

I-307

結氷河川における橋脚の摩耗に関する研究

北海道開発技術センター 正 員 原文宏

五洋建設㈱ 正 員 後藤克人

北海道大学工学部 学生員 折谷徳弘

北海道大学工学部 正 員 佐伯 浩

1. はじめに

冬期間結氷する河川に建設される橋梁の設計においては、水が橋梁に及ぼす諸影響を充分考慮しておかねばならない。特に北米、ソ連それに中国といった国々においては、河川が北上して流れる場合が多いため、春の融氷期には、上流から融氷が始まるため、IceJamの発生による洪水の誘発や上部構造への水力の作用、橋脚に作用する種々の水力が問題となり、橋梁そのものにもしばしば大きな被害を及ぼしている。我が国の結氷河川においては、上流と下流の高度差が大きく、一般に下流から融氷が始まるため、他の寒冷地諸国に較べると水による橋梁の被害は少ない。本研究は、特に春の融氷期に起こる河川の水盤の移動によるコンクリート製橋脚の摩耗の実測結果の一例を示すと共に水盤移動によるコンクリート製橋脚の摩耗量の推定方法について述べるものである。

2. 水盤移動によるコンクリート製構造物表面の摩耗の実測値

海水域に古くから構造物が建設されている海域はボスニア湾である。この海域には岩礁や浅瀬が多いため数多くのコンクリート製海中燈台が建設されているがJansonのコンクリート製海中燈台の海水移動による摩耗量調査結果によると、表1に示すように、1年間に平均0.2～0.7mm摩耗して、最大の摩耗深は14cmにも達していることが報告されている。著者等は、1990年1月から2月にかけて、北海道の北部に位置する天塩川等4河川に建設されている橋梁の水盤移動による摩耗量調査を行った。その結果の一例として天塩川の下流部の1934年に建設された天塩川橋梁（旧羽幌線鉄道橋）の橋脚部の摩耗量調査結果について述べる。

この橋脚は図1に示すように天塩川下流部の幌延町に位置していて、橋脚の水による摩耗がひどいため何度となく改修・補修された経緯があり、最後の補修は1980年に行われたものである。補修時のコンクリートの配合表、強度についての記録は明確ではない。橋脚の断面形状は図2に示すよう楕円形で、上流側より①、②、③、④の4箇所での摩耗の鉛直分布を測定した。その結果を図3に示す。4測線の平均摩耗量は①、②、③、④それぞれ1.04mm、1.06mm、0.85mm、0.35mmである。上流側（水盤が衝突する側）が下流側に較べて約3倍の摩耗量となっている事と、この位置では潮汐の影響により水盤の上下動があり下流側でも摩耗が起こってもおかしくないこと、それに橋梁コンクリート表面の状態からは凍結融解作用の場合とかなり異なっている事から、水盤移動による摩耗と推定した。建設後約10年を経ている

表 1

燈台名	年平均摩耗深
Larsgrundet	0.2 mm/year
Bjornklack	1.4
Borussiagrund	1.1
Norstromsgrund	4.2
Nordvalen	5.5
Sydostbrödden	7.0
Finngrundet	3.6
Vastra Banken	3.3
Grundkallen	1.3
Svenska Björn	2.0
Revengegrundet	0.5
Almagrundet	2.1
Landsorts Bredgrund	0.5
Kungsgrundet	0.7
Oskarsgrundet NE	0.5

図 1

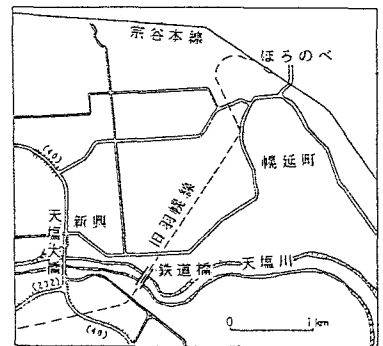
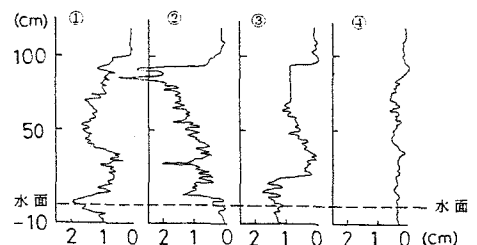


