

縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制効果

齊藤 一之

排水性舗装は、雨天時等の走行安全性の向上やタイヤ／路面騒音低減等の効果が得られるとして広く普及してきたが、耐久性の面で不具合が顕在化してきた。そこで、排水性舗装が持つ利点を残しつつ、問題点を解消できる縦溝粗面型ハイブリッド舗装を開発した。この縦溝粗面型ハイブリッド舗装は、特殊バインダを用いた混合物と締固め装置を改造したアスファルトフィニッシャを用いた施工によって縦溝粗面となることが特長である。

本報文は、この縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制舗装抑制効果について述べるものである。
キーワード：縦溝粗面仕上げ、排水機能、防水機能、凍結抑制機能、塩分残存効果、事故対策舗装

1. はじめに

排水性舗装は、1980年代から路面の水はね防止や雨天時の視認性向上に優れた舗装とし、高速道路の表層を始めとして広く普及してきた。

一方で、表層から浸透した水分によって下層の表面からはく離が発生することで表・基層の2層打換えが必要となることや、積雪寒冷地（以下、積寒地）では表層内に残った水分が氷結することで膨張し、表層内部から破壊する損傷が発生している。2013年3月の北海道新聞では、この内部破損現象の発生メカニズムとともに、札幌市内で路面状況の悪化により車の運転に支障を及ぼしているとの内容で報じられた。

さらに、排水性舗装は浸透水を直ちに排出する構造のため、凍結防止剤を散布しても流出しやすく、密粒度アスコンなどに比べて散布回数が多くなるという問題もある。

このように排水性舗装は排水機能等で優れた面があるものの、積寒地では耐久性に難点があるために現在では採用が控えられる状況にある。

これら積寒地における排水性舗装の問題点を解決し、新たな凍結抑制舗装及び寒冷地における排水性舗装の代替えとするために縦溝粗面型ハイブリッド舗装を開発し¹⁾、2018年7月末時点で40万m²を超える施工を行ってきている。

本報告は、この縦溝粗面型ハイブリッド舗装の施工実績のうち、北海道における凍結抑制効果について述べるものである。

2. 縦溝粗面型ハイブリッド舗装の概要

縦溝粗面型ハイブリッド舗装は、表層1層内の表面付近に排水性舗装と同等の排水機能を持ち、下部は碎石マスチックアスファルト混合物（以下、SMA）と同等の防水性能を併せ持つ舗装である（図—1参照）。また、締固め装置を改造したシニックスクリードを有する専用アスファルトフィニッシャにより（以下、AF）敷均しを行うことで、舗装表面は縦溝を含めた粗面に仕上げることができる（写真—1参照）。この縦溝粗面は、表面の粗さが排水性舗装と同等であるため、タイヤ／路面騒音の低減^{2) 3)}や雨天時等の浮き水を抑制することができる。

また、積寒地では排水性舗装表層下部の空隙に残った水分の凍結による破損が発生していることから、縦溝粗面型ハイブリッド舗装では路面付近の排水層厚は10～15mm程度としている。

そして、一層内の下部に防水機能を有するために下層表面の保護ができるので、路面性状の回復を目的とした修繕工事に際し表層のみの打換えとすることが可能になる。

さらに、積寒期に散布した凍結防止剤が表面付近の空隙と縦溝に留まるため容易に外部へ流出せず、凍結抑制効果の持続性（塩分残存率）が密粒度舗装や排水性舗装等に比べて大幅に向上させることも可能になる。

近年では、高速道路や山間道路において事故が多発していた箇所への適用で事故件数が減ったという実績

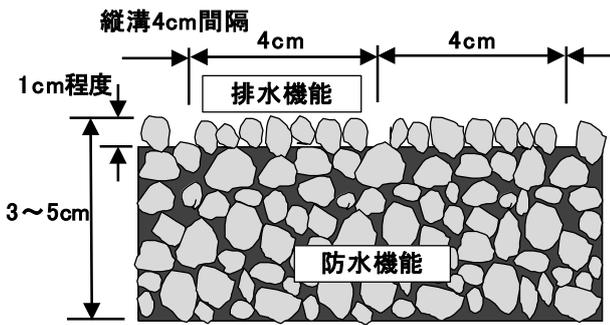


図-1 縦溝粗面型ハイブリッド舗装構造イメージ



写真-2 排水性舗装の内部破損例



写真-1 縦溝粗面仕上げの例



写真-3 施工2年後のFFP路面(札幌市内)

