

# 機能回復型凍結抑制舗装の開発と効果

小島 逸平<sup>1</sup> ・ 佐沢 昌樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>フェロー会員 株式会社ガイアートクマガイ 技術研究所 (〒300-2445 茨城県筑波郡谷和原村小絹 216-1)

<sup>2</sup>正会員 株式会社ガイアートクマガイ 技術研究所 (〒300-2445 茨城県筑波郡谷和原村小絹 216-1)

特殊な高吸水性ポリマーを舗装体に固定することによって、凍結防止剤を舗装体内に貯留でき、この貯留した凍結防止剤が滲み出ることによって路面凍結を抑制し、凍結防止剤が次第に流出して凍結抑制機能が低下した時には、凍結防止剤を路面に再散布することによって、再び凍結抑制機能を回復することができる、機能回復型凍結抑制舗装を、平成10年から実路に適用してきた。本報告は、その特徴と3年間の追跡調査から判ってきた効果や問題点と、更に改良技術について報告する。

**Key Word** : *Anti-icing pavement, Superabsorbent polymer, Potassium acetate, Semi-flexible pavement, Open-graded asphalt mixture, High viscosity modified asphalt*

## 1. はじめに

凍結抑制工法を大別するとロードヒーティングなどの融氷(融雪)工法と、直接融氷(融雪)はしないが氷の膜を剥がれやすくすることによって凍結を抑制(遅延)させる工法に分けられる。後者の凍結を抑制(遅延)させる工法も大別すると、塩化カルシウムなどの塩化物の凝固点降下を利用した薬剤混入型工法(化学系)と、ゴム状物質の弾性を利用して路面に氷着した氷が交通荷重で破碎されることを利用した弾性舗装型工法(物理系)に分類される。

ロードヒーティングの効果は、確実であるが、施工費が2~3万円/m<sup>2</sup>、さらに1シーズン中の維持費(電気、水道代等)は約2千円/m<sup>2</sup>前後を要し、コスト高であることからスポット的に使用されているのが実状である。

化学系の工法は、施工費は4千円/m<sup>2</sup>前後で年間の維持費は要しないものの、1~3年で凍結抑制機能が次第に低下するため機能を維持するためには3年毎に施工を繰り返す必要がある。

一方、物理系は、施工費が3千円~2万円/m<sup>2</sup>前後でその後の維持費はかからない工法であり、機能的破損がないかぎり、その効果の持続が期待できるが、C交通以上の重交通路線では、夏場に、舗装体自体の流動や、ゴム弾性物の脱落などの懸念のある工法である。

これらのことから、各工法とも一長、一短があり、コストパフォーマンスに優れた凍結抑制舗装は今の

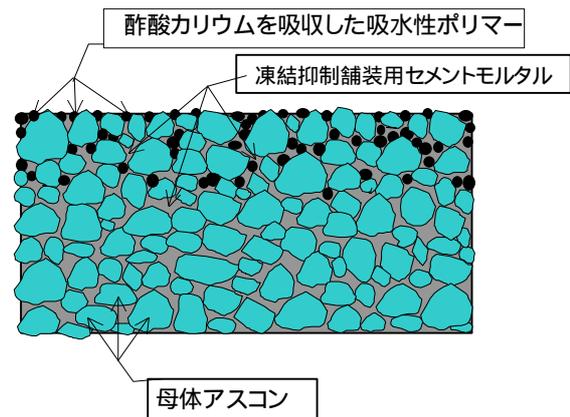


図 1 機能回復型凍結抑制舗装の概念図

所ないというのが現状と言える。

## 2. 機能回復型凍結抑制舗装

機能回復型凍結抑制舗装は、開粒度アスコン(母体アスコン)の空隙に、塩害の少ない酢酸カリウム(KAC)を吸収させた吸水性ポリマーを、セメントで固定させたもので(図-1概念図参照)吸水性ポリマーは酢酸カリウムなどの塩類だけでなく、塩化カルシウムや塩化ナトリウムなど、塩化物を繰返し吸放出できるタイプのものなので、機能低下した場合、塩類や塩化物の再散布により再び凍結防止剤を吸収して、凍結抑制機能を回復できる点に最大の特徴がある。

## 2 - 1 . 吸水性ポリマーについて

従来、紙オムツなどに使用されてきた吸水性ポリマーは、主にポリアクリル酸系のものであり、イオン帯電（主にアニオン）があるため、イオン化のある溶液をほとんど吸収することができず、また、繰返し吸収、放出することもできなかった。しかし、昭和電工株が合成に成功したPNVA（ポリ-N-ビニルアセトアミド）は、分子構造にイオン極性を持たないノニオン系であるため、水に含まれるイオンの影響を受けずに吸水（吸液）できる特徴があり、従って塩化カルシウム溶液や、塩化ナトリウム溶液なども吸液でき、また、耐候性にも優れ、繰返しの吸収、放出にも安定した性状を示す、新しいタイプのものである。

