網走川の特殊提護岸周辺における河氷挙動の現地観測

Field observation of river ice movement on special bank revetment of Abashiri river

北見工業大学	○学生	E員	上野順基	(Junki Uer	10)
北見工業大学	Æ	員	吉川泰弘	(Yasuhiro	Yoshikawa)
寒地土木研究所	正	員	横山洋	(Hiroshi Y	okoyama)
寒地土木研究所	正	員	山田嵩	(Takashi Ya	.mada)

図-1 網走川のコンクリート矢板(正面)



図 - 2 河氷衝突時の状況 (2019年1月31日16:37:31)



図-3 観測場所(出典,国土地理院)

2. 現地観測

2.1 観測期間, 観測場所

観測期間は2019年1月26日から2019年3月31日とし,図-3に示す赤丸印の箇所において,定点カメラを設置して河氷の挙動を動画で撮影した.

1. はじめに

積雪寒冷地である北海道の河川において、コンクリー ト製の河川構造物である護岸は、凍害による劣化、損傷 が数多く確認1)されている.損傷事例の1つに図-1に示 す網走川のコンクリート矢板による特殊提方式の護岸が ある. 網走川のコンクリート矢板は, 塩害や結氷等に対 する安全性, 鋼矢板に比べて, 都市河川として美観的に 有利である点,施工における市街地への騒音と振動など の周辺環境負荷が少ない点などの理由により採用2)され ている.一方で、網走川のコンクリート矢板は、図-2に 示す冬期に発生する河氷の衝突が要因により, 摩耗, 損 傷する被害が確認されている. 流水に接するコンクリー ト矢板の表面は凸凹の形状をしており, 凸部での摩耗, 損傷は確認されているが凹部での摩耗、損傷は確認され ていない³⁾. このため、コンクリート矢板の摩耗、損傷 の原因は、凍害や塩水遡上による塩害に加えて、河氷の 衝突も大きな要因であることが指摘 3されている.

網走川のコンクリート矢板損傷箇所の補修は、河川管 理者により適時行われている.厳しい財政状況や人員不 足の中においても、矢板の維持管理及び修繕は欠かせな い.しかし、いつ、どこで、どの程度、どのように矢板 が損傷するかについて、十分な知見が得られていないた め,限られた時間と人員で損傷箇所を目視で確認する作 業が必要となり、現場では多くの労力を要している.こ のような背景から、コンクリート矢板の損傷の原因を解 明するために、矢板の鉄筋腐食状況調査、塩分含有調査 3), ADCP を用いた流下河氷厚推定実験 4)が実施され現 象が解明されつつある.しかし、塩水遡上の影響を受け る状況下の中で、河氷がいつどの方向から流下し衝突す るかについての知見は十分には得られていない. また既 往研究では、河氷がコンクリート矢板へ与える衝突力を 算出するために圧力測定シートによる河氷衝突力測定実 験)を実施している. 河氷衝突時の加圧でシート着色部 に対し、加圧面積、平均圧力、最大圧力が算定 5されて いる.現地において正確な衝突力を算出するためには, 加圧シートの設備を設置するなどの労力がかかるため, 河川管理上,より簡便な方法が望まれている.

本研究は、網走川の特殊提コンクリート矢板の護岸を 対象にして、塩水遡上の影響を受ける状況下の中で、河 氷がいつ流下し矢板に衝突するかについて明らかにする ために現地観測を実施した.また、動画データの情報の みを用いて河氷による衝突力の算出を試みた.



e) 2019 年 3 月 8 日

12:00:00

時間(h)

18:00:00



-20

0:00:00

2.2 動画の目視観測の基準

6:00:00

-100

0:00:00

動画データを目視観測する際に,以下の基準を設けて 現象を把握した.図-4 に一例を示す.図-4 において1 時間毎の潮位を黄色,1 時間毎の気温を赤色で表記した.

- 流下する河氷が流れてきた際に、画面の端から端 までに通過する時間を計測した。
- 複数の河氷が長時間流下する場合は、流れ始めから最後の河氷が流れ終わり画面から消えるまでの時間を計測した。













- 流下する河氷の大きさを目測により2通りに区分した.相対的に河氷が大きいものを「大」とし、河氷が小さいものを「小」とした.図-5に判定例を示す.
- 河氷が流下する方向について区分した.図-4より、 網走湖からオホーツク海へ流れる方向は、緑色で 表記した.オホーツク海から網走湖へ流れる方向 は、オレンジ色で表記した.
- 河氷が「大」で網走湖からオホーツク海へ流れる 河氷は図-4の縦軸(第一Y軸)の120の値で緑色 として表記した.河氷が「大」でオホーツク海か



図-5 河氷の大きさ判定の一例(小)



図-7 河川結氷時における潮位と気温

ら網走湖へ流れる河氷は図-4の縦軸(第一Y軸)の100の値でオレンジ色として表記した.

