縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制効果に関する一考察

（株）ガイアートＴ・Ｋ　技術研究所　○藤本　大生
齊藤　一之
山﨑　友博

１.はじめに

ポーラスアスファルト舗装（以下、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て普及し、近年では、積雪寒冷地（以下、積寒地）において表面テクスチャ（路面の凹凸）を確保することで、通行車両のタイヤ接触により路面の氷の摩耗を促進させ、すべり抵抗の改善を目的とした「粗面系凍結抑制舗装」としても期待されてきている [1)]。

一方で、浸透した水分により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、積寒地域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。特に、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ている。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。

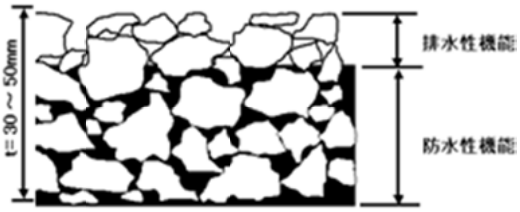
このように排水性舗装は排水機能等で優れた面があるものの、積寒地では耐久性に難点があるために現在では採用が控えられる状況にある。

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フル・ファンクション・ペーブ（縦溝粗面型ハイブリッド舗装、以下、FFP）を開発し、2014 年 12 月末時点で約 137,000m^2 の施工を行ってきている。

本報文は、この FFP の施工実績のうち、北海道札幌市内における凍結抑制効果に関する追跡調査結果について述べるものである。

２.FFP の概要

FFP は、混合物一層の施工で表面付近が積寒地における排水性舗装（空隙率 17%程度）と同等の排水能力があるため浮き水を抑制することができ、下部は砕石マスチックアスファルト混合物（以下、SMA）と同等の防水性機能を持つ舗装である（**図－1** 参照）[2)]。



図－1　FFP の構造イメージ

写真－1　縦溝粗面仕上げの例

このように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。また、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）が密粒度アスコン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。

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、FFP では路面付近の排水層厚は 10～15mm 程度としている。さらに、施工時において機械的に縦溝を含めた粗面（縦溝粗面仕上げ、**写真－1**）となるように、アスファルトフィニッシャ（以下、AF）

の改善を図っている。この専用 AF による縦溝粗面仕上げにより、排水性機能の向上に加え、タイヤ/路面騒音低減効果や走行時の視認性向上という新たな効果が生まれている[3) 4)]。

そして、高速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から、事故対策舗装としての機能も期待できる。

図－2　札幌市豊平区西岡施工位置

３. 札幌市内における凍結抑制効果の事例

３．１　豊平区西岡の事例

札幌市豊平区西岡における FFP 工事の施工概要を、以下に記す。

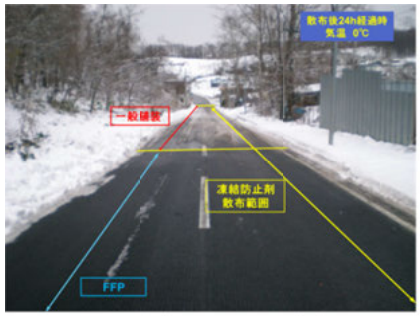
施　工　日：2011 年 12 月 1 日

施工場所：北海道札幌市豊平区西岡（**図－2** 参照）

施工面積：284m^2

施工厚さ：t =35mm（オーバーレイ）

施工箇所は勾配が約 9%程度の坂道の頂点部付近であり、冬期には雪たい積場へ雪を運搬する大型車（車両重量 10t 以上の特大型車も含む）が頻繁に通行する路線である（実績として、2011 年 12 月から 2012 年 3 月までの大型車の通行台数が約 46,000 台）。

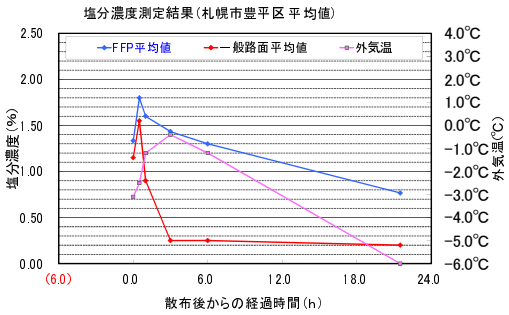


写真－2　散布 24 時間後路面状況

この施工箇所の2011年12月におけるFFPの凍結抑制効果を、**写真－2**及び**写真－3**に示す。**写真－2**は粒状の凍結防止剤を散布して24時間経過した際の路面状況であるが、手前のFFP路面には積雪が見られないことに対し、奥の一般舗装（細粒ギャップアスコン（13F）、以後、細粒G）には積雪があった。そして、**写真－3**は凍結防止剤散布77時間後の路面状況であるが、細粒Gはブラックアイスバーンとなっていることに対し、FFPは湿潤状態と凍結していなかった。このことから、細粒Gに比べてFFPは凍結抑制効果が高いといえる。

