

凍結防止剤を利用した凍結防止舗装の開発

保科 秀夫, 尾谷 賢, 蓑嶋 裕典
 内山 智幸, 白土 博康
 (社)北海道機械工業会

Development of Anti-freeze Asphalt Pavement using Anti-icer

Hideo HOSHINA, Masaru OTANI, Hironori MINOSHIMA
 Tomoyuki UCHIYAMA, Hiroyasu SHIRATO
 Hokkaido Machinery Manufacturers Association

抄 録

消費される凍結防止剤および設備費用を必要最低限とする新しい路面凍結防止方式として提案した「吸蔵法」による凍結防止舗装の開発を行った。「吸蔵法」とは舗装体の空隙に吸蔵させた凍結防止剤を、ポンプなどを使用せず濃度拡散作用により舗装表面に直接滲み出させることにより、メンテナンスフリーで効果的にかつ経済的に路面凍結を防止する方式である。

開発を行うなかで、凍結防止剤量の制御方法、路盤構造、凍結防止効果の評価方法の検討、および公道における実地試験などを行った結果、「吸蔵法」による公道の凍結防止は、使用される地域の環境などに応じて凍結防止剤の滲み出し量を調整することにより、経済的かつ効果のある凍結防止方法となることが確認された。

1. はじめに

本格的なスタッドレス時代を迎え、冬季路面の凍結対策として凍結防止剤の利用が改めて見直されようとしている。そこで本研究は、消費される凍結防止剤および設備費用を必要最低限とする新しい路面凍結防止方式として提案した「吸蔵法」の開発を目的とした。

「吸蔵法」とは、図1に示すように舗装体の空隙に吸蔵させた凍結防止剤を、ポンプなどを使用せず濃度拡散作用により路面に供給することにより、効果的にかつ経済的に路面凍結を防止する方式である。この方式は次のような利点が期待できる。

- ① 散布車による凍結防止剤の散布と異なり、降雪から路面の凍結防止までの遅れがない。
- ② 粒状の凍結防止剤をアスファルトの中に練り込んで施工する方法と違い、液状の凍結防止剤を用いるため、舗装

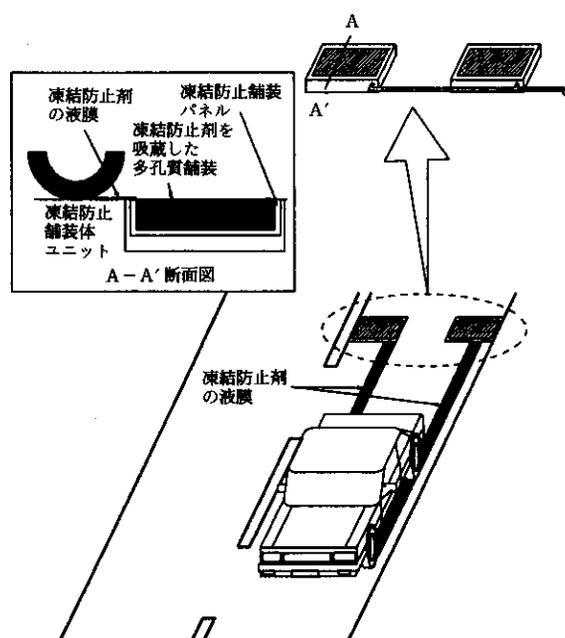


図1 吸蔵法の概念図

上部の凍結防止剤が消費され濃度が低下しても下部から濃度拡散により凍結防止剤が移動し、常に凍結防止舗装体内で均一の濃度が保持され、凍結防止効果が持続する。

- ③ 散水ノズルを用いて液状凍結防止剤を散布する方法は、ノズルが目詰まりしたりすると散布した凍結防止剤が路面に均一に行きわたらずに雪が残ったり、制御を適切に行わないと過剰散布あるいは過少散布となる可能性がある。

これに対し、本方式はノズル部分が多孔質舗装で、供給に必要な孔は無数にあるため目詰まりが少なく、またポンプや制御機器などの設備が不要となる。

本研究では、以下の項目について検討を行った。

- ① 凍結防止剤供給量の制御方法
- ② 路盤構造
- ③ 凍結防止効果の評価方法
- ④ 公道における実地試験

なお、本研究では「滲み出し法」¹⁾と同様に、舗装表層に用いる多孔質舗装体として空隙率20%の透水性アスファルト混合物、凍結防止剤として酢酸カリウム系凍結防止剤（薬剤名 KAC）を使用した。

