

# 北海道型 SMA における凍結防止剤および防滑材による路面管理に関する研究

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○田中 俊輔  
北海学園大学 工学部 名誉教授 武市 靖  
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 木村 孝司

## 1. はじめに

我が国の積雪寒冷地は、世界でも類を見ないほど降雪量が多いことが特徴である。そのような冬期間の厳しい環境下でも、一定の管理水準で道路交通を確保することが求められている。その中で、近年、雨天時の走行安全性確保に限らず、冬期路面対策も期待して施工実績が増加しているのが粗面系舗装である。粗面系舗装とは、舗装表面のきめ（凹凸）を粗くすることで、冬期路面におけるすべり抵抗の改善を期待する舗装である<sup>1)</sup>。北海道開発局では、2000年代前半から粗面系舗装の一つである排水性舗装の導入が進んだ。また、近年、普及が進んでいる粗面系舗装の一つに北海道型 SMA がある。北海道型 SMA は、排水性舗装のような粗いきめ深さを保ちつつ、耐久性を高めた粗面系舗装であり、2017年より北海道開発局道路設計要領に反映され、北海道開発局が管理する高規格線道路や一般国道への施工が増加している。このように、アスファルト舗装の技術開発が進むにつれ、舗装の種類も多様化してきた。そのため、効率的・効果的な冬期路面管理の実施においても、各々の舗装の特性を把握することは重要である。

本研究は、北海道型 SMA の冬期路面管理について、一般的な冬期路面対策である凍結防止剤および防滑材の散布効果を検証した。さらに、密粒度アスファルト混合物 13F（以下、密粒度 13F）および排水性舗装と比較検討することで、北海道型 SMA の冬期路面対策としての有効性も明らかにした。

## 2. 排水性舗装の課題と北海道型 SMA の開発

これまで北海道開発局において多く施工されてきた粗面系舗装は排水性舗装（空隙率 17%）である。排水性舗装は、粗いきめと透水機能を有しており、雨天時に限らず、冬期の氷膜（ブラックアイス）路面においても走行安全性の機能を有することが確認されている。しかし近年、排水性舗装は耐久性の面から課題が散見されている<sup>2)</sup>。これは、我が国の積雪寒冷地では、冬期間の除雪作業による摩耗や融解期の融雪水による凍結融解作用など、舗装にとって、過酷な環境におかれるためである。

そのような現状から、排水性舗装のような走行安全性の機能を保ちつつ、優れた耐久性も併せ持つことをコンセプトに、北海道型 SMA が開発された<sup>3)</sup>。図-1 に示すように、北海道型 SMA は、表面は排水性舗装のような粗いきめ有しつつ、内部は耐久性に優れた密実な構造となっている。

さらに、冬期路面管理に着目すると、ここでも排水性舗装には課題が見られる。それは、防滑材の散布が望ましくないことである。これは、散布した防滑材が、排水性舗装の空隙に入り込み、空隙詰まりを発生させ、機能低下につながる可能性があるためである。北海道開発局は、原則として、気温が-8℃程度以上となる場合は凍結防止剤、それ以下となる場合や路面の雪氷量が多い場合には防滑材の散布を推奨している<sup>4)</sup>。北海道は、防滑材散布が推奨されるような気象条件になることが多いが、排水性舗装に防滑材を使用できないことで、路面管理費用に負担が生じる状況も散見される<sup>5)</sup>。一方、北海道型 SMA は、凍結防止

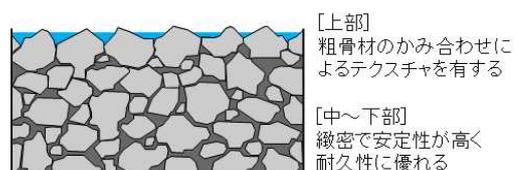


図-1 北海道型 SMA の構造

剤や防滑材散布を行ったときの効果については検討した事例が少なく、十分に検討しなければならない。

### 3. 凍結防止剤散布効果の検証

#### 3.1. 試験概要

北海道型 SMA における凍結防止剤の散布効果を定量的に評価し、排水性舗装および密粒度 13F における散布効果と比較した。本試験は、フルスケールで走行試験が可能な、北海学園大学所有の室内凍結路面走行試験装置を用いた(写真-1)。本研究では、この装置を使用して、実車を模擬した繰返し走行と、すべり摩擦係数 ( $\mu$ ) を測定するための制動試験を行った。なお、各舗装のきめ深さは、北海道型 SMA の出来形管理に用いられている MPD (Mean profile depth : 平均プロファイル深さ) で示している。

