

北海道大学工学部 正会員 原文宏
 運輸省第二港湾建設局 ○正会員 国松 靖
 北海道大学工学部 正会員 佐伯 浩

1. はじめに

北米やシベリア、北欧などの河川では、一般に上流から融解が始まり大量の水盤が下流に流下する。流れ出した氷盤は、下流部の橋梁橋脚の位置でせき止められIce Jam が形成される場合がある。Ice Jam が発達すると橋脚や上部構造へ水力として作用し、落橋した事例もあるほか、Ice Jam は河積を狭め流速を増すために橋脚基部の河床洗掘を誘発し、橋脚を不安定化させる原因ともなる。

著者らは、数年前から橋脚位置でのIce Jam 発生の原因となる氷盤によるアーチ形成条件について実験研究を行っている。研究は、流速、水面の氷盤カバー率、橋脚間隔を変数として、アーチ形成の限界曲線を求め、結氷河川に建設される橋脚の計画における、橋脚間隔の決定に役立てることを目的としている。本論文では2種類の実験縮尺で行ったアーチ形成条件の基礎的な実験結果について報告する。

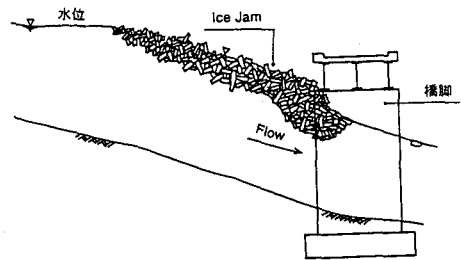


図1 Ice Jam の概念図

2. 実験方法

実験は図2に示すように長さ20.0m、深さ0.5m、幅2.0m可変勾配水路を用いた。1/50の縮尺での実験では水槽全幅を使い、模型橋脚は厚さ5mmの鋼鉄板で幅4cm、長さ10cm、高さ50cmの鋼鉄の箱の上流側にモルタルで半円形をとり付けたものを使用した。使用した模型氷は一边が10cmの正方形で厚さは1cmである。1/150の縮尺の実験では、水路中央に仕切板をたて、幅60cmの水路とし、一边が3cmの正方形の模型氷を使用して実験を行った。模型氷の厚さは3mm、模型橋脚は厚さ5mmの鋼鉄板で幅2cm、長さ5cm、高さ50cmの鋼鉄の箱の上流側にモルタルでつくった直径2cm、高さ50cmの半円形の物を取り付けた。

2つの実験ともに、1回当たりの実験に使用した模型氷は約1,600枚で、模型氷には自然氷の密度と同じ0.9gf/cm³のポリプロピレンを用いた。ポリプロピレンの板同士の摩擦係数は、氷相互の動摩擦係数0.1~0.2とほぼ同じであった。（乾燥状態で0.188、水中で0.146）

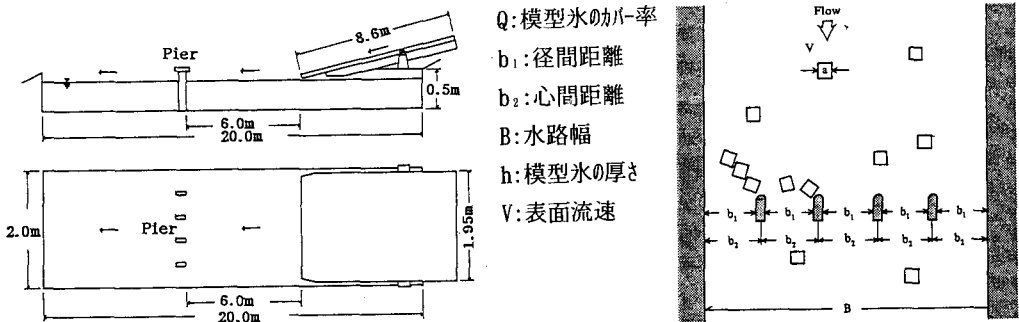


図2 実験水路と実験の諸元

水路上部に模型水を供給するフィーダーを設置した。このフィーダーは、模型水を0～30cm/secの速度範囲で自由に送り出すことが出来る。このフィーダーの下流に模型橋脚を設置した。流速は3段階を設定し比較した。フィーダーから水路に放出する模型水の水面を覆う割合(Q:カバー率)は、フィーダーの送り速度を調整し10%～100%の間で変化させて実験を行った。