2. 凍結防止剤供給量の制御方法の検討

凍結防止剤が積雪に吸収されるなどして減量した後、水分のみが補われたり、雪氷を融かしたりしたことにより、凍結防止舗装体内の空隙に吸蔵した凍結防止剤の濃度が表面部分において局所的に下がると、空隙の下部にある凍結防止剤が濃度拡散作用により上部に移動し、濃度が均一化される。また、この濃度拡散の速度を決定する拡散係数は粘度に逆比例することから、凍結防止剤の粘度を調整することにより、凍結防止剤の供給量の制御が行えることが期待されることは前報²⁾で示した。そこで本研究では、凍結防止剤の滲み出し量の制御方法として増粘剤の使用を提案し、市販されている10種類の増粘剤について溶解性、濃度特性、温度特性などの選定試験を行った。

その結果、デンプンが最も粘度の温度依存性が小さく、すなわちVI（粘度指数）特性に優れており、また安価であることから、本方式で使用する増粘剤に最適であることがわかった。

次に、選定された増粘剤を含む凍結防止剤を用いた通水試験により増粘剤の効果の確認を行った。

その結果を図2に示す。さらにこれらの図から求められた濃度拡散係数とデンプン濃度および溶液粘度の関係を図3および4に示し、図中にそれらの関係を示す近似式を併記した。図3および4から、凍結防止剤の粘度調整により濃度拡散効果、すなわち滲み出す凍結防止剤の量を制御することが可能であることが確認された。