耐候性に優れているとする例示としては、PNVAは砂漠の緑化なども考慮して設計開発され、従来の吸水性ポリマーの様に数ヶ月で分解しない点などのことである。活性汚泥の脱水処理に試験的に使用した例では、5年間分解せず、更に吸収・放出能力も残っていたとの報告も得られている。<sup>1)</sup>

## 2 - 2 . 凍結防止剤

凍結防止剤として欧米では、環境に与える二次的影響が少ないということから、酢酸カルシウムマグネシウムアセテート（CMA）や酢酸カリウム（KAC）などが使用されている。酢酸カリウムは、最低融点温度が-60以下と低く、低温での凍結抑制効果が高い材料であり、また本工法の様にセメントに混ぜた場合の硬化に対しても影響が少ない材料である。

KACを凍結防止剤として使用する利点は以下である。

- 植生に与える影響が少ない。
- 金属腐食がない。
- 低温での凍結抑制効果が大きい。

## 3 . 開発初期の機能回復型凍結抑制舗装の問題点

図 1 では、酢酸カリウムを吸収した吸水性ポリマーが、舗装表面付近で、セメントモルタルで固定されたイメージを示している。これは、セメント、水和反応に必要な水、50%酢酸カリウム溶液、及び吸水膨張前の吸水性ポリマーをミキサーで一緒に混合し、このスラリー状混合物を母体アスコンの空隙に振動を与えながら浸透させることによって形成される。振動を与えると吸水性ポリマーは比重が軽く浮力も働くため、舗装表面に次第に集中してくる。また、浸透後水和反応に水が使用されて、余剰とな

った50%酢酸カリウム溶液がブリージングを起こし、これを、吸水性ポリマーが吸収することによって図-1の概念図となる。しかし、開発当初のものは、吸水性ポリマー（PNVA）の吸水膨張速度が速いため、施工可能な流動性である時間が短く、従って、充填不足となるケースがあった。また、流動性を得るために、セメント量を通常の半たわみ性舗装に比べて、若干少ない配合としていたため厳寒地域では、セメントモルタル自体の凍結融解抵抗性に問題があった。また、母体アスコンも当初は、半たわみ性舗装の仕様に準じて、ストレートアスファルトもしくは、改質型アスファルトを使用していたので、母体アスコンの骨材飛散に対する抵抗性にも弱い面があった。

更に、舗装表面の色も、半たわみ性舗装と同様に、白色、または灰色であるため、日照時には、一般アスファルト舗装に比べて2程度表面温度が低く、従って融雪氷が一時的に遅れるケースもあった。

## 4 . 機能回復型凍結抑制舗装の改良について

上記の問題点を改善するために、以下の改良をおこなった。

セメントミルクの充填をしやすくした

吸水性ポリマーの吸水膨張を遅らせるために、吸水性ポリマーの表面を疎水剤でコーティングしたものを新たに開発した。従来のものでは、注入可能時間が10分以下であったが、20分~25分に改良された。

セメントミルクの凍結融解抵抗性を改良した

半たわみ性舗装では、凍結融解抵抗性は、 $W/C = 50\%$ 以下とすることで、改善されるとする知見もある。<sup>2)</sup> 膨張を遅らせることができる吸水性ポリマーが開発されたので、 $W/C$ を5%低減した $W/C = 45\%$ 程度においても注入可能な流動性が得られ、強度を高められた分だけ凍結融解に対する抵抗性を改善することができた。

母体アスコンを改良した

従来の母体アスコンには、ストレートアスファルトもしくは改質型アスファルトを使用していたが、母体アスコンのみでも舗装として供用性が保てるようにするため、母体アスコンには高粘度バインダーを使用することを仕様とした。

更に、厳寒地では、寒冷地で適用されている排水性舗装の仕様を参考に空隙率を18%とした。<sup>3)</sup> 日照効果を高めるようにした

従来のものは、前述のように半たわみ性舗装と同じように表面が白色であったため、路面温度が一般の密粒アスファルト舗装に比べて低かった。

しかし、セメントに対して重量内比にて、黒顔

表 - 1 母体アスコンの骨材粒度の仕様

仕様	JIS4の目(mm) 最大粒径(mm)	26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
		改良前	13	-	100	92~98	10~35	8~20	4~15	3~12
	20	100	95~100	45~70	10~30	8~20	4~15	3~12	2~9	1~6
改良後	13	-	100	92~100	9~31	9~21	4~17	3~12	2~8	2~7
	20	100	95~100	45~70	9~31	9~21	4~17	3~12	3~8	2~7

表 - 2 母体アスコンの仕様

項目	基準値	
	改良前	改良後
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.90 以上	1.90 以上
安定度 (k)	4N90以上	4.90以上
70-値 (1/100cm)	20~40	20~40
空隙率 (%)	20~28	15~21
アスファルト量 (%)	(ス7ア.改質)	(高粘度Bi)4.5~5.5
低温カタプロ (-20 )	-	20%以下

