

# 冬期の歩行者の安全確保を目的とした 除雪補助機能を有する歩道用化学系凍結抑制舗装

大成ロテック(株) 事業本部 技術部 ○青木 政樹  
同 技術研究所 澤口 実  
国立研究開発法人 土木研究所 舗装チーム 寺田 剛

## 1. はじめに

積雪寒冷地域では凍結路面により歩行者の転倒事故が多発しており、冬期の歩行者の安全確保が重要な課題となっている。歩道に雪氷が残っていると、凍結により歩行者が転倒するだけではなく、車いすの車輪が雪に埋まり走行困難となったり、視覚障害者用ブロックが雪に埋まり利用できなくなったりといった問題も発生している。なお、転倒事故で救急搬送されるリスクは年齢層が上がるとともに高くなり、特に高齢者は大きなケガに繋がる事が多く、一度雪道で転倒したために、その後も転倒を恐れて外出を控える傾向もみられる<sup>1)</sup>。外出機会の減少は身体機能の低下を招き、それにより外出を控えるという悪循環が発生することも危惧される。これらの問題に対する解決策としては、路面を完全に露出させることが重要であり、歩道への消融雪施設の設置が望まれているが、それには多額の事業費を要することから、適用範囲が限定されている。そのため、住宅や商業施設、福祉施設周辺の歩道などの除雪は地域の住民が人力で行わなければならないことが多く、除雪作業の省力化が求められている。

このような背景のもと、筆者らは、積雪寒冷地域においてスコップなどでの人力除雪の労力を軽減し、比較的容易に路面の露出が可能な“除雪補助機能”を有する歩道用の薄層の化学系凍結抑制舗装（以下、除雪補助舗装）を開発した。除雪補助舗装は、塩化物を添加したアスファルト混合物（以下、混合物）を既設舗装上に15mm程度の薄層でオーバーレイすることによって、舗装表面から溶出する塩分による氷点降下作用により、路面と雪氷の氷着を抑制し、除雪補助機能を発揮するものである。本文では、除雪補助舗装の概要を述べるとともに、除雪補助機能の効果の程度やその持続性を検証するために行った室内実験や構内試験施工による追跡調査結果を報告する。なお、本開発は国立研究開発法人土木研究所と大成ロテック（株）の共同研究「凍結抑制舗装技術の開発に関する研究」の成果の一部である。

## 2. 除雪補助舗装の概要

除雪補助舗装は、スコップなどを用いた人力による除雪でも、容易に路面の露出が可能な除雪補助機能を発揮（写真-1参照）するもので、歩行空間の安全性確保に貢献できる歩道用の薄層アスファルト舗装である。当該舗装は、塩化物系の凍結抑制材を混入したアスファルト混合物を既設アスファルト舗装上に15mm程度の薄層でオーバーレイすることで、混合物中から塩分が溶出し、路面に雪氷が氷着するのを防ぐものである。混合物の合成粒度を表-1、標準施工断面を図-1に示す。なお、除雪補助機能の持続性は5シーズン程度以上を目標としている。



写真-1 容易に路面を露出(除雪補助機能)

表-1 混合物の合成粒度

ふるい (mm)	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
合成粒度 (%)	100.0	98.3	73.0	40.1	29.1	20.0	15.1

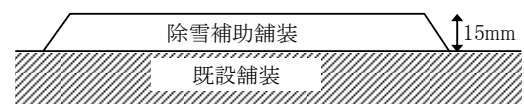


図-1 標準施工断面

## 3. 室内実験

### 3-1. 実験の概要

除雪補助舗装は、混合物中の塩分が舗装表面に溶出することによって、氷点降下を引き起こし、雪氷が路面に氷着する

のを抑制することで、除雪補助機能を発揮するものである。このため、当該機能は路面からの塩分溶出量と関係があり、既往の研究成果から  $0.1\text{g}/\text{m}^2$  程度以上の塩分の溶出があれば、当該機能が発揮されることが分かっている<sup>2)</sup>。そこで、除雪補助機能の持続性を確認することを目的に、当該混合物の供試体を長期間水浸し、供試体表面から溶出する塩分量の経時変化から、長期間にわたり除雪補助機能の持続が期待できる配合を選定した。

