凍結防止剤や道路気象条件を考慮した凍結路面対策としての粗面系舗装の有効性に関する研究

田中俊輔¹・高橋尚人¹・徳永ロベルト¹・安倍隆二²・武市靖³

¹ 正会員 博士(工) (独) 土木研究所 寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34)
E-mail: s-tanaka@ceri.go.jp

² 正会員 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34)

³ 正会員 博士(工) 北海学園大学 工学部 (〒064-0926 北海道札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 1-1)

粗面系舗装は、沿道環境改善や走行安全性の向上を目的として一般的に施工されているが、積雪寒冷地では凍結路面対策を目的とした施工も多い。筆者らは、凍結路面対策としての粗面系舗装の効果や凍結防止剤と複合させた効果について、主に室内試験から検証してきた。しかし、これらの研究の課題として、実道もしくはそれに近い環境下での検討事例が十分ではないことがある。交通条件や道路気象条件などの環境条件、舗装の性状などが多様な屋外や実道は、多くのデータを蓄積する必要がある。本研究は、苫小牧寒地試験道路において屋外試験と、札幌近郊の一般国道 230 号において冬期路面すべり抵抗モニタリング調査を行った。それぞれの結果から、凍結防止剤散布効果や道路気象条件の影響を考慮して、粗面系舗装の凍結路面対策としての効果を検証した。

Key Words : rough-textured pavement, anti-freezing agent, continuous friction tester, skid resistance

1. はじめに

粗面系舗装である排水性舗装や機能性SMAは、元来、騒音低減効果などの沿道環境改善、降雨時の安全性向上を目的として施工された^{1),2)}が、積雪寒冷地では、凍結路面に対するすべり抵抗の確保を目的とした施工も多く行われている。凍結路面に対する効果は、特に粗面系舗装の特徴である粗い路面テクスチャによる影響が大きいことが千葉ら²⁾、田中ら³⁾によって確認されており、屋外試験や実道調査で検討した例も見られる^{4),5),6)}。

また、筆者らは、凍結路面対策としての粗面系舗装の効果および凍結防止剤と複合させた効果について、主に室内試験から検証してきた⁷⁾。その結果、凍結(氷膜・氷板)路面において粗面系舗装のすべり摩擦係数が高くなること、凍結防止剤散布によるすべり摩擦係数の回復が顕著に見られることが明らかとなった⁷⁾。

しかし、これらの研究の課題として、実道もしくはそれに近い環境下での検討事例が十分ではないことがある。交通条件や道路気象条件などの環境条件、舗装の性状などが多様な屋外や実道は、多くのデータを蓄積する必要がある。

本研究は、苫小牧寒地試験道路において屋外試験と、

札幌近郊の一般国道 230 号において冬期路面すべり抵抗モニタリング調査を行った。それぞれの結果から、凍結防止剤散布効果や道路気象条件の影響を考慮して、粗面系舗装の凍結路面対策としての効果を検証した。

2. 研究対象とした舗装

本研究では、粗面系舗装として排水性舗装と、排水性舗装のテクスチャと耐久性に優れた碎石マスチックの長所を併せ持つ機能性SMAを用いた。図-1と図-2に各粗面系舗装の断面を示した²⁾。

なお、比較舗装としては、一般的な密粒度舗装を対象とした。

粗骨材のかみ合わせによる
テクスチャを有する

図-1 排水性舗装の断面²⁾

表-1 試験条件と測定項目

試験舗装	密粒度舗装, 排水性舗装 機能性 SMA
舗装の仕様	最大粒径 13mm (全舗装) 空隙率 17% (排水性舗装)
舗装のきめ深さ (MPD:3箇所平均)	密粒度舗装 0.68mm 排水性舗装 1.96mm 機能性 SMA 1.62mm
測定日	2014 年 1 月 20, 22, 29 日
試験の時間帯	夕方, 路面温度が氷点下にな った時点で凍結路面作製開始
路面状態	氷膜路面
凍結防止剤	NaCl 湿式散布 20g/m ²
走行速度	40km/h
ダミー車走行台数	50, 100, 150, 200, 250, 300
測定項目	路面露出率 すべり抵抗値 (HFN)

