

寒冷地舗装における路面テクスチャの違いが凍結抑制効果に与える影響

武市 靖¹・田近裕善²

¹正会員 工博 北海学園大学工学部 土木工学科 (〒064-0926 札幌市中央区南26条西11丁目)

²学生員 北海学園大学大学院 工学研究科建設工学専攻 (〒064-0926 札幌市中央区南26条西11丁目)

舗装路面のテクスチャの違いは、交通荷重による道路雪氷の变成過程・消耗状態および凍結防止剤散布効果などに影響を与える。これらの特性は路面の滑り摩擦係数と密接な関係があるので、路面の滑り摩擦係数が向上するテクスチャを有する舗装の特性を調べることは、凍結防止剤散布量の最適化や道路雪氷管理の省力化、積雪路面管理の適用方法等の検討を行う上で重要である。本研究では、以上のような観点から、舗装路面のテクスチャの違いと凍結防止剤散布の相乗効果に着目して、積雪寒冷地における排水性舗装、碎石マスチック舗装と寒冷地用の密粒度舗装 13F について、新たに導入した室内凍結路面走行試験装置により、凍結路面の生成状態、薬剤散布後の経過時間や通過輪数に対する残留濃度および滑り摩擦係数との関係をまとめたものである。

Key Word : pavement texture, ant-freezing pavements, snow/ice control, pavement friction, anti-freezing chemical, wheel tracking equipment

1. まえがき

最近、寒冷地の道路雪氷管理において、薬剤散布による路面管理が中心になってきた。舗装路面のテクスチャの違いは、凍結路面の生成状態、交通荷重による道路雪氷の变成過程・消耗状態および凍結防止剤(以下、薬剤と略称する)の散布効果などに影響を与える。路面の滑り摩擦係数が向上するテクスチャを有する舗装の特性を調べることは、薬剤散布量の最適化や、道路雪氷の消耗/団粒化を助長して“さくさく状”にして管理する積雪路面管理の適用方法等の検討を行う上で重要である。

一般に、寒冷地用の密粒度 13F 舗装(以下、密粒度舗装と略称する)の雪氷路面に薬剤を散布すると、反応後の融解水や未反応の固形分は路面にとどまらず路肩方向または側溝に流失しやすい。SMA 舗装は、薬剤を散布した場合、肌理の凹部に雪氷と反応後の融解溶液や未反応の薬剤固形分が貯留されて、塩分濃度が維持されるので散布効果の持続が期待される。

排水性舗装は、少雪地域において排水機能により薬剤が短時間で除去されやすくなる問題はあるが、SMA 舗装と同様の機能を持っている。また、排水性舗装と SMA 舗装は、テクスチャの粗さから交通荷重

によって雪氷が消耗しやすく路面の凹凸が出て滑り摩擦係数の向上が考えられる。本研究は、以上のような舗装路面のテクスチャの違いに着目して、室内凍結路面走行試験装置により、凍結路面の生成状態、薬剤散布後の残留濃度および通過輪数と滑り摩擦係数との関係をまとめたものである。

2. 既存の凍結抑制舗装

今までに開発された凍結抑制舗装には、図-1 に示すように、(1)化学的作用タイプと(2)物理的作用タイプに大別される。(1)には、a)薬剤をアスコンの加熱混合時に添加する方式と b)舗設した開粒度アスコンの空隙に薬剤を充填する方式がある。

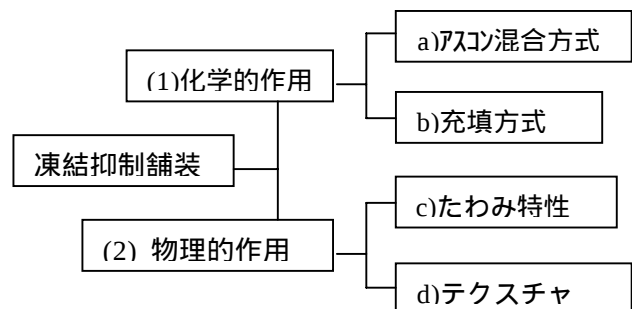


図-1 凍結抑制舗装の作用・効果の方式による分類

(2)は札幌市で試験施工がなされ、表層部の c)たわみ効果タイプと路面の d)テクスチャタイプがある。
現在、札幌市で実際に供用されているのは、c)のウレタン樹脂やゴムの充填・圧入／埋設によるたわみ効果タイプがほとんどである。その主なものを図

-2 と写真-1 に示した。

d)のテクスチャタイプとして、密粒度 G13F、開粒度舗装や粗骨材の転圧入によるロード舗装方式による粗面形成の舗装が試験舗装されたが、写真-1に示すように、雪氷が頑固に路面に付着する厳しい凍