から、事故対策舗装としての機能も期待できる。

3. 効果の検証

(1) 積雪寒冷地における耐久性の検証

先述の通り、積寒地における排水性舗装は、表層に残留した水分が凍結する際に膨張して内部から破壊する。この内部破損の発生については、積寒地では融雪期に融雪水や気温変化、および荷重の作用といった要因でポットホールが発生するとの報告がある⁴⁾。

実際、北海道札幌市内における排水性舗装の破損も融雪期に多く発生している。写真-2は施工後ひと冬を経過した排水性舗装の路面状況の例であるが、基層の表面が露出するほど表層が破損していることが分かる。これに対し縦溝粗面型ハイブリッド舗装は、写真-3に示す通り、施工後2年経過しても破損は見られず、路面状況も良好な状態を維持していた。

以上のことから、積寒地特有の融雪期に発生しやすい内部破損に対する抵抗性が、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は高いといえる。

(2) 室内における凍結抑制効果の検証

縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制効果を検証

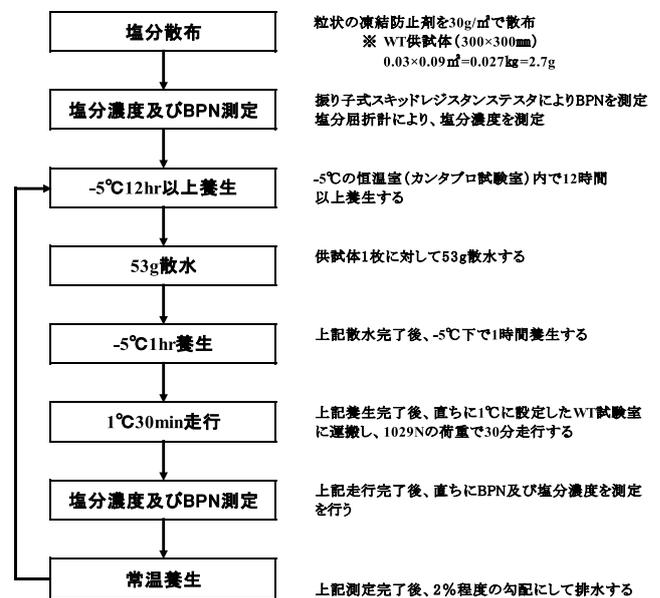
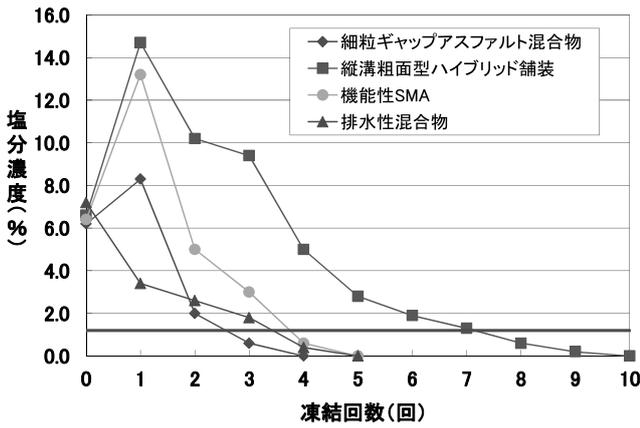