3. 粗面系舗装と凍結防止剤散布の複合効果

(1) 試験概要

図-4 に試験区間の概要を、表-1 に試験条件および測定

項目を示す。各舗装区間で、散水車を用いて氷膜路面（密粒度舗装において簡易膜厚計による計測で氷膜厚1.0mm程度）を作製し、凍結防止剤を散布した。なお、各舗装間の引きずりなどによる影響を考慮して、前方50mを散布区間とし、残りの50mを無散布区間とした。凍結防止剤は湿式散布（塩化ナトリウム＋塩化カルシウム水溶液）で20g/m²散布した。その後、交通模擬車両（以下、ダミー車）を走行させた。

測定項目は路面露出率³⁾とすべり抵抗値とし、凍結防止剤散布前、交通模擬車両(ダミー車)走行50~300台後に測定を行った。試験条件は、凍結防止剤事後散布による路面管理を想定して設定した。

なお本試験は、2014年1月20～29日にかけて4回行ったが、その内1回(27日)は気温が高く、散布した水の凍結に時間を要し、凍結防止剤散布前から路面露出したため、3回分のデータを対象に考察した。

(2) 連続すべり抵抗値測定装置 (CFT) ⁸⁾

すべり抵抗値の測定には、連続すべり抵抗値測定装置（CFT：Continuous Friction Tester）を用いた。写真-1にCFTを、図-5にHFNの測定原理を示す。CFTは、けん引車の走行によって測定輪に生じる横方向の力からすべり抵抗値（HFN：Halliday Friction Number）を0.1秒間隔で算出する。すべり抵抗値は0から100の整数値で、値が小さいほど路面がすべりやすいことを示す。徳永らの研究⁹⁾では、HFN45未満を雪氷路面、45～59を断続的な路面、60以上を露出路面と3水準に区分している。

表-2 1月20日の気象条件

気温	-4.2℃（開始時）→ -7.5℃（終了時）	
路面温度	密粒度舗装	-3.5℃ → -5.8℃
	機能性 SMA	-3.1℃ → -8.2℃
	排水性舗装	-1.9℃ → -7.9℃
天候	曇り ダミー車 200 回走行後に降雪 （降水量 0.5mm）	

表-3 1月22日の気象条件

気温	-5.7℃ → -12.1℃	
路面温度	密粒度舗装	-0.3℃ → -12.0℃
	機能性 SMA	-2.6℃ → -13.4℃
	排水性舗装	-1.8℃ → -9.8℃
天候	晴れ	

表-4 1月29日の気象条件

気温	-4.9℃ → -11.6℃	
路面温度	密粒度舗装	-5.0℃ → -11.3℃
	機能性 SMA	-4.2℃ → -10.3℃
	排水性舗装	-5.8℃ → -13.8℃
天候	晴れ・風速 5m/s 程度	

(3) 路面露出率の算出^{3),7)}

路面露出率は路面状況を撮影し、2 値化した画像から式 (1) で表される。

$$\text{路面露出率 (\%)} = \frac{\text{路面露出面積}}{\text{解析画像全体面積}} \quad (1)$$

路面露出率を算出するための画像解析手法は、田中ら⁷⁾が行った、氷膜・氷板路面における測定方法を用いた。

なお、路面露出率は、すべり抵抗値測定輪の走行箇所上に縦 400×横 300mm で面的に測定した。

(4) 試験結果

a) 1月20日の試験結果

表-2 に、気象条件を示す。なお、天候に関するデータは、気象庁苫小牧特別地域気象観測所の 1 時間ごとの値を参考とした。気温は、試験開始時（凍結防止剤散布時）で -4.2℃、試験終了時は -8℃ 程度まで低下した。また、ダミー車走行 200 回後に、降水量 0.5mm の降雪があった。

