

# 融雪期のアスファルト舗装の 損傷対策技術の開発



国立研究開発法人  
土木研究所 寒地土木研究所  
寒地保全技術研究グループ  
寒地道路保全チーム  
上席研究員 丸山 記美雄

## 1.はじめに

積雪寒冷地の舗装は、低温や凍結融解作用などの影響を受け、融雪期にポットホールなどの損傷が発生しやすくなります。近年、高度経済成長期に構築された道路ストックの老朽化が指摘される中、北海道内の舗装道路では(写真1)に示すような融雪期のポットホールの発生が目立つようになってきました。道路利用者に一定レベルのサービスを提供するためには、このような損傷の発生を極力少なくするような道路舗装の耐久性の確保に向けた対策や、舗装内部の状態把握、予防保全、点検診断のための技術開発が必要と考えられます。

そこで本報では、これらの舗装損傷を少なくするために寒地土木研究所が進めている、①検討委員会での耐久性向上検討、②耐久性の高い表層混合物(高耐久型SMA)の検討、③ポットホール発生時の舗装内部状態の把握技術の開発、④赤外線カメラを用いたポットホール発生事前検知技術の開発、⑤深層学習を用いたポットホール検出技術の開発、5つの取組みをご紹介します。



写真1 融雪期に発生するポットホール

## 2.舗装損傷を少なくするための 各種の取組み

### (1) 耐久性向上に向けた検討委員会での取組み

融雪期に発生するポットホールについて、その発生要因とメカニズムを把握し、道路舗装の耐久性を向上させる具体的の方策を検討するため、平成24年度に北海道開発局が中心となり「北海道における道路舗装の耐久性向上と補修に関する検討委員会」が立ち上げられました。舗装に関する有識者5名の委員で構成され、事務局には北海道開発局、北海道、札幌市、東日本高速道路株式会社といった道路管理者や、土木研究所寒地土木研究所、(一社)北海道舗装事業協会を含めた産学官の組織が参画しました。平成24年度より5回開催された委員会では各機関が協働して調査や試験施工を行い、検討を進めました。

委員会での調査検討の結果、アスファルト舗装の新設及び維持補修の各段階で、舗装損傷の主な要因である「水・温度変化(凍結融解作用)・荷重」に留意しつつ、可能な限り適切な施工時期を選び、低温下での施工は極力避けることが重要で、適切な施工管理、品質管理によって長期的な舗装の機能を確保し、ライフサイクルコストを低減することを目標とすることが示されました。また、委員会での調査結果や知見をもとに、北海道における道路舗装の耐久性向上に向け、工事担当技術者が留意すべき事項についてわかりやすくとりまとめた「北海道における道路舗装の耐久性向上と補修に関する技術ハンドブック」(以下「ハンドブック」)を作成しました(図1)。

本ハンドブックは、土木研究所寒地土木研究所のホームページ(下記アドレス)から取得することが可能です。本ハンドブックが普及することで、積雪寒冷地における道路舗装の耐久性向上に貢献できればと思っています。

[www2.ceri.go.jp/jpn/iji/taikyusei\\_handbook/form.html](http://www2.ceri.go.jp/jpn/iji/taikyusei_handbook/form.html)

