

氷板破碎効果の向上を目指した物理系凍結抑制舗装の開発

大成ロテック(株) 事業本部

技術研究所

○加納 孝志

同

青木 政樹

(独)土木研究所

道路技術研究グループ

舗装チーム

寺田 剛

1. はじめに

一般に積雪寒冷地では、冬期の安全・円滑な交通確保のため除雪等に加え、凍結防止剤の散布などが行われている。しかし、近年では凍結防止剤の散布量が年々増加しており¹⁾、冬期路面の維持管理コストの増大、環境への負荷などが懸念されている。一方で、安全・円滑な交通確保のための舗装技術としては凍結抑制舗装があり、これまでに物理系や化学系、物理・化学系など多種多様な技術が開発され実用化されている²⁾。しかし、凍結抑制舗装の効果は、適用箇所条件により差が見られるなどの課題が指摘されており、その効果のより一層の向上が求められている。このことを踏まえ筆者らは、アスファルト混合物に廃タイヤゴムチップを混合し、通常のアスファルト舗装と同様の製造・施工が可能な物理系の凍結抑制舗装（以下、従来技術）³⁾に着目し、混合するゴムの材質や大きさ、添加量を工夫することによって、凍結抑制効果の向上を目指し研究を実施した。

本文では、開発した物理系凍結抑制舗装（以下、開発技術）の概要を述べるとともに、混合物の耐久性や凍結抑制効果を確認した室内試験結果、施工性および耐久性を確認する目的で実施した構内試験施工結果について報告する。また、開発技術は、国土交通省北陸地方整備局管内の国道にて2014年10月に施工を実施し、凍結抑制効果の検証を行っているところであり⁴⁾、その概要を併せて報告する。

なお、本研究は、独立行政法人土木研究所と大林道路(株)および大成ロテック(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. 開発技術の概要

開発技術は、アスファルト混合物中にゴムチップを混合した物理系の凍結抑制舗装であり、従来技術と比較して粒径の大きなゴムチップを多く添加したものである。当該技術は、ゴムチップの添加量が多いことから、舗装表面により多くのゴムチップが存在することによって、凍結抑制効果（氷板破碎効果）の向上を図るとともに、舗装としても従来技術と同等以上の耐久性の確保を目標として開発した技術である。

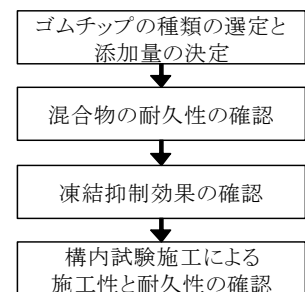


図-1 検討手順

3. 研究概要

3-1. 検討手順および内容

検討は、図-1に示す手順で行った。以下にそれぞれの内容を記す。

(1) ゴムチップの選定と添加量の決定

ゴムチップの材質、粒径、および添加量の違いと凍結抑制効果の関係より、使用するゴムチップの種類と添加量を決定した。具体的には、材質や粒径の異なるゴムチップの添加量を変化させ、ホイールトラッキング試験用供試体を用いた氷板破壊試験⁵⁾を実施して、より高い氷板破碎効果が得られるゴムチップの種類とその添加量を決定した。試験状況を写真-1に、試験条件を表-1に示す。なお、選定に用いたゴムチップは、従来技術に使用しているゴムチップ（以下、従来ゴム）と同様、廃タイ

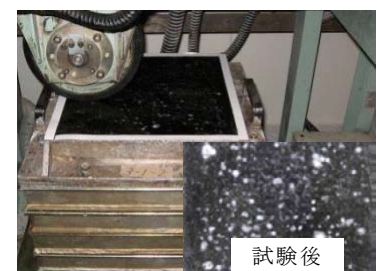


写真-1 氷板破壊試験状況

表-1 試験条件

項目	試験条件
試験温度, 氷版厚さ	-5℃, 1mm
養生方法	-5℃: 供試体5h以上, 氷版形成後2h以上
タイヤ種類, 接地圧	ソリッドタイヤ, 0.63MPa
走行条件	トラバースあり, 30min

ヤのリサイクルゴムチップとし、粒径や成分の異なる3種類とした(表-2参照)。また、試験に用いた混合物の種類は、ポリマー改質アスファルトⅡ型(以下、改質Ⅱ型)を使用した密粒度ギャップアスファルト混合物(13F)に、ゴムチップをそれぞれ3%と5%添加したものである。