図-6 に、試験結果を示す。粗面系舗装は、密粒度舗装よりも路面露出率はやや高くなる程度だが、HFN に着目すると、凍結防止剤散布後に大きく回復した。

一方、密粒度舗装は、凍結防止剤散布後も HFN の回復は見られず、HFN が低下する結果となった。凍結防止剤散布による路面管理は、舗装の種類や路面上の雪氷な

図-6 1月20日の試験結果

図-7 1月22日の試験結果

図-8 1月29日の試験結果

写真-2 降雪前後の路面状態
（上：機能性 SMA，下：排水性舗装）

どを考慮して適切な散布を行う必要があると考えられる。

ダミー車走行 200 台以降は、降雪の影響により、路面露出率、HFN とともに低下した。機能性 SMA と排水性舗

装を比較すると、排水性舗装は HFN が 40 程度まで低下したが、機能性 SMA が 50 以上を確保している。降雪前後で路面を確認すると、写真-2 のように排水性舗装は白く再凍結したのに対し、機能性 SMA は再凍結が見られなかった。機能性 SMA は、市原らの研究¹⁰⁾より凍結防止剤散布後の残留効果も確認されており、その影響による可能性も考えられるが、本試験の結果からは明確ではない。今後、残留効果について、室内・屋外において連続的に塩分濃度の測定を行い、残留塩分量を算出するなど更なる検討が必要である。

b) 1 月 22 日の試験結果

表-3 に、気象条件を示す。気温は、試験開始時は-5.7℃であるが、終了時には-12.1℃と低くなり、一般的に凍結防止剤の散布効果が期待できないとされる状況になった。

図-7 に、試験結果を示す。低温の影響から氷膜が厚く形成され、全ての舗装で凍結防止剤散布前の HFN が 20 前後と低い値となった。しかし、粗面系舗装は凍結防止剤散布後に大きく HFN が上昇し、散布前より 20 以上高い値となった。機能性 SMA は、HFN が約 50 と高いにもかかわらず、路面露出率は、他の舗装に比べて低くな

写真-3 密粒度舗装の路面状態 (ダミー車 300 台)

図-9 凍結防止剤によるすべり抵抗回復現象

った。すべり抵抗値は路面露出率に比例して向上するが、その関係は舗装の種類によって異なり、粗面系舗装では、路面露出率が低くてもすべり抵抗が向上する場合もある³⁾ことが原因と考えられる。

密粒度舗装は、凍結防止剤散布後に HFN が約 38 まで上昇したものの、温度が低下した試験後半は逆に 33 に低下した。これは、凍結防止剤により融解した水が再凍結した可能性が考えられる。一方、排水性舗装は融解水が連続空隙から透水し、機能性 SMA は路面凹部に落ちるため、路面凸部の再凍結は見られず、HFN も大きな変化を示さなかった。

c) 1 月 29 日の試験結果

表-4 に、気象条件を示す。気温は、試験開始時は-4.9℃であり、終了時には-11.6℃と低くなった。また、29 日は他の試験日に比べて風速が 2m/s 程度大きかった。

図-8 に、試験結果を示す。他の試験日に比べて凍結防止剤散布前から HFN が高くなった。また、路面露出率も高くなったことから、風による氷の昇華¹¹⁾の影響により、氷膜が薄く形成されたと考えられる。

粗面系舗装は、凍結防止剤散布後から HFN、路面露出率ともに上昇し、最終的には機能性 SMA は HFN が 60 以上、排水性舗装は 80 以上になった。一方、密粒度舗装は凍結防止剤散布後から HFN が低下し、最終的には HFN が 40 程度となった。これは、凍結防止剤散布によって発生した融解水が擬似液体層¹²⁾となり、HFN を低下させたと考えられる¹³⁾。