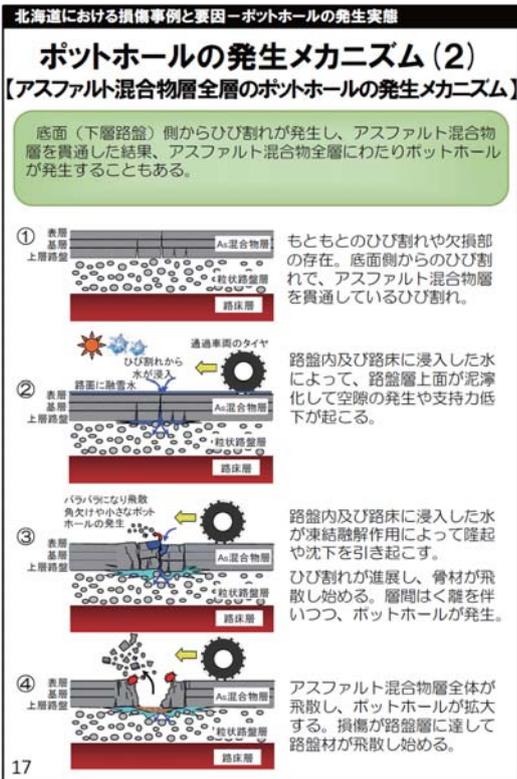


図1 ハンドブックより抜粋

## (2) 耐久性の高い表層混合物(高耐久型SMA)の検討

実道における取り組みとして、現在標準的に用いられる表層混合物である密粒度アスコン13Fストアスや、細密粒度ギャップアスコン13F55改質II型よりも耐久性が高く、ポットホールが発生しにくいと考えられる新たな表層混合物を試験的に舗設し、今後の長い検証に託すことを目的とした取り組みも行っています。

耐久性が高く融雪期のポットホールができにくい表層混合物とは、①供用年数が経過してもひび割れが発生しにくい、②水の影響を受けにくい、③凍結融解の影響を受けにくい、④はく離しにくい、⑤わだち掘れができにくい、以上の条件を満たした混合物であるといえます。そのような混合物の配合を検討した結果、(図2)に示すような粒度分布を持つ高耐久型の碎石マスタックアスファルト混合物で、最大骨材粒径が13mmのものと5mmのもの(以下、高耐久型SMA13および高耐久型SMA5という)の2種類を選定しました。使用するアスファルトはいずれの混合物もポリマー改質II型としました。高耐久型SMA13および高耐久型SMA5のアスファルト量や空隙率、各種性能試験値を表1、2に示します。

なお、碎石マスタックアスファルト混合物は、その英語表記であるStone Mastic Asphaltの頭文字をとって

SMAと略記されます。細粒度や密粒度混合物との大きな違いは、粗骨材の配合比率が高く、粗骨材で骨格を形成して車両の荷重を受け止めつつ、骨材同士のすき間はアスファルトモルタルで充填されている点で、安定性と耐久性が高い混合物とされています。ただし、SMAと一括りに称されていても、目的や用途によってSMAには様々な種類や配合があるので注意を要します。

SMAの中で身近なものとしては、北海道開発局の高規格道路において最近用いられている北海道型SMAが挙げられます。北海道型SMA混合物は、SMAの高耐久性な面と、排水性舗装に似た表面のきめを併せもっていることが特徴で、空隙率は3~7%とやや高め、アスファルト量は5~7%程度を目標に配合設定が行われます。一方、本報で高耐久型SMAと名付けた混合物は、高い耐久性を第一に求めていることから、積雪寒冷地での耐久性を低下させる主要因である水や凍結融解の影響を受けにくいよう、空隙率が2~4%程度と小さく、アスファルト量が6~8%程度と多く、ひび割れ抵抗性や耐摩耗性も有しており、北海道型SMAとは異なる混合物です。

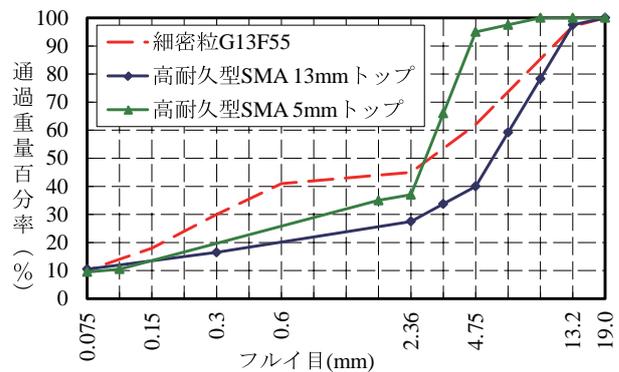


図2 混合物の目標粒度分布

表1 試験施工混合物のアス量と空隙率

	アス量 (%)	空隙率 (%)	骨材 間隙率 (%)	飽和度 (%)
細密粒G13F55	6.0	3.3	17.1	80.7
高耐久型SMA13	6.7	3.0	18.4	83.7
高耐久型SMA5	7.8	4.0	21.4	81.3

表2 試験施工混合物の各種性能値

混合物の種類 試験項目	細密粒G13F55	高耐久型SMA13	高耐久型SMA5
耐流動性 (WT試験, 動的安定度) (回/mm)	4,730	5,700	3,980
耐摩耗性 (チェーンラベリング試験, すりへり量)(cm <sup>2</sup> )	0.52	0.54	0.64
きめ深さ MPD(mm)	-	0.61	0.66