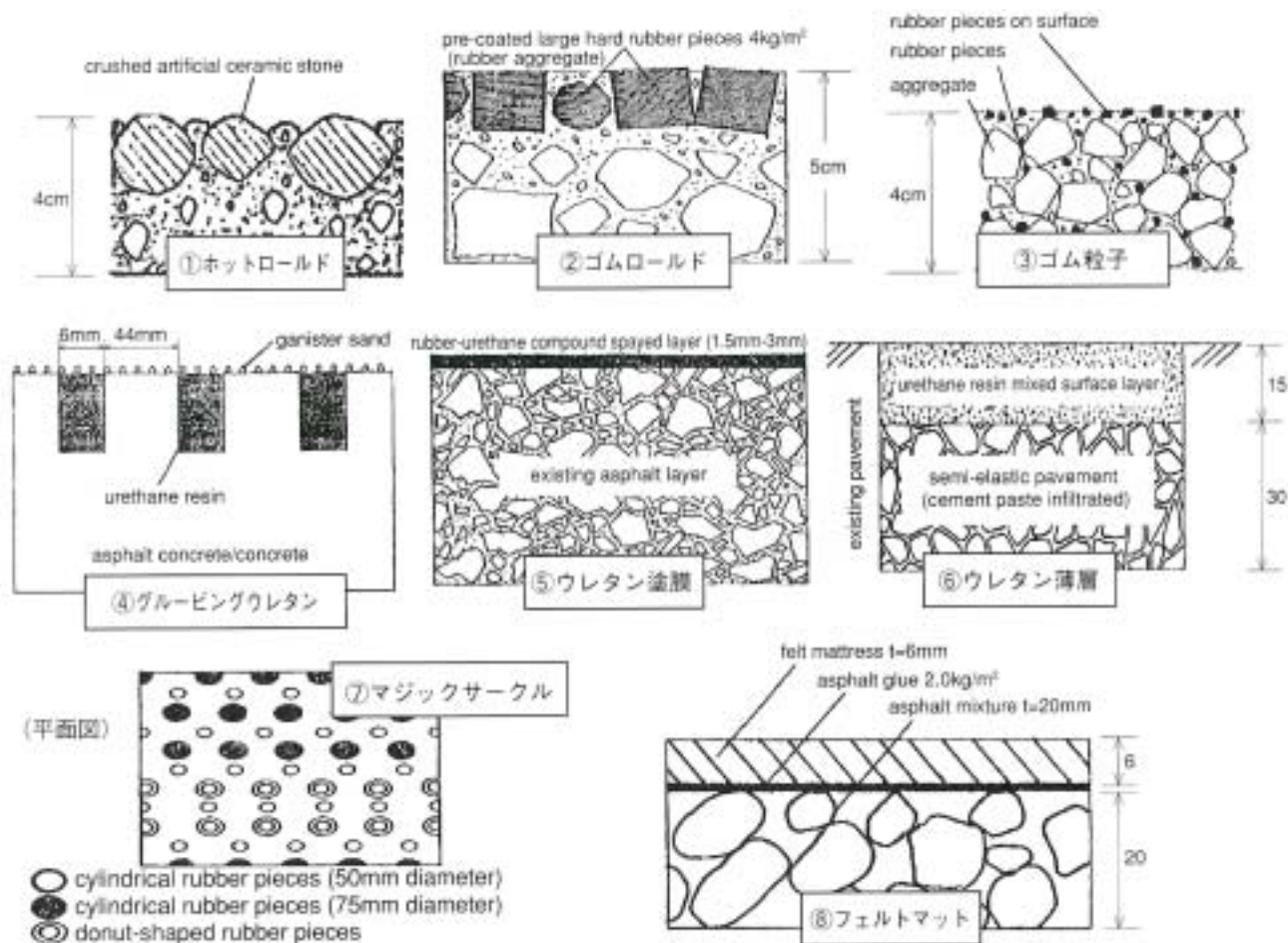


図-2 各凍結抑制舗装の断面模式図（のみ平面）



写真-1 各種凍結抑制舗装の滑り試験後の舗装面の状態

結路面が発生した。

図-3 は、1995 年 1 月 11～19 日にかけて札幌市道における試験施工現場で毎日 3 回（朝、昼、夜）実施した路面の露出率の観測結果を平均値としてまとめたものである。ウレタン樹脂やゴムを表層に使用したたわみ系の凍結抑制舗装の露出率は、粗面系の密粒度 G13F、半開粒度舗装の 3～4 倍になっている。

また、図-4 は 1 月 21 日の集中観測結果（7～16 時まで 5 回実施）における、滑り試験車による滑り摩擦係数の測定結果で、たわみ系舗装は粗面系舗装に比較して、滑り摩擦係数が約 1.5 倍になっており、凍結抑制効果が現れている。

しかし、札幌市においてたわみ特性の凍結抑制舗装は、雪氷の剥離、滑り摩擦係数の向上の点で効果があったが、コスト、耐久性の点から交差点や急坂区間などに限定され、現在、横断歩道用のマジックサークルと車道用のグルーピングウレタン舗装が供用している^{1),2)}。

粗いテクスチャを持つ排水性舗装、SMA 舗装は、本来の機能の他、除雪水準が高く、薬剤散布の管理がなされている道路では、凍結抑制効果があることが経験的に分かっている。札幌市道の排水性舗装試

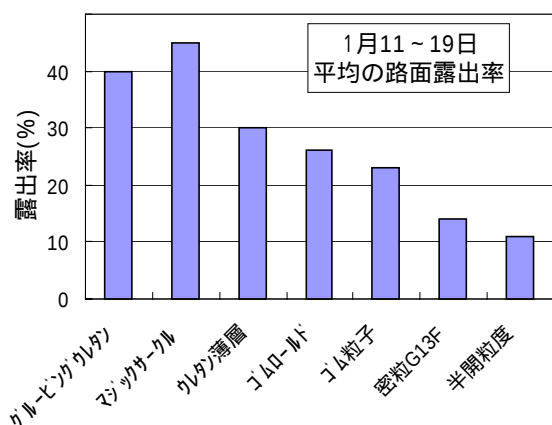


図-3 各凍結抑制舗装の露出率

験舗装区間における 1997 年～2000 年の冬期 3 年間の観測結果から、写真-2 に示すように、交通車両により肌理の凸部の雪氷は消耗して露出しやすいたことが確認された。特に、凹部には薬剤を含んだ雪氷や薬剤そのものが残留する効果のためにブラックアイス路面のような凍結路面になりづらく、滑り摩擦係数が向上する^{3),4),5)}。

本研究は、上記の点に着目して、再現性のある氷板路面を室内レーンに作成して、テクスチャの違いによる薬剤の残留特性、滑り摩擦係数の変化を室内凍結路面走行試験装置により検証した。

3. 凍結路面走行試験の概要

(1) 凍結路面走行試験装置

写真-3 に示した凍結路面走行試験装置(以下、走行試験装置と呼ぶ)は、各種制動駆動条件、温度環境条件、路面条件におけるすべり摩擦係数、路面変位量の測定を行うものである。走行試験装置は制動試験やホイールトラッキング試験、自動車の ABS (Antilock Brake System) が作動した状態で 0～100%のスリップ率設定制動試験を行うことができ、

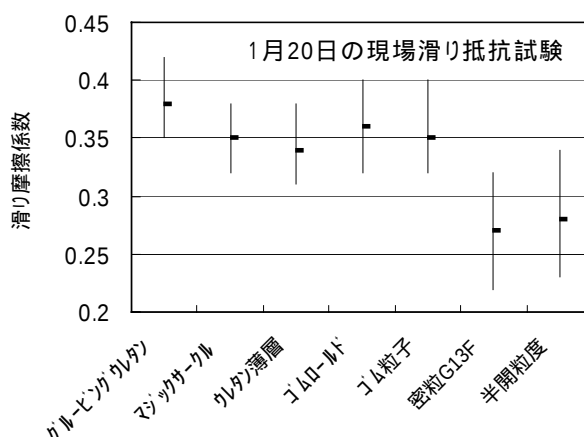


図-4 各凍結抑制舗装の滑り摩擦係数



写真-2 肌理の凸部の雪氷が消耗した排水性舗装



写真-3 走行試験装置

最大輪荷重は 5kN、最大走行速度は 10 km/h である。

制動試験は、走行速度が設定速度に達するとタイヤがロックされる。タイヤが路面に接地されたまま走行試験装置が走行することによりタイヤ回転中心軸に掛かるトルクを測定し、タイヤと路面とのすべり摩擦係数を測定するものである^{6),7)}。得られるデータは走行速度、輪荷重、タイヤトルク、路面変位量である。