密粒度舗装の路面状態を確認すると、写真-3 のように凍結防止剤散布箇所がスポット的に露出するにとどまっている。図-9 に示すように、密粒度舗装において粗面系舗装と同等のすべり抵抗を確保するには、広く路面露出させる必要があると考えられ^{3),7)}、凍結防止剤散布による効果は、舗装の種類によって異なることが確認された。

4. 粗面系舗装による効果と道路気象条件との関係

(1) 調査概要

寒地土木研究所では、すべり抵抗値を活用した定量的・客観的な冬期路面状態の判断、道路維持作業の効果の評価および判断支援技術の確立を目的として、冬期路面すべりモニタリング調査を行っている。調査は、一般国道 230 号札幌市内 (KP1.0~45.0 の区間、L=44.0km) で、主に 12 月~翌年 2 月にかけて継続的に、1 日 2 往復 (除雪・凍結防止剤散布などの作業前を想定した AM3 時と作業後を想定した 8 時 30 分、札幌都市部発) 行っている。この区間は都市部から峠部まで含んでおり、気象、交通量など、環境が変化に富んでいる。路面すべり抵抗値の測定には、屋外走行試験と同様に CFT を使用した。

図-10 冬期路面モニタリング調査対象区間

表-5 粗面系舗装と密粒度舗装の HFN

年度	年平均値 (標準偏差)	
	密粒度	粗面系
2011	56.4 (18.0)	59.5 (16.1)
2012	47.1 (20.4)	46.3 (18.1)

図-11 各年度の累積降雪深

本研究では、粗面系舗装と密粒度舗装が混在する、都市部の北1条西11丁目 (KP1.0) から定山溪 (KP29.6) までの区間 (ロードヒーティング区間およびトンネル区間は除く) の2011年度および2012年度の調査結果を対象とした。調査当時、この区間は、粗面系舗装の延長がL=14,243m、密粒度舗装の延長がL=14,457mであり、粗面系舗装は概ね2002年から2003年にかけて施工された。

調査は、2011年度は2012年1月5日から2月29日、2012年度は2012年12月3日から2013年3月1日までの、計95日行った。図-10に調査区間を示す。分析では、路面すべり抵抗値であるHFNデータ、測定車両に取り付けられた赤外線放射温度計で計測した路面温度、気象庁札幌管区気象台の降雪データ、測定車両に搭乗した観測員が目視判別した路面状態 (乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪および凍結) を用いた。

(2) 粗面系舗装区間と密粒度舗装区間の HFN

a) 年度別の HFN 出現傾向

表-6 各舗装区間の日別 HFN

年度	HFN>60	HFN≤60		
		粗>密	粗=密	粗<密
2011	14 日 (35.9%)	13 日 (33.3%)	11 日 (28.2%)	1 日 (2.6%)
2012	12 日 (21.4%)	8 日 (14.3%)	31 日 (55.4%)	5 日 (8.9%)
合計	26 日 (27.4%)	21 日 (22.1%)	42 日 (44.2%)	6 日 (6.3%)

※ 〇 内は出現率

表-5 に、各年度の HFN の平均値と標準偏差を示す。年度別に比較すると、密粒度舗装区間と粗面系舗装区間の平均値や標準偏差に大きな差は見られなかった。HFN の平均値は、両舗装区間とも2012年度の方が低い値となり、標準偏差は2012年度の方が大きくなった。これは、図-11に示すように、2011年度に比べて、2012年度は降雪が多かったことから、路面のすべり抵抗値が維持されていた日と、低下した日の差が大きかったと考えられる。

b) 日別の HFN 出現傾向

次に、調査日ごとに密粒度舗装区間と粗面系舗装区間の HFN を確認した。その結果、粗面系舗装区間が密粒度舗装区間に比べて高い HFN を示した日と、示さなかった日が見られた。そこで、HFN の調査日平均値が60以下の日を、粗面系舗装区間の HFN が密粒度舗装区間より5以上大きい日 (粗面系>密粒度)、HFN の差が±5未満の日 (粗面系=密粒度)、粗面系舗装区間の HFN が密粒度舗装区間より5以上小さくなった日 (粗面系<密粒度) の3つに分類した。なお、HFN の平均値が60以下だった日は、全調査日95日中69日であった。

