

I-319 氷盤移動によるコンクリート製橋脚の摩耗量の推定方法

北海道開発局 正会員 高橋陽一
 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 橘 治国
 北海道大学工学部 正会員 佐伯 浩

1. まえがき

凍期結氷する河川で、融氷期に氷盤移動の活発な河川では、氷盤の移動によりコンクリート製橋脚の上流側の Nose が摩耗することが知られている。著者等の調査によると北海道の河川に建設されている橋脚の氷盤移動による摩耗の早さは1年間に約1～5mmであることが明らかとなった。本研究は、氷盤移動によるコンクリート製橋脚の摩耗量の推定方法を明らかにするとともに、摩耗に強い影響を与える氷盤中に含まれる微細粒砂の濃度と粒径分布についての調査結果について述べるものである。

2. 氷盤移動によるコンクリートの摩耗に与える影響因子について

氷盤移動によるコンクリート表面の摩耗に関する研究結果によると、コンクリートの摩耗速度に及ぼす主要因子は、淡水氷の強度の決定因子である氷温 T 、コンクリート面の法線方向に作用する氷圧力(接触圧) σ_v 、それに氷盤中に含まれる微粒砂の濃度 W と中央粒径 d である。図1に異物を含まない淡水氷による P 、氷温(T)、接触圧(σ_v)と平均摩耗速度 S の関係を示す。淡水氷の場合、氷温が -10°C より高い範囲では S は氷温には依存せず接触圧のみに依存し次式が得られる。

$$S = 0.0012 \times \sigma_v \quad -10^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C} \quad (1)$$

S : 摩耗速度 (mm/km) σ_v : 接触圧 (kgf/cm²)

次に、砂粒子の濃度(W)が0.4%の場合の平均摩耗速度と中央粒径 d それに接触圧の関係の実験結果を図2に示す。各粒径ともに、摩耗速度は接触圧の増加とともに直線的に場合し、平均粒径が大きい程摩耗速度が大きい。また図中の破線は砂を含まない氷の結果である。次に濃度が0.4%の場合の各中央粒径 d とその粒径における摩耗速度を砂を含まない場合の摩耗速度で無次元化したものを図3に示す。この無次元量を K とすると、0.4%の砂含有氷による摩耗速度は(2)式を改めて次式に示される。

$$S = 0.0012 \cdot K \cdot \sigma_v \quad W = 0.4\% \quad -10^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C} \quad (2)$$

ここで K は図3に示されるように平均粒径 d のみの関数となる。次に $T = -10^\circ\text{C}$ における平均粒径 d と砂の濃度 W それにその条件の時に摩耗速度を $W = 0$ の場合のそれで無次元化したものの関係を示したものが図4である。 $-10^\circ\text{C} < T < 0^\circ\text{C}$ の範囲では摩耗速度は氷温に影響されることはないで、この関係はその温度範囲では氷温に

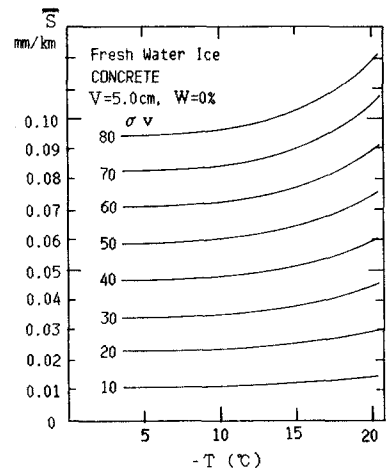


図1 氷温・接触圧と摩耗速度の関係

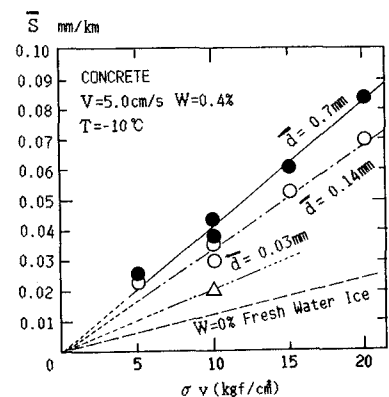


図2 摩耗速度と中央粒径・接触圧の関係

関係なく用いられると考えられる。以上の結果より氷盤と橋脚間の接触圧、氷盤中の砂の中央粒径と濃度が与えられとコンクリート製橋脚の摩耗速度が決定されることになる。

3. 氷盤中の砂の濃度と中央粒径の調査結果

海水中の砂の濃度は最大で0.4%程度で、中央粒径0.18mm程度であったが、今回の湖沼の氷中の砂の濃度及び中央粒径は表1に示すとおりで、海水の含有量に比べてかなり少ない。しかし、この氷中の微粒砂は主として道路から粉塵として供給されたものである。河川に沿って国道が建設されているような場合は砂の濃度はもっと大きくなることが予想される。図5に網走湖の道路から60m、140m、240mの氷の粒度分布を示す。道路に近い所では粒径が大きく、離れるにつれて粒径が小さくなることが判かる。