注) 突固め回数は、両面 5 0 回

表 3 凍結抑制舗装用セメントミルクの配合

配合率 (%)	超速硬セメント	水	酢酸カルシウム	吸水性ポリマー
改良前	63.31	32.56	3.62	0.51
改良後	65.34	31.03	3.27	0.36

注 配合率は重量比

料を 5% 添加することにより、一般の密粒アスファルト舗装と同程度の表面温度となることが判ったので、黒顔料を 5% 添加することを仕様とし、日照時の融雪を一般の密粒アスファルト舗装と同等までに高めることができた。

## 5. 改良型凍結抑制舗装の仕様

### 5-1. 母体アスコンの配合

母体アスコンの骨材粒度及び仕様は、セメントミルクの充填率 96% を得られる最低空隙率である 15% を下限値として、母体アスコンのチェーンラベリング試験 (往復型: クロスチェーン使用: -10 : 90 分) による摩耗量が、密粒度アスコン (13) と同程度の摩耗量 (2cm<sup>2</sup> 程度) となる空隙率 21% を上限として表 1 に示す粒度及び表 2 に示す仕様とした。

### 5-2. 凍結抑制舗装用セメントミルクの配合

セメントミルクの配合は、開発当初のものに比べて、吸水性ポリマーの膨張を抑制することができたので、セメント量が 2% 増やせ、また水量は 1.5% 減じることができ、従って W/C が小さくなり、凍結融解抵抗性が改善されたものとなった。(表 3 参照)

また、吸水性ポリマー量は、浸透性が向上したのでロス率が減少して、従来の 0.51% に対して、0.36% と減じた場合でも、トータルの浸透吸水性ポリマー量は同じ程度とすることができた。

## 6. 改良型の耐久性試験

改良型機能回復型凍結抑制舗装の耐久性を評価するために、約 3 シーズンに相当する凍結融解である、

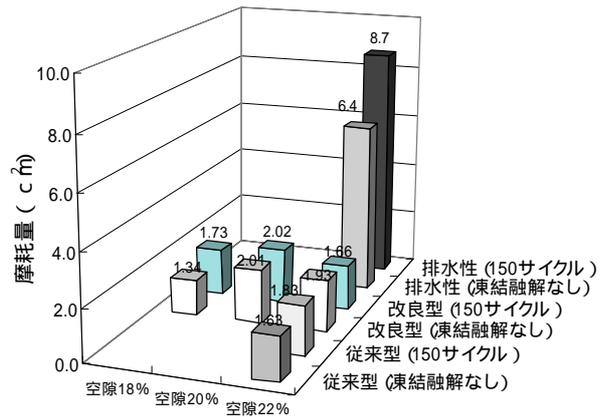


図-2 150サイクル凍結融解後ラベリング試験結果

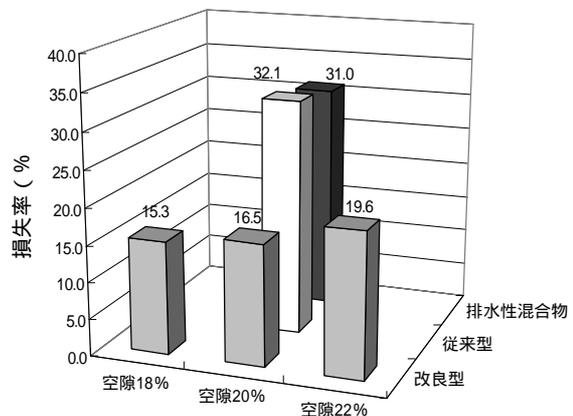


図 - 3 150サイクル凍結融解後カタプロ試験結果

150 回凍結融解 (-20 : 4 時間 ~ +10 : 4 時間を 1 サイクルとして 150 サイクル) を行った。凍結融解はラベリング供試体と、カタプロ供試体をそれぞれ作製し、最小限の水で水浸した状態で行い、チェーンラベリング試験 (往復型: クロスチェーン使用: -10 : 90 分) と低温カタプロ試験 (試験温度 -20 : 300 回転) で評価を行った。それぞれの試験結果を図 2、図 3 に示す。また、仕様として定めた空隙率の中央値 18%(As 量=5.0%:高粘度 Bi)から、2%づつ危険側である 20%(As 量=4.8%:高粘度 Bi),及び仕様を外れる 22%(As 量=4.8%:高粘度 Bi)で行った。また、比較のため、改良前の従来型の機能回復型凍結抑制舗装 (空隙率 20%,22%,As 量=4.5%:改質 型) や、一般の高粘度バインダーを使用した排水性混合物(空隙率 20%,22%,As 量=4.8%) も評価した。尚、凍結融解は、機能回復型凍結抑制舗装では、予め供試体を除塩して塩分濃度 0% とし行っている。