表-6 に、各舗装区間の HFN を日別に比較した表を示す。HFN が60以上になった日は、2ヶ年度合計で27.4%と少なく、調査区間は、冬期路面管理において厳しい環境であることが示唆された。

HFN が60以下になった日の各舗装区間を比較すると、粗面系<密粒度になった日は、2011年度で1日 (2.6%)、2012年度で6日 (8.9%) と少なく、粗面系>密粒度および粗面系=密粒度の日が70%近くを占めた。

各年度を比較すると、2011年度は HFN が60以上になった日が35.9%に対し、2012年度は21.4%だった。また、HFN が60以下の日でも、2011年度は粗面系>密粒度になった日が最も多く、2012年度は粗面系=密粒度になった日が最も多かった。これらの傾向は、図-11に示した累積降雪深からも推察される結果であり、粗面系舗装の凍結路面対策としての効果は、降雪量の影響を受けることが考えられ、道路気象などの環境条件と HFN の関係を分析する必要がある。

図-12 粗面系>密粒度の日の路面温度と降雪量

図-13 粗面系=密粒度および粗面系<密粒度の日の路面温度と降雪量

図-14 HFN の出現傾向と降雪量の関係

(3) 道路気象条件が HFN の出現傾向に与える影響

a) HFN の出現傾向と路面温度および降雪量

図-12 に、粗面系>密粒度の日、図-13 に、粗面系=密粒度および粗面系<密粒度の日の路面温度および降雪量を示す。路面温度は調査対象区間 100m ごとの測定値、降雪量は調査時間中の時間降雪量の累積値（札幌管区気象台）を用いた。

粗面系>密粒度の日は、降雪が少ない傾向が見られる。降雪量が 10cm を超えた日が 2 日ほど見られるが、その日は路面温度が中央値で -3°C 程度、最大値は 0°C 前後と

図-15 HFN と路面状態の関係

図-16 HFN の出現傾向と路面状態の関係

比較的高い日であった。

粗面系=密粒度の日、粗面系<密粒度の日は、降雪量が多く見られる傾向にある。また、降雪が見られないもしくは少ない日でも、路面温度が -10°C を下回るほど低い日である。これらの環境は、路面上に雪氷が多く残りやすいものと考えられる。

次に、図-14 に HFN の出現傾向と降雪量の関係を示す。降雪量が 5cm 以上になると、粗面系>密粒度になった日の割合は、20% 以下と低くなった。したがって、本調査対象区間の環境下では、降雪量 5cm 以上になると、雪氷に路面が覆われ、粗面系舗装の効果が現れにくくなり、密粒度舗装とほぼ同等の路面状態になることが考えられる。しかし、降雪量 10cm 以上では、粗面系>密粒度の出現割合が若干増加している。北海道開発局では、5cm ～ 10cm 程度の降雪量を目安として、気象条件、交通状況等を勘案し、新雪除雪を実施している¹⁴⁾が、除雪管理と合わせることで、粗面系舗装の効果が発現することも考えられる。

このように、場所により環境条件は大きく異なるが、降雪量や気温による路面のすべりや雪氷状態の出現傾向を把握するなど、道路気象条件と路面状態の関係を明らかにすることで、より効率的な路面管理が可能になると思われる。

b) HFN の出現傾向と路面状態の関係

図-15にHFNと測定車両に搭乗した観測員が目視判別した路面状態の関係を示す。

圧雪路面は、HFNの25パーセンタイルが約30、75パーセンタイルが約45と、比較的差が少ない。一方で凍結路面は、25パーセンタイルが約35、75パーセンタイルが約63と、差が見られ、目視判別の難しさが現れている。このように、目視判別では路面上雪氷の詳細な評価は難しいが、乾燥路面や湿潤路面時と比較して、雪氷路面はHFNの低下傾向が明確に見られることから、HFNの出現傾向と路面状態の関係を考察するために用いることとした。

