

排水性舗装における凍結防止剤散布後の残存量の評価に関する研究

北海学園大学大学院工学研究科
北海学園大学工学部
(独)土木研究所寒地土木研究所
(独)土木研究所寒地土木研究所
(独)土木研究所寒地土木研究所

学生会員 ○田湯 文将
正会員 武市 靖
正会員 高橋 尚人
正会員 田中 俊輔
正会員 藤本 明宏

1. はじめに

積雪寒冷地では、安全で円滑な冬期道路交通を確保するために、凍結防止剤散布を主とした凍結路面对策が講じられている。また、すべり抵抗の改善を期待の一つとして排水性舗装や機能性 SMA などの粗面系舗装も施工されている¹⁾。田中ら²⁾は、低温下で一定量の散水を行って形成した氷膜路面に凍結防止剤を散布した場合、排水性舗装は密粒度舗装と比べて氷膜厚が薄く、すべり摩擦係数が高くなることを示した。しかし、排水性舗装への凍結防止剤散布は相変化と舗装内部への浸透流出を伴う複雑な現象であり、その効果を定量的にまとめた知見は依然として乏しい。

そこで本研究では、粗面系舗装への凍結防止剤散布の適正化を最終目的として、まずは排水性舗装と密粒度舗装を対象に写真-1 に示す室内凍結路面走行試験装置を用いて凍結防止剤散布試験を実施し、車両輪の走行回数に伴う塩分濃度、凍結防止剤の残存量（以下、残塩量）、路面上の氷膜厚および路面露出率の変化を調べたので、ここに報告する。

2. 凍結防止剤散布試験の概要

表-1 に凍結防止剤散布試験の試験条件を示す。室内温度と路面温度を一定に管理し、試験舗装に散水を行って氷膜を形成し、一定量の凍結防止剤を写真-2 に示すように試験舗装へ均一に散布する。凍結防止剤散布後に車両輪を繰返し走行させ、規定の走行回数後に、路面露出率、氷膜厚、および塩分濃度の測定を行う。2000 回走行後に限り、すべり摩擦係数も測定した。

本研究では、塩分濃度から残塩量を算出した。50×50mm の吸水紙を用いて路面上の塩溶液を採取し、その塩分濃度 C (%) と塩溶液重量 ($g/2500mm^2$ 、塩重量 Ms +水分重量 Mw) を式(1)に代入することにより、残塩量を求めた。残塩量は路面上で均一であると考え、 $1m^2$ 当たりの重量 (g/m^2) に換算した。

$$C = \frac{Ms}{(Ms + Mw)} \times 100 \cdots (1)$$

3. 密粒度舗装と排水性舗装の凍結防止剤残存量の比較

図-1 に塩分濃度と残塩量を示す。本研究では 3 回測定を行い、その平均値を採用している。残塩量は密粒度舗装、排水性舗装ともに走行回数の増加に伴って減少し、排水性舗装の残塩量は密粒度舗装より少ないことが確認できる。これは、繰返し走行に伴って徐々に凍結防止剤が損失（車両輪への付着や飛散による損失、以下、車両損失塩）し、更に排水性舗装では空隙部から融解水とともに浸透流出（以下、浸透流出塩）したためと推



写真-1 走行試験装置



写真-2 散布状況

表-1 試験条件

試験舗装	密粒度舗装 13, 排水性舗装（空隙率 17%）
試験温度	-3℃
散水量	2.0l/m ²
凍結防止剤	塩化ナトリウム 20g/m ² 湿式散布 （粒状塩化ナトリウム+塩化ナ トリウム水溶液、質量比 9:1）
試験項目	塩分濃度、氷膜厚、路面露出率、 すべり摩擦係数(2000 回のみ)
試験項目の測定を行う 繰返し走行回数	100 回、500 回、1000 回、 1500 回、2000 回
走行速度	繰返し走行試験 5 km/h
走行輪荷重	5 kN（接地圧 0.196 MPa 程度）

キーワード 凍結防止剤、排水性舗装、塩分濃度、路面露出率、すべり摩擦係数

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 1 番 1 号 北海学園大学工学部 TEL011-841-1161(内線 7747)
〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 (独) 土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-9747

察される。図-2に残塩量から算出した車両損失塩量，浸透流出塩量の走行回数増加に伴う変化を示す。厳密には，車両損失塩量は密粒度舗装と排水性舗装で異なると考えられるが，本論文では等しいと仮定し，排水性舗装における浸透流出塩量を算出した。浸透流出塩量は100~500回走行後までは約 5g/m^2 で，1000回走行後以降は約 6g/m^2 とほとんど変化しない。これより，散布した凍結防止剤の約4分の1は走行回数100回（約10分）までに空隙部へ浸透流出したことが分かった。

4. 密粒度舗装と排水性舗装の凍結防止剤散布効果

図-3に氷膜厚と路面露出率および走行回数の関係，図-4にすべり摩擦係数と路面露出率の関係を示す。初期の氷膜厚は，密粒度舗装1.8mm，排水性舗装0.9mmであった。この違いは，排水性舗装の路面テクスチャや排水機能などによるものである。排水性舗装は，密粒度舗装に比べて氷膜厚の減少が大きい。この理由はテクスチャに起因した氷の消耗量の違いや摩擦熱の違いなどが考えられる。路面露出率は排水性舗装の方が早い段階で改善しているが，2000回走行後では，図-4に示すように，密粒度舗装24%，排水性舗装30%となり，大差はなかった。一方，すべり摩擦係数は密粒度舗装0.24，排水性舗装0.60となり，明確な差が生じた。既往研究により路面露出率の増加に伴いすべり摩擦係数は密粒度舗装では指数関数的に，排水性舗装では線形的に上昇することが確認されている³⁾。本試験においても同様にすべり摩擦が上昇し，排水性舗装の方が，密粒度舗装より路面状態が改善したと考えられる。

