

35. 冬期路面対策における 防滑材の定着性向上を目的とした加熱水混合散布手法

(独) 土木研究所寒地土木研究所 ○中村 隆一
 (独) 土木研究所寒地土木研究所 住田 則行
 (独) 土木研究所寒地土木研究所 切石 亮

1. はじめに

積雪寒冷地の厳寒期には、冬期道路の凍結路面対策として、すべり止め効果を期待して砂や碎石等の防滑材が散布されているが、通行車両の走行などによって、時間経過とともに走行路外へ飛散しその効果が低下する場合がある。

そこで、防滑材の路面への定着性向上を目的とした新たな散布技術として、防滑材と加熱水の混合散布（以下、「加熱水混合散布」という。）手法について検討し、この手法に対応する凍結防止剤散布車の試作と試作機による実道での試験施工を行った。

2. 既往研究

2.1 海外事例

防滑材の加熱水混合散布は、1997年からノルウェー公共道路庁が実施した「Winter Friction Project in Norway」の研究成果として開発された¹⁾。

加熱水混合散布に対応した機械を写真-1、ノルウェーにおける加熱水混合散布の主要仕様を表-1に示す。この手法は、従来の焼砂を乾式散布する手法に比べ、すべり抵抗値の改善効果が高く、その散布効果は10～20倍持続し、防滑材の使用量が40～50%削減できる可能性があると報告された。散布効果の概念図を図-1に示す。

また、カナダのオンタリオ州においても加熱水混合散布の試験が行われ、少なくとも1日は散布効果が持続することが確認された²⁾。写真-2に加熱水混合散布に対応した機械を示す。



写真-1 ノルウェーにおける加熱水混合散布に対応した機械の一例

表-1 ノルウェーにおける加熱水混合散布の主要仕様

防滑材の粒度	0～4mm
加熱水の温度	90～95℃
加熱水の混合割合	重量比30%
散布量	200g/m ²

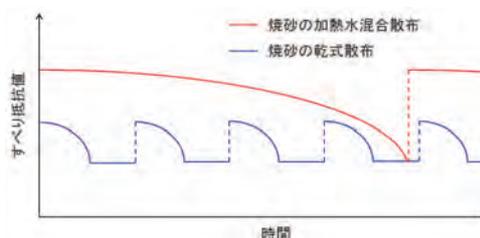


図-1 散布効果の概念図



写真-2 カナダにおける加熱水混合散布に対応した機械の一例

2.2 国内における既往研究

我が国における加熱水混合散布の適応性を確認するため、佐藤らは、低温実験室において氷板供試体に対する加熱水混合散布について防滑材（焼砂・7号碎石）の定着率に関する基礎試験を行った³⁾。

その結果、室温-8℃と-20℃において、加熱水の混合割合が7号碎石で20%、焼砂で40%であれば、加熱水温度20℃以上で定着率は90%以上となった。このことから、加熱水混合散布の防滑材は7号碎石が効率的であることを確認したが、走行車両の影響等を考慮する必要があると課題を示した。

さらに、切石らは、佐藤らの試験結果を基に、2011～2013年の3ヶ年にかけて苫小牧寒地試験道路に氷膜路面を作製して、国土交通省北海道開発局で防滑材として主に使用されている写真-3の7号碎石を用いた加熱水混合散布試験を行った^{4),5)}。

試験は、すべり抵抗値と散布効果の持続性を他の散布手法と比較検証するため、図-2 に示すような無散布（散布なし）・乾式散布（7号碎石のみ）・湿式散布（7号碎石+CaCl₂水溶液）・加熱水混合散布（7号碎石+加熱水）の4種類の散布手法に加え、加熱水混合散布は、加熱水温度が20℃・40℃・60℃及び混合割合が20%・30%の条件を設定して行った。写真-4のように凍結防止剤散布車により上述の条件で散布施工後、一般交通を模擬した車両を走行させ、散布前・散布直後・車両50台走行後～300台走行後まで50台走行毎に、写真-5の連続路面すべり抵抗値測定装置⁶⁾を用いてすべり抵抗値を計測した。写真-6に散布施工直後の路面の一例を示す。