図 - 2 の結果では、空隙率 20% と空隙率 22% で、22% の方が摩耗量が少ない結果も見られるが、測定

表 4 機能回復型凍結抑制舗装の性状例

		材令	性状値	半たわみの性状例	試験方法
セメントミルク	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3時間	1.4	5.9	JIS R 5201 (20)
		1日	2.8		
		3日	5.3		
		7日	5.7		
		28日	6.1		
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3時間	5.5	28.8	JIS R 5201 (20)
		1日	10.4		
		3日	21.2		
		7日	27.8		
		28日	29.5		
フロー値(秒)	10.0				
単位体積重量 (g/cm <sup>3</sup> )	1.77				
舗装体	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.5	2.7	試験法 便覧 (20, 7日養生)	
	破断ひずみ (×10 <sup>-6</sup> )	7,200	3,600		
	動的安定度(DS) 60 (回/mm)	20,000	20,000		
	ラベリング摩耗量 -10 (cm <sup>2</sup> )	0.84	0.87		
	すべり抵抗値 BPN(20)	70	55		

誤差範囲である。

チェーンラベリング試験結果では、従来型及び改良型の有意差は見られなかったが、どちらも排水性混合物に比べては良い結果であり、開発当初は、これらの結果から、従来型を実路に適用してきた経緯があった。

しかし、カンタプロ試験では、従来型及び排水性混合物に比べて改良型では、損失量が約半分に減少しており改善の効果が顕著に見られ、冬季の骨材飛散に対する抵抗性が改善されたことが確認された。また、排水性舗装で空隙 20%のものは、凍結融解に対して懸念のあることも伺えた。

## 7. 室内評価試験結果

### 7-1. 機能回復型凍結抑制舗装の性状

改良型の性状をチェックするために半たわみ性舗装に適用される基準試験を行ってみると、表-4の様に、ほぼ半たわみ性舗装(半たわみ性舗装の性状は当研究所の例)と同程度の性状であることが確認された。特徴ある性状としては、半たわみ性舗装より、すべり抵抗値が高いことである。(通常半たわみ性舗装では60以下)これは、半たわみ性舗装がセメントミルクのブリージングがあるのに対して本工法では、吸水性ポリマーが余剰水を吸収するので水膜が切れ、母体アスコンの骨材面が浮き出した状態になり、粗面な仕上がりとなるためと考えられる。

### 7-2. 塩分溶出試験

改良仕様の母体アスコンのマーシャル供試体(空隙に、改良仕様のセメントミルクを浸透させ作製したマーシャル供試体)をビニール袋に入れ、100cc

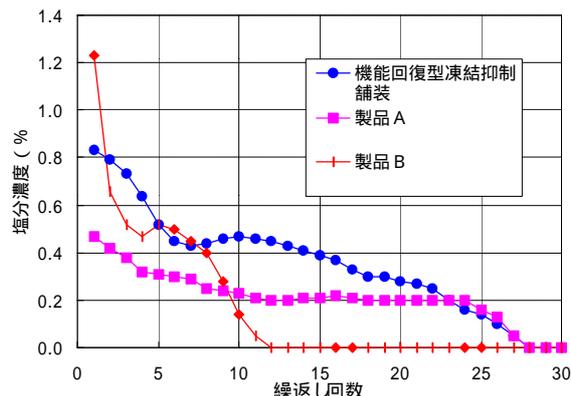


図-4 塩分溶出試験結果

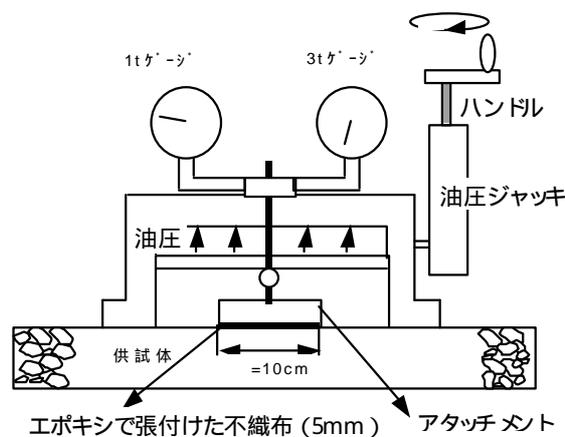


図-5 氷着強度試験機の概略図

(20)の純水で供試体全体が浸るようにして、1時間浸した後、その回収液を屈折型塩分濃度計で測定し、3時間自然乾燥させた後、再びこの作業を繰り返して得た結果が図-4である。また、比較のため、わが国で実績のある、アスファルト混合物に添加混合して使用される化学系工法の添加剤、製品A、製品Bについても同様に、マーシャル供試体(両面50回突き)を作製し、試験を行い比較した。尚、各添加量、及び添加方法は各工法の標準で行い、どちらも細粒Gアスコン(13)に対して添加した。

図から判るように、製品A、Bと比べても遜色のない結果となり、むしろ、この条件下では機能回復型凍結抑制舗装の方が、塩分保持力に優れている結果となった。

### 7-3. 凍結抑制効果の評価

凍結抑制舗装の効果は、氷が一般舗装に比べて剥がれやすいことによるものと思われる、氷の剥がれやすさを定量的に調べることによって評価できると考えられる。そこで、図-5に示すような、旧建設省建築研究所式接着試験機の、アタッチメントに厚さ5mmの土木用不織布をエポキシ樹脂等で張り付