### 3-2. 実験の手順

塩分溶出の持続性は、各混合物の供試体を長期間水浸させ、供試体表面から溶出する塩分量により評価した。具体的には、 $30 \times 30 \times 3\text{cm}$  の供試体を  $20^\circ\text{C}$  で水浸させ、定期的に水から取り出し、供試体表面を流水で洗い流した後ふき取り、供試体の表面に水を溜め（写真-2 参照）、貯水した水の 2 時間後の塩分濃度を塩分量測定計（カンタブ）にて測定し、塩分溶出量を求め、除雪補助機能の目安となる塩分溶出量 ( $0.1\text{g}/\text{m}^2$  以上) となるか確認した。

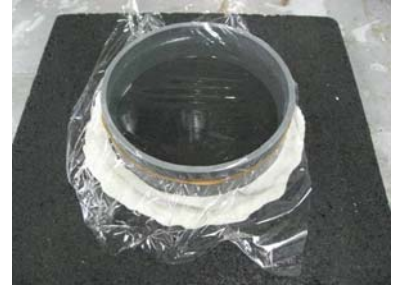


写真-2 供試体表面の貯水状況

### 3-3. 混合物の種類

既往の研究<sup>3)</sup>によると、車道用の塩化物系凍結抑制舗装は塩分溶出の持続性を考慮した場合、混合物の空隙率は、おおむね 4~6% が最適であり、6~9 年の長期にわたり塩分が溶出し、凍結抑制効果が発揮されたとの報告がある。このことから、検討する混合物の目標空隙率を 4% と 6% に設定した。また、混合物に添加する凍結抑制材は、車道で実績のある塩化物系のものの中から、フィラーと置換える「粉末タイプ」のもの、細骨材と置換える「粒状タイプ」のもの 1 種類ずつを選定した。なお、凍結抑制材の添加率は、それぞれのタイプの車道での実績から粉末タイプ 6wt%、粒状タイプ 5wt% とした。検討混合物の種類を表-2 に示す。

表-2 検討混合物の種類

凍結抑制材		混合物
種類	添加率	目標空隙率
粉末タイプ	6%	4%, 6%
粒状タイプ	5%	

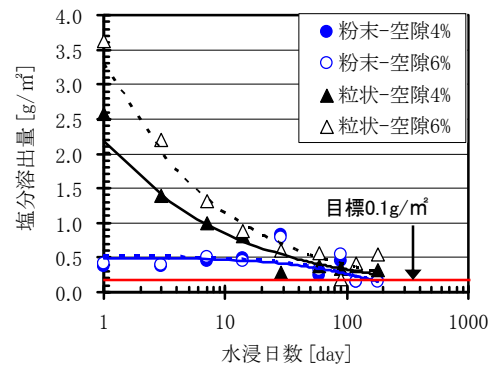


図-2 塩分溶出量の測定結果

### 3-4. 実験結果

180日間水浸した供試体の塩分溶出量の測定結果を図-2に示す。図より、180日間水浸した後の塩分溶出量は、全ての混合物で目標とする塩分溶出量  $0.1\text{g}/\text{m}^2$  を満足しており、除雪補助機能が長期間持続する可能性が確認できた。なお、粒状タイプは、水浸初期の塩分溶出量が粉末タイプよりも4~7倍程度多く、施工直後に優れた除雪補助機能が期待できるものの、急激に塩分溶出量が減少しており、粉末タイプよりも早く除雪補助機能が消失することが懸念された。

表-3 試験施工の概要

時期	2011年9月14日	
場所	雪崩・地すべり研究センター(妙高市)	
面積	126㎡ (1.5m×14m×6工区)	
厚さ	15mm(オーバーレイ)	
種類	5種類(表-4参照)+比較用細粒度混合物	

表-4 混合物の詳細

配合	凍結抑制材種類	設計空隙率	締固め度	実測空隙率	舗装の目標空隙率
A	粉末	4.0%	99.0%	5.0%	4~6%
B		3.0%	98.6%	4.3%	
C		粒状	4.0%	98.5%	
D	3.0%		97.7%	5.2%	
E	粉末+粒状	4.0%	98.9%	5.0%	

