

# FFP工法を用いた路面の凍結抑制対策について

榎 信一\*1 鈴木 光\*1 佐藤 定雄\*2 瀬戸 翔志郎\*2

## 1. はじめに

国土交通省 山形河川国道事務所 新庄国道維持出張所は、山形県最上地方における国道 13 号および国道 47 号を管理しており、その管理延長は約 103km に及んでいる。

また、管理全域が積雪寒冷地にあたり、冬期の積雪は累加降雪量の過去 5 カ年平均が 825cm となる豪雪地帯である（図-1 参照）。このため、国道の円滑な通行確保のために鋭意除雪しているものの、雪による事故が多発していることが現状である。

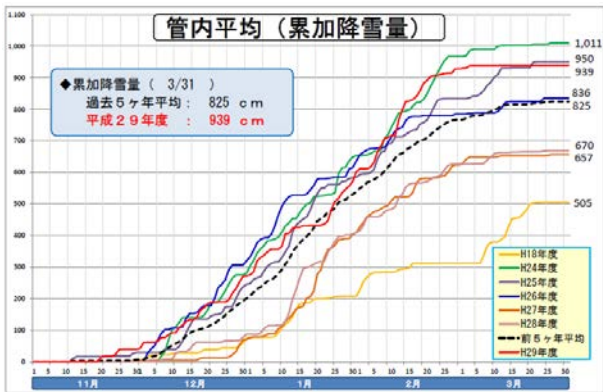


図-1 管内平均累加降雪量

新庄管内では冬期の事故発生件数が多く、主な原因としては路面凍結によるスリップ事故（写真-1 参照）である。このスリップ事故を防ぐために直轄国道では除雪や凍結抑制剤散布を行っているが、効果が持続する時間を過ぎると路面が凍結し、事故のリスクが増えることとなる。

そこで、凍結抑制剤の効果が持続する道路構造が望ましいと考え、試行的に粗面系凍結抑制舗装であるフル・ファンクション・ペーブ（以下、FFP）工法による施工を行った。

本報告は、路面凍結抑制を目的として新庄管内で施工した、FFP工法の凍結抑制効果について述べるものである。



写真-1 新庄管内スリップ事故状況

## 2. FFP工法の概要

FFP工法は、表層一層内の表面付近に排水性舗装（空隙率 17%）と同等の排水機能を持ち、下部は砕石マスチックアスファルト混合物（以下、SMA）と同等の防水性能を併せ持つ舗装である（図-2 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ーにより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-2 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<sup>2)</sup>や雨天時等の浮き水を抑制することができる。

また、積雪寒冷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。

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可能となり、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期待できる。

さらに、冬期に散布した凍結抑制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。

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から、事故対策舗装としての機能も期待できる。

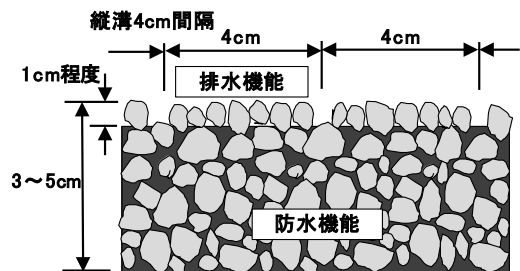


図-2 FFP構造イメージ



写真-2 縦溝粗面仕上げの例

\* 1 国土交通省山形河川国道事務所新庄国道維持出張所 \* 2 前新庄国道維持出張所

表一 FFP混合物の目標性状値

項目	フル・ファンクション・ペーパ 社内基準値	参考値	
		ポーラスアス ファルト舗装	SMA
マーシャル突固め回数 (回)	両面50回	両面50回	両面50回
マーシャル安定度 (kN)	5.0以上	3.43以上	5.0以上
残留安定度 (%)	75以上	75以上	75以上
カンタプロ損失量 (-20℃) <sup>※1</sup> (%)	12以下	20以下	—
透水係数 <sup>※2</sup> (cm/sec)	1.0×10 <sup>-7</sup> 以下	1.0×10 <sup>-2</sup> 以上	1.0×10 <sup>-7</sup> 以下
動的安定度 (DS) (回/mm)	6,000以上	3,000以上	3,000以上

