

大規模津波発生時の河川横断構造物によるアイスジャムに関する水理実験

(独)土木研究所 寒地土木研究所 ○阿部 孝章・佐藤 好茂・船木 淳悟
北見工業大学 吉川 泰弘

1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震津波を機に、大規模津波の発生時は橋梁等の流出が問題視されるようになった。東北地方で多数の落橋が生じた要因の一つとして、遡上あるいは流下する津波漂流物の存在が挙げられる。一方で、北海道のような積雪寒冷地域においては、冬期間(概ね12~4月)水面は結氷で覆われ、春先には河水の流下も見られる(写真-1)。このような河川に津波が遡上すると結氷の破壊と大量の氷板輸送が生じる可能性があり¹⁾、漂流物となった氷が横断構造物付近で閉塞を起こし(所謂アイスジャム現象)、落橋を助長する懸念がある²⁾。しかしながら河川津波と漂流氷板群、あるいは氷板群と横断構造物の相互作用はほとんど未解明であり、その基本的な特性さえほとんど明らかにされていないのが現状である。そこで本研究では、漂流氷板群が起こすアイスジャム現象に焦点を当て、横断構造物のタイプを変えた水理実験によりその基本特性を理解することを目的とした。



写真-1 河道内の漂流氷板(河口から1.5km付近)

2. 手法

水理実験には寒地土木研究所が保有する簡易可傾斜水路を使用した(図-1)。延長15m、水路幅30cmであり、下流部にダムブレイク型の造波装置、排水口を設置しており、不等流場を遡上する河川津波を模擬することが可能である。模型縮尺は1/100-1/50程度、初期水深を3cm、ダム部水深を25cmとし、流入流量は北海道の直轄河川の冬期流量を参考に0.1L/sとした。水路中央部にはボックスゲーター橋、トラス橋の模型を設置し、その直下流部2m区間に氷板模型を設置した。模型サイズは縦横3cmの正方形、厚さ5mmである。枚数は写真-1の

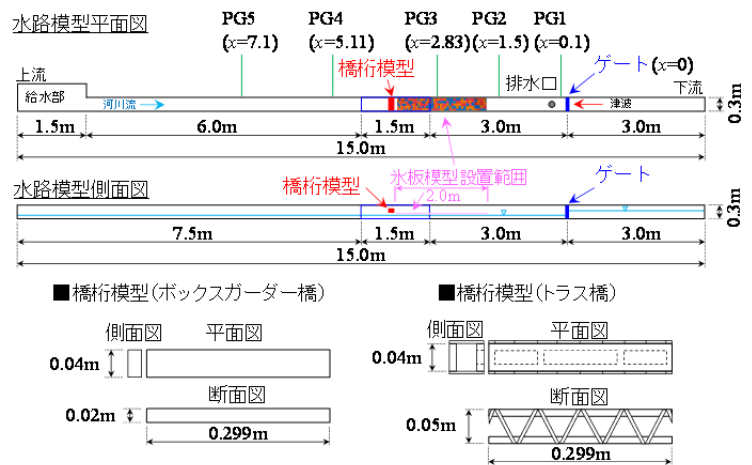


図-1 使用した水路及び橋梁模型の平面図・側面図

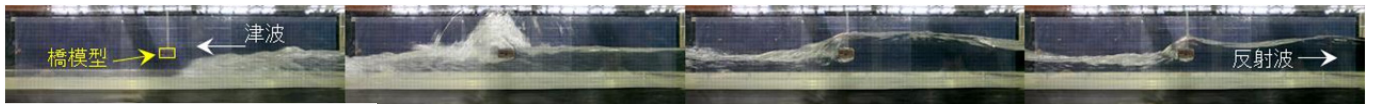
のように密に滞留する氷板群を模擬するため、実験時は流下しないように楕円の器具により下流側で位置を固定した。水路内の縦断的な水位変化を計測するため図-1の5地点にピエゾを設置し、接続した導水管を圧力センサATM.1ST(STS Sensors, スイス)に接続し水深の計測を行った。横断構造物も氷も無いケースを比較の基準とし、ボックス橋の場合、トラス橋の場合それぞれについて流況観察及び時系列的な水深の比較を行った。

3. 結果及び考察

図-2に示したのは、実験時ダムブレイクにより発生した段波が横断構造物に接近して衝突し下流側へ反射波が発生するまでの一連の様子である。氷の存在しない場合、(a)のボックス橋の場合衝突した津波は激しく上方に巻き上がっているが、(c)のトラス橋の場合はトラスの空隙を透過している様子が確認された。つまり