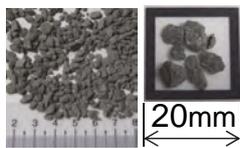


写真-3 7号碎石

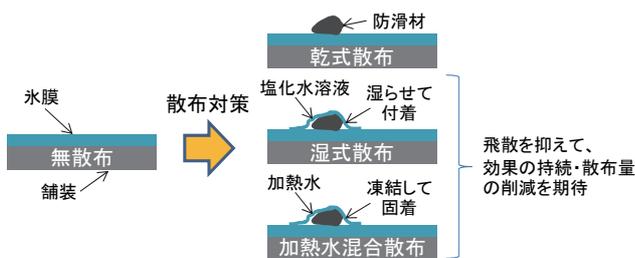


図-2 防滑材散布の概念図



写真-4 凍結防止剤散布車による散布状況

連続路面すべり抵抗値測定装置とは、車両後部に取り付けた測定輪に、図-3 に示すように車両進行方向に対して1～2°程度の角度を与え、測定輪が回転する際に発生する横力から、すべり抵抗値を測定する装置である。すべり抵抗値は、装置の開発者が独自に設定した HFN 値 (Halliday Friction Number, 0～100 の範囲) で表され、すべり難いほど高い値を示す。HFN 値と路面状態の関係は、図-4 に示すように 0～44 は雪氷路面、45～59 は断続的な雪氷路面、60～100 は乾燥舗装路面に概ね対応する。



写真-5 連続路面すべり抵抗値測定装置



写真-6 水膜路面における加热水混合散布施工路面の一例

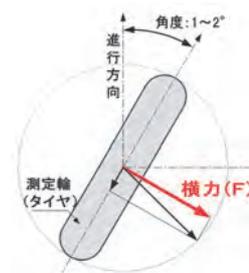


図-3 測定輪の概念図

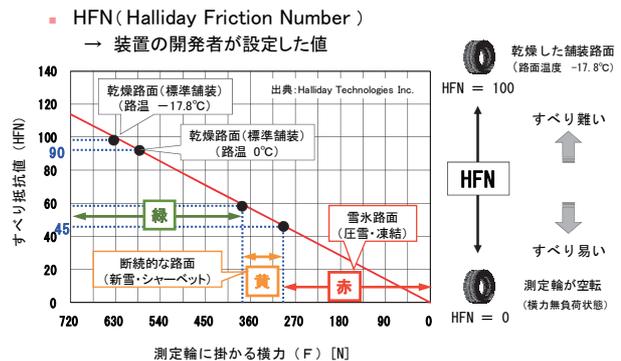


図-4 すべり抵抗値と横力

すべり抵抗値を計測した結果、加熱水温度 20℃では、走行車両のタイヤ摩擦や走行風などの影響により防滑材が飛散し、散布効果が低下したことから当該手法による効果は得られなかった。加熱水温度 40℃以上では、防滑材の定着性が高い状態で維持できることを確認したが、加熱水温度が 40℃と 60℃では各計測毎の HFN の平均値は1.2～4.9 であり、明確な差は確認できなかった。また、加熱水の混合割合は、20%より 30%の方が各計測

毎の HFN の平均値が 5.2~9.6 高いすべり抵抗値を維持し、効果の差が現れた。氷膜路面におけるすべり抵抗値の検証結果の一例を図-5 に示す。

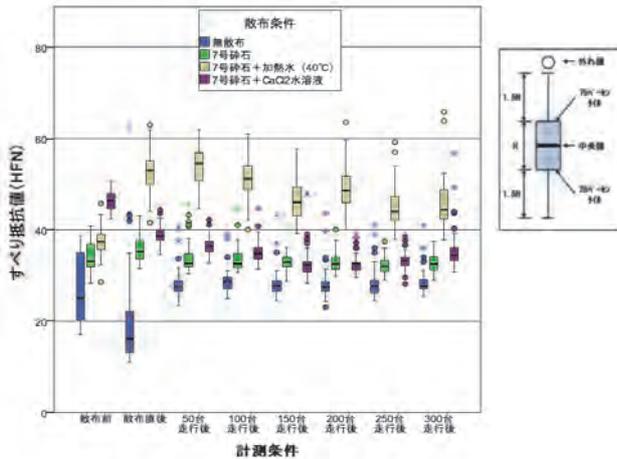


図-5 氷膜路面におけるすべり抵抗値検証の一例
(2013/01/17:加熱水混合散布,加熱水 40℃,混合割合 20%)