プラントでの配合試験、試験的な舗設などを経て、国道275号苗穂地区において、下り方向(L側)の片側2車線のうち外側車線(走行車線)の同一車線延長上に高耐久型SMA混合物を約100mずつ隣接して舗設しました。

試験施工で舗設した混合物の表面の仕上がり状況を(写真2)に示しました。高耐久型SMA13は、細密粒度G3F55に比べると表面にきめがあり、凹凸が見られます。高耐久型SMA5は高耐久型SMA13よりも表面のきめは小さいですが、細密粒G13F55よりは表面に凹凸があることが分かります。今後20年程度の追跡調査によって長期的な耐久性を検証していく予定です。



a) 細密粒G13F55



b) 高耐久型SMA13mmトップ



c) 高耐久型SMA5mmトップ

写真2 試験施工混合物の表面仕上がり状況

### (3) ポットホール発生時の舗装内部状態の把握技術

ポットホールの発生原因の主なものとしては、①水の存在、②温度変化(凍結融解)、③荷重の作用の3つが挙げられ、これらの要素がひび割れ等の舗装の弱点に作用すると損傷が早く進展するものと考えられます。つまり、雪解けの水がひび割れなどから浸入し、その水が気温の変化や日射に伴い凍結や融解を繰り返すことで、様々な形で舗装体に影響を及ぼすものと考えられています。

しかし、前述したような時々刻々と変化していく舗装体内部の状況は、目視ができないため詳細な観測ができていないのが実態です。舗装体内部の土系材料の凍結融解状況を細かく把握し、凍結融解状態とポットホール発生との因果関係を明確にしていく必要があります。そこで、舗装内部の任意の深さの電気抵抗を測定することにより、深さ方向の凍結融解状態分布を把握する新たな技術について検討を進めています。(図3)のような、電極を等間隔で配置した棒状の装置を地中に埋設し、各電極間の電気抵抗を測定することで、比較的細かい深度間隔で舗装体の凍結および融解の状況を把握する技術です。電極を増設し、自記記録装置を接続すれば、任意の点で任意の時間間隔で計測することが可能になります。

これまで、室内試験において電気抵抗を測定することで、路盤材と路床材の凍結および融解状態、そして含水の程度を把握可能であることを確認しました。また、自然環境下の屋外で深さ方向の多点の電気抵抗を秋期から翌春までの期間計測した結果、凍結深さの計測が可能であることを確認しています。

このような計測装置を活用して、秋期から翌春までの計測データを蓄積し、舗装内部の凍結融解状態と支持力低下やポットホール発生との関係を明確にしていきたいと考えています。

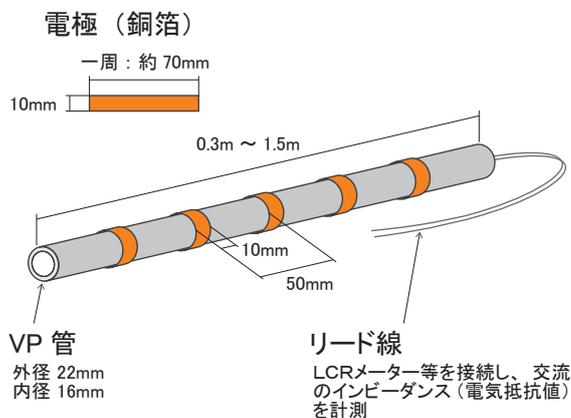


図3 電気抵抗による凍結融解測定装置

#### (4) 赤外線カメラによるポットホール発生事前検知技術

融雪期にポットホールが発生する可能性が高い部位を、秋期などの発生前の時点で赤外線カメラを用いて非破壊診断する技術の開発にも取り組んでいます。現道での秋期の赤外線計測結果と、その後の融雪期のポットホール発生部位の対応関係を調べた結果、融雪期にポットホールが発生する部位は、秋の段階で周辺部に比べて赤外線画像に局所的な異常が認められる(昼間は低温に、夜間は高温になる傾向を示す)ことが確認されました。また、赤外線画像異常部分の舗装内部の確認調査を実施した結果、内部に水分の含浸や混合物の砂利化などの変状が認められました(図4)。