4. コンクリート製橋脚の摩耗量の推定方法

コンクリートの摩耗速度が求められると、あとは氷盤の移動距離や氷盤移動時の水位の変化から橋脚の摩耗量の分布が求まることになる。摩耗量推定のためのフローを示したものが図6である。前述したように、コンクリートの摩耗速度 S への影響因子は水温、接触圧、氷中の砂の濃度と中央粒径である。水温については、氷盤の移動時期の $-10^{\circ}\text{C} \leq T \leq 0^{\circ}\text{C}$ の範囲を考えれば良い、また接触圧 σ_v は、構造物に作用する氷圧力の分布を知らねばならない。直立の矩形断面構造物に作用する氷圧力の分布については田中等の研究、円断面構造物については佐伯等の研究があるが、その結果によると氷圧力の分布形状はアスペクト比や貫入に伴う歪速度の影響を受けるが、最大の氷圧力（接触圧）は氷の一軸圧縮強度の4～5倍程度となっていることから、設計上はその値を採用して良いと考えられる。この接触圧が求められると、橋脚表面の材料と水温及び氷中の砂の濃度と中央粒径より摩耗速度が決定される。この摩耗速度に氷盤の移動距離を乗ずることにより摩耗量が推定されるが、氷盤の移動距離の推定は非常に困難で、著者等の調査では同一の河川でも場所によってかなり異なることが明らかになった。

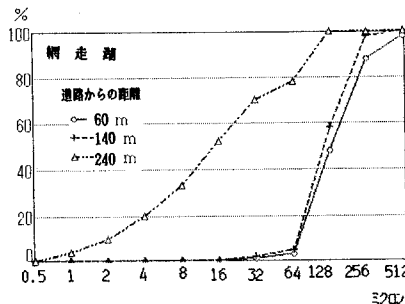


図5 氷盤中の粒度分布

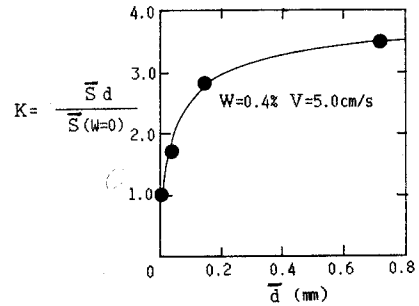


図3 中央粒径と無次元摩耗速度の関係

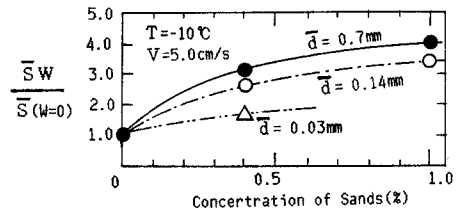


図4 平均粒径と無次元摩耗速度の関係

水 域	道路からの距離	固形成分含有量	中央粒径 $\bar{d}$
美 戸 湖	5 m	0.0418 %	0.203 mm
	20	0.0014	0.018
	50	0.0017	0.016
ウツナイ湖	260	0.0076	0.023
	280	0.0163	0.010
	310	0.0145	0.024
	350	0.0042	0.010
	450	0.0020	0.013
	550	0.0023	0.012
網 走 湖	60	0.0076	0.154
	140	0.0027	0.125
	240	0.0009	0.018

表1 淡水氷盤の含有微粒砂の濃度

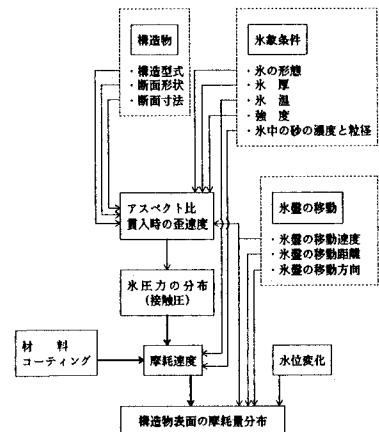


図6 摩耗量推定フロー