3. 加熱水混合散布に対応する凍結防止剤散布車の試作

我が国において市販されている凍結防止剤散布車には水溶液を加熱する機構は装備されていないため、加熱水を作製する機構を検討した。

新たな機械を開発することは、購入費が高額となり、導入に向けて支障となることから、市販の凍結防止剤散布車を改造する方法を採用した。改造の基本条件は、車検取得等の各種法令、法規を準拠した設計とし、加熱水温度は散布直前の散布円盤において 40℃以上とした。

試作機は、国土交通省北海道開発局で多く使用されている機種に製作した加熱機構を車載した。試作機の外観を写真-7、水溶液散布の系統図を図-6 に示す。

加熱機構は、直列系統の加熱機器 2 台に熱交換器 1 台を介して、水溶液タンク内の水を循環させて加熱する予熱方式とし、制御部を含めてシステム化した。水循環回路は、加熱機器と熱交換器間には不凍液を、水溶液タンクと熱交換器間には水を循環させ、熱交換器で冷却された不凍液は再び加熱機器へ、熱交換器で加熱された水は水溶液タンクへ循環し、水溶液タンク内の水を加熱する。

また、不凍液の循環時の排熱を利用して、凍結しやすい水溶液ポンプ、ストレーナを含む水循環回路を凍結から保護するため、それらを覆う保温カバーを設けた。

なお、加熱機器の電源は、試作機の車両には電気容量の余裕がなかったため、可搬型の発電機から確保した。そのため、加熱水の作製は、車両走行前の条件となり、試験施工中の温度低下を見越した加熱水温度の設定が必要であった。

加熱水混合散布後の水循環回路の凍結対策は、水溶液タンクから散布円盤までの散布回路及び熱交換器間の予熱循環回路の水抜き後、それらの回路に凍結を防止するための水溶液を循環させることで完了できる。



写真-7 試作した加熱水混合散布に対応した機械

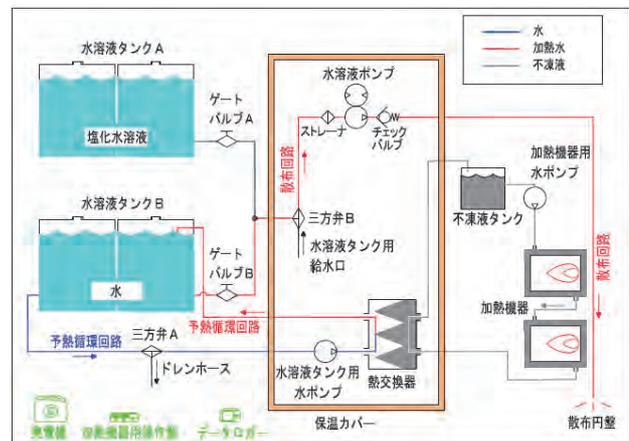


図-6 試作機の水溶液散布の系統図

4. 実道での試験施工

平成 26 年 2 月 5 日、北海道樺戸郡新十津川町の一般国道 451 号で加熱水混合散布と湿式散布、無散布路面のすべり抵抗値を比較し、散布効果を検証する試験施工を行った。天候は晴れ、路面はほぼ圧雪状態、交通量は 10 台/h 程度だった。写真-8 のように試作機により加熱水混合散布した防滑材の路面上での状態は、写真-9 に示すように加熱水が防滑材を覆うように凍結し固着していた。すべり抵抗値は、連続路面すべり抵抗値測定装置で測定した。

すべり抵抗値の測定結果の一例を図-7 に示す。この区間では、加熱水混合散布を 4:45 頃、湿式散布を 5:30 頃実施した。散布効果は、散布前 (3 時台)、散布後 (6 時台、8 時台、10 時台) の計 4 回検証した。その結果、加熱水混合散布は、現行の湿式散布と比較して、散布直後のすべり抵抗値及びその持続性に向上が見られた。

また、試験施工中における試作機の水循環回路の主要部の温度を測定した。その結果、外気温

-20℃～0℃程度の条件では、図-8 に示すとおり、散布円盤の加熱水温度は、いずれも散布開始から数秒で水溶液タンク内の温度に推移した。なお、試作機は加熱機器を停止しないと走行できないが、その場合、水溶液タンク内の温度が1時間当たり10℃～20℃程度低下することを確認した。