- 河氷が「小」で網走湖からオホーツク海へ流れる 河氷は図-4の縦軸(第一Y軸)の40の値で緑色と して表記した.河氷が「小」でオホーツク海から 網走湖へ流れる河氷は図-4の縦軸(第一Y軸)の 20の値でオレンジ色として表記した.
- 夜間は、目視で判断できる範囲が狭くなることから、河氷の大きさの判断はせずに、流れの方向のみを判断した.夜間の網走湖からオホーツク海へ流れる場合は、縦軸(第一Y軸)の80の値で緑色として表記した.夜間のオホーツク海から網走湖へ流れる場合は、縦軸(第一Y軸)の60の値でオレンジ色として表記した.
- 河川が結氷して水面変動がない場合は、縦軸(第 一Y軸)の140の値で青色として表記した.
- 動画データが欠測している期間は、縦軸(第一Y
 軸)の140の値で紫色として表記した。



■ 0cm~-10cm ■ -11cm~-20cm ■ -21cm~-30cm ■ -31cm~-40cm ■ -41cm~

図-8 基準面以下の範囲別の河氷の流下数の割合

2.3 動画を用いた河氷挙動の観測結果

矢板周辺の動画データの目視観測の結果を以下に示す.

(1) 河川結氷状況

コンクリート矢板周辺の水面が結氷した期間は,15 日,河氷の流下は38日,河氷の流下なしは5日であった.

(2) 河氷の挙動と潮位との関係

横軸に潮位を示し、縦軸にその時に流下している河氷 の大きさと流れ方向を示した図を図-6に示す.また縦軸 1,-1 は河氷の大きさ「小」とした.縦軸2,-2 は河氷 の大きさ「大」とした.縦軸3,-3 は夜間の氷である. 横軸の潮位が正の場合は基準面より高い時,負の場合は 基準面より低い時となる.縦軸の河氷に関する値は,正 の場合は「網走湖からオホーツク海への河氷の流れ(順 流方向)」である.負の場合は「オホーツク海から網走 湖への河氷の流れ(逆流方向)」である.

図-6より,潮位が基準面より高い時には河氷がオホー ツク海から網走湖へ流れており,基準面より低い時には 河氷が網走湖からオホーツク海へ流れている.また,網 走湖からオホーツク海へ流れる河氷の方が多いことが分 かる.さらに,基準面以下の潮位ではオホーツク海から 網走湖への河氷の流下は確認されなかった.

河川の水面が結氷する場合において、横軸に潮位を示 し、縦軸に気温を示した図を図-7に示す.河川結氷時は、 気温がマイナスだけではなく潮位が基準海面よりも高い 条件であることが分かる.これは、気温がマイナスで水 面変動が比較的小さい満潮時において、河氷が形成され て、下げ潮時において形成された河氷が破壊されて、網 走湖からオホーツク海への方向へ流下し、護岸に衝突す る現象が推察される.

図-8より, 網走湖からオホーツク海への流れで基準面 以下であった場合の潮位別の河氷の流下数を割合で表す と潮位 0 cmから-10 cmで 28.6%, 潮位-11 cmから-20 cmで 35.7%, 潮位-21 cmから-30 cmで 26.2%, 潮位-31 cmから-40 cmで 7.1%, 潮位-41 cm以下では 2.4%であった. 潮位 が-11 cmから-20 cmの範囲での流下数が一番多いことが分 かる. また, 潮位が基準面の 0 cmから-30 cmの中で発生 する河氷は 90.5%であった.

3. 衝突力の算出

河氷の衝突力を以下の式 ⁵⁾を用いて動画データからの 情報のみで算出する

$$F_{H} = \frac{5g\rho_{i}A_{i}h_{i}C_{MA}C_{H}^{2.5}}{g^{1.25}(h_{i}L_{imax})^{0.625}}$$
(1)

g (m/s²):重力加速度, $\rho_i(kg/m^3)$:氷の密度, $A_i(m^2)$:河氷面 積, $h_i(m)$:河氷厚, C_{MA} :質量係数, $C_H(m/s)$:漂流物の衝 突直前の速度, $L_{imax}(m)$:河氷最大長である.

河水面積は、河氷が流下している時間の動画データを 画像データに変換し画像解析ソフトの ImageJ で河氷の 面積を算出した.