## 4. 試験施工

### 4-1. 試験施工の概要

2011年9月に、除雪補助舗装の施工性および除雪補助機能の持続性について検証することを目的として、(国研) 土木研究所 雪崩・地すべり研究センター(新

渦県妙高市) 構内にて試験施工を実施した。試験施工の概要および施工した混合物の詳細を表-3、表-4に示す。当該試験施工では、粉末タイプおよび粒状タイプを各々もしくは両方添加した5種類の混合物に加え、比較用として通常の細粒度混合物も併せて施工した。なお、混合物の空隙率は凍結抑制性効果の持続性が期待できる4~6%に対し、実施工での締固め度の低下を考慮して、設計空隙率を3%と4%とした。

#### 4-2. 施工性

施工状況を写真-3に示す。試験施工は、厚さ15mmの薄層で行ったが、混合物の引きずりもなく、施工性は良好であった。また、混合物の温度低下による締固め不足が懸念されたが、施工後の切取コアの締固め度は表-4に示す通り97.7~99.0%、実測空隙率は4.3~5.5%であり、長期の塩分溶出が期待できる目標空隙率4~6%が確保できた。



写真-3 施工状況

#### 4-3. 追跡調査

各工区の除雪補助機能とその持続性を確認するために、追跡調査を実施した。調査項目および試験方法を表-5に示す。除雪補助機能とその持続性は、人力除雪の容易さをアンケート調査により評価する「除雪の容易さ試験」と、路面からの塩分溶出量により間接的に評価する「塩分溶出量の測定」によって評価した。なお、アンケートによる評価は表-6に示す5段階とし、『少しはがし易い』・『非常にはがし易い』を「除雪補助機能あり」と判定した。

表-5 調査項目および試験方法

調査項目	試験方法
除雪の容易さ試験	積雪を厚さ10cm程度残して機械除雪した後、スコップで人力除雪を行い、路面を完全に露出させようとした際の容易さを5段階で評価
塩分溶出量の測定	路面に固定した内径135mmの円筒に、200ccの水を2時間溜めた後、カンタブにて塩分溶出量を測定
除雪補助機能の回復	舗装表面を3~5mm研削し、「除雪の容易さ試験」および、「塩分溶出量の測定」結果より評価

また、除雪補助機能が低下した場合の機能回復方法として“舗装表面の研削”の有効性についても評価した。

表-6 除雪補助機能の判定基準

除雪補助機能	評価
あり	非常にはがし易い
	少しはがし易い
なし	普通
	少しはがしにくい
	非常にはがしにくい

#### (1) 除雪の容易さ試験 (アンケート調査)

施工4ヶ月後(1シーズン目)と施工40ヶ月後(4シーズン目)の1月に実施した除雪の容易さ試験結果を図-3に、4シーズン目の試験状況を写真-4に示す。被験者数は、1シーズン目が9名、4シーズン目が10名で、「除雪補助機能あり」と評価した割合を縦軸に百分率で表した。図-3より、粒状の凍結抑制材を使用したC、D配合の1シーズン目の評価は、「除雪補助機能あり」が90%と高かったが、4シーズン目には20%以下となった。一方で、粉末の凍結抑制材を使用したA、B配合は、1シーズン目の評価は低かったものの(A配合)、4シーズン目は50%以上の方が「除雪補助機能あり」と回答した。また、粉体と粒状の両方を混入したE配合は1シーズン目、4シーズン目とも90%以上の方が「除雪補助機能あり」と回答し、比較用の細粒度混合物は1シーズン目および4シーズン目ともすべての人が「除雪補助機能なし」と回答した。これらの結果から、除雪補助機能の持続性に関しては、E配合もしくはA、B配合が優れていると考察した。

