

I-208

結氷河川における橋梁の設計法に関する研究

(社)北海道開発技術センター 正会員 原文宏
北海道大学工学部 正会員 佐伯 浩

1. 緒 論

北海道・東北の河川や湖沼に、冬季間結氷するところが見られる。特に北海道東部、オホーツク海沿岸域や北海道北部、天塩川流域は我が国の中では寒冷条件が厳しいこともあって結氷する河川が多い。これらの河川には、たくさんの橋梁が架けられているが、設計において氷が橋梁に及ぼす種々の影響について全く考慮されていないのが実状である。これは、我が国が地震国のため地震力が支配外力となること、氷の厚さがそれほど成長しないこと等による。

しかし、シベリア開発や北極海及び北部オホーツク海における石油・天然ガスの開発に伴う陸上交通・運輸施設の建設のためには当然結氷河川における橋梁の設計法の開発が必要である。寒冷地の国、例えば米国、カナダ、ソ連では氷象条件が厳しいこともあって、橋梁の設計マニュアルには氷力に関する項目があり、また、度々橋梁が氷のために被害を受けていることが報告されている。

2. 氷による橋梁被害の例

北米、とくにカナダでは、今まで多くの橋梁が氷による被害を受けてきたが、ここでは過去の氷による大きな被害例について述べる。

1) 上部構造への被害

橋梁の上部構造への被害については、1938年1月、カナダのオンタリオ州ナイアガラ Falls View Arch Bridgeの上部構造が、平水位上15mの高さに積み上がった ice jamの衝突により落橋した。1928年と1952年には、融雪期にカナダ、アルバータ州のRed Deer Riverに架かっている橋の上部構造が氷のため落橋した。また、1970年2月には、春の融雪期にカナダのブランズウィック州で豪雨による水位の上昇により、ice jam状の氷がトラス構造の上部構造に衝突して、上部構造の一部が落ちた。この時、ブランズウィック州では100以上の橋梁に被害が発生した。1976年にも同州では同様の被害が発生しているが、1970年に比べると軽微であった。

2) 橋脚の被害

氷による橋脚の被害は主に、橋脚への氷の衝突力、氷の通過に伴う橋脚表面の摩耗、橋脚により形成される ice jamによる静的氷力と流速増加に伴う橋脚の局所洗掘が考えられる。

橋脚の被害例としては、アルバータ州のPembina Riverに1917年以来建設された16の道路橋のうち、7つの橋梁が氷によりあとかたもなく消えてしまったが、これらの橋の橋脚は丸太材によるものと、丸太材の中詰めに割石をつめたものであった。その他、1976年4月にはDriftwood Riverにかかる橋の橋脚の一部が破壊されたが、この時は上部構造が氷により持ち上げられた。また、アラスカのYukon RiverのWhite horseのコンクリート橋脚が氷力により傾いた。このほか、St. Lawrence Riverでは、数多くのコンクリート製の航路標識用灯台が氷により破壊されている。また、コンクリート製の橋脚の中には、破壊にはいたっていないが、流下する氷によりかなり摩耗が起きていることが報告されている。

3. 結氷河川における橋梁設計に当たって考慮すべき事項

上述した、実際の橋梁の氷による被害の状況等から、結氷河川において橋梁を設計するにあたって考慮すべき事項について列挙する。

1) 橋梁計画に考慮すべき事項

イ. スパン割り

通常の河川橋梁においては、流量及び河川断面に対する橋脚断面の阻害率により径間長が決まるの普通である。しかし、結氷河川においては上流から運ばれてきた氷盤により橋脚間に氷のアーチを形成する場合が見られる。これが発達するとice jamやpile upと呼ばれる氷の固まりとなり、橋脚自体及び周辺に影響を与える。したがって、氷盤によるアーチを形成させないようなスパンを選択する必要がある。

ロ. 桁下余裕高さ

ice jamやpile up現象を起こした場合、設計高水位より氷の位置が高くなり、やがては上部構造に氷力がかかったり、下から持ち上げられる場合が生じ、最悪の場合落橋ということも考えられる。したがって積み重なる氷盤の最大高さをおさえ、それに対して十分余裕のある桁下余裕高さを確保する必要がある。

ハ. 橋脚周辺の局所洗掘

ice jamが形成されて河川水の通過断面が狭くなり、その部分の流速が極端に速くなる場合や、ice jamにより完全にせき止められたものが急激に流れだした場合に橋脚周辺が洗掘され、橋脚基礎の十分な根入れが確保できなくなる。

2) 設計氷力

イ. 水平方向氷力

流体力や風により移動する氷盤によって受ける力である。この氷力に関する研究が最も古くから続けられていて、最も必要な氷力である。この氷力は氷象条件、氷盤の衝突、貫入速度、橋脚の断面形状とnoseの傾斜角の影響を受ける。

氷盤がスレンダーな橋脚に衝突した場合は、衝突とともに振動現象のおこる場合がある。その他、橋脚部分でのice jamが形成されている場合、氷力が橋脚に作用するばかりではなく、上部構造におよぶものもある。

ロ. 鉛直方向氷力

橋脚などの直立構造物に氷盤が凍着している場

合、ダムの放水や融雪に伴う水位の急な上昇・下降により、構造物に上下方向の軸方向氷力が作用する。特に米国の五大湖の栈橋でよく発生していることが報告されている。また、傾斜したnoseを持つ橋脚に水平方向氷力が作用した場合、鉛直方向に分力が生じる。しかし、氷と構造物表面の摩擦係数に強く影響を受けているため、いちがいに橋脚noseの角度だけで分力の大きさを決定することは出来ない。

3) 橋脚材料として考慮すべき事項

冬季間結氷する河川において、要求される橋脚の材質については、凍結融解作用に対する耐凍害性、氷盤の水平方向や上下方向への移動に伴う橋脚表面の摩擦等が重要な課題となる。

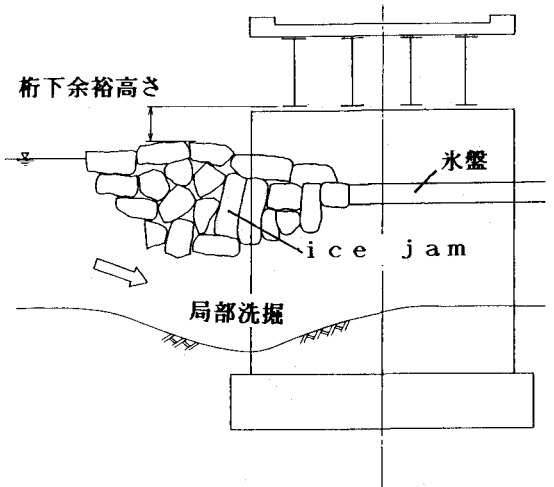


図-1 ice jam形成概念図

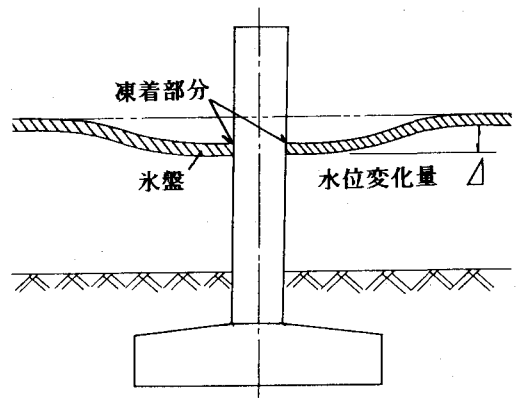


図-2 橋脚に作用する鉛直方向氷力