図-16にHFNの出現傾向と路面状態の関係を示す。粗面系＝密粒度の日は、圧雪路面の出現割合が多くなり、粗面系＞密粒度の日は、圧雪よりも凍結路面の出現割合が高くなった。千葉ら²⁾、田中^{3),7)}らの室内試験の結果から、路面上の雪氷量が多い場合、粗面系舗装のテクスチャによる凍結抑制などの機能が発揮されにくいことが確認されている。目視判別では路面上の雪氷量を評価していないが、粗面系＞密粒度の日は、路面上の雪氷量が少なかったと推察できる。

5. 結論

本研究は、凍結路面対策としての粗面系舗装の効果と凍結防止剤散布および道路気象条件との関係について検証するため、苫小牧寒地試験道路において屋外試験と、札幌近郊の一般国道230号において冬期路面すべり抵抗モニタリング調査を行った。

その結果、得られた主な知見を、以下に示す。

- (1) 苫小牧寒地試験道路で行った屋外走行試験において、粗面系舗装は、凍結防止剤散布直後にHFNの回復が顕著に見られ、ダミー車走行後も40以上のHFNを確保したが、密粒度舗装は、凍結防止剤散布によってHFNが回復せず、低下するケースも見られた。
- (2) 実道調査の結果の年度別比較や、調査日ごとに密粒度舗装区間と排水性舗装区間のHFNを確認すると、道路気象条件による影響を受け、特に降雪量による影響を受けることが確認された。
- (3) HFNが60以下になった日のうち、粗面系＜密粒度になった日は、2011年度で1日(2.6%)、2012年度で6日(8.9%)と少なく、粗面系舗装が凍結路面対策として、密粒度舗装より有効もしくは同等な効果が得られていると考えられる。
- (4) HFNの出現傾向と道路気象条件の關係に着目すると、粗面系＞密粒度の日は、降雪が少ない傾向が見られ

た。また、路面状態も圧雪よりも凍結路面の出現割合が高くなったことから、路面上の雪氷量が少なかったと推察でき、そのような環境下では粗面系舗装が効果的な凍結路面対策になると考えられる。

以上の結果から、凍結路面に対する粗面系舗装の効果と凍結防止剤散布および道路気象条件との関係について傾向を把握することができた。

6. おわりに

本研究より、実道および実道に近似した環境下で、凍結路面対策としての粗面系舗装の効果と凍結防止剤散布との複合効果を明らかにすることができた。

実道は、山間部や建築物による日陰、橋梁部など、場所により環境条件は大きく異なるが、道路気象条件と路面状態の関係を明らかにすることで、より効率的な路面管理が可能になると思われる。

北欧、北米を中心に、すべり抵抗値などの定量的指標の導入をはじめ、冬期路面管理の効率化に関する試みが行われている^{15),16)}中で、寒地土木研究所においても、寒冷地の冬期道路交通のパフォーマンスを維持・向上させるため、一層の効率的な冬期路面管理手法の確立を目指して研究を行っている。

本研究においても、引き続き、実験・調査データの蓄積を行うとともに、凍結路面に対する粗面系舗装と凍結防止剤の効果および、道路気象などの環境条件との関係について詳細に明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration: Quiet Pavement Systems in Europe, 2005.
- 2) 千葉学, 田高淳, 安倍隆二: 開粒度舗装の雪氷路面におけるすべり抵抗に関する一検討, 寒地技術論文・報告集, Vol.22, pp.209-213, 2006.
- 3) 田中俊輔, 武市靖, 増山幸衛, 高橋尚人: 凍結路面のすべり抵抗特性および凍結抑制効果の定量的評価方法に関する研究, 土木学会論文集E1(舗装工学), Vol.67, No.1, pp.53-64, 2011.
- 4) 石田樹, 田高淳, 千葉学: 冬期における排水性舗装のすべり抵抗に関する一検討, 土木学会第61回年次学術講演会講演概要集, V-211, 2006.
- 5) 早坂保則: 高規格幹線道路における排水性舗装の冬期路面管理——一般国道39号美幌町バイパスにおける調査——, 北海道開発土木研究所月報, Vol.581, pp.36-40, 2001.
- 6) 田中俊輔, 安倍隆二, 藤本明宏, 武市靖: 舗装種類に着目した凍結防止剤散布効果に関する試験研究, 第30回日本道路会議論文集, 論文番号2033, 2013.