※1 寒冷地での使用の場合。一般地域での使用では20℃  
 ※2 加圧透水試験または室内透水試験による

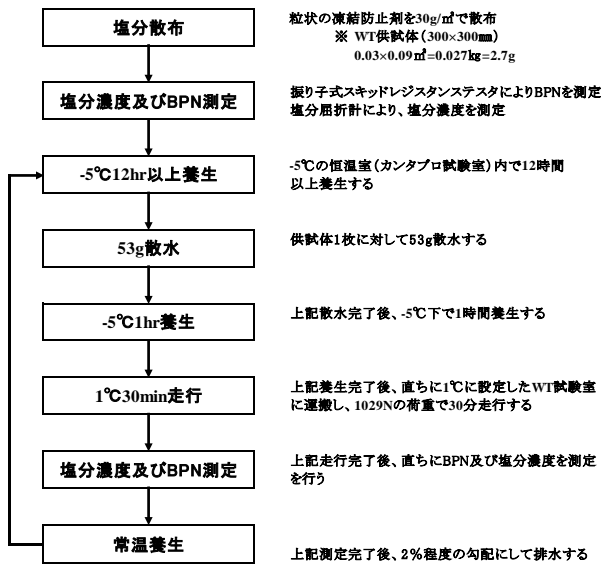
表二 FFP工法の目標路面性状値

項目	フル・ファンクション・ペーパ 社内基準値	参考値	
		ポーラスアス ファルト舗装	SMA
路面のキメ深さ (MPD) (mm)	1.2以上	—	—
浸透水量 (ml/15sec)	800以上 <sup>※1</sup>	1,000以上	—
すべり抵抗値 (BPN) (BPN <sub>20</sub> ) <sup>※2</sup>	60以上	60以上	60以上
すべり抵抗値 (DFテスト) (μ)	0.25以上	0.25以上 <sup>※3</sup>	0.35以上 <sup>※3</sup>

※1 空隙率17%の排水性舗装の浸透水量相当  
 ※2 路面温度20℃のBPNへの換算値  
 ※3 NEXCOの基準値を引用。SMAは表層で使用した場合の数値

### 3. FFP 工法の室内における凍結抑制効果検証

FFP 工法の凍結抑制効果を室内において検証するため、図一3 に示す検討フローに従って凍結防止剤残存率の確認およびすべり抵抗性の試験を実施した。なお、FFP 混合物との比較を行うため、排水性混合物や積雪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、並びに機能性 SMA 混合物についても同様の手順で試験を実施した。



図一3 凍結抑制効果の検討フロー

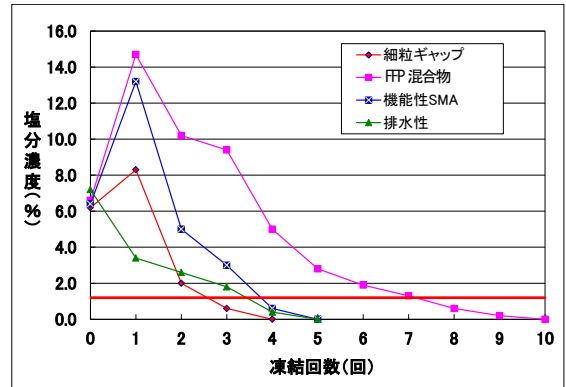
室内検証試験結果について、凍結サイクルと塩分濃度測定結果の関係を図一4 に、凍結サイクルとすべり抵抗値の指標である BPN 測定結果の関係を図一5 に示す。

図一4より、FFP工法の路面へ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、FFP混合物では8回目のサイクルで基準値を下回ることに対し、その他の混合物では3回目または4回目のサイクルで下回って

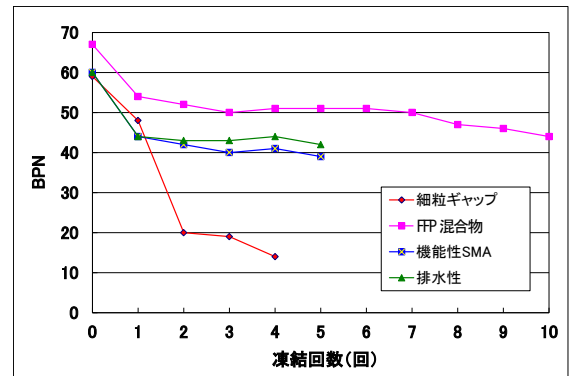
いた。

また、図一5より、細粒ギャップ混合物では塩分濃度が2%程度でも路面が凍結してBPNが低い値を示すことに対し、路面のキメが粗い排水性混合物および機能性SMA混合物では一定のBPNを維持できていた。特にFFP混合物は、塩分濃度基準値を上回っているサイクル中ではBPNが50程度の値を維持できていた。