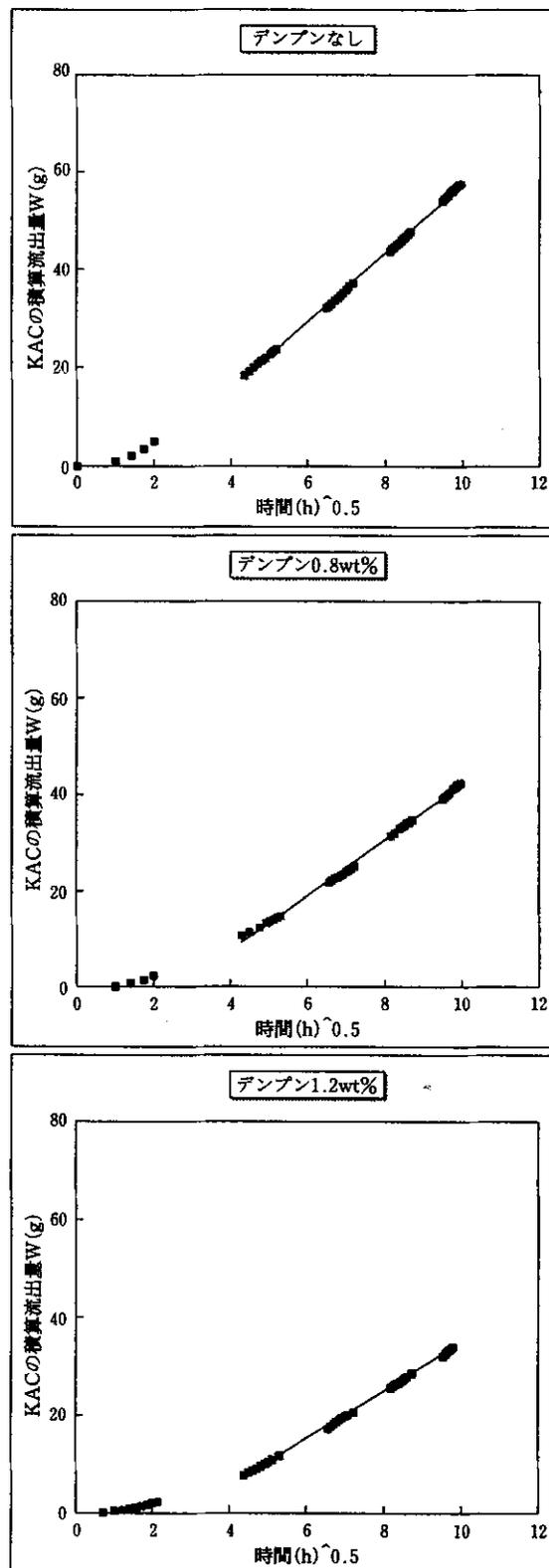


図2 通水試験結果

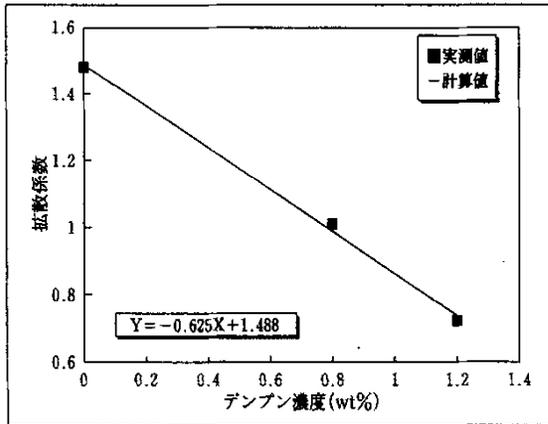


図3 濃度拡散係数とデンブンプ濃度の関係

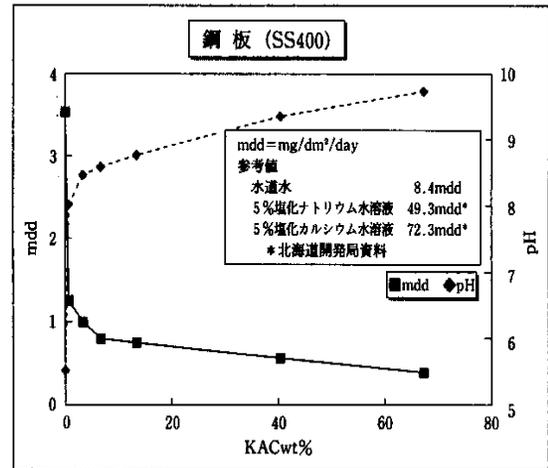


図5 鋼板のKACによる腐食試験結果

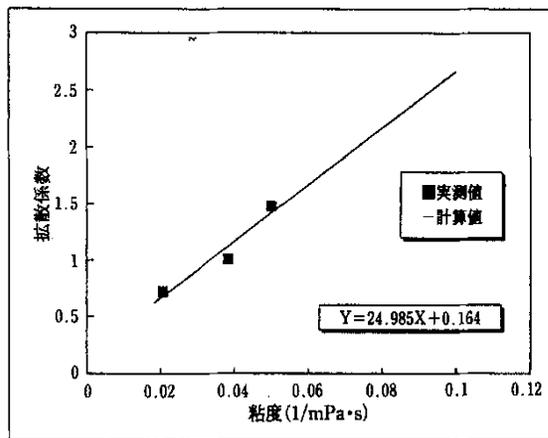


図4 濃度拡散係数と溶液粘度の関係

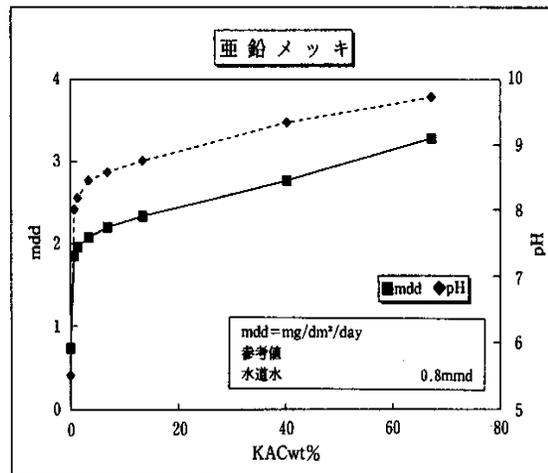


図6 亜鉛メッキ処理鋼板のKACによる腐食試験結果

3. 路盤構造の検討

3.1 腐食試験

凍結防止舗装体を使用した鋼板製枠材および道路付帯設備などで一般に使用されている亜鉛メッキ材に対する凍結防止剤の腐食試験を、電気化学的手法により行った。試験対象金属は本方式で使用した鋼板(SS400)および亜鉛メッキ処理鋼板とし、溶液は数種類の濃度に調整したKACと水道水とした。