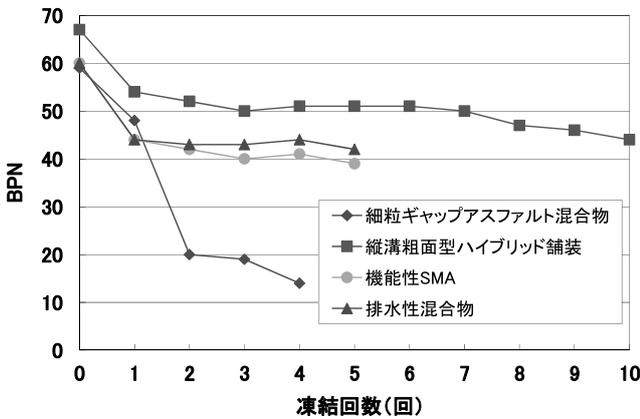
図-2 凍結抑制効果の検討フロー

するため、図-2に示す検討フローに従い、室内において凍結防止剤残存率の確認試験を実施した。

その試験結果について、凍結サイクルと塩分濃度測定結果の関係を図-3に、凍結サイクルとBPN測定結果の関係を図-4に示す。



図一三 凍結サイクルと塩分濃度測定結果の関係



図一四 凍結サイクルとBPN測定結果の関係

ここで、縦溝粗面型ハイブリッド混合物との比較を行うため、排水性舗装や寒冷地で使用されている細粒ギャップアスファルト混合物、機能性SMA混合物についても同様の手順で試験を実施した。

図一三より、縦溝粗面型ハイブリッド舗装で散布した水がシャーベット状となる限界の塩分濃度1.2%を基準値として適用した場合縦溝粗面型ハイブリッド混合物が基準値を下回るサイクル数は、他混合物の約2倍程度以上となっていることが分かる。

また、図一四より、縦溝粗面型ハイブリッド混合物は他混合物よりも高いBPNを維持できていた。

以上のことから、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は一般の舗装に比べて凍結防止剤の効果持続時間が長く、散布回数を半分程度まで低減することが可能で、走行安全性を確保できると考えられる。

(3) 実道における浮き水抑制効果

縦溝粗面型ハイブリッド舗装が有する排水機能により、写真一四に示すように雨天時等の浮き水を抑制することができる。この浮き水を抑制することで、ハイドロプレーニング現象やスモッキング現象を抑制



写真一四 縦溝粗面型ハイブリッド舗装浮き水抑制例



図一五 札幌市豊平5条線施工位置

し、雨天時における安全性確保に帰する。そして、浮き水が抑制されることで路面が冬期に凍結することなく、ブラックアイスバーンの解消も期待できる。

(4) 札幌市内における凍結抑制効果の事例

(a) 豊平5条線の事例

札幌市豊平区の豊平5条線における縦溝粗面型ハイブリッド舗装工事の施工概要を、以下に記す。

施工日：2013年10月29日

施工場所：北海道札幌市豊平区豊平六条2丁目

(下り) (図一五参照)

施工面積：376 m²

施工厚さ：t = 40 mm

本工事箇所において、実道における縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制効果検証を行うため、2014年1月にカメラにより路面撮影をし、路面の露出状況について調査を実施した。

写真一五に示す、左側車線(上り線)が比較舗装としてのすべり止め舗装、右側車線(下り線)が縦溝粗面型ハイブリッド舗装である。写真より、比較舗装



写真一5 施工直後路面露出状況



写真一6 施工直後路面露出状況

には積雪があることに対し、縦溝粗面型ハイブリッド舗装の路面がはっきりと露出していることが判る。また、路面を拡大してみると、写真一六の通り、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は縦溝が確認できるほど路面露出していることに対し、比較舗装路面は積雪によりほとんど路面が露出していない状況であった。以上の結果から、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は比較のすべり止め舗装に比べて高い凍結抑制効果が得られていた。

また、2014年1月から2014年2月にかけて、札幌市では市内のロードヒーティング（以下、RH）停止箇所とその前後区間の路面状況調査の一環として、①計画散布区間、②管理強化箇所、③RH停止箇所の3区間に分け、市内の十数箇所のRH停止箇所ですべり摩擦係数測定車による冬期路面の摩擦係数測定を行った。それらのうち、本工事に関する同一路線の測定結果を表一に示すが、本工事の冬期路面摩擦係数は、3区間のいずれの区間も上り線のすべり止め舗装に比べて高い摩擦係数となっており、縦溝粗面型ハイブリッド舗装の冬期路面における高いすべり抵抗性が確認できた。

表一 冬期路面摩擦係数測定結果

路線名		豊平5条線 (上り)	豊平5条線 (下り)
工法		すべり止め舗装	FFP
平均勾配 (%)		3.8	3.8
測定回数 (回)		20	20
摩擦係数 (μ)	RH停止箇所 平均値	0.57	0.64
	管理強化箇所 平均値	0.50	0.66
	計画散布区間 平均値	0.52	0.68