以上のことから、FFP工法は一般の舗装に比べ、凍結防止剤散布回数を半減することが期待でき、走行安全性を図ることができると考えられる。



図一4 凍結サイクルと塩分濃度測定結果の関係



図一5 凍結サイクルとBPN測定結果の関係

### 4. 新庄管内における施工事例

#### 4. 1 施工概要

東北地方において既に試行工事が行われ、FFP工法に一定の効果が見られていたものの、山形管内での実施例がなかったことから、積雪寒冷地域における機能および耐久性を検証することを目的とし、最上郡金山町においてFFP工法の試行工事を行った。施工の概要を以下に記す。

工事名：新庄国道管内舗装修繕工事

施工日：2017年11月2日、6日 (2日間)

施工場所：山形県最上郡金山町飛森地内 (図一6参照)

施工路線：国道13号

施工面積：約3,200m<sup>2</sup>

施工延長：420m

施工厚さ：t=50mm



図-6 施工箇所

表-4 試験練り混合物性状試験結果

配合	通過重量百分率 (%)									
	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
試験練り	100.0	98.9		34.9	25.4		19.7	15.2	12.5	10.1
配合試験	100.0	95.6		34.8	24.9		17.2	14.1	12.3	10.4
粒度範囲	100.0	100.0		40.0	29.5					12.5
		90.0		21.0	15.5					6.5
配合	As量	標準マーシャル		水浸マーシャル			カンタプロ試験	ホイールラッキング試験	路面の粗さ測定	透水係数
		安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	残留安定度 (%)	低温損失量 (%)	動的安定度 (%)	MPD	K <sub>15</sub> (cm/sec)
試験練り	5.43	7.20	35	—	—	—	10.3	10,500	2.029	1 × 10 <sup>-7</sup> 以下
配合試験	5.4	6.20	38	5.97	37	96.3	9.9	11,200	2.094	1 × 10 <sup>-7</sup> 以下
目標性状値		5.0以上				75以上	12以下	6,000以上	1.2以上	1 × 10 <sup>-7</sup> 以下

#### 4. 3 本施工施工直後の路面性状

試験練りによりプラント練落し混合物の混合物性状に問題ないことを確認したことから、FFP工法の凍結抑制効果を検証するため本施工を実施した。

FFP工法の施工状況を、写真-3に示す。写真はFFP専用アスファルトフィニッシャーによる敷均し時の様子であるが、混合物の敷均しと同時に縦溝が形成されていることが分かる。また、転圧についてはマカダムローラやタイヤローラを用いており、従来舗装と同様であった。

そして、施工後に路面性状の確認試験を実施した。確認試験結果を、表-5に示す。試験結果より、表-2に示す目標路面性状値を満足していることが確認でき、路面状況も問題なかったことから、良好な施工が行えた。



写真-3 FFP工法施工状況

表-5 施工直後の路面性状試験結果

測定箇所	現場試験結果				
	路面のキズ深さ (mm)	現場透水量試験 (ml/15s)	すべり抵抗試験		
			MPD (mm)	BPN (BPN <sub>20</sub> )	DFTIによる動摩擦係数 (μ <sub>40</sub> , μ <sub>60</sub> )
上り線172.160KP	1.460	1.354	85	0.40	0.41
上り線172.100KP	2.093	1.403	82	0.48	0.47
上り線171.700KP	1.507	1.244	82	0.37	0.36
下り線171.640KP	1.798	1.315	91	0.49	0.50
平均	1.715	1.329	85	0.44	0.44
目標性状値	1.2以上	800以上	60以上	0.25以上	

#### 4. 2 混合物性状の確認 (配合試験)

本施工に先立ち、使用混合物の性状確認を行った。FFP混合物の配合試験結果を、表-3に示す。

配合試験結果より、混合物性状は表-1に示す目標値をすべて満足しており、混合物性状に問題はないことを確認した。

表-3 混合物性状試験結果

配合	通過重量百分率 (%)									
	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
FFP混合物	100.0	95.6		34.8	24.9		17.2	14.1	12.3	10.4
粒度範囲	100.0	100.0		40.0	29.5					12.5
		90.0		21.0	15.5					6.5
配合	As量	標準マーシャル		水浸マーシャル			カンタプロ試験	ホイールラッキング試験	路面の粗さ測定	透水係数
		安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	残留安定度 (%)	低温損失量 (%)	動的安定度 (%)	MPD	K <sub>15</sub> (cm/sec)
FFP混合物	5.4	6.20	38	5.97	37	96.3	9.9	11,200	2.094	1 × 10 <sup>-7</sup> 以下
目標性状値		5.0以上				75以上	12以下	6,000以上	1.2以上	1 × 10 <sup>-7</sup> 以下