図 3



ることから、年平均0.1mmの摩耗があったものと推定した。また、摩耗の範囲は融雪流出時初期の水盤移動時の水位にほぼ一致していた。また、この橋梁の上流2kmには大きな湾曲があり、水盤の移動距離は年平均2~3kmとの現地の人々の報告であった。

3. 淡水水の移動によるコンクリート表面の摩耗特性

著者等の一人の佐伯は、この6年間、海水及び淡水水の移動による諸材料の摩耗特性に関する基礎的実験を行ってきた。その結果、コンクリートの摩耗特性については以下の結論を得た。

(1) 海水及び純水とも、コンクリート表面の平均摩耗量は、水盤の移動距離(摩耗距離)に直線的に比例して増加する。

(2) 水とコンクリート表面間の接触圧が増加する程、平均摩耗速度(水盤1kmの移動に対する平均摩耗深さ)は増加する。

(3) 水温が低下するほど、平均摩耗速度は増加する。純水の場合は、水温低下とともに直線的に平均摩耗速度が増加するのに対して、海水の場合は -8°C より低下すると急激に摩耗速度は大きくなる。これは水中のブライン中の塩類の析出のためである。

(4) コンクリートの強度及び骨材の種類は、平均摩耗速度には影響しない。

(5) 水の結晶の方向性、水とコンクリート間の相対速度は平均摩耗速度にはそれほど影響を与えない。

(6) 水中に微粒砂を含む場合、その濃度が高いほど、また、その平均粒径が大きいほど平均摩耗速度は増加する。

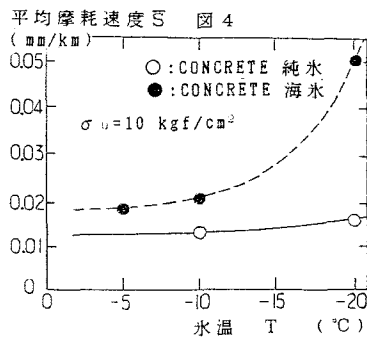
以上の結果より、水盤の移動によるコンクリート構造物の摩耗量に与える影響因子の主たるものは水盤の移動距離(摩耗距離)、接触圧、水温、微粒砂の含有量となることが明かとなった。

4. 摩耗量の推定

図4に海水と純水に対するコンクリートの平均摩耗速度 S と水温 T の関係を示す。同図からも明かなように、純水は依存性が小さいのに対し、海水はブライン中の塩類の析出する -8°C くらいより低くなると急激に摩耗速度が大きくなる。つまり水中に固形の異物が混入すると摩耗速度を増大させることになる。表2に北海道のウトナイ湖、バラト湖、シューパ湖それに生花苗湖の水中の微細粒子の含有率を調べた結果を示す。表より明かなように水中の微細粒子の含有率は最大で0.16%となっていて、かなりの含有率となっている。純水中に平均粒径0.7mmの砂を0.10%含んだ場合に、ほぼ海水の場合と同じ摩耗速度を示すことが明かとなっているので、そのような条件で考えると、平均速度 S と接触圧 σ_u それに水温の関係は図5で示される。天塩川河口部の水盤の移動が活発になるのは3月の下旬からで、その時の平均水温は冠雪していることもあり、 $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$ である。よって、一軸圧縮強度は10~20 kgf/cm^2 である。また、水盤の移動による円断面構造物に作用する局所水圧力の最大値は一軸圧縮強度の約4倍であることから、最大接触圧は40~80 kgf/cm^2 となる。よって平均摩耗速度 S は図5より0.06~0.15 mm/km となる。また、最初に述べたように、天塩橋梁の位置の水盤の移動距離は約2kmであることから1年間の平均摩耗速度は0.12~0.3 mm となり、我々の実測値と比較的良好一致をしている。

表 2

地点	SS%
ウトナイNo.1	0.005
ウトナイNo.2	0.13
ウトナイNo.3	0.016
ウトナイNo.4	0.014
ウトナイNo.5	0.004
ウトナイNo.6	0.017
ウトナイNo.7	0.002
シューパ湖	0.006
バラト No.1	0.042
バラト No.2	0.002
バラト No.3	0.16
バラト岸 20m	0.001
生花苗	0.003

平均摩耗速度 S 図 5