(2) 恒温室と試験路面

恒温室内の試験温度は路面温度と試験室内温度について制御し、-30 から +60 までの設定が可能である。走行路面は幅 0.5m~0.75m、長さ 10m の排水溝を有する 4 レーンが設置されており、各レーンは中央と左右の 3 カ所を選択して走行させることができる。散水による氷結路面、ホイールトラッキングによる圧雪路面を生成できる。

現在、排水性舗装、SMA 舗装、密粒度舗装が第 1~第 3 レーンに施工されている。第 4 レーンは長さ 5m×深さ 0.5m×幅 0.75m のピットを持っており、舗装構造・材料を変えた力学性状の試験が可能である。

(3) すべり摩擦係数の算出

すべり摩擦係数は、制動試験により得られるトルクがタイヤ回転中心軸で測定されているので、(1)式により算出される。

$$Mt = r \cdot F \cdot \mu \quad (1)$$

ここで、Mt：タイヤトルク (Nm)、

r：タイヤ半径 (m)、F：荷重 (N)

μ：すべり摩擦係数

図-5 は、輪荷重 2.5kN、走行速度 10km/h、スリップ率 100%の試験条件における制動試験の測定データ例である。滑り摩擦係数 μ は、速度が 10km/h の時の平均トルクを式(1)に代入して求める。

4．制動試験

試験路面に氷板を作成して、薬剤散布後の経過時間毎と通過輪数毎の 2 通りで制動試験を実施した。薬剤の散布状態を図-6 と写真-4 に、各舗装路面に作成した氷板の状態を写真 5~7 に示した。

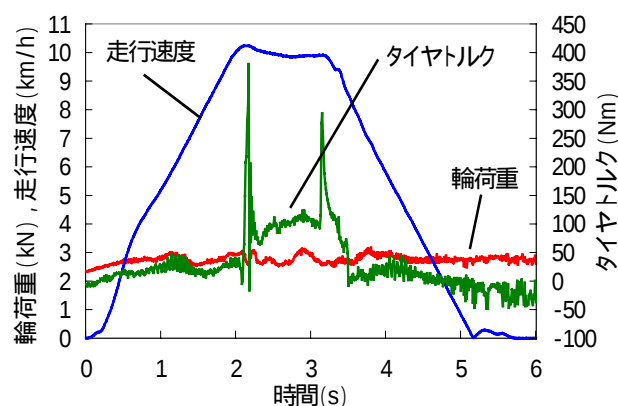


図-5 制動試験の測定データ



写真-4 薬剤散布状況

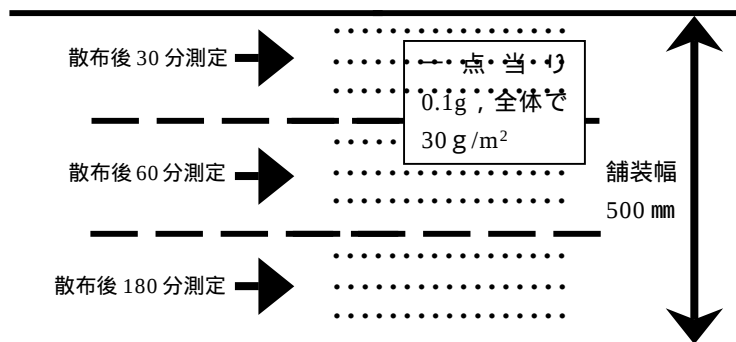


図-6 走行レーンの散布割合



写真-5 密粒度舗装



写真-6 SMA 舗装



写真-7 排水性舗装

表-1 制動試験条件

試験温度	路面温度 - 5
舗装の種類	排水性舗装, SMA 舗装, 密粒度 13F 舗装
路面状態	厚さ約 3 mmの氷板
薬剤	NaCl, CaCl ₂ , CMA100, CMA40
散布量	30g / m ²
輪荷重	2.5kN
走行速度	10km / h
スリップ率	100%
使用タイヤ	乗用車スタッドレスタイヤ 規格 165/80 R13 83Q

試験条件は、表-1に示すとおりで使用した凍結防止剤は、通常、路面管理に用いられている NaCl, CaCl₂, CMA100, CMA40 の4種である^{8), 9)}。

ここで、CMA100とは、カルシウム・マグネシウムアセテートの略称で、Ca, Mg, 酢酸からなる成分が100%のものである。CMA100はNaCl, CaCl₂のように速効性、融氷能力、氷点降下などの性能では劣るが、散布後の効果の持続性と雪氷をさくさく状の団粒化にして、滑りやすい硬圧雪路面を抑制するので、積雪路面管理に適している。しかも、塩化物を含んでいないので塩害の問題がないが、単価が高いのが難点である。CMA40は、単価の低減と性能の改良を目指したもので、40%のCMA100と60%の塩からなる薬剤である。

4.1 試験路面のテクスチャ解析

テクスチャは、要素が一定の配列規則に従って配列された繰り返しパターンである。画像処理によるテクスチャ解析方法には、統計的方法、構造的な方法およびスペクトル的方法に大別できる。

統計的方法は、木目、砂地、芝生のようにその要素も規則も明確でないものを解析するのに有効である。ここでは、3種の試験舗装路面のデジタル画像撮影を行い、路面テクスチャの平面的な違いと深さの違いを濃淡画像のテクスチャ解析により定量的に表した¹⁰⁾。テクスチャ解析に用いた画像は、写真-5～7の氷板路面と写真-8に示した乾燥路面である。

(1) 統計的方法

テクスチャ特徴の最も簡単な表現方法として領域の濃度ヒストグラムを用いる方法がある。濃度ヒストグラムの形状により、平均、分散、歪度、尖度を計算し、それらの値によってテクスチャを特徴づけることができる。乾燥路面と氷板路面の解析に、歪度と尖度を用いた。歪度は、濃度ヒストグラムの形

