

直立護岸を遡上する津波漂流物に関する実験的研究

Experimental Study of Run-up of Ice Floe on Vertical Seawall Caused by Tsunami

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 ○正 員 森 昌也 (Masaya Mori)

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 正 員 山本 泰司 (Yasuji Yamamoto)

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 正 員 木岡 信治 (Shinji Kioka)

1. まえがき

津波来襲時に津波とともに漂流する津波漂流物は津波の破壊力を増大させることが指摘されており、津波漂流物による衝突力を推定するための各種研究が近年行われている。例えば、水谷ら¹⁾は港湾に多数野積みされているコンテナを漂流物の対象として、水理模型実験から漂流挙動を把握するとともに、個別要素法を用いた数値計算からコンテナの衝突力推定法を提案している。また、藤井ら²⁾は船舶を対象とした漂流実験から護岸への船舶の遡上パターンを示すとともに、漂流計算を実施して実験結果との比較を行っている。これ以外にも松富ら³⁾は流木、安野ら⁴⁾は自動車を漂流物の対象とした同様の検討を実施している。

北海道のオホーツク海沿岸域においては、毎冬流水が来襲することから、津波防災を行う上で流水を津波漂流物の対象として検討する必要がある。1952年の十勝沖地震においては、津波による水位上昇とともに氷盤が陸上に遡上して家屋に衝突する被害が発生しており、氷盤による衝突力を把握する必要がある。高橋ら⁵⁾は模型氷盤を用いた水理模型実験から防潮ゲートに作用する氷盤の速度や高さについて検討しているが、氷盤を津波漂流物の対象とした検討は少ないのが現状である。

本研究では一般的な港湾における直立護岸を対象として津波により遡上する氷盤に関する基礎的な模型実験を実施して漂流挙動を把握して、氷盤による衝突力推定の基礎資料とすることを目的とする。

2. 水理模型実験の方法

現地の 1/100 程度の縮尺を想定した水理模型実験を実施して氷盤の遡上状況のビデオ撮影を行って漂流挙動を把握した。実験には小型造波水路（長さ 24.0m、幅 0.8m、深さ 1.0m）を用い、1/30 の海底勾配から続く水平床上に図-1 に示すようなモルタル製の直立護岸模型を設置した。ここで、直立護岸前面の水深は 10cm、天端高さは 3.0cm で一定としている。

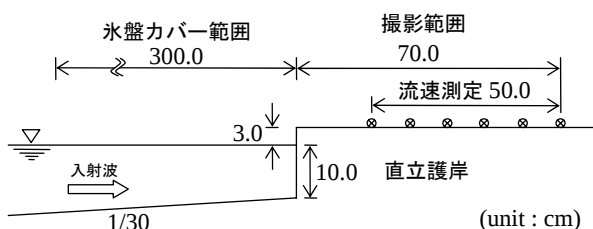


図-1 実験断面図

実験に用いた模型氷盤は厚さが 0.5cm の円形とし、直径を 3.0cm（質量 3.5g）および 6cm（質量 14.1g）の 2 種類に変化させた。材質はポリプロピレン製であり、比重は実際の氷盤とほぼ同じ 0.91 である。模型氷盤は図-1 に示すように護岸前面から 3.0m の範囲に浮かべており、カバー率（水域面積に対する氷盤占有面積の割合）を 0、20、40、60、80% の 5 種類に変化させてその影響を確認している。

遡上する氷盤の挙動の測定にはデジタルビデオカメラを用いており、護岸前面から 70cm の範囲を撮影した映像から画像解析によって氷盤の重心位置を読み取った。ここでは、漂流速度が最も早い氷盤を解析の対象としている。また、沖側および護岸前面において容量式波高計を用いて水位を測定するとともに、護岸天端上においてプロペラ流速計を用いた流速測定を実施した。なお、天端上のピーク流速は測定地点によらずほぼ同じ値であったため、その平均値を取りまとめて用いた。実験の入射波には一山型の正弦波を造波して実施している。ここでは、入射波を長波領域の波に相当する $H=2.5\sim 3.0\text{cm}$ 、 $T=6.0\sim 9.0\text{s}$ に変化させて実施した。