#### 4. 3 混合物性状の確認 (試験練り)

室内配合試験において決定したFFP混合物に基づき、実施工で使用材料をプラントにて加熱混合し、混合物の性状を確認すると同時に本施工におけるアスファルト量および粒度の決定を目的とし、試験練りを実施した。

試験練りは、室内配合における最適アスファルト量 (以下、OAC) およびOAC±0.3%に変化させてプラントにて混合物を製造し、目視観察や混合物の性状確認試験を行った。目視観察の結果では混合状態が最も良好であったものはアスファルト量5.4%の配合で、各混合物性状試験結果はすべての条件で目標性状値を満足していた。

したがって、目視観察の結果から現場配合におけるOACは5.4%とした。試験練りにおけるアスファルト量5.4%の試験結果は、表-4に示す通りである。



#### 4. 4 FFP工法の凍結抑制効果検証

実道におけるFFP工法の凍結抑制効果を検証するため、路面状況について追跡調査を行った。

写真-4は冬期雨天時の路面状況であるが、比較舗装である奥の密粒度アスファルト舗装20T改質Ⅱ型（以下、改質密粒度舗装）は雨水が排水されずに浮き水となっている。

これに対し手前のFFP工法路面では、縦溝粗面効果で排水されており、浮き水が発生していない。また、縦溝に雨水が留まっていることが確認された。

この結果より、FFP工法では浮き水によるブラックアイスバーンを抑制することが期待できる。



写真-4 雨水時路面状況

また、凍結抑制剤散布後の路面状況を写真-5に、その路面を拡大したものを写真-6に示す。



写真-5 凍結抑制剤散布後路面状況

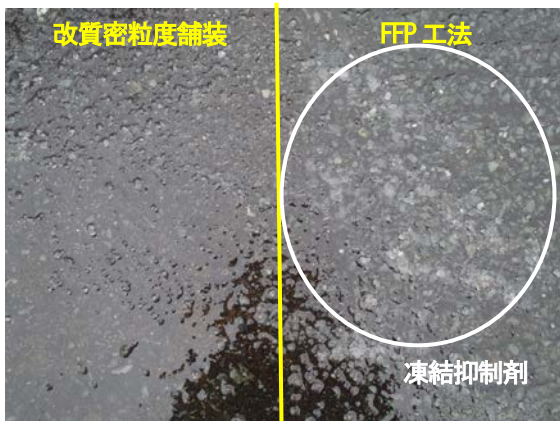


写真-6 凍結抑制剤散布後路面状況

写真-6より、改質密粒度舗装は凍結抑制剤が表面排水とともに流出して表面に残っていないことに対し、FFP工法路面では凍結抑制剤が縦溝粗面に残存していることが確認できる。このことから、FFP工法は改質密粒度舗装に比べて凍結抑制剤の残存性が高く、凍結抑制効果が高いと言える。

#### 5. まとめ

今回の調査の結果より、以下のことが言える。

- ①FFP工法は改質密粒度舗装に比べて早く排水されるため、浮き水が抑制されて路面凍結のリスクが低減したと考えられる。
- ②FFP工法路面は、改質密粒度舗装に比べて凍結抑制剤が残存しやすく、凍結抑制効果が高いと考えられる。

#### 6. FFP工法の課題

FFP工法の施工および凍結抑制効果の検証を行った結果より、以下のことが課題と考える。

- ①今回の調査では路面に積雪がある状態での効果を確認できていないため、今後経過観察していく必要がある。
- ②FFP工法と既設舗装の接続位置については路面の凍結抑制効果に差があるためスリップ等生じないように、カーブや下り坂の途中などに設けない。

#### 7. おわりに

今回、新庄管内で実施したFFP工法の凍結抑制効果検証結果より、改質密粒度舗装に比べてFFP工法は、排水による浮き水抑制機能や凍結抑制剤の残存性が高いことが確認された。これにより、改質密粒度舗装に比べ、FFP工法を採用することにより路面凍結のリスクが低減したと考えられる。

また、2017年11月の施工以来、当該箇所における事故は発生しておらず、新庄警察署より「路面湿潤状態では、FFP工法は既設舗装に比べて早く排水されるため、路面凍結のリスクが低減し、事故対策効果が期待できる」との評価も受けている。

今回の調査により降雪期前ではFFP工法に凍結抑制効果があることが確認されたものの、降雪期については効果が発揮されていることが検証できていない。そのため、今後も引き続き経過観察していきたい。

〔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—多機能型排水性舗装—，土木施工（2013.1）