3. 実験結果

アーチができるか否かの判定は次の基準により行った。一度形成されたアーチが10数分以上変化しない場合、極めて安定したアーチが出来た時は archingと分類する。逆にまったくアーチが出来ないかほんの数秒か長くても20～30秒間出来るごく弱いアーチはno archingに分類した。それ以上数分のオーダーでアーチができる状態をtransitive archingとし、arching(●), transitive arching(▲), no arching(○) の3つに分類した。

実験結果の一例を図3に示す。図は模型水のカバー率Qを縦軸に模型水の幅を径間距離で除した a/b_1 を横軸にとり、ある流速について径間とカバー率を変えて archingの有無をプロットしたものである。図から明らかなように、橋脚の間隔が狭くなるにしたがって、水面を覆う氷盤の割合が少なくても archingが発生する。

図4、図5は流速別にそれぞれの縮尺のアーチング限界曲線をまとめたものである。氷盤の水面カバー率と氷盤の大きさが一定であれば流速が大きくなるほど archingを起こす径間長は短く、径間長と氷盤が一定であれば V^2/gh が大きいほど archingを起こすカバー率は大きい値となる。つまり、流速が速いほど archingは起こしづらく、径間も短くて良い。逆に流速が遅いほど広い径間でもarchingが発生する可能性が高まる。

流速の遅い場合には実験縮尺によって、やや違いがでており、縮尺1/150(3cmの模型氷盤)の実験氷盤の方が若干 archingが出来やすい傾向になっているが、図6のように流速が早い場合には、arching限界線は、両縮尺のアーチング限界曲線がほぼ一致することから、概ねフルード相似則が成立すると考えられ、実験結果の現地への適用が可能であることを証明している。

これらのアーチング限界曲線を一定流速ごとにもとめ、架橋位置での実際の氷盤の大きさ、融氷期の表面流速等を測定することによって、アーチングを発生させない橋脚間隔を決定することができる。

参考文献

- 1) Calkins, D: Arching of Model Ice Floes at Bridge Piers, Pro. of IAHR International Symposium on Ice, Vol. 2 1988, PP 495-507

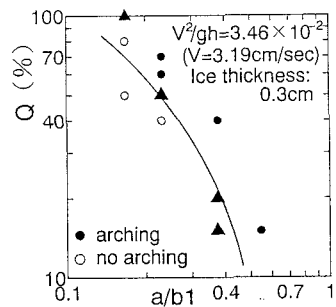


図3 アーチング限界曲線の例

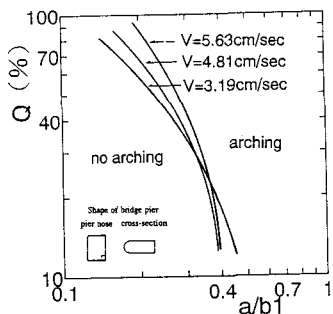


図4 流速別アーチング限界曲線

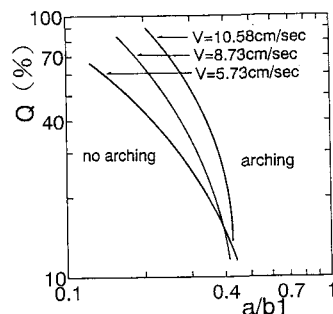


図5 流速別アーチング限界曲線
(実験縮尺 1/50)

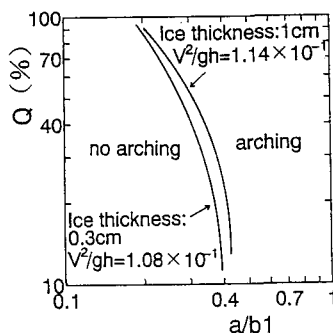


図6 縮尺の違いによる影響