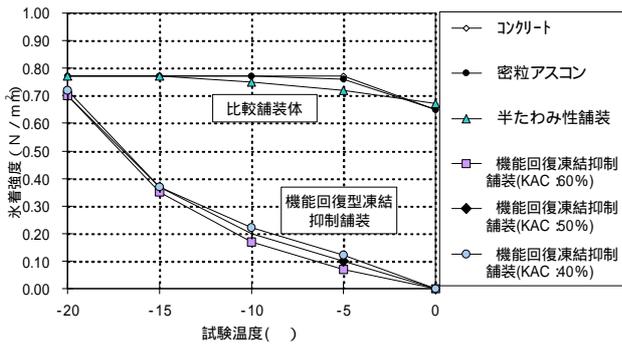


図 6 氷着強度試験結果

け、この不織布に十分水を吸収させたものを供試体に氷着させて剥がす時の氷着強度で評価することとした。<sup>4)</sup>

図 - 6 に結果を示す。これより、コンクリート、密粒度アスコン、半たわみ性舗装に比べて、機能回復型凍結抑制舗装は、氷着強度が - 5 で約 1/7、- 10 で約 1/4、- 15 で約 1/2に弱くなっており、氷が剥がれやすい状態となりうることが判る。また - 20 では、通常舗装と同程度の氷着強度となっており、施工直後の状況では、この辺りが機能回復型凍結抑制舗装の限界と考えられる。

更に、図から判るように酢酸カリウム溶液40%濃度、60%濃度の場合も氷着強度は、50%濃度と比べてあまり変わらない結果となった。しかし、酢酸カリウムを凍結防止剤として使用している、欧米での標準濃度は50%であり、これに準拠して50%濃度を標準仕様としている。

#### 7 - 4 . 繰返し機能回復試験結果

図 5 の氷着強度試験機を用いて、凍結抑制機能が低下した時に、凍結防止剤を再散布することによって、機能を回復させる繰返し試験を - 10 で行った。図 - 7 は結果である。尚、再散布する凍結防止剤は、酢酸カリウム 50%溶液を使用した。回数と共に氷着強度は徐々に増加していき、8回目まで 0.25 N/mm<sup>2</sup>に達した。この時に、酢酸カリウム 50%溶液を 0.2ℓ/m<sup>2</sup>相当の再散布を行い、その後 10 回繰返すと再び氷着強度 0.25 N/mm<sup>2</sup>に達した。これを 40 回まで繰返したが、氷着強度が徐々に低下していく傾向は見られず、室内的に繰返し機能について確認することができた。

具体的に、車輛の走行で氷が剥がれる強度がいくらであるかは、不明であるが、人力で氷を引き剥がすことができる限界の氷着強度が 0.25 N/mm<sup>2</sup>であったことから、少なくともこの強度では、車輛の走行によって氷が剥がれるのではないかと判断される。

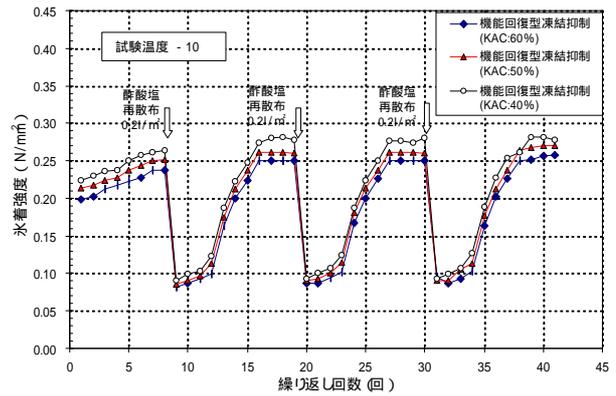


図 7 繰返し機能回復試験結果



写真 1 機能回復型凍結抑制舗装の施工状況

密粒度アスコンに酢酸カリウム 50%溶液を同様に再散布して試験を行うと、3回目に 0.80 N/mm<sup>2</sup>となり、これは、前述の図 - 6 では、凍結抑制機能がない氷着強度と言え、機能回復型凍結抑制舗装の凍結抑制機能は、このことから確認された。

### 8 . 現場への適用性

#### 8 - 1 . 機能回復型凍結抑制舗装の施工性

機能回復型凍結抑制舗装の施工状況を写真 1 に示す。

写真の様に、セメントミルクの製造に、吸水性ポリマーの均一な混合ができるミキサーが必要となることと、吸水性ポリマーが膨張する前にセメントミルク浸透工を完了すること以外は、ほぼ半たわみ性舗装の施工方法と同様である。また、半たわみ性舗装では、セメントミルクの浸透工は、200 ~ 250m<sup>2</sup>/時間程度の施工能力であるが、機能回復型凍結抑制舗装では、浸透工完了後に舗装表面の余剰吸水性ポリマーの除去作業などがあるため、100 ~ 200m<sup>2</sup>/時間程度の施工能力となる。

