

寒冷地向けライニング工法の開発  
課題解決型ライニング工法

中川 京子 \*1 大塚 成太郎 \*2

1. はじめに

昭和62年（1987年）塗装流雪溝の開発に始まり、当社では雪氷対策、コンクリート水路の保護補修対策に取り組んできた。当時の塗料、塗装技術では既設のコンクリート水路を塗ること自体、考えられない時代であった。なぜなら、一般的な溶剤型塗料では、乾燥養生が遅く施工が困難であったり、塗膜が薄いため耐久性が無く、数年で剥げてしまうなど、コンクリート水路は塗料にとって条件の厳しい被塗物であったからだ。

しかし、科学の進化によって生み出された優れた塗料と専用の塗装機材が開発されたことによって、無溶剤型ポリウレタン樹脂ライニングの施工が可能になり、塗装分野が広がった。砕氷船の外板用に開発された特殊ポリウレタン樹脂塗料「ミゼロン」は、長期重防食以外の様々な用途への利用が期待される塗料である。

ライニング材の耐久性が向上したことで、構造物自体の延命ができるなど環境への効果も期待できる。

特に、寒冷地域の厳しい気象条件下において、本工法の特性が発揮されているので、事例と共に紹介したい。

2. 雪氷対策への取り組み

2.1 塗装流雪溝の開発

昭和の56豪雪被害により、旧文部省が豪雪地域における交通及び生活環境保護のための流雪・融雪技術の開発研究を、新潟大学に委託。昭和58年から平成3年にかけて行われた研究成果のひとつが「塗装による流雪能力の改善」である。

いかに少量の水で沢山の雪を処理するか。無塗装のコンクリート水路と各種塗装材の流雪能力試験を行った結果、「無溶剤型ポリウレタン樹脂塗料が最も流雪能力が高く、かつ現場施工性、耐久性も良いようである。」との評価を得た。（図1、表1参照）

その他にも塗装する利点として、

水路勾配が緩いところや流量が少ない場合でも、流雪溝の設置が可能となる。

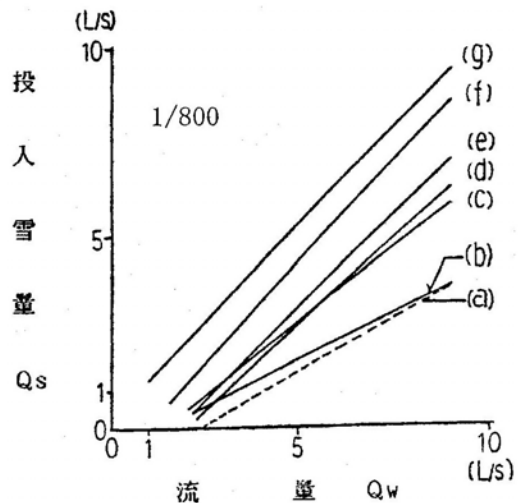
屈曲部、分岐部、合流部の閉塞解消。

投雪口付近の着氷、着雪の緩和。

水路の磨耗対策。

コンクリートの保護。（写真1、写真2）

また、今は可変勾配型側溝が主流であるので、塗装をすることで勾配を緩く出来れば、掘削量が抑えられ、環境負荷軽減になると考える。



- (a)コンクリート
- (b)コンクリート浸透性防水材
- (c)不飽和ポリエステル系ガラスフレーク塗料
- (d)アクリル系樹脂液
- (e)エポキシ樹脂+ウレタン樹脂+ガラスクロス
- (f)塩化ビニールパイプ
- (g)超厚膜型ポリウレタン樹脂塗料

図1 室内における塗料・被覆水路とコンクリート製水路の流雪能力比較

表1 摩擦係数と流雪能力比

	摩擦係数	摩擦係数比	流雪能力比
a	1.061	1	1
b	0.425	0.4	1.1
c	0.200	0.19	1.36
d	0.166	0.16	1.55
e	0.035	0.03	1.64
f	0.013	0.012	2.30
g	0.014	0.013	2.64



写真1 塗装流雪溝 施工直後



写真3 ミゼロン塗装面の着氷試験  
(写真左がコンクリート面 写真右が塗装面)



写真2 塗装流雪溝 13年経過状況

着雪、雪氷対策事例はその他にも、コンクリートのり面への塗装(写真4)、橋桁構造物(写真5、写真6)など、雪がまとまって落ちると、事故や車体損傷が発生するために、自然落雪を期待して採用がされている。



写真4 モルタルのり面の落雪対策  
(グレーの部分が塗装面 周りのモルタル吹付面の雪は落ちていない。)

## 2.2 着雪、着氷対策への取り組み

流雪溝塗装工事を通し、流雪溝の壁面、投雪口への着氷が緩和され、閉塞解消に繋がることが分かった。

コンクリートは親水性であるため、水が浸み込み易く、雪の付着や水のとばしりが凍ると、取れにくくなる。反面、ライニングしたコンクリートは、被膜により水の浸み込みを防ぎ、摩擦係数値が小さいため雪の滑りを良くし、氷が付着しても剥がれ易い。