写真－3　散布 77 時間後路面状況

また、**図－3** は凍結防止剤散布後からの塩分濃度を測定した結果を示したものであるが、FFP と細粒 G ともに散布直後に溶け出して塩分濃度が上がるが、積雪や車両走行等の影響を受け、細粒 G では急速に塩分濃度が低下する。これに対し、FFP は表面付近の空隙や縦溝に凍結防止剤が残存することにより、塩分濃度は緩やかに失われていくことがわかる。このことからも、細粒 G に比べて FFP は凍結抑制効果が高いことを確認できた。



図－3　路面の塩分濃度測定結果

そして、施工後 4 シーズンを経過しても舗装内部からの破損はなく（**写真－4**）、また、除雪の際にできたブレード等による痕からの骨材飛散が見られない（**写真－5**）ことから、舗装の耐久性に問題はないといえる。

写真－4　36 ヶ月後路面状況

写真－5　除雪痕箇所路面状況

３．２　豊平５条線の事例

札幌市豊平区の豊平 5 条線における FFP 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－4** 参照）

施工面積：376m^2

施工厚さ：t=40mm

豊平区西岡の施工箇所同様、実道における FFP 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－6 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 FFP である。写真から判断すると、比較舗装には積雪があることに対し、FFP の路面がはっきりと露出していることが判る。また、路面を拡大してみてみると、**写真－7** の通り、FFP 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、FFP 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ると考えられる。

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－1** 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、FFP の冬期路面における高いすべり抵抗性が確認できた[5)]。

以上のことから、比較舗装となる反対側上り線の薄層すべり止め舗装に比べ、FFP 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、FFP 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、豊平 5 条線も豊平区西岡の現場同様、施工後 2 シーズンを経過しても舗装に破損は見られておらず（**写真－8**）、耐久性に問題ないといえる。

３．３　厚別区中央の事例

札幌市厚別区における FFP 工事の施工概要を、以下に記す。

図－4　札幌市豊平 5 条線施工位置

写真－6　路面露出状況

写真－7　路面露出状況

表－1　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－8　15 ヶ月後路面状況

施　工　日：2014 年 11 月 17 日

施工場所：北海道札幌市厚別区中央（**図－5** 参照）

施工面積：1,830m^2

施工厚さ：t =40mm

先述の施工箇所同様､2015 年 2 月にカメラで路面撮影を行い、路面の露出状況について調査を行った。**写真－9** における左側路線がすべり止め舗装、右側路線が FFP である。また、**写真－10** は各路線の路面状況を拡大して撮影したものであるが、いずれの写真からもすべり止め舗装には積雪があることに対して FFP の路面がはっきり露出していることが分かる。そして、FFP の路面をさらに拡大してものが**写真－11** であるが、路面には白い粒状の凍結防止剤が残留しており、FFP は塩分残存率が高いことを示唆している。

こちらの現場についても 1 シーズン後の舗装には破損が見られないことから、耐久性には問題ないといえる。

図－5　札幌市厚別区中央施工位置

写真－9　路面露出状況

写真－10　路面露出状況

写真－11　FFP 路面状況

４．まとめ

今回の調査の結果をまとめると、以下のことがいえる。

① FFP は、比較対象とした細粒 G やすべり止め舗装に比べて路面露出率が高い。

② FFP は、比較対象とした細粒 G に比べて塩分残存率が高い。

③ FFP 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。

④ 札幌市において、FFP 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

今回実施した北海道札幌市内で施工した箇所における FFP の凍結抑制効果の追跡調査結果により、実道での路面露出やすべり抵抗性、及び塩分残存率が高い効果があることを確認できた。

今後、同箇所で引き続き調査を行うとともに、他の積雪寒冷地域における施工箇所についても、FFP の冬期路面における凍結抑制機能や耐久性に関して検証していくことにしている。

〔参考文献〕

1) 社団法人土木学会 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（2011）

2) 齊藤、多機能型排水性舗装の開発、第 12 回北陸道路会議（2012）

3) 藤本ほか、フル・ファンクション・ペーブ（FFP）の施工事例、第 12 回北陸道路会議（2012）

4) フル・ファンクション・ペーブ－FFP－、土木施工（2013. 1）

5) 山本ほか､多機能型排水性舗装の凍結抑制効果に関する一考察､第 26 回ふゆトピア研究発表会（2014. 1）