#### 8 - 2 . 寒冷期の養生時間の検討

凍結抑制舗装は、寒冷期に供用されている現道に

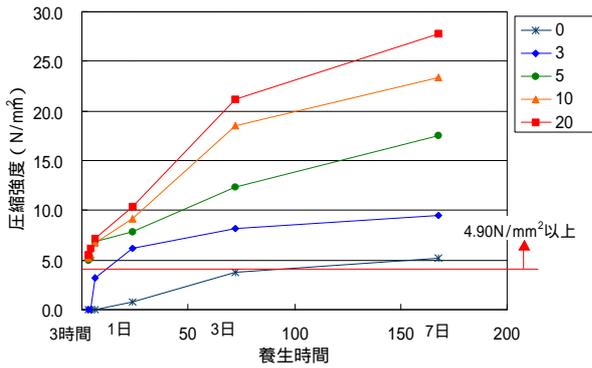


図 8 低温養生状態での圧縮強度試験結果

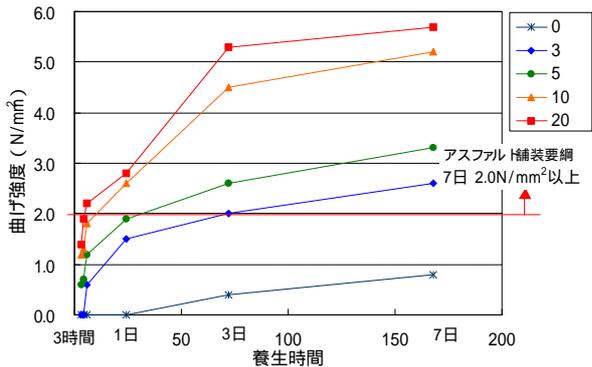


図 9 低温養生状態での曲げ強度試験結果

において、施工される場合が多く、従って、低温下における短時間の養生時間での供用開始できる強度について検討する必要がある。

同様の工法である、半たわみ性舗装では、セメントミルクの圧縮強度が  $4.90\text{N/mm}^2$  以上であれば、供用開始しても良いとの仕様もある。<sup>5)</sup> また、アスファルト舗装要綱では、セメントミルクの曲げ強度は、 $2.0\text{N/mm}^2$  以上とある。<sup>6)</sup>

低温下で、これを満足する強度を得られる養生時間について検討した。なお、強度試験はセメントミルクの練り上がり温度を 10 とするよう設定し、その後 0~20 の温度状態で養生を行い試験を行った。図 8 及び図 9 が結果である。

図 8 の結果から、 $4.90\text{N/mm}^2$  以上となるためには、5 では 3 時間、3 では 1 日養生が必要であることが判った。また、図 9 から 0 では、7 日で  $2.0\text{N/mm}^2$  を得られず、従って 0 が連続して 7 日間続く状態では、強度不足となる結果であることが判った。これらのことから、セメントミルクの練り上がり時の温度は 10 を確保した上に、養生時間は、最低限 5 以上で 3 時間以上は必要で、その後 3 以上で 3 日以上以上の養生日数があれば、アスファルト舗装要綱の  $2.0\text{N/mm}^2$  以上を満足することが判った。

寒冷期の施工では、これらの条件を満たす時期に施工を計画するか、この条件がとれない場合には、コンクリート舗装の寒冷期施工の様に、温水の使用

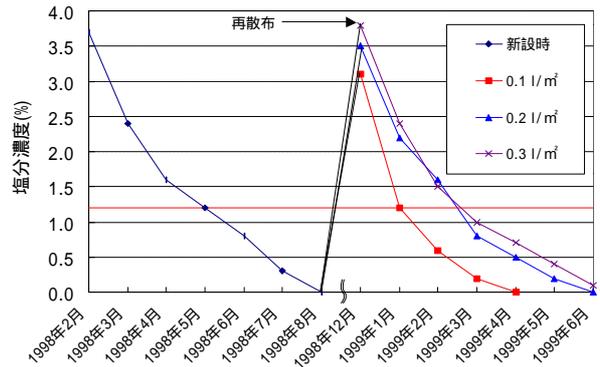


図 10 機能回復型舗装の機能回復試験結果



写真 2 散布機械による再散布の状況

や、ヒーターとシートの併用などによる養生対策等が必要となる。

## 9. 機能回復型凍結抑制舗装の機能回復

### 9-1. 機能回復方法

機能が低下した場合、凍結防止剤を舗装表面に再散布することによって、機能回復できることにこの工法の特徴がある。これを確認するため、試験ヤードにおいて凍結防止剤の再散布試験を行った。このヤードでは、梅雨をはさんだ 6 ヶ月で塩分濃度 0% となり機能を完全に失い、その年の 12 月に酢酸カリウム 50% 溶液による再散布を行った。図 10 が試験結果である。また、適正な散布量を調べるため散布量を、 $0.1\text{l/m}^2$ 、 $0.2\text{l/m}^2$ 、 $0.3\text{l/m}^2$  と変えて試験をおこなった。