表-1 に試験の概要を示す。まず、試験室内の舗装上に凍結路面を作製し、凍結防止剤散布および繰返し走行後、 $\mu$  を測定した。路面状態は、 $2.00/m^2$  散水して作製した凍結 (氷板) 路面である。凍結防止剤は塩化ナトリウムを使用し、北海道開発局で一般的な散布量  $20g/m^2$  で湿式散布 (塩化ナトリウム+飽和塩化ナトリウム水溶液、質量比 9:1) とした。

#### 3.2. 試験結果と考察

図-2 に  $\mu$  の測定結果を示す。-3 および -5°C において、北海道型 SMA と排水性舗装の  $\mu$  は、密粒度 13F よりも高くなった。一方、-8°C では、全舗装で  $\mu$  が 0.2 以下であった。このように、北海道型 SMA や排水性舗装は、温度条件に影響されるものの、凍結防止剤散布により、密粒度 13F よりもすべり抵抗の低下抑制および回復が期待できる。

### 4. 防滑材散布が粗面系舗装の機能に与える影響

#### 4.1. 試験概要

ここでは、粗面系舗装の走行安全性確保に重要なきめ深さと透水機能 (排水性舗装のみ) が、防滑材の繰返し散布により、どのような影響を受けるのかを、室内試験により明らかにした。

図-3 に本試験の流れを示す。防滑材は  $150g/m^2$  を 1 回の散布量とし、供試体表面に均一に散布した。



写真-1 室内凍結路面走行試験装置

表-1 凍結防止剤散布試験の概要

舗装	密粒度 13F MPD=0.68mm 北海道型 SMA MPD=1.42mm 排水性舗装 MPD=1.98mm
試験温度	-3, -5, -8°C
路面状態	凍結 (氷板) 路面 散水量 $2.00/m^2$
凍結防止剤	塩化ナトリウム湿式散布 $20g/m^2$
制動試験	2000回繰返し走行後に実施
走行速度	繰返し走行 5 km/h 制動試験 10 km/h
走行輪荷重	5 kN (接地圧 約0.196 MPa)

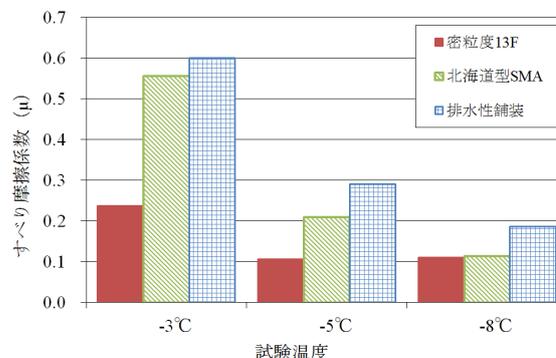


図-2 すべり摩擦係数 ( $\mu$ ) の測定結果

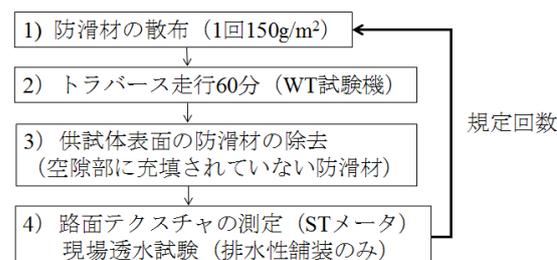


図-3 防滑材散布が粗面系舗装の機能に与える影響に関する室内試験の流れ

次にホイールトラッキング試験機でトラバース走行を、供試体の性状に影響を与えない程度の常温(20°C程度)で60分間行った。走行後の供試体は、空隙部に充填されていない防滑材を刷毛で除去し、面的にきめ深さを評価できるSTメータ(写真-2)によるMPDと現場透水試験による透水量を測定した。