(2) 混合物の耐久性の確認

開発技術は、従来技術よりもゴムチップの粒径が大きく、添加量が多いことから、混合物の流動、はく離等、耐久性の低下が懸念されたため、表-3に示す試験を実施し、耐久性の評価を行った。表-4に、検討した混合物の詳細を示す。なお、開発技術は、改質Ⅱ型に加え耐久性の向上を目的に、ポリマー改質アスファルトⅢ型(以下、改質Ⅲ型)についても検討を行った。

(3) 凍結抑制効果の確認

開発技術の凍結抑制効果は、前述と同様の氷板破壊試験、および氷着引張強度試験(舗装性能評価法 別冊1-5)により確認を行った。なお、検討した混合物は表-4と同様とした。

(4) 構内試験施工による施工性および供用性の確認

施工性および供用性を確認するために、大成ロテック(株)の合材工場構内で試験施工を実施した。概要を表-5に示す。なお、施工した場所はダンプトラックの通行路の一部(図-2参照)であり、供用性の評価は、ゴムチップの飛散や舗装表面の損傷の有無、すべり抵抗性などから判断した。

4. 研究結果

4-1. ゴムチップの選定および添加量の決定

氷板破壊面積率の測定結果を図-3に示す。図より、ゴムの添加量が増加すると氷板破壊面積率は、大きくなった。また、ゴムの添加量に関わらず、NRを主成分とする粒径8-1mmのゴムチップ③を使用した混合物の氷板破壊面積率が他と比較して大きかった。このことから、開発技術に使用するゴムチップは、③(NR, 8-1mm)とし、添加量は5%とした。

4-2. 混合物の耐久性

表-6に各混合物の耐久性の確認試験結果を示す。表より、開発技術(Ⅲ型)は、すべての性状において従来技術を上回った。一方、開発技術(Ⅱ型)は従来技術よりも耐久性が若干劣る結果となった。以上のこと

表-2 ゴムチップの種類

種類	粒径(mm)	主成分
従来ゴム	5-0	SBR ^{※1} ・NR ^{※2}
①	9-1	SBR・NR
②	5-1	NR
③	8-1	NR

※1 SBR:スチレン・ブタジエンゴム

※2 NR:天然ゴム

表-3 耐久性の評価項目

評価項目	試験名
動的安定度(回/mm)	ホイールトラック試験
はく離率(%)	水浸ホイールトラック試験
すり減り量(cm ²)	ラベリング試験(往復チェーン型)

※各試験は舗装調査・試験法便覧に準じて実施

表-4 検討した混合物の詳細

混合物の種類	アスファルト		ゴム添加量 [※] (質量%)	骨材の通過質量百分率(%) (ふるい目の開き:mm)				
	種類	アス量(%)		19.0	13.2	4.75	2.36	0.075
従来技術	改質Ⅱ型	7.2	2.5	100.0	94.5	48.5	35.0	10.5
開発技術(Ⅱ型)	改質Ⅱ型	7.5	5.0	100.0	94.5	48.0	41.5	11.5
開発技術(Ⅲ型)	改質Ⅲ型							

※アスファルト混合物を100とした時の内添加

表-5 構内試験施工の概要

施工日	2013年 12月 22日	
規模	20m ² (2.5m×8m)×3配合(t=4cm)	
場所	大成ロテック花園合材工場(埼玉県)	
混合物の種類	従来技術 開発技術(Ⅱ型) 開発技術(Ⅲ型)	
使用機械	アスファルトフィニッシャー タンデムローラ、タイヤローラ	
調査項目	室内	耐久性(動的安定度, はく離率, すり減り量) 凍結抑制効果(氷着引張強度, 氷板破壊面積率)
	現場	供用性(目視観察, すべり抵抗値)

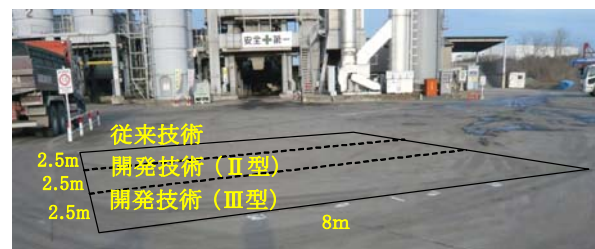


図-2 施工位置図

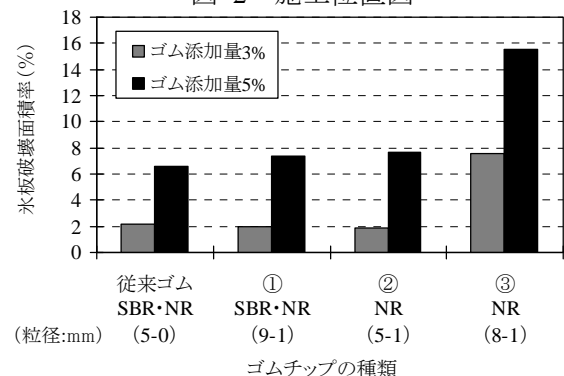


図-3 氷板破壊面積率の測定結果

から、開発技術に使用するアスファルトは、改質Ⅲ型が望ましいと判断した。ただし、開発技術（Ⅱ型）についても、現場条件等によっては適用できる可能性があると考え、検討を継続することとした。