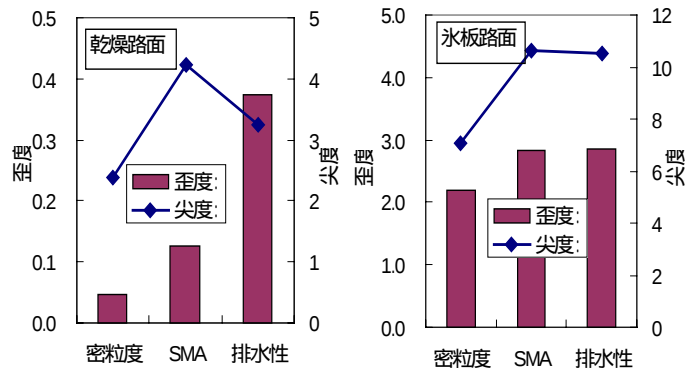
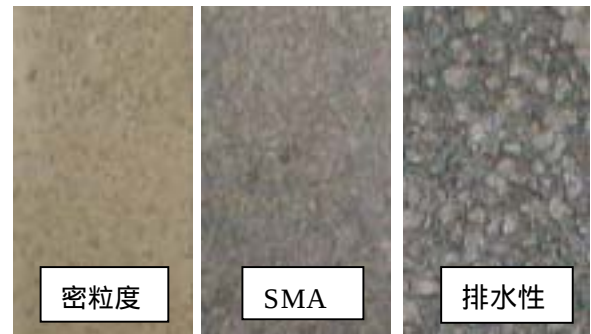


図-7 各舗装路面のテクスチャ解析結果



状の対称性からの歪み程度を示し、尖度は濃度ヒストグラムの分布がどの程度平均値の周辺に集中するかを示す。

(2) 解析結果

各舗装の乾燥路面と氷板路面の解析結果を図-7に示した。密粒度舗装はSMA舗装および排水性舗装と比較して、乾燥・氷板路面における歪度と尖度が最も小さく、濃度分布の偏り・集中が小さく一般的なテクスチャの路面であることを示している。

SMA舗装と排水性舗装の比較では、乾燥路面において、排水舗装は歪度が大きく空隙の性状、肌理深さの違いが、濃度分布の偏りに現れていると考えられる。氷板路面では両者の歪度・尖度はほとんど同じで、テクスチャに違いがないことを示している。

以上から、氷板路面では、密粒度舗装に対してSMA舗装と排水性舗装は、テクスチャの点で大きく2つに分類でき、これは、後述する滑り摩擦係数と薬剤残留濃度の実験結果ともほぼ対応している。

4.2 経過時間に対する残留濃度と滑り摩擦係数

一定時間経過後の濃度の測定により、濃度の時間経過による変化と路面性状の違いが残留濃度の変化にどのような影響を及ぼすかについて検討した。これは、交通荷重による外乱を受けない状態で散布後における路面のテクスチャの違い

による影響を調べようとするものである。

制動試験は無散布状態、散布後 30 分、60 分、180 分毎に実施し、すべり摩擦係数と路面上の雪氷ないし融氷水の濃度を測定した。走行試験装置はひとつの舗装レーンにつき左・中央・右の 3 箇所の走行位置が設定できるので、各列を薬剤散布後 30 分、60 分、180 分に濃度と滑り摩擦係数を測定した。

SMA 舗装、排水性舗装に比較して、密粒度舗装では、融氷水が路面を流れやすいため、隣り合う走行位置へ部分的に流入する影響も考えられるが、それも含めた試験と位置づけた。

(1) 氷板の作成

路面温度を -5℃ に設定した恒温室内で 3 種類の各舗装表面に、厚さ約 3mm の氷板を作成した。排水性舗装では散水しても排水されてしまうので、噴霧器を用いて霧状にした少量の水を一様に噴霧し、噴霧した水が凍ってからまた少量の水を噴霧する。これを繰り返してノギス計測により厚さが約 3mm の氷板を作成した。

テクスチャの違いにより各路面での氷の絶対量は多少異なると考えられるが、氷板の厚さを規定した今回の試験では、路面に生成される氷の絶対量の違いは無視した。氷板厚ではなく路面に生成される氷の絶対量を規定する場合には、水の散布量をあらかじめ定めておく必要がある。

(2) 濃度測定

濃度の測定には、アタゴ製手持ち屈折計（アタゴ食塩濃度屈折計 S-28）を用いた。路面上の融氷水の採取には 2ml スポイトを用い、測定時間ごとに 3 箇所以上から採取した¹¹⁾。屈折計は、塩分濃度測定用のため、他の物質の濃度を測定するためには換算が必要である。CaCl₂ には塩化物の換算用ノモグラフがあるが、CMA100、CMA40 については塩化物ではないため、濃度 5%、10%、20% の溶液を作り、屈折計で測定して、図-8 に示す換算用グラフを作成した。