次に、本試験で使用した舗装供試体と防滑材を、表-2に示す。供試体の寸法は400mm×400mm×50mmである。防滑材は、北海道開発局で一般的に使用されている7号砕石を用いた。



写真-2 STメータ

#### 4.2. 試験結果と考察

図-4に、防滑材散布回数ときめ深さおよび透水量の関係を示す。きめ深さの変化を見ると、両舗装ともに散布回数6回程度まではMPDが低下しているが、その後、ほぼ横ばいになり、排水性舗装、北海道型SMAともに、MPDが1.0mmを下回ることはなかった。したがって、防滑材散布により、きめ深さによる機能はやや低減するものの、機能の発現は期待できる程度であると考えられる。参考までに、北海道型SMAは、十分な走行安全性と耐久性の確保を目指した結果、北海道開発局の品質管理において、きめ深さは、MPDで0.9mm以上(所定箇所数測定値の平均)を規格値として運用している<sup>3)</sup>。

次に、排水性舗装の透水量の変化に着目した。北海道開発局では、排水性舗装の透水量を800ml/15s以上を目安としているが、本試験では、22回程度の散布で、800ml/15s程度まで低下した。このように、防滑材散布は、排水性舗装の透水機能に大きな影響を与えることがわかった。

以上の結果から、防滑材散布が舗装の機能に与える影響を考慮した散布区分を、以下に示す。

- a) 排水性舗装は、防滑材散布により透水機能が低下するため、散布は望ましくない。
- b) 北海道型SMAは、防滑材散布により、きめ深さが若干低下するが、走行安全性の機能の発現が期待できる程度であるため、防滑材散布は可能と考えられる。

### 5. 防滑材散布効果の検証

#### 5.1. 試験概要

北海道型SMAにおける防滑材散布効果を定量的に評価するために、室内凍結路面走行試験装置を用いて、実車を想定した室内走行試験を実施した。路面のすべり抵抗や路面上の防滑材残存状況を確認し、防滑材散布効果を検証した。なお、比較舗装は密粒度13Fのみとし、前述の室内試験で防滑材散布により機能低下が発生することが明らかとなった排水性舗装では、本試験を行わなかった。

表-2 使用した舗装供試体と防滑材の概要

	排水性	北海道型 SMA
空隙率	16.7 %	5.0 %
MPD (mm)	2.04	1.58
透水量 (ml / 15s)	1214	不透水
防滑材	7号砕石 (粒径 2.5 - 5.0mm)	

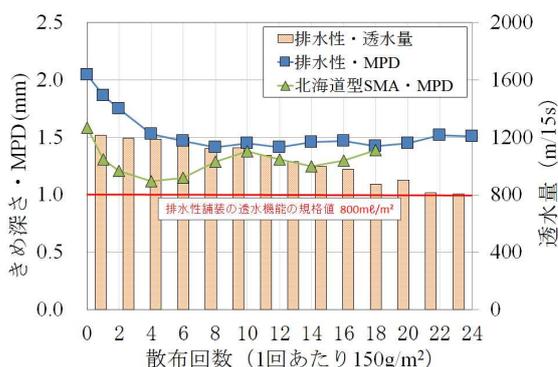


図-4 防滑材散布による舗装機能の変化

表-3 に試験の概要を示す。本試験では、2種類の試験を行った。1つは、防滑材の飛散しにくさを評価するための、繰り返し走行試験である。凍結路面を作製した後に防滑材を散布して、規定回数繰り返し走行した後、防滑材の残存率を測定した。もう1つは、防滑材散布後のすべりにくさを評価する制動試験である。凍結路面作製後に規定量の防滑材を散布し、すべり摩擦係数 ( $\mu$ ) を測定し、評価した。