その結果を図5および6に示す。図5および6より、KAC濃度に対する腐食速度は、鋼板と亜鉛メッキ処理鋼板では逆の傾向を示した。また、KACの鋼板および亜鉛メッキ処理鋼板に対する腐食速度はいずれも、塩化ナトリウム水溶液や塩化カルシウム水溶液³⁾など他の凍結防止剤と比べかなり遅く、特に鋼板に対しては、水道水および蒸留水よりも腐食速度が遅いことが認められた。以上より、KACをこれらの鋼材とともに長期にわたり使用しても、腐食の面で問題はないと考えられる。

ここで、mdd (mg/dm²/day) は1日、100cm²当たりの腐食量を表す。

3.2 耐久性試験

アスファルト混合物の強度は、骨材の強度および骨材どうしを結合させるアスファルトの性能で決定する。この骨材やアスファルトには数種類の無機および有機物を含むため、様々な環境要因により酸化や劣化が発生することが予想される。そこで本試験では、KACが凍結防止舗装体を使用する透水性アスファルト混合物の耐久性に及ぼす影響を確認した。

透水性アスファルト混合物の試験体を水道水、KAC、KAC + デンブンプ 1.2wt% の溶液中に浸し、40℃に設定した恒温槽内に一定期間放置した後、室温に放置し、温度が一定になった後マーシャル試験を行った。

その結果を図7に示す。この図から、KACおよびKAC + デンブンプ 1.2wt% の溶液は透水性アスファルト混合物の耐久性に与える影響は水道水よりも小さく、透水性アスファルト混合物の空隙にKACおよびKAC + デンブンプ 1.2wt% の溶液を吸蔵させた状態で長期に使用しても、アスファルトの耐久性の面で問題がないと考えられる。

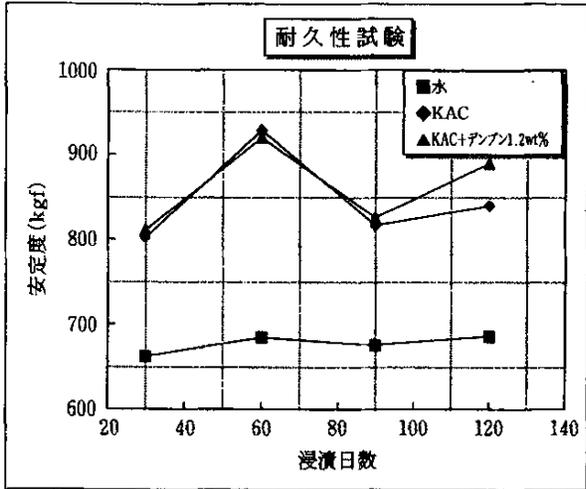


図7 耐久性試験結果

4. 凍結防止効果の評価方法の検討

4.1 導電率を利用した評価方法の検討

路面における凍結防止剤の効果を評価する方法として、舗装表面に電極を埋め込み路面の導電率を測定することにより、路面凍結の有無を検知する方法について検討した。

試験は、導電率検出アンプの電極をKACの中に浸し、KACの温度を約8～-40℃まで連続的に変化させ、その時の出力電圧を測定した。

その結果を図8に示す。図8より、出力電圧および導電率は同一濃度の溶液において、見かけ上は相状態より温度に依存することがわかった。このことから、測定された導電率を温度により補正し、凍結防止剤濃度を知ることにより、既に求められている凍結防止剤の濃度と凝固点の関係から凍結の有無を推定する方法が可能と思われる。