(3) 各舗装路面における試験結果と考察

濃度測定結果を図-9～12 に、滑り摩擦係数の測定結果を図-13～16 にまとめた。圧雪路面に対する散布量基準 30g/m² を氷板路面にそのまま適用した。

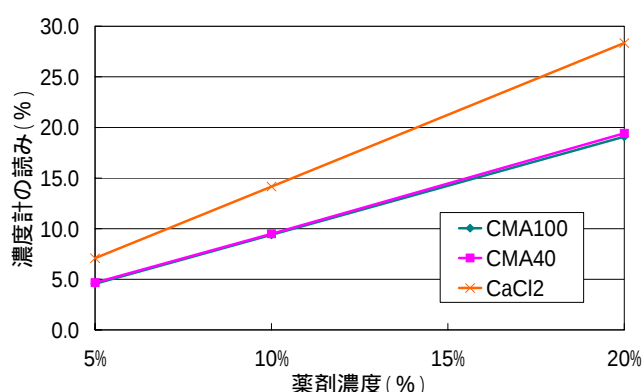


図-8 濃度換算ノモグラフ

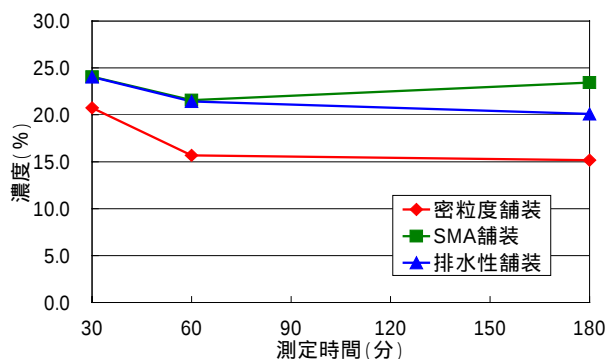


図-9 CMA100 の濃度変化

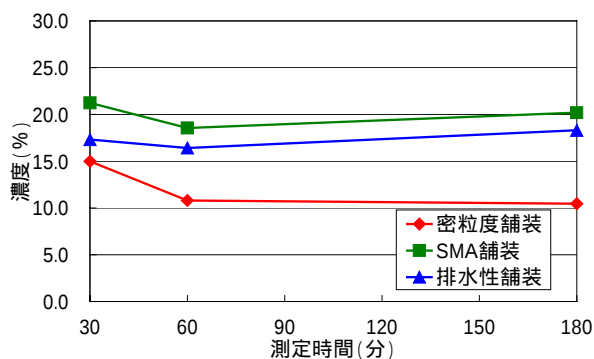


図-10 CMA40 の濃度変化

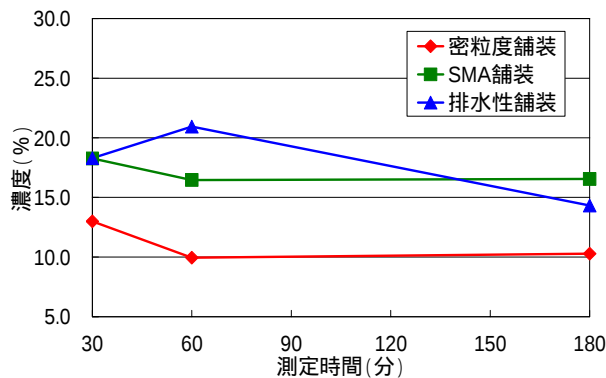


図-11 NaCl の濃度変化

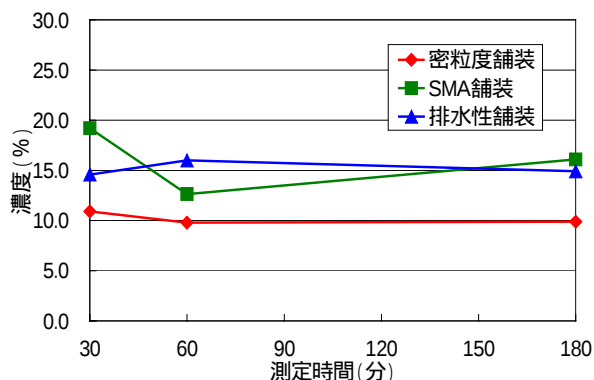


図-12 CaCl₂ の濃度変化

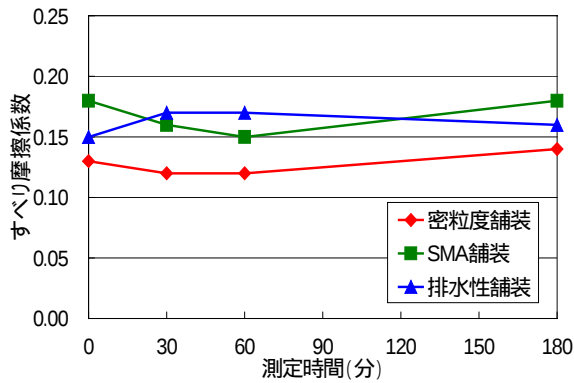


図-13 CMA100での滑り摩擦係数

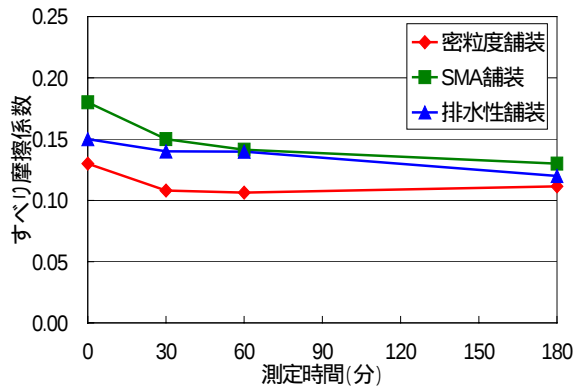


図-14 CMA40での滑り摩擦係数

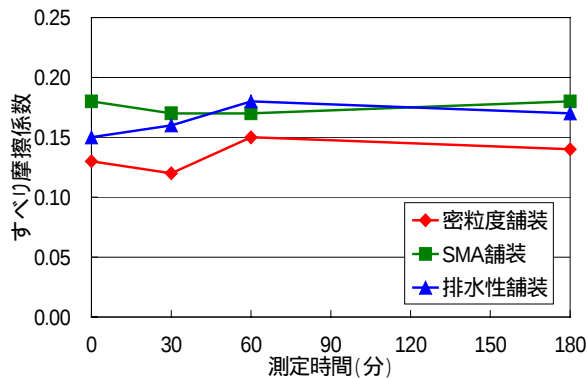


図-15 NaClでの滑り摩擦係数

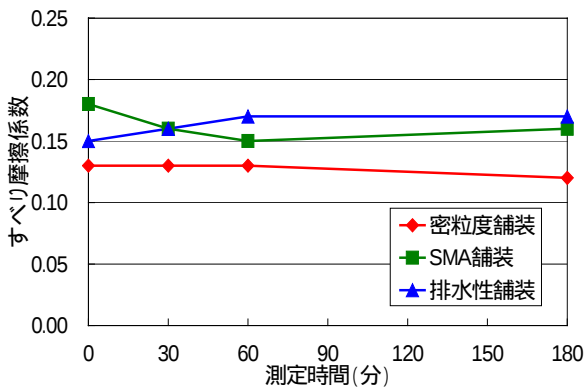


図-16 CaCl₂での滑り摩擦係数

め、経過時間での試験結果では必ずしも顕著な違いが出ていない点があるが、各舗装について次のようにまとめられる。

a) 残留濃度

密粒度舗装が、すべての薬剤および時間に共通して、最も濃度が低く残留効果が小さい結果となった。密粒度舗装では薬剤が氷板を融解すると、舗装の肌理に薬剤を含む融氷水が残留しずらく薬剤濃度が下がるためである。

SMA舗装は肌理の深い空隙部に薬剤を含む融氷水が貯留される効果が見られた。特に、SMA舗装だけの特徴として、全ての薬剤について30分から60分にかけて濃度が低下し、180分までにまた上昇している。これは、空隙に貯留された比較的濃度の高い融氷水が再利用された効果であると考えられる。

排水性舗装では融氷水とともに薬剤の溶液を含む融氷水が流失する問題がある。しかし、多雪地域で内部の連続空隙が雪氷の膜/粒子で被覆ないし充填される場合には、残存した融氷水の濃度が高くなる。本実験の試験路面では、流失と残留の両方の場合が観察された。

b) 滑り摩擦係数

薬剤の散布後、氷板路面に融氷水膜が生成され、

全体に滑りやすくなり滑り摩擦係数が低下している。このことから、氷板路面に圧雪路面と同程度の薬剤を散布することは、かえって滑りやすい路面を作ってしまうことが分かる。

舗装の種別ごとでは、写真-5～7に示すように、SMA舗装と排水性舗装では、密粒度舗装に比較して氷板の生成路面の凹凸が大きい。氷板面そのものの滑り摩擦係数が測定結果に現れている。従って、厚さ3mm程度の氷板ならば、舗装のテクスチャの効果が現れていると考えられる。