なお、防滑材は7号砕石を使用し、湿式散布した。

## 5.2. 試験結果と考察

図-5 に防滑材の路面残存率、図-6 に防滑材散布後の  $\mu$  の測定結果を示す。北海道型 SMA は、密粒度 13F よりも残存率が高い。また、北海道型 SMA は、防滑材量の増加に伴い  $\mu$  も高くなり、防滑材量 400g/m<sup>2</sup> では 0.4 程度まで増加したが、密粒度 13F は最大で約 0.27 だった。北海道型 SMA は、路面の粗いきめによる凹凸部分に防滑材が残存し、 $\mu$  が高くなったものと考えられる。一方、密粒度 13F は、平滑な氷膜が形成され、北海道型 SMA よりも防滑材が飛散しやすい。以上より、北海道型 SMA は密粒度 13F に比べ、防滑材散布効果が高いと考えられる。

## 6. おわりに

本研究の結果より、北海道型 SMA は、凍結防止剤散布時に密粒度 13F よりも高く、排水性舗装とほぼ同等の効果を得ることができること、防滑材散布時に密粒度 13F よりも高い散布効果を得られることが明らかとなった。したがって、北海道型 SMA は、冬期路面对策として有効と考えられる。

### 参考文献:

- 1) 土木学会舗装工学委員会：舗装工学ライブラリー 6 積雪寒冷地の舗装，pp.193-205，2011
- 2) 熊谷他：積雪寒冷地における排水性舗装に関する一検討，第12回北陸道路会議，D-15，2012
- 3) 積雪寒冷地における舗装技術検討委員会：北海道型 SMA の施工の手引き（案），2014
- 4) 国土交通省北海道開発局：冬期路面管理マニュアル（案），1997
- 5) 田中他：すべり止め材散布が粗面系舗装の性能に与える影響と散布効果に関する研究，土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol.71，No.3（舗装工学論文集第20巻），pp.I\_39-I\_46，2015
- 6) 土木学会舗装工学委員会：舗装工学ライブラリー10 路面テクスチャとすべり，pp.40，2013

表-3 防滑材散布試験の概要

舗装	北海道型 SMA，密粒度 13F
温度	-8℃
路面	凍結（氷膜）路面，散水量 1.0 ℓ/m <sup>2</sup>
防滑材	7号砕石 湿式散布 水道水 0～1℃を質量比 20%混合
	繰り返し走行試験：150g/m <sup>2</sup> 制動試験：0～400g/m <sup>2</sup>
走行速度	繰り返し走行：5km/h 制動試験：10km/h
輪荷重	5kN（接地圧 0.196MPa 程度）
測定項目	a) 防滑材残存率（繰り返し走行 0，50，100，500，1000 回後に測定） b) すべり摩擦係数 $\mu$ （制動試験）

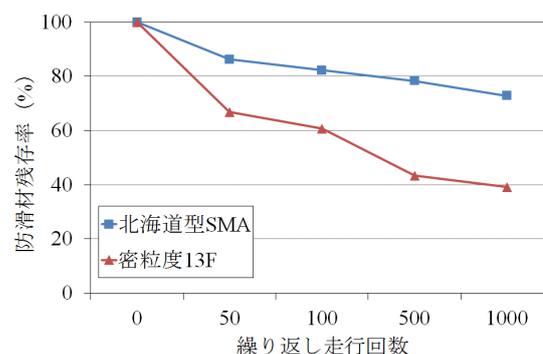


図-5 防滑材残存率の変化

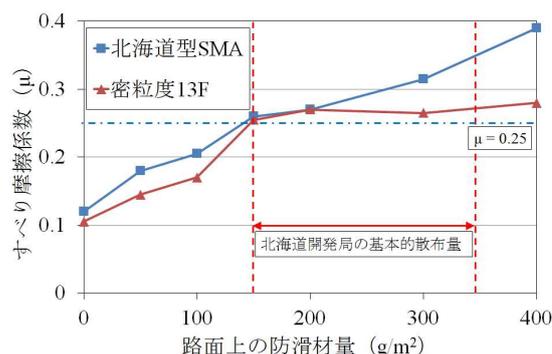


図-6 防滑材散布量と  $\mu$  の関係