3. 氷盤の漂流特性

(1) 時系列の漂流挙動について

漂流物を設置しない条件における沖側および護岸前面における水位の時系列変化の一例を図-2 に示す。ここで、入射波の波高 H は 3.0cm、周期 T は 6.0s である。津波による浸水形体について有川ら⁶⁾は、津波のフロント部が切り立った段波タイプと先端が砕波せずに浸水する越流タイプおよび構造物前面で砕波する砕波タイプに分類している。本実験に用いた一山型の入射波は図-2 に示すように護岸前面において緩やかに水位上昇して護岸を越流する形体を示しており、有川らの分類を用い

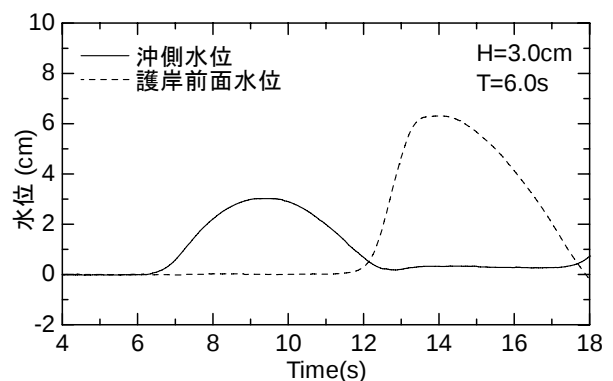


図-2 水位の時系列波形

ると越流タイプに相当する実験である。

図-3は入射波高 $H=3.5\text{cm}$ 、周期 $T=6.5\text{s}$ 、カバー率 20%の条件における氷盤の漂流速度の時系列変化の一例を示している。高橋らは漂流挙動について波の作用により加速する加速域、速度がほぼ一定の値で移動する安定域、底面との摩擦により速度が低下する減速域の3つの領域に分けている。今回の実験においても護岸を乗り越えた後に加速し、その後はおおむね等速度で漂流している。ただし、今回の検討では水平な護岸天端上を対象としているため、安定域の距離が非常に長く、減速域については撮影できなかった。直径が 3.0cm の条件では氷盤の質量が軽いため波が作用してすぐに加速するのに対して、 6.0cm の条件では 3.0cm と比較して緩やかに加速している。ただし、安定域においては両者ともに同程度の漂流速度となっている。

(2) カバー率の影響について

図-4はカバー率の影響を確認するため、カバー率 0%の漂流速度に対する各カバー率の漂流速度の比 $U_{\text{mean}}/U_{\text{mean}_0\%}$ とカバー率の関係で実験結果を整理したものである。ここで、カバー率 0%とは単氷盤の条件を意味している。また、 U_{mean} は図-3で示したような等速度で漂流する安定域の漂流速度の平均値から求めている。カバー率が増すにつれて漂流速度はわずかに遅くなる傾向を示している。これは、カバー率が增大することで護岸前面に氷盤が密集して越流流速が低下するためと考えられる。ここでは、氷盤の直径を変化させているが、 3.0cm および 6.0cm とともにほぼ同様の傾向であった。