したがって、残留濃度が高い状態で維持されるSMA舗装と排水性舗装では、密粒度舗装より滑り摩擦係数も高めになる。

4.3 通過輪数に対する残留濃度と滑り摩擦係数

経過時間に対する試験の場合と同様に、3種類の舗装上に氷板を作成し、繰り返し走行試験を行った。実際の交通状態を想定して、氷板上に散布した薬剤の濃度と滑り摩擦係数が、路面テクスチャの違い、路面の攪乱を伴う交通荷重と通過輪数の増加による相乗効果によってどのように変化するかを調べた。通過輪数に対する濃度測定結果を図-17～20に、滑り摩擦係数の測定結果を図-21～24にまとめた。

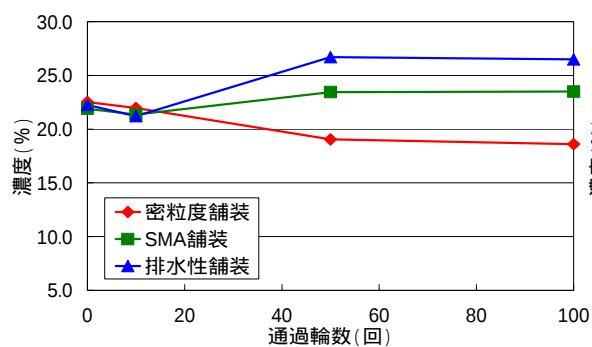


図-17 CMA100 の舗装別濃度

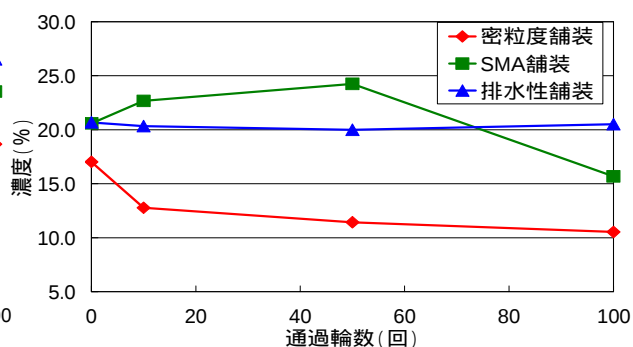


図-18 CMA40 の舗装別濃度

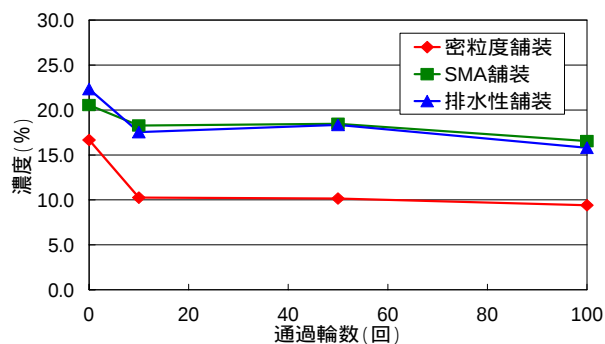


図-19 NaCl の舗装別濃度

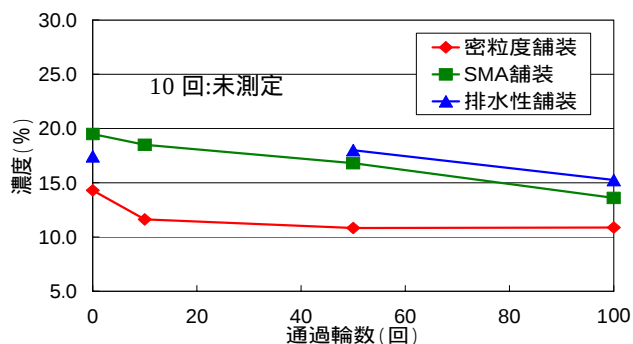


図-20 CaCl₂ の舗装別濃度

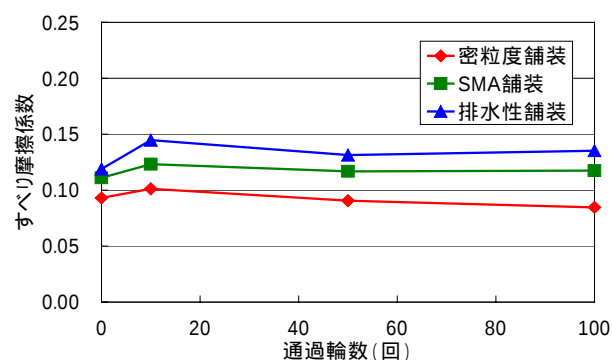


図-21 CMA100 での滑り摩擦係数

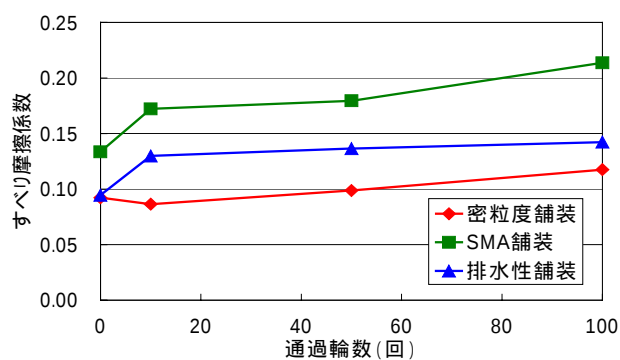


図-22 CMA40 での滑り摩擦係数

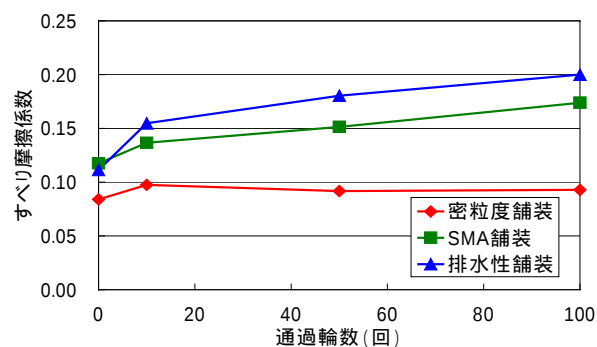


図-23 NaCl での滑り摩擦係数

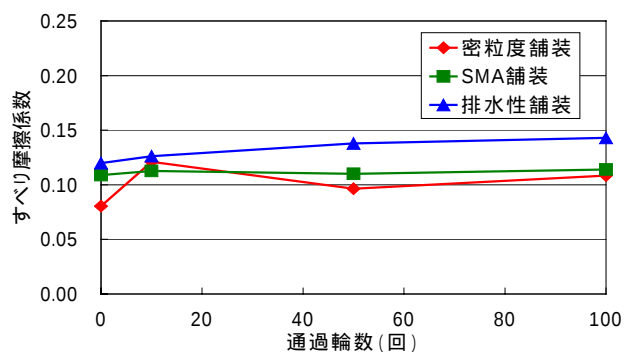


図-24 CaCl₂ での滑り摩擦係数

(1)試験方法

作成した氷板上で制動試験を行い、薬剤無散布の滑り摩擦係数を測定する。薬剤散布後、30 分後に繰り返し走行試験を開始して 9 回走行させ、濃度を測定して、10 回目の走行で制動試験を行いすべり摩擦係数と濃度を計測し、他の通過輪数に対する試験には再利用しない。50 回目と 100 回目も同様の方法である。