5. まとめ

本研究では，塩分濃度から凍結防止剤散布後の残存量を算出し，密粒度舗装と排水性舗装の残存量を比較することにより，排水性舗装に散布した凍結防止剤の空隙部からの流出量を明らかにした。本試験条件では，排水性舗装は凍結防止剤が浸透流出するが，路面テクスチャや排水機能などが寄与し，密粒度舗装よりも路面状態の改善される結果となった。今後は，粗面系舗装の空隙部における凍結防止剤貯留効果の解明など，粗面系舗装における水分および塩収支を定量的に把握することで，粗面系舗装の凍結抑制機能の明確化と舗装種類に適合した冬期路面管理手法の構築を目指して研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) (社)雪センター：冬期路面対策事例集，pp159-206，1997。
- 2) 田中俊輔，安部隆二，高橋尚人，武市靖，田湯文将：粗面系舗装の凍結抑制効果を考慮した凍結防止剤散布手法に関する研究，土木学会北海道支部論文報告集，第68号，2013。
- 3) 田中俊輔，武市靖，増山幸衛：グルーピング系凍結抑制舗装のすべり抵抗と氷板破碎に関する工学的特性，土木学会舗装工学論文集，第14巻，pp195-202，2009

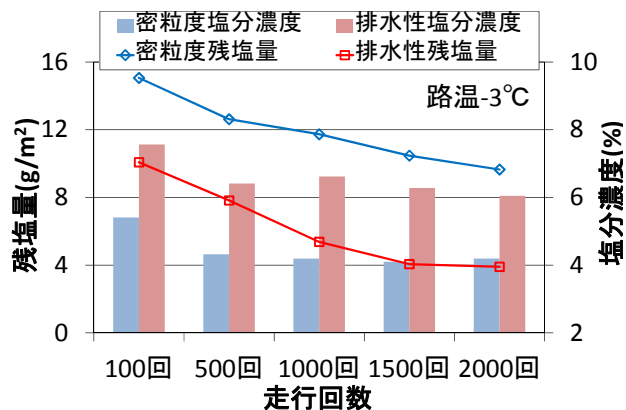


図-1 走行回数と塩分濃度および残塩量の関係

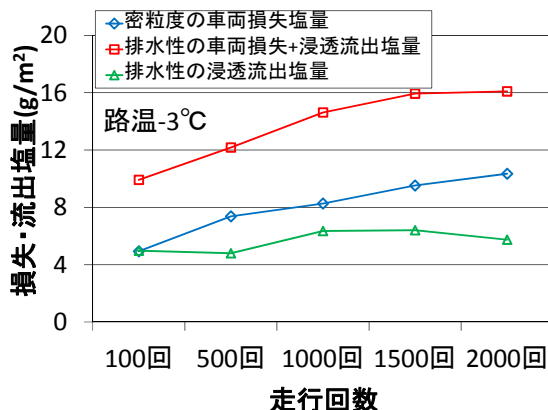


図-2 走行回数と損失・流出塩量の関係

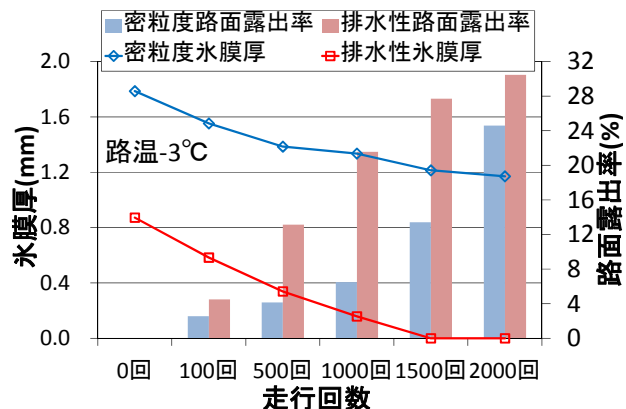


図-3 走行回数と氷膜厚および路面露出率の関係

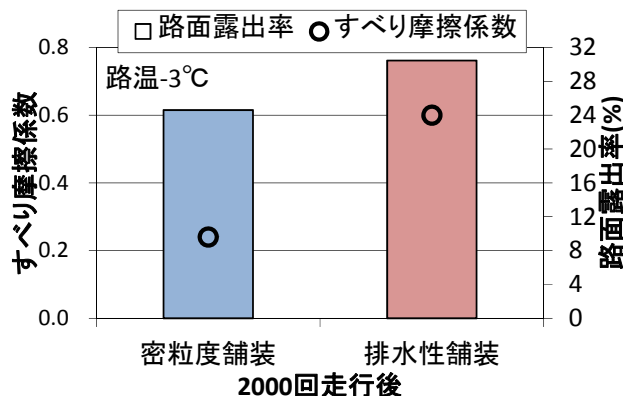


図-4 すべり摩擦係数と路面露出率の関係