ただし、秋の段階で温度変状が見られてもポットホールの発生に至っていない箇所も多く存在していることから、検知の確実性を高める取り組みを現在行っているところです。

ポットホールが発生する可能性が高い箇所を事前に検知できれば、発生前に補修対応が可能になります。また、ポットホールが多く発生すると予想される区間は修繕する等の判断に活用できればと考えています。

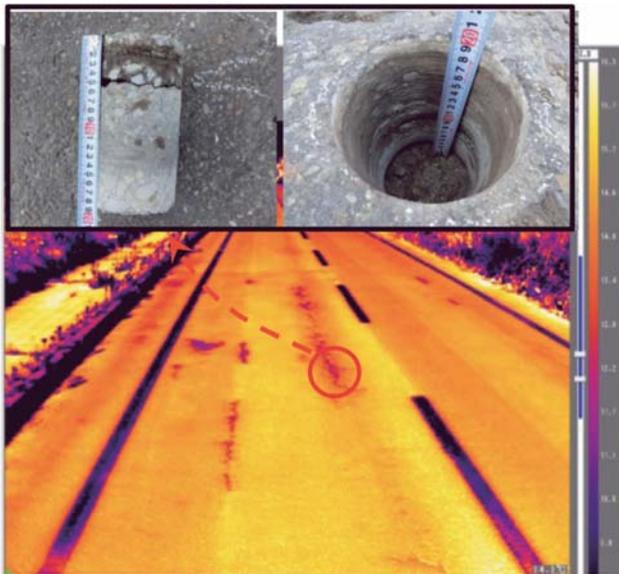


図4 赤外線異常部の内部水分含浸状態

#### (5) 深層学習を用いたポットホール検出技術の開発

人工知能(AI)分野における強力な学習方法として近年注目を浴びている、深層学習(ディープラーニング)の手法を用いて、カメラ画像からポットホールを自動検出する技術の開発も進めています。供用中の道路で車載カメラにより収集したポットホールの可視画像を教師データとして学習させ、ポットホールを自動検出する処理モデルを作成しました。そして、その処理モデルを未知の検証データに対して適用した結果、

ポットホールの自動検出が一定程度は可能であることが確認できました(図5)。

ただし、一方で、検出漏れや誤検出をすることも多く、様々な環境下で撮影された路面画像からポットホールを正確に検出するまでには至っていません。深層学習は新しい手法であり、この手法を舗装路面の評価に用いた研究もまだ緒に付いたばかりで、研究の継続、蓄積が必要な段階にあります。今後も技術的なノウハウを蓄積し、検出能力の向上を図っていく予定です。

ポットホール等の路面損傷を車載カメラ画像から自動検出できれば、点検や巡回を効率化でき、ポットホールの発生状況のモニタリングに活用できると考えています。

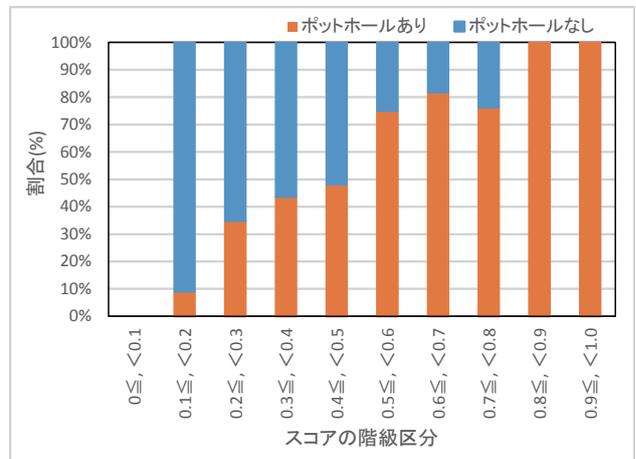


図5 深層学習によるポットホール正検出の例(上)、スコア毎の判定の対応関係(下)

### 3. おわりに

ポットホール等の舗装損傷を少なくし、効率的に維持管理を実施していけるよう、新設から維持管理の各段階における高耐久化、予防、点検診断、処置に関する技術開発に今後も継続して取り組み、課題の解決に寄与して行きたいと思っています。最後に、本稿で述べた取り組みにご協力頂いている、国土交通省北海道開発局の関係各位に感謝の意を表します。