キーワード 河川津波, 河川結氷, アイスジャム, 河川横断構造物

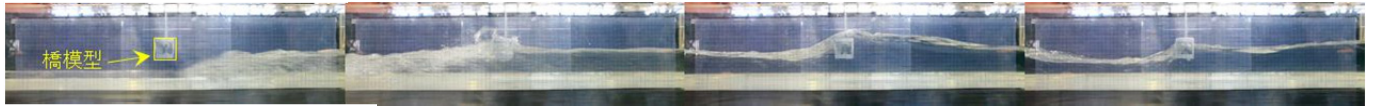
(a) ボックス橋, 氷無しの場合



(b) ボックス橋, 氷有りの場合



(c) トラス橋, 氷無しの場合



(d) トラス橋, 氷有りの場合

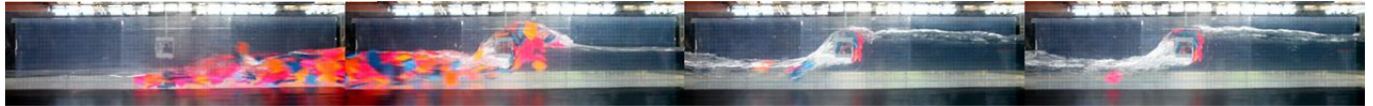


図-2 側方で撮影した実験の様子。(a)-(d)いずれも左から順に津波フロント衝突直前, 衝突直後, 模型を乗り越える様子, 反射波の発生を示した)

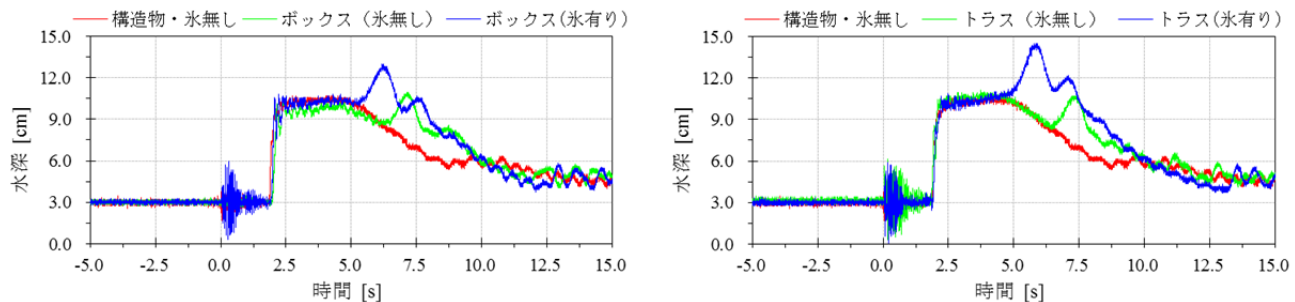


図-3 PG3 (x=2.83 m)地点で計測された時系列的な水深の変化 (左段がボックス, 右段がトラス橋の場合)

ボックス橋の場合フロントの運動量を直接的に受ける可能性がある。次に氷が存在する場合, 衝突直後から流れが橋梁を乗り越えるまでの様子において, (b)と(d)いずれにおいても氷板が一部橋梁の下流側面に張り付き, 流れを妨害している様子が確認された。但し, (d)のトラス橋の場合の方が接触している氷板枚数が多く, トラス橋の上面にも一部残留する様子が確認された。水を通しやすいトラス構造のために, このような氷板の付着が生じると考えられた。図-3 は橋梁模型タイプ別に計測された時系列の水深変化を示したものである。ゲート解放時を $t=0$ s とした。 $t=0$ s 付近の振動はゲート開放による水路全体の振動を拾ったものである。いずれのケースにおいても計測された波高に大きな違いは見られない。氷無しの場合は橋梁に反射した波のために $t=7$ s 付近でやや水深が大きくなり, ボックス・トラスで同程度である。しかしながら氷板群が存在する場合トラスタイプで 2 cm ほど反射波の波高が大きくなっており, 図-2 で見られた氷板の閉塞, 即ちアイスジャムの効果により反射波が発達しやすくなったものと考えられる。

4. まとめ

本稿では大規模津波発生時に想定される横断構造物の氷板による閉塞効果に関する水理実験を実施した。本稿の条件においてはボックス橋よりトラス橋の方がアイスジャムを誘発しやすい条件となり, 特に橋梁の下流部において反射波による急激な水位上昇の発生が確認された。本稿で見出された知見は, 寒冷地の漂流氷板のみならず流木等一般の漂流物に関して, 橋梁の閉塞効果を踏まえた津波防災の立案に資することが期待される。

参考文献

- 1) 吉川ら, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, pp.I_416-I_420, 2012.
- 2) 国土交通省北海道開発局, 雪氷期の津波沿岸防災対策の検討報告書, 平成 25 年 3 月, 2013.