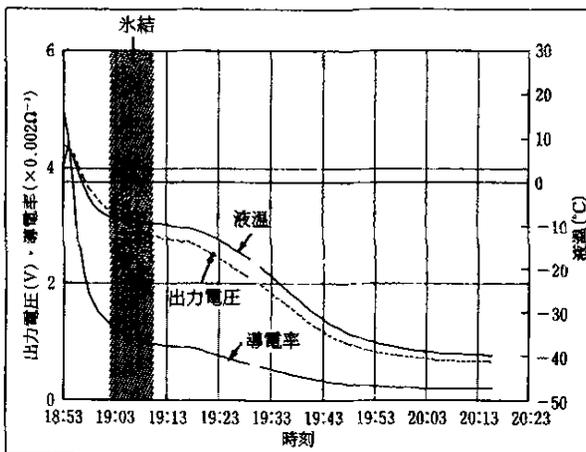


図8 導電率測定結果

4.2 画像解析による評価方法の検討

路面における凍結防止剤の効果を評価する方法として、路面の状態をカメラにより撮影し、得られた画像を解析する方法について検討を行った。試験は、路面の状態を8mmカメラで撮影し、得られた画像をビデオキャプチャーなどによりデジタルデータに変換し、高速画像処理解析装置により解析を行う方法とした。解析は、撮影した路面状況の画像を画像解析装置にとりこみ、二値化処理することにより凍結防止剤が効いていると考えられる部分をクローズアップし、画像上でこの部分の道路延長方向の長さを測定し、カメラの位置などから計算により実際の距離に変換した。その結果、写真1に示す二値化処理を行った画像において、凍結防止距離は約5.03mであることがわかった。このことから、実際に路上において計測しなくても、凍結防止距離を得ることが可能であり、本方法は凍結防止効果の定量的評価方法として有効であることがわかった。

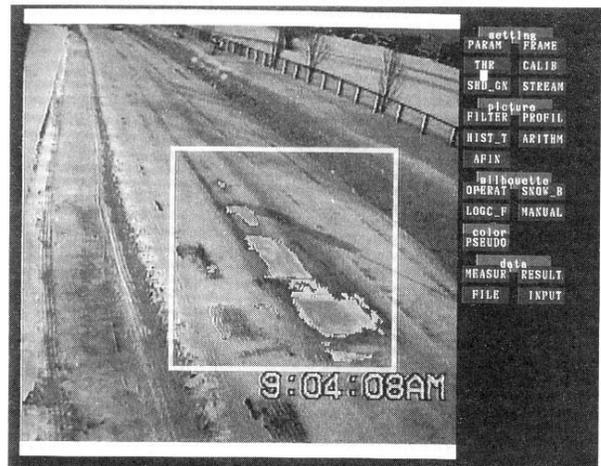


写真1 二値化処理後の画像

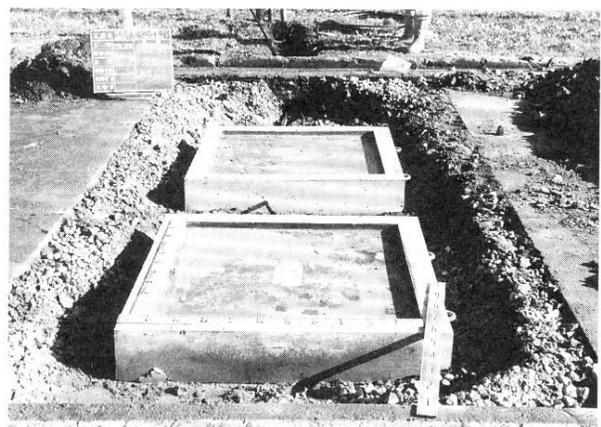


写真2 凍結防止舗装体

5. 公道における実地試験

1m×1m×4cmの鋼板製枠をコンクリートブロックに埋め込み補強した写真2に示す凍結防止舗装体を公道に施工し、鋼板製枠内に打設した空隙率20%の透水性アスファルト混合物の空隙にKACを吸蔵させて凍結防止試験を行った。施工場所は札幌市の協力を得て、交通量が多く24時間観測が出来る場所として、道立工業試験場に接している札幌市北区北20条西10丁目市道北大横断線とし、車輪の通る位置に施工を行った。

試験結果として、路面の様子を写真3および4に示す。また、今年の大雪により、消費した凍結防止剤の量が推定値を大幅に上回ったため、舗装体内の空隙に吸蔵されていた凍結防止剤がシーズン半ばで枯渇した。そこで、凍結防止剤圧入用配管に液面のレベルが一定に保たれるタンクを設け、本試験状態において消費される凍結防止剤の量を測定した。その結果を図9に示す。