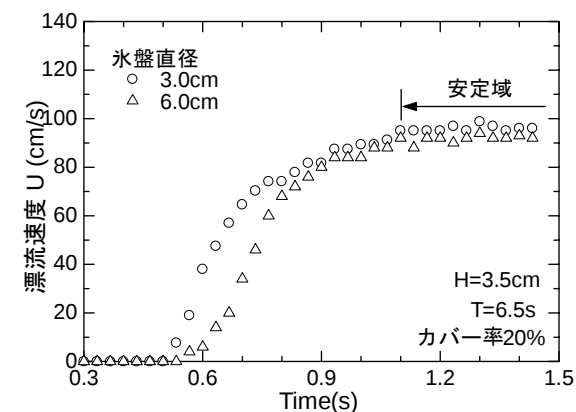


図-3 漂流速度の時系列変化

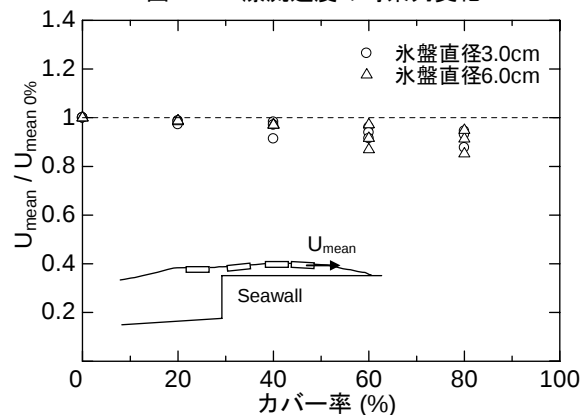


図-4 カバー率と漂流速度の関係

(3) 流速と漂流速度の関係

図-5は漂流速度が最も速い値を示したカバー率 0% (単氷盤) の条件に着目して氷盤の漂流速度 U_{mean} と護岸天端上流速の関係を示したものである。その結果、 3.0cm および 6.0cm とともに漂流速度と天端上流速はおおむね同程度の値を示す結果となった。漂流物による衝突力の推定にあたっては漂流速度が重要となるが、単氷盤を対象とした場合にはおおむね流速と同程度の値を用いる必要がある。

4. まとめ

直立護岸を遡上する氷盤に関する基礎的な水理模型実験を実施して流速と漂流速度の関係やカバー率が漂流速度に与える影響を把握した。今後は段波を対象とした水理模型実験および模型実験の再現計算を実施する予定である。

参考文献

- 1) 水谷法美・山口聡・宮島正悟・富田孝史 (2004) : 津波によるエプロン上のコンテナの漂流特性とその衝突力に関する研究、海岸工学論文集第 51 巻、pp.736-740
- 2) 藤井直樹・大森政則・池谷毅・朝倉良介・武田智吉・柳沢賢 (2005) : 港湾における津波漂流物の数値計算、海岸工学論文集第 52 巻、pp.296-300
- 3) 松富英夫：砕波段波に伴う流木の最大衝撃力に関する実験的研究、土木学会論文集、No.467/II-23、pp.19~28、1993
- 4) 安野浩一郎、西畑剛、森屋陽一 (2007) : 津波による漂流物の挙動予測手法に関する研究、海岸工学論文集第 54 巻、pp.866-870
- 5) 高橋良正・片山晃・花田真州・佐伯浩・山下俊彦 (1995) : 氷盤群の津波による陸上への遡上機構に関する実験的研究、海岸工学論文集第 42 巻、pp.1236-1240
- 6) 有川太郎・中野史丈・大坪大輔・下迫健一郎・石川信隆 (2007) : 遡上津波力による構造物の変形・破壊挙動の検討、海岸工学論文集第 54 巻、pp.841-845

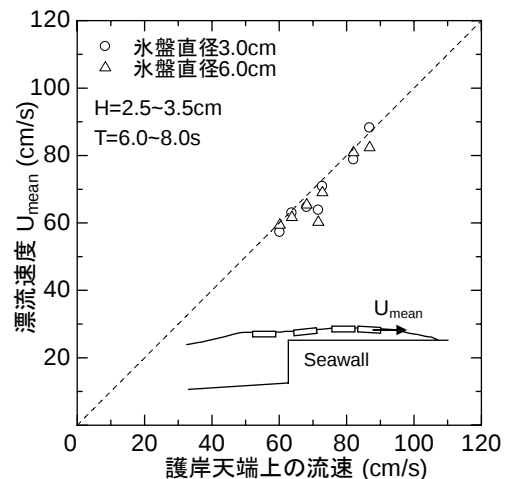


図-5 天端上流速と漂流速度の関係