、より定量的な検討を行うとともに、その結果も含め詳細を講演時に発表する予定である。なお、本研究を行うにあたり漁港漁場漁村技術研究の研究助成を賜った。ここに記して関係各位に感謝の意を表する。

<参考文献>：1) 松富 (1999), 土木学会論文集, No.621/II-47, pp.111-127. 2) 池野・田中 (2003), 海工論文集, 第50巻, pp721-725. 3) 水谷ら (2006), 海工論文集, 第53巻, pp791-795. 4) 池谷ら (2005), 海洋開発論文集, 第21巻, pp127-132. 5) 池谷ら (2006), 海工論文集, 第53巻, pp276-280.

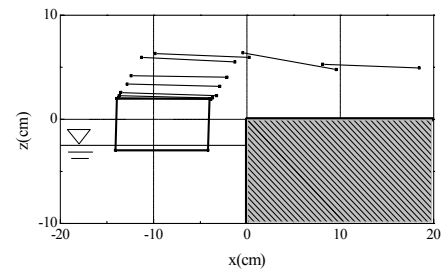


図-2 横方向からの船舶の軌跡
(初期位置: 5cm, 0度, 模型A)

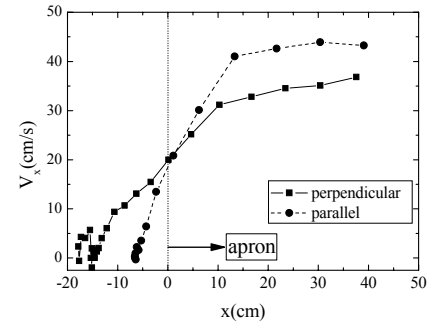


図-3 船舶の漂流速度 (模型A)

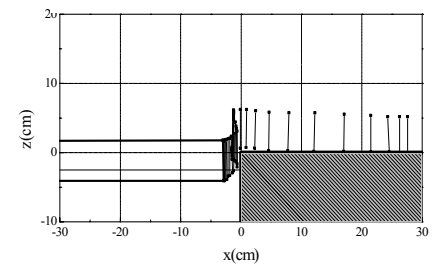


図-4 横方向からの船舶の軌跡
(初期位置: 5cm, 90度, 模型B)

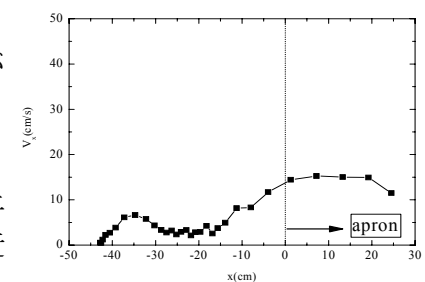


図-5 船舶の漂流速度
(初期位置 30cm, 模型A)