河氷厚は、ADCP を用いた河氷厚推定手法 ⁵を用いた. ADCP から得られた推定水深をもとに河氷の厚さを以下 の式で算出する.

$$d_{est} = H_s - Z_a - h_{est} \tag{2}$$

 d_{est} (m):水面下の推定河氷厚, h_{est} (m):ボトムトラッキ ングから得られる ADCP ビーム発射部から河氷底面まで の距離, H_s (m):ADCP の設置個所の水位, Z_a (m):ADCP のビーム発射部の標高.

質量係数CMAは, 圧力シートを用いた実験の結果を用いた. 質量係数は2月25日から3月6日まで概ね0.5から1.2であり, それ以降はおおむね0.03から0.08となる⁵ことが分かっている. 以上のことを踏まえて本研究では質量係数は平均値を用いた.

河氷の速度は,動画データから一定の距離を流れるの に要した時間で算出した.

河氷の最大長は、画像解析ソフト ImageJ を用いて画 像の2点間の距離を実際の距離のスケールに設定し河氷 の最大長を算出した.氷の密度は 900 kg/m³とした.

3.1 河氷衝突力の計算結果

衝突力(N)

河氷の衝突力の計算を実施するにあたり,2019年1月 31日16時33分30秒から16時34分21秒の河氷衝突時 のデータを用いて計算したものを条件1とする.2019年 3月1日に測定された加圧シートで算出された衝突力の 数値を条件2とする.条件2は加圧シートで測定された 数値の中で最も条件1と同程度の条件であるため採用した.計算結果を表-1に示す.

	条件1	条件 2
河氷面積(m ³)	11.134	10
河氷厚(m)	0.33	0.21
質量係数	0.85	1.04
河氷速度(m/s)	0.206	0.263
河氷最大長(m)	3.01	5
氷の密度(kg/m ³)	900	900
重力加速度(m/s ²)	9.8	9.8

153.6

195.2

表-1 計算値(条件1)と実測値(条件2)

表-1より、衝突力に大きな差はなく、圧力シートを用いずに衝突力を推定できることを示した.河氷衝突の圧力観測では、期間中に観測できた値として、平均圧力 48.8MPa,加圧面積4mm²で、力としては193Nとなっている⁵⁾.また、サロマ湖の護岸への河氷接触圧力は 400N前後であることが示されている⁹.

4. まとめ

本研究より以下のことが明らかになった.

河氷の動きと潮位については,網走川の結氷時には気 温がマイナスで水面変動が比較的小さい満潮時において, 河氷が形成されて,下げ潮時において形成された河氷が 破壊されて,網走湖からオホーツク海への方向へ流下し, 護岸に衝突する現象が推察される.

潮位が基準面以下ではオホーツク海から網走湖への流 れは発生しないことが分かった.さらに、河氷が流れる 向きは網走湖からオホーツク海への流れが多いことが分 かった.網走湖からオホーツク海への流れに注目すると 河氷が多く流れているのは潮位が基準面以下であること が分かった.さらに、潮位が基準面0 cmから-30 cmの間 に90%が存在していることが分かった.河氷が多く流れ ていた時間は朝方 6 時から正午 12 時の間の時間に多く 流れていることが分かった.

衝突力の計算については、画像による河氷挙動把握に より、河氷の衝突力は圧力シートを用いずに算出するこ とが可能だと分かった. 今後、衝突力算出向上のために 河氷面積・移動速度算出精度の向上が課題である.

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所:凍害が疑われる構造物の調査・対策手引書(案),2017.
- 中村英二,黒川弘,清治真人:網走川下流部特殊堤の設計・施工について,第22回(昭和53年度)北 海道開発局技術研究発表会,1979.
- 3) 滝口真澄、大田見定、澤田公男:網走川下流部特殊 提に生じた変状の要因分析と対策について,第56 回(平成26年度)北海道開発技術研究発表会, 2015.
- 横山洋,伊波友生,前田俊一,矢部浩規,吉川泰 弘;超音波多層式流速計(ADCP)を用いた流下河氷 厚推定実験,寒地土木研究所月報,第 786 号, pp.41-56, 2018.
- 5) 横山洋,伊波友生,内藤勲,前田俊一,矢部浩規, 吉川泰弘:複合劣化が生じた河川コンクリート構造 物に対する河氷衝突外力の計測,河川技術論文集, 第 25 巻, pp.175-180, 2019.
- 6) 河合孝治,牧田佳巳,木岡信治,寺島貴志,竹内貴 弘:鋼矢板護岸に作用する流氷の接触圧力に関する 現地計測,海洋開発論文集,第26巻,2010.