再散布後の塩分濃度は、施工時のレベルまで回復することが確認された。

また、再散布量は、 $0.1\text{l/m}^2$  では、濃度の低下傾向が早く、 $0.2\text{l/m}^2$ 、 $0.3\text{l/m}^2$  では低下傾向が同程度であることから、少なくとも  $0.2\text{l/m}^2$  以上の散布量が必要であると考えられる。なお、再散布は、この実験では、小面積であったため、面積あたりに必要量を均

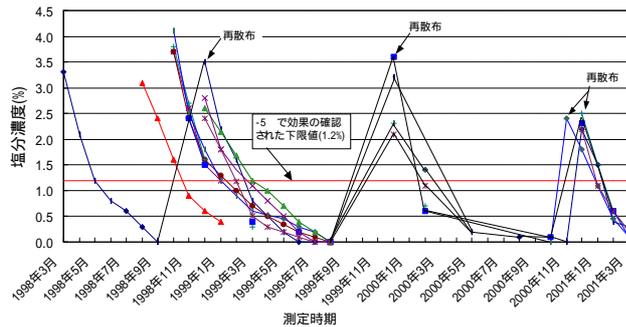


図 11 機能回復型凍結抑制舗装の残留塩分濃度

一に散布する方法で行ったが、その後散布機を開発し、面積的に規模の大きい現場にも対応可能となった。散布機による状況を写真 2 に示す。

### 9 - 2 . 塩分濃度の経時変化

機能回復型凍結抑制舗装は、舗装に残留している塩分濃度に比例した凍結抑制効果があるものと考えられる。

そこで、施工箇所のうち、調査可能な路線について、経時的に塩分濃度の測定を行った。結果が図 - 11 である。なお、塩分濃度の測定は、路面の水分をふき取り、5ccの蒸留水を100cm<sup>2</sup>の面積に散布し、2分経過した後に散布水を回収して、屈折型塩分濃度計によって測定する方法とした。

機能回復型凍結抑制舗装は、実道においても約6ヶ月で塩分濃度が0%となることが判った。また、北海道の施工箇所では、3ヶ月で塩分濃度1.2%に低下したが、-5 まで凍結抑制機能を確認することができた。従って、施工初年度であれば3ヶ月程度は機能が持続したことになる。しかし、累積降雪量50cmで効果を失った箇所もある。従って、累積降雪量50cmまたは3ヶ月で機能が低下するものと思われる。

また、図 11 では、凍結防止剤の再散布で回復する塩分濃度が次第に低下する傾向も見られる。これは、吸水性ポリマーの劣化から吸収率が低下していることが原因とも思われるが、この傾向が続くと5年～6年先には、機能回復しなくなる可能性も伺える。

### 10 . 機能回復型凍結抑制舗装の耐久性と効果

機能回復型凍結抑制舗装は、平成10年10月より、平成13年3月までに、47箇所33,000m<sup>2</sup>の施工実績があるが、改良される以前の仕様のもので、前述の様に不具合の生じた箇所が10箇所あった。しか



写真 3 北海道美深町のコンクリート橋の一冬経過後の状況



写真 4 岩手県雫石町の車道一般部で確認された効果  
(上部一般舗装：下部機能回復型凍結抑制舗装)

し、平成12年9月から施工を開始した改良仕様のもので、今のところ不具合は生じていない。

写真 3 は、平成12年12月に北海道の美深町のコンクリート橋において、改良仕様で施工した現場であるが、一冬経過後の状況からは、耐久性は確認できたものと思われる。また、この現場では一般部より橋面部の方が先に融雪したとの報告もあり効果が確認された。

また、写真 4 に示すように、平成12年10月に岩手県の雫石町の一般部に改良仕様で施工した箇所では、一冬経過後ではあるが、不具合は生じておらず、また、写真に見られる様に、-5 において効果が確認された。

### 11 . 機能回復型凍結抑制舗装のコスト試算

機能回復型凍結抑制舗装は、毎年機能回復を行う必要があるため、凍結防止剤散布の維持管理費が必要となる。

表 5 は、機能回復型凍結抑制舗装と、塩化物をアスファルト合材に添加混合して舗設す化学系凍結

表 5 機能回復型凍結抑制舗装の  
10年コストの試算

<塩化物添加アスファルト舗装 厚さ5cm、2,000㎡>  
3年で効果無しの場合

年数	項目	適用	単価 (円 / ㎡)	金額
1年	路面切削	切削・表層廃材処理費含む	1,150	2,300,000
	舗設	塩化物添加アスファルト舗設 60kg/t	4,450	8,900,000
2年	-	-	0	0
3年	-	-	0	0
4年	路面切削	切削・表層廃材処理費含む	1,150	2,300,000
	舗設	塩化物添加アスファルト舗設 60kg/t	4,450	8,900,000
5年	-	-	0	0
6年	-	-	0	0
7年	路面切削	切削・表層廃材処理費含む	1,150	2,300,000
	舗設	塩化物添加アスファルト舗設 60kg/t	4,450	8,900,000
8年	-	-	0	0
9年	-	-	0	0
10年	路面切削	切削・表層廃材処理費含む	1,150	2,300,000
	舗設	塩化物添加アスファルト舗設 60kg/t	4,450	8,900,000
計			22,400	44,800,000