コンクリートとライニング被膜の着氷比較試験を、平成20年度、富山大学との共同研究で実施した。コンクリート壁面に対する、飛沫着氷の軽減、着氷初期段階での剥離などを目標に、零下環境に風速を加えた着氷率を研究し、数値化に成功、効果を確認した。(写真3)

氷の付着強さ試験では、ミゼロン面に比べコンクリート面は、5~10倍の付着強さがあることがわかった。



写真5 橋梁トラスの落雪対策



橋梁トラスの落雪対策は、福井県雪対策・建設技術研究所との共同試験で行なった。ミゼロン塗装を施した山形カバーは、角度 45° と 60°、カバー内部に電気ヒーターを装着したものとし、ないもので落雪状況を観察した。

結果、特殊塗装を施した 60° の山形カバーを設置する。部材がクロスする部分は雪が溜まりやすいので、山形カバーを設置し、電気ヒーターを入れる。電気ヒーターは必要最小限の断続運転とすることが有効であることが分かった。



写真6 高さ制限構造物の落雪対策

### 3. コンクリート凍害への取り組み

寒冷地においては、コンクリートの劣化を早める要因のひとつ、凍結融解作用による凍害がある。(写真7)

これは、コンクリート中の水分が凍結融解作用を繰り返すことにより生じる劣化現象である。

これもライニングでコンクリートを被覆し、遮水性を高めることで対策効果が確認されている。



写真7 コンクリートの凍害状況

#### 3.1 凍結融解抵抗性試験

1999年、寒冷環境下でのポリウレタン塗装の適用性を検討するため、凍結融解抵抗性についての室内試験が、

北海道開発局開発土木研究所により実施された。

試験方法は、JSCE-1986、ASTM C666-77 に準拠し、供試体を 300 サイクルまで凍結融解し、その性状変化を観察している。水中凍結・水中融解で行い、凍結融解の 1 サイクルは概ね 2 時間で供試体の中心部が 5 から -18 に下がり、また概ね 1 時間で -18 から 5 に上がるものとした。これは、1年に3~4回起きるであろう厳しい現象を想定している。

#### 3.2 試験結果

塗膜の表面性状には、凍結融解 300 サイクル後においても塗膜のひび割れはおよそ認められなかった。塗膜とコンクリートとの密着状況は、何ら変化はなかった。

未施工試験片は、劣化が 40 サイクル以降に顕著となり、196 サイクル時には崩壊した。(写真8)

外観の判断からも、樹脂系材料の表面被覆工法により凍結融解に対する抵抗性が向上することが確認できた。

本室内試験の他、現地施工し 2 年経過した状況確認も合わせて行っている。凍害対策としてミゼロンライニングを施した、側壁天端、落水口付近、用水路セグメントと目地部を目視により確認し、「施工後約 2 年経過の今日までは、補修面の状況が良好である。」と確認された。



表面塗布試験片 300 サイクル後



未施工試験片 196 サイクル後；崩壊

写真8 凍結融解履歴後の供試体状況

#### 4. まとめ

数年前より、コンクリートを新しく造り替えずに補修工法で改修を行う流れが出来つつある。地球環境対策からみても、コンクリート廃材を増やさず、セメント製造から完成の間に大量発生する二酸化炭素を抑制し、構造物の延命を図る補修技術は、今後ますます注目されることである。

しかし、寒冷地におけるライニング材の施工性、耐久性がなければ、滑性作用もコンクリートの被覆効果も、長期に得ることは難しい。

水路ライニング技術は現在 23 年の実績を有することで、ライニングの効果と耐用年数も評価されつつある。

また、寒冷地、豪雪地帯の技術のひとつに、滑性効果を付加価値とするコンクリート保護補修技術を、産学官連携試験等を利用して今後も高めていきたい。

最後に、資源を大切にすることは、環境負荷の軽減にも結びつく。これからの技術には、環境貢献という付加価値が重要視されるであろう。

#### 参考文献

- 1) 大熊孝他：流雪溝と消流雪溝の標準的計画・設計法に関する基礎的考察，日本雪氷学会誌雪氷 51 巻 4 号，PP.239-251，1989 年
- 2) 富山大学理学部、(株)大塚工業：ミゼロン塗装面の着氷試験，寒地技術シンポジウム論文・報告集 Vol.24，2008 年
- 3) 福井県雪対策・建設技術研究所：橋梁トラスの着雪防止技術の研究，地域技術第 10 号報告，1995 年
- 4) 北海道開発局開発土木研究所：ポリウレタン塗装コンクリートの凍結融解抵抗性について，寒地技術シンポジウム論文・報告集 Vol.15，1999 年
- 5) 大塚成太郎他：OM 水路ライニング工法によるコンクリートの凍結融解抵抗性について，(社)農業農村整備情報総合センターARIC 情報第 95 号，PP.61-65，2009 年
- 6) 政策総合研究所：科学の進化が生んだ夢の塗料「MITSERON」による OM 水路ライニング，環境・エネルギー第 308 号，2010 年