(2)試験結果と考察

散布後の時間経過に対する試験結果よりも、凍結防止剤の性能特性とテクスチャの違いの効果がより大きく現れている。同様に、残留濃度と滑り摩擦係数との関係も、密粒度舗装に対する SMA 舗装と排水性舗装では明確な対応が見られる。

a) 残留濃度

SMA 舗装において、NaCl、CaCl₂では通過輪数の増加と共に濃度が低下したが、CMA100 の濃度は通過輪数の増加と共に濃度が上昇した。これは、融氷水が SMA 舗装の肌理の深い空隙部に薬剤を含む融氷水が残留したことから CMA の遅延効果によるものであると考えられる。

排水性舗装でも SMA 舗装と同様の傾向が見られるが、氷板路面の攪乱により、融氷水の排水が促進されるため、他の舗装より残留融氷水の濃度が高めの値となっている。この場合には薬剤の流失の問題について考慮する必要がある。

密粒度舗装舗装においては、SMA 舗装と排水性舗装に比較して、どの薬剤についても残留濃度は低い結果となった。

b) 滑り摩擦係数

SMA 舗装では CMA40 においてすべり摩擦係数かなり増加し、NaCl においても増加が見られたが、CaCl₂ではほとんど変化が見られなかった。その理由は、CaCl₂は速効性のため、散布後 30 分で実施した通過輪数に対する各試験ではほとんど反応が終了したことによる。

排水性舗装は SMA 舗装の場合と同様の傾向が見られ、特に、路面排水により、SMA 舗装より高い滑り摩擦係数となっている。

密粒度舗装は、すべての薬剤について SMA 舗装、排水性舗装よりも滑り摩擦係数が、0.05～0.1 と低い結果になった。

5．圧雪路面における検討

粗面系の舗装に厚い圧雪路面が形成されると、2 章で述べたように、たわみ系の凍結抑制舗装と異なり、繰り返し交通荷重による雪氷の破碎・剥離は発

生しづらい。硬圧雪あるいは雪面が磨かれたいわゆる“つるつる路面”が形成され、粗いテクスチャがさらに雪氷と路面との頑固な付着を助長する。

しかし、ある程度の除雪水準が確保されて路面積雪厚を小さくすると同時に、薬剤を散布することにより、排水性舗装や SMA 舗装では、雪氷の消耗が進みやすい。その結果、写真-2 のような雪氷混じりの凹凸のある路面が出現して、滑り摩擦係数の向上に貢献することが、札幌市道における 3 年間の現場観測で確認されている。

3 種のテクスチャの路面すべてについて、通過輪数と圧雪の締固め過程を調べて比較検証する必要があるが、雪試料の不足のため、今回は予備的な検討として、一般的なテクスチャをもつ密粒度舗装で試験を実施した。

(1)圧雪路面の作成

冷凍庫で貯蔵した乾き雪に質量比 20%の 0 の水を噴霧し、攪拌して湿り雪を作成した後、密粒度舗装面に敷き均した。走行試験装置により輪荷重 2.5kN で走行させ、写真-9 に示すように圧雪密度が 0.6g/cm³程度になるまで締固め、厚さおよそ 30 mm の圧雪路面を作成した。

(2)試験方法

試験温度は圧雪路面温度で -5 とし、無散布路面と NaCl、CaCl₂、CMA100、CMA40、木炭混合塩カル(塩化カルシウムと木炭を質量比 7:3 で混合したもの)の 5 種類の薬剤を 30g/m²散布した路面で試験を実施した。散布後、通過輪数 1, 100, 500, 1000 回での圧雪路面のすべり摩擦係数を測定し、初回と 1000 回での圧雪の密度を測定した。

(3)試験結果

a) 滑り摩擦係数

図-25 に示すように、無散布路面では通過輪数が 400 回を越えると、滑り摩擦係数が 0.2 以下の滑りやすい路面になる。従って、濡れ雪の積雪路面は、200 台前後の交通量ですぐに滑りやすい“つるつる路面”になることが分かる。写真-10 は、通過輪数



写真-9 走行試験装置で作成した圧雪路面

1000 回における無散布の圧雪路面の状態で、写真-7 と比較して分かるように、圧雪表面につるつる路面の原因となる氷膜や氷板が鱗片状に形成されている。

b) 圧雪密度

圧雪密度は、図-26 に示すように、CMA100 散布路面を除いて、通過輪数の増加により無散布及び薬剤散布路面において上昇した。輪荷重が 2.5kN で小さく、圧雪路面温度が -5 と低いため、雪氷構造の緻密化が一定以上進まず、無散布の路面の密度は 0.65 前後で、硬圧雪 (0.75~0.80) の状態にはなっていない。

特に注目すべき点として、CMA100 の散布路面のみ、圧雪密度が通過輪数の増加に伴い減少している。CMA100 は、路面積雪を団粒化してさくさく状態にする効果が発揮されており、圧雪路面管理に適した薬剤であると考えられる。

今回の試験では、圧雪厚が 30 mm と比較的厚いため、繰り返し走行過程で、雪氷の消耗過程や路面と圧雪との付着状態が圧雪面の生成にどの程度影響を及ぼしているかについて明確に確認できなかった。