写真-8 試作機による散布状況



写真-9 雪氷路面における加熱水混合散布施工路面の一例

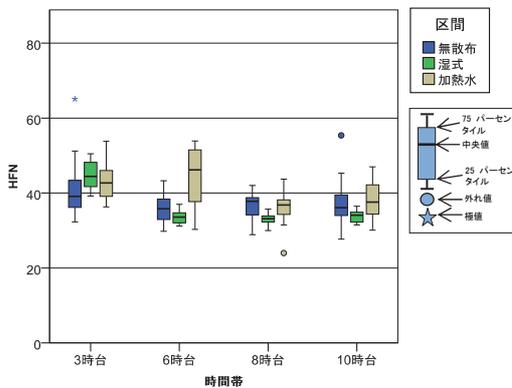


図-7 雪氷路面におけるすべり抵抗値検証の一例

(2014/02/05:加熱水混合散布,加熱水40℃,混合割合20%)

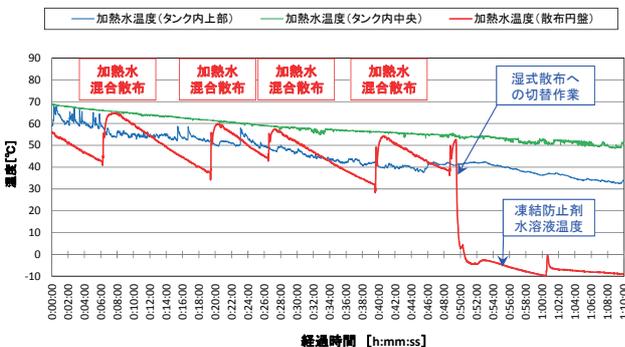


図-8 試作機の水溶液経路における加熱水温度の一例

5. まとめと今後の課題

実道の雪氷路面における加熱水混合散布の試験施工では、湿式散布に比べ同等以上のすべり抵抗値を示したが、試験道路に作製した氷膜路面で得られたような明確なすべり抵抗値の向上は確認できなかった。しかし、実道でのすべり抵抗値は、1日分しか取得できていないため、今後は実道の試験施工データを多く取得し、加熱水混合散布の効果を検証していきたい。

また、加熱水混合散布に対応する機械として、現行の凍結防止剤散布車の改造により試作機を製作し、試験施工を通して実用の目処が付いた。

加熱水混合散布による防滑材の定着性向上には、加熱水温度と混合割合が重要な要素であるが、その改造コストが高額になると、導入が難しくなるため、加熱機構の検討と厳寒地における適切な加熱水の温度や混合割合等の検討を並行して行い、最適な加熱水混合散布手法の確立を目指したい。

さらに、加熱水混合散布と湿式散布の工事費の比較、機械の改造費等の試算を行い、道路管理者へ新たな散布手法の提案をしていきたい。

最後に本試験にあたり、試験フィールドの提供等にご協力頂いた国土交通省北海道開発局の担当者へ、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Torgeir Vaa : Implementation of New Sanding Method in Norway, Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology, TRB Electronic Circular 63, pp.473～486, 2004
- 2) Max Perchanok・Liping Fu・Feng Feng・Taimur Usman・Heather McClintock・Jim Young・Kevin Fleming : Sustainable Winter Sanding with Pre-wetting, 2010 Annual Conference of the Transportation Association of Canada, 2010
- 3) 佐藤圭洋・秋元清寿・宮本修司・徳永ロベルト : 防滑材の飛散対策に関する基礎的研究, 寒地土木研究所月報, No.675, pp.35～41, 2009
- 4) 切石亮・大日向昭彦・徳永ロベルト・高橋尚人・中村隆一 : 冬期路面管理における防滑材の定着性向上に関する研究, 北海道の雪氷, No.30, pp.51～54, 2011
- 5) 切石亮・川端優一・徳永ロベルト・高橋尚人・中村隆一 : 効果的・効率的な防滑材の加熱水混合散布手法に関する研究, 北海道の雪氷, No.32, pp.88～91, 2013
- 6) 舟橋誠・徳永ロベルト・浅野基樹 : 連続路面すべり抵抗値測定装置 (RT3) の導入について, 寒地土木研究所月報, No.651, pp.40～47, 2007