- 7) 田中俊輔, 高橋尚人, 田湯文将, 武市靖, 安倍隆二: 凍結路面における粗面系舗装の性能および凍結防止剤散布効果に関する研究, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.69, No.3 (舗装工学論文集第 18 巻), pp.I_59-I_66, 2013.
- 8) 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 (RT3TM) の導入について, 北海道の雪氷 No.26, 2007.
- 9) 徳永ロベルト, 藤本明宏, 切石亮, 川端優一, 高橋尚人, 石田樹: 冬期路面のすべり特性診断技術に関する研究, 寒地技術論文・報告集, Vol.29, pp.214-218, 2013.
- 10) 市原利昭, 松尾久志, 岳本秀人, 早坂保則: 積雪寒冷地の排水性舗装に代わる機能性 SMA の検証, 舗装, Vol.37, No.8, pp.21-25, 2002.
- 11) A. D. Thorpe and B. J. Mason: The evaporation of ice spheres and ice crystals, British Journal of Applied Physics, Vol.17, No.4, pp.541-548, 1966.
- 12) 深澤倫子: 氷表面のダイナミクス, 低温科学 (Low temperature science), Vol.64, pp.89-94, 北海道大学低温科学研究所, 2006.
- 13) 横浜ゴム株式会社: 自動車用タイヤの研究, pp.117-124, 山海堂, 1995.
- 14) 国土交通省北海道開発局長記者会見資料: 今冬の除雪について, <http://www.hkd.mlit.go.jp/kyokutyuu/h23/1026/kyokutyuu.html>, 2011.
- 15) Torgeir Vaa and Ivar Hol: Follow-Up Study of Winter Standard as a Research and Development Project, PIARC, 13th International Winter Road Congress, T1-2B-110, 2010.
- 16) Jeffrey S. Tilley, Scott S. Kroeber, Jennifer Green, Diana Clonch and Don Halliday: Measurements of Pavement Condition and Road Weather Environment Within North Dakota Using a Tow-Hitch Mount Road Grip Tester, Transportation Research E-Circular, No.E-C126, pp.364-378, 2008.

STUDY ON THE EFFECTIVENESS OF ROUGH-TEXTURED PAVEMENT AGAINST ICY ROADS CONSIDERING ANTI-FREEZING AGENT APPLICATION AND ROAD WEATHER CONDITIONS

Shunsuke TANAKA, Naoto TAKAHASHI, Roberto TOKUNAGA,
Ryuji ABE and Kiyoshi TAKEICHI

Rough-textured pavements are constructed to improve the roadside environment and driving safety. In addition, many are constructed in snowy cold regions as a measure against road icing. The authors have conducted research to elucidate the effectiveness of rough-textured pavement alone and the effectiveness of such pavement in combination with salting in terms of mitigating slipperiness. Research results to date have mainly been obtained through laboratory tests; thus, experiments on roads in service or under similar circumstances are needed. Further, large amounts of data should be accumulated, such as traffic conditions, weather conditions and pavement conditions. In this study, outdoor tests at the Tomakomai Winter Test Track and a skid resistance monitoring survey on a section of National Highway 230 near the urbanized area of Sapporo were done. The results were examined in terms of the effectiveness of rough-textured pavement in mitigating road icing, considering the effectiveness of anti-freezing agent application and the impact of road weather conditions.