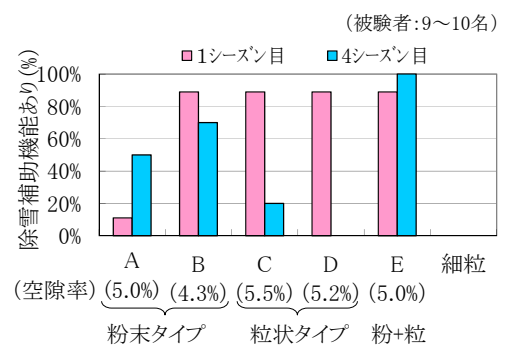


図-3 除雪の容易さ試験結果

## (2) 塩分溶出量の測定

塩分溶出量の測定結果を図-4に示す。ここでは、凍結抑制材が同じA・B配合およびC・D配合はそれぞれ試験結果に大差がなかったため、2つの平均値を図に示した。図から、粒状の凍結抑制材を使用したC・D配合の初期の塩分溶出量はA・B配合と比較して多いが、13か月以降はほぼ差がなくなり、39ヶ月後には逆転した。これは室内の長期水浸試験とも同様な傾向であった。なお、いずれの配合も13か月以降は、目標値0.1 g/m<sup>2</sup>から0.3 g/m<sup>2</sup>程度の間を推移していたが、48ヶ月後の調査では0.1 g/m<sup>2</sup>を下回った。

## (3) 機能の回復方法の検討

除雪補助機能が低下した際の機能回復方法として、路面の研削を検討した。当該手法は路面標示などを研削する路面研削機を用い、舗装表面を5mm程度研削し、舗装内に残留している塩分の溶出を促すものである。研削状況および研削前後の路面状況を写真-5に示す。研削直後に行った塩分溶出量の測定では、A～Eすべての配合で、1.0g/m<sup>2</sup>を超える塩分溶出が確認できた。また、研削1ヶ月後に実施した4シーズン目の除雪の容易さ試験では、「除雪補助機能あり」と回答した人の割合が、A配合工区で50%から100%へ、D配合工区0%から40%へ増加した。これらのことから、路面を研削することで、除雪補助機能を回復できる可能性があると考えられる。

## 5. おわりに

人力でも容易に路面を露出させることが可能な除雪補助舗装の開発を目標に、室内実験および雪崩・地すべり研究センター構内での試験施工および追跡調査を実施した。その結果、施工40ヵ月後(4シーズン目)においても除雪補助機能を維持している配合が確認できた。

また、舗装表面を研削することで低下していた塩分溶出量が回復し、除雪補助機能が回復することが分かった。なお、2018年2月にも除雪の容易さ試験を実施しており、気温があまり下がらず除雪補助機能は不明であったが、除雪補助舗装の路面に硝酸銀水溶液を滴下するとはっきりとした白濁反応が見られたことから、施工後約6年半が経過した時点でも路面から塩分が溶出していることが確認できた。今後は、実道での効果の検証を進め、積雪寒冷地の安全な歩行空間の確保に貢献したいと考えている。

最後に、試験施工場所を提供頂き、アンケート調査にご協力頂いた(国研)土木研究所雪崩・地すべり研究センターの石田所長および原田主任研究員をはじめ職員の皆様に感謝の意を表します。

### 【参考文献】

- 1) 富田ほか：北海道の雪氷，公益社団法人日本雪氷学会北海道支部，No. 34(2015)
- 2) 稲本ほか：歩道用凍結抑制舗装の効果の持続性に関する検討，第28回日本道路会議，No. 32134，2009.10
- 3) 鈴木ほか：凍結抑制舗装の凍結抑制効果の持続性向上に関する研究，第2回舗装工学講演会講演論文集，pp. 249～256，1997.12



写真-4 除雪の容易さ試験状況

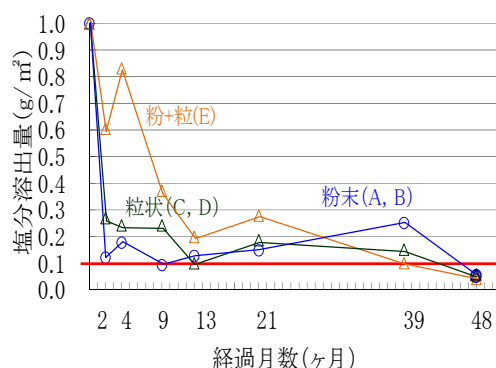


図-4 塩分溶出量の測定結果



写真-5 研削状況および研削路面状況