写真一7 41ヶ月後路面露出状況

以上のことから、比較舗装となる反対側上り線のすべり止め舗装に比べ、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は凍結抑制効果が高いことが確認できた。また、粗面系凍結抑制舗装は路面の凹凸を確保してすべり抵抗の改善を図る工法であることから、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は粗面系凍結抑制舗装の効果を発揮しているといえる。

また、写真一七に示す通り、41ヶ月を経過しても縦溝粗面を維持しており、そのために4冬目においても凍結抑制効果を発揮していることが確認できた。このことから、縦溝粗面型ハイブリッド舗装の耐久性や凍結抑制効果に問題ないと言える。

(b) 西野真駒内清田線（五輪通）の事例

札幌市豊平区の西野真駒内清田線（五輪通）における縦溝粗面型ハイブリッド舗装工事の施工概要を、以下に記す。

施工日：2015年9月3日

施工場所：北海道札幌市南区澄川（図一六参照）

施工面積：1,750 m²

施工厚さ：t = 40 mm

豊平5条線の工事同様、本工事箇所においても、実道における凍結抑制効果検証を行うため、カメラでの



図一六 西野真駒内清田線（五輪通）施工位置

路面撮影により調査を実施した。

写真一八は、施工直後の雨天時における路面状況である。写真の左側2車線が縦溝粗面型ハイブリッド舗装、右側2車線が密粒度舗装であるが、密粒度舗装には浮き水が見られることに対し、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は路面が露出している様子が分かる。このことから、密粒度舗装に比べて、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は浮き水の凍結によるブラックアイスパーン抑制が期待できる。

また、写真一九は施工後ひと冬日の冬期路面状況であるが、密粒度舗装に積雪が見られることに対して縦溝粗面型ハイブリッド舗装は路面が露出している。このことから、密粒度舗装に比べて凍結抑制効果が高いと言える。

そして、写真一〇は約2年後の路面状況であるが、縦溝粗面は維持されており、破損等も見られなかったことから、本工事箇所においても耐久性に問題はないと考える。

4. まとめ

縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制効果に関する室内および実道での検討結果をまとめると、以下のことがいえる。

- ①縦溝粗面型ハイブリッド舗装は、積寒地で使用されている混合物に比べ、塩分の効果持続時間が長い。このため、冬期路面管理での凍結防止剤散布回数を減らせる可能性がある。
- ②縦溝粗面型ハイブリッド舗装は、積寒地で使用されている混合物に比べ、高いすべり抵抗性を維持することができる。
- ③縦溝粗面型ハイブリッド舗装は、比較対象とした



写真一八 施工直後浮き水抑制状況



写真一九 施工直後路面露出状況



写真一〇 25ヶ月後路面状況

すべり止め舗装や密粒度舗装に比べて路面露出率が高い。

- ④縦溝粗面型ハイブリッド舗装は、比較対象としたすべり止め舗装に比べて冬期路面摩擦係数が高く、走行安全性の優位性が認められる。
- ⑤札幌市において、縦溝粗面型ハイブリッド舗装は3年以上の耐久性があることを確認できた。

5. おわりに

今回検討した縦溝粗面型ハイブリッド舗装の室内や実道における凍結抑制効果の検討結果により、塩分の効果持続性が長く、実道での路面露出やすべり抵抗性に高い効果があることを確認できた。

今後も同箇所や他の積寒地において、縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制機能および耐久性について検証していきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 齊藤, 多機能型排水性舗装の開発, 第12回北陸道路会議 (2012)
- 2) 藤本ほか, フル・ファンクション・ペーパー (FFP) の施工事例, 第12回北陸道路会議 (2012)
- 3) フル・ファンクション・ペーパー-FFP-, 土木施工 (2013.1)
- 4) 丸山他, 融雪期に発生する舗装の損傷実態と損傷のメカニズム, 第57回 (平成25年度) 北海道開発技術研究発表会

【筆者紹介】

齊藤 一之 (さいとう かずゆき)
 (株)ガイアート
 技術研究所
 主席研究員