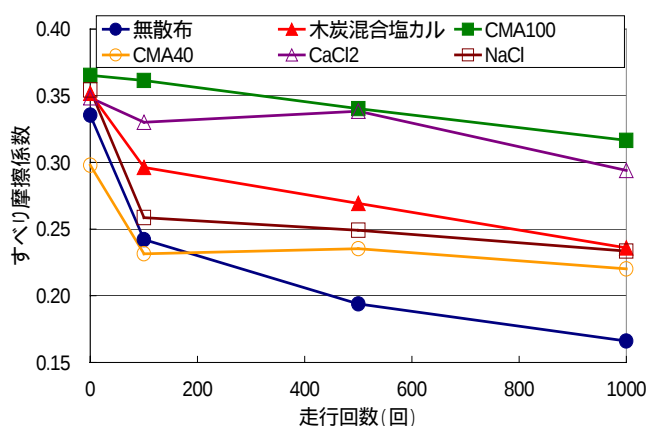


図-25 すべり摩擦係数の推移

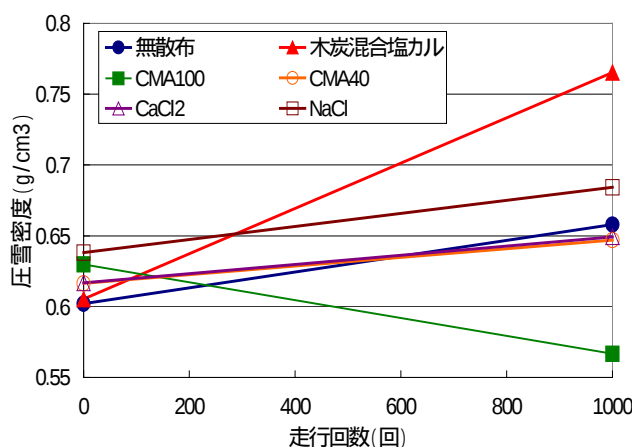


図-26 圧雪密度の推移

今後、圧雪厚を変えてテクスチャの異なる舗装路面で同様の試験を実施して、テクスチャ効果と薬剤による雪氷団粒化の相乗効果に基づく、圧雪の消耗、雪氷混じり凹凸路面の出現に関する検証を実施しなければならない。さらに、圧雪路面管理ができるように、舗装路面テクスチャの検討と除雪管理・散布管理に関する雪氷管理水準の検討を行う必要がある。



写真-10 通過輪数 1000 回での圧雪路面(鱗片状に氷膜と薄い氷板が生成されている)

6. まとめ

以上の検討結果は、次のようにまとめられる。

- (1) たわみ系の凍結抑制舗装は、都市部や危険箇所等の路面のスポット管理には適しているが、延長の大きい単路部では、薬剤散布管理と粗面テクスチャの凍結抑制舗装の併用による路面管理が有効であると考えられる。
- (2) 薬剤散布後の各試験路面において、静的な経過時間よりも動的な通過輪数をパラメータとする制動試験は、路面テクスチャの違いによる抑制効果を残留濃度及び滑り摩擦係数の変化からより明確に表すことが分かった。
- (3) 氷板路面での制動試験の結果、密粒度舗装に比較して粗なテクスチャを持つ SMA 舗装と排水性舗装は、遅効性と速効性の異なる性能を持つ4種の薬剤すべてについて、残留濃度と滑り摩擦係数は高い測定値が得られた。これは、粗なテクスチャの凹部における薬剤の残留効果と凸部における雪氷の消耗によるものと考えられる。
- (4) 排水性舗装は、今回の試験で SMA 舗装と同程度以上の抑制効果が測定されたが、試験路面での薬剤の一部流失も観測され、連続空隙部が雪氷で充填されない少雪寒冷地域、寒冷の度合いが緩く路温

が冬期でも0 前後の地域などでは、薬剤の流失について考慮する必要がある。

- (5)積雪路面での走行試験の結果に基づくと、滑りやすい圧雪路面は、道路気象条件によっては200台程度の交通量で生成される。従って、路面積雪の団粒化により緻密化を抑制するCMA系の薬剤の散布と、雪氷の消耗を助長する粗面テクスチャのSMA舗装、排水性舗装の併用は、“つるつる路面”の抑制に有効であると考えられる。

今後の検討課題

粗なテクスチャのSMA舗装、排水性舗装の路面凍結抑制効果を有効に利用できる雪氷管理水準の提案をするためには、冬期道路交通の環境条件をシミュレートした走行実験を行う必要がある。

特に、異なるテクスチャ路面における圧雪路面の走行試験により、圧雪路面管理に有効な薬剤の散布量、除雪水準の設定に関する検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) Takeichi.K, Sato.I, Hara.F and Yamamoto.C : Performance of Various Antifreezing Pavement By Field Test,TRR. No.1741, pp.114-123, 2000.
- 2) 札幌市土木技術センター：凍結路面对策試験舗装報告書、凍結路面对策技術小委員会,pp.6-61,1995.
- 3) Takeichi. K : The Evaluation of Porous Asphalt Pavement for the Purpose of the Pavement Freezing Countermeasure, ISCORD 2000, pp.384-387, 2000.
- 4) 武市 靖,伊藤 仁,八巻秀一,和田文明:凍結路面对策を目的とした排水性舗装の評価,舗装 Vol.34, No.8, pp.8-13, 1999.
- 5) 八巻秀一,秋本 隆,伊藤 仁,宮原 優,武市 靖:ヒータ付きドレーンの埋設及び薬剤散布による排水性舗装の冬期路面評価,土木学会道支部論文報告集 第55号, pp.578-583, 1999.
- 6) 酒井秀男:タイヤ工学入門から応用まで,グランプリ出版, pp.269-276, 2002.
- 7) 横浜ゴム株式会社:自動車用タイヤの研究,山海堂, pp.109-124, 1995.
- 8) 伊藤孝浩,山本紘大,片岡道宣,武市 靖:薬剤の簡便な性能評価手法に関する研究,寒地技術論文・報告集 Vol.18, pp.665-668, 2002.
- 9) Minsk.L.D:Snow and Ice Control Manual for Transportation Facilities, McGraw-Hill, pp.209-253, 1998.
- 10) 谷口慶治編:画像処理工学 基礎編, 共立出版, pp.99~103, 1998
- 11) (社)日本建設機械化協会:道路除雪ハンドブック 第4版, pp.258-261, 1993.

ANTIFREEZING EFFECTS DUE TO DIFFERENT PAVEMENT TEXTURES

Kiyoshi TAKEICHI and Hiroyoshi TAJIKA

The difference of pavement texture gives effects on forming conditions of pavement freezing, denatured process and consumption conditions of road snow/ice due to traffic loads and chemical application. Since these effects are closely related with improvement of pavement skid resistance, it's important to investigate the properties of pavements with different textures for an optimization of chemical application, cost saving of snow/ice control, and compacted snow pavement control. Antifreezing effects of porous asphalt, stone mastic asphalt and dense grade asphalt were evaluated in remaining density of chemicals and coefficient of pavement friction on ice crust pavement lanes using full-scale wheel tracking test equipment in temperature controlled chamber.