これらの結果から、以下のことが明らかとなった。

- 1) 粘度調整を行わないKACを使用した場合、公道における凍結防止剤の消費は、濃度拡散作用によるものと比毛管上昇作用により積雪に吸収されるものが圧倒的に大



写真3 路面の様子



写真4 路面の様子

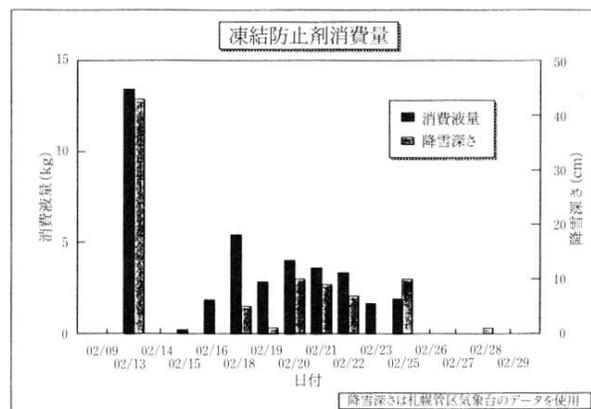


図9 凍結防止剤消費量測定結果

きな割合を占めた。

- 2) 液面レベルを合わせたタンクを増設した状態での、濃度拡散と積雪に吸収されたものを合わせた凍結防止剤の全体的な消費量を測定した結果、気温が最高9.9℃、最低-12.8℃、平均-3.2℃(札幌管区気象台データ)であった本年2月9日～2月29日の、平均交通量が5000台/日である道路における凍結防止剤の消費量は、降雪深さ(降雪量)と相関があり、この期間の降雪深さ合計86cmに対して約38.4kg、約0.45[kg/降雪深さcm]であった。

6. まとめ

舗装体の空隙に吸蔵させた凍結防止剤を、ポンプなどを使用せず濃度拡散作用により路面に凍結防止剤を供給する「吸蔵法」について各種検討および試験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 本方式で使用する増粘剤としてデンプンが最適である。
- 2) 通水試験の結果、本方式における凍結防止剤の滲みだし量の制御には、増粘剤の使用が有効である。
- 3) 腐食試験および耐久性試験の結果、KACの長期にわたる使用に際して問題がない。
- 4) 路面の導電率を測定し、温度補正を行い濃度を知ることにより、既知の凍結防止剤濃度と凝固点の関係から凍結の有無を推定する方法が可能である。
- 5) 8mmカメラで撮影した路面の画像を解析することにより、凍結防止距離を得ることが可能であり、凍結防止効果の定量的評価方法として有効である。
- 6) 公道における実地試験より、粘度調整を行わないKACを使用した場合、凍結防止剤の消費は濃度拡散作用によるものと比毛管上昇作用により積雪に吸収されるものが圧倒的に大きい割合を占めた。
- 7) 液面レベルを舗装表面に合わせたタンクを増設し、濃度拡散と積雪に吸収されたものを合わせた凍結防止剤の全体的な消費量を測定した結果、本試験条件における凍結

防止剤の消費量は、降雪深さ（降雪量）と相関があり、この期間の降雪深さ合計 86cm に対して約 38.4kg、約 0.45[kg/降雪深さ cm]であった。なお、凍結防止効果（距離）との相関については、本研究において検討を行った凍結防止距離の評価方法などを用いて、今後検討を行う予定である。

以上より「吸蔵法」による公道の凍結防止は、使用される地域の環境に応じて凍結防止剤のしみ出し量を調整することにより、経済的かつ効果のある凍結防止方法となる可能性があることがわかった。

〈謝辞〉

本研究を行うにあたり、早坂理工(株)、(株)パティネ商会の皆様にご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 北海道立工業試験場：平成 6 年度 北海道地域技術おこし事業報告書，p.112～137，（1995）
- 2) 蓑嶋裕典ほか：舗装内に吸蔵された凍結防止剤のしみ出し量の解析，北海道立工業試験場報告 No.294，p.109，（1995）
- 3) 北海道開発局 開発土木研究所：平成 7 年度 札幌会講習会資料，p.12，（1995）