<機能回復型凍結抑制舗装 厚さ5cm、2,000㎡>

年数	項目	適用	単価 (円 / ㎡)	金額
1年	路面切削	切削・表層廃材処理費含む	1,150	2,300,000
	舗設	高粘度バインダ-母体+ミルク浸透工	5,900	11,800,000
	薬剤散布	薬剤は酢酸カリウム50%液1回/年	200	400,000
2年	薬剤散布	薬剤は酢酸カリウム50%液2回/年	400	800,000
3年	薬剤散布	"	400	800,000
4年	薬剤散布	"	400	800,000
5年	薬剤散布	"	400	800,000
6年	薬剤散布	"	400	800,000
7年	路面切削	切削・表層廃材処理費含む	1,150	2,300,000
	舗設	高粘度バインダ-母体+ミルク浸透工	5,900	11,800,000
	薬剤散布	薬剤は酢酸カリウム50%液1回/年	200	400,000
8年	薬剤散布	薬剤は酢酸カリウム50%液2回/年	400	800,000
9年	薬剤散布	"	400	800,000
10年	薬剤散布	"	400	800,000
計			17,700	35,400,000
コスト低減率(%)				21.0

抑制舗装について、10年間に要する初期費用と維持管理費についての試算を行った結果である。

試算は、塩化物添加アスファルト舗装の場合には、効果が3年でなくなり、4年目には打ち換えるとし、機能回復型凍結抑制舗装では、6年目には効果がなくなり、7年目に打換えるマスターカーブを想定し、それぞれ2,000㎡について行った。また、機能回復型凍結抑制舗装の維持管理は、建設初年度は、50%酢酸カリウム溶液1回/年散布とし、2年目から6年目までは、50%酢酸カリウム溶液2回/年散布とした。

試算では、機能回復型凍結抑制舗装は、塩化物添加アスファルト舗装に比べて21.0%コストが低減される結果となり、維持管理しなければならない手間はあるものの、コスト低減に効果が期待できる。

## 12. まとめ

平成10年10月からの現場施工試験の結果、吸

### Effectiveness and Functional Recovery of Surface Freeze Preventive Pavement.

Ippei KOJIMA, Masaki SAZAWA

There have been various contrived methods in use for preventing the pavement surface from freezing in cold snowy areas. Road heating systems are certainly effective. But it is very expensive for construction and maintenance. Another methods adopted, for example, are an asphalt mix incorporated with a salt, ( i.e., salt-like material such as calcium chloride ) and with an elastomer such as rubber. The salt-containing pavement becomes ineffective after one to two years because of leaching out of the salt. The elastomer in the pavement tends to come out in summer on account of its low combined strength in general. And the pavement tends to be rutted in summer. It is important that the pavement maintains the freeze-preventing effect over a long period of time and can restore when its effect has been lost.

The newly developed freeze-preventing surface course is a thin layer of open graded asphalt mixture whose voids are grouted with cement slurry comprising portland cement, specific salt, and superabsorbent polymer.

水性ポリマーを利用した機能回復型凍結抑制舗装の凍結抑制効果は、ある程度確認された。

また、改良仕様前の機能回復型凍結抑制舗装において、現場で発生した問題点を改良した、改良仕様の機能回復型凍結抑制舗装は、十分実用に供するレベルに達したと判断される。

今後は、追跡調査を行い、ライフサイクルとしての費用対効果について検証していきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 前田正彦：ポリN ビニルアセトアミドの開発と企業化について,化学経済 1996年12月
- 2) 相子榮吉、安田雅一、市川智章：超速硬型半たわみ性舗装の12年間に及ぶ追跡調査とその後の展開,pp.18-25,舗装 2000年6月
- 3) 日本道路公団：設計要領第1集 舗装編,pp.32,平成11年7月
- 4) 鈴木秀輔、加納孝志、丸山暉彦：凍結抑制舗装の凍結抑制効果の持続性の検討,土木学会舗装工学論文集,第3巻,pp.202-203,1998年12月
- 5) 日本道路公団：半たわみ性舗装施工要領(案),pp.25,平成2年6月
- 6) (社)日本道路協会：アスファルト舗装要綱,pp.192-196,平成8年2月
- 7) 小島逸平、佐沢昌樹、北村賢一：機能回復型凍結抑制舗装(FAP)の開発と実用化,道路建設,No.628,pp.52-57,2000年5月
- 8) 佐沢昌樹、北村賢一：凍結抑制機能回復型凍結抑制舗装の開発と実用化,第23回日本道路会議一般論文集,pp. 510-511,平成11年10月
- 9) 須藤昌二、佐沢昌樹、吉成大輔：機能回復型凍結抑制舗装の実路評価,第8回北陸道路会議技術報文集,pp.177-180,平成12年6月