4-3. 混合物の凍結抑制効果

凍結抑制効果の評価試験結果を図-4に示す。図に示す通り、従来技術に比べ、開発技術（Ⅱ型）、開発技術（Ⅲ型）ともに氷着引張強度が小さく、氷板破壊面積率が大きくなった。このことから、従来技術と比較して開発技術は、凍結抑制効果の向上が期待できると判断した。

4-4. 施工性および供用性の確認（構内試験施工）

(1) 施工性の確認結果

施工性は、敷きならし時の混合物の引きずりなどの有無、および切取コアの締固め度より評価した。施工状況を写真-2に示す。施工時の目視観察結果から、混合物の引きずりなどは見られなかった。また、施工後の切取コアの締固め度は99.9%~100.7%であった。このことから、開発技術の施工性は良好であると判断した。

(2) 供用性の確認結果

供用性は、ゴムチップの飛散、わだち掘れの発生の有無、すべり抵抗性から評価した。その結果、施工14ヶ月後の目視調査結果から、すべての配合で目立ったゴムチップの飛散やわだち掘れ、その他損傷は見られず、良好な供用性を維持していることを確認した。また、すべり抵抗は図-5に示すように施工2日後および3ヶ月後のRSN(60km/h)がすべての工区で土木研究所が提案している基準値⁶⁾である0.35以上であった。このことから、開発技術の供用性は、従来技術と同等で、実道への適用が可能であると判断した。

4-5. 研究のまとめ

以上の室内試験および試験施工結果から開発技術は、NRを主成分とする粒径8-1mmのゴムチップを5%添加し、アスファルトに改質Ⅲ型を使用する開発技術（Ⅲ型）を標準とし、現場条件等によっては、開発技術（Ⅱ型）の適用も可能と考えた。

5. 実道での施工

5-1. 施工の概要

実施工は、新潟県長岡市東川口地先の国道17号で行った。適用した混合物は、前述の研究結果から従来技術と比較して、耐久性および氷板破壊効果に優れた開発技術（Ⅲ型）とした。概要を表-7に、混合物の詳細を表-8に示す。なお、本施工は、国土交通省北陸地方整備局北陸雪害対策技術センターが公募した「新技術活用システム（フィールド提供型）」において実施しているものである。

表-6 混合物の性状試験の結果

混合物の種類	ゴム添加量 (%)	動的安定度 (回/mm)	はく離率 (%)	すり減り量 (cm ²)
従来技術	2.5	984	1未満	0.79
開発技術(Ⅱ型)	5.0	700	1未満	0.91
開発技術(Ⅲ型)	5.0	1,145	0	0.52

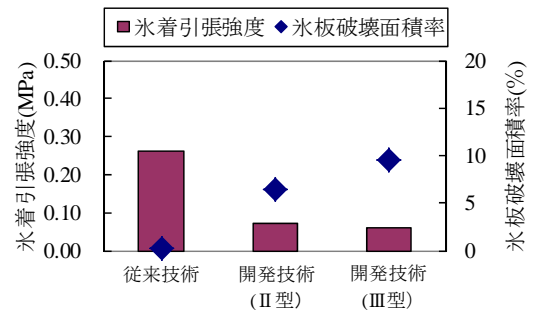


図-4 混合物の凍結抑制効果



写真-2 試験施工の施工状況

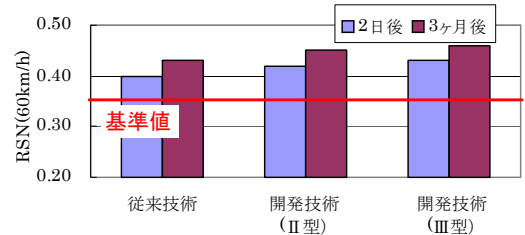


図-5 すべり抵抗性測定結果

表-7 実道での施工概要

工事名	川口地区凍結抑制舗装その4工事
施工日	2014年10月23日
工種	切削オーバーレイ工 (t=5cm)
面積	350m ² (3.5m×100m)
場所	新潟県長岡市東川口地先(国道17号)

表-8 混合物の詳細（実道での施工）

混合物の種類	アスファルト		ゴム添加量* (質量%)	骨材の通過質量百分率 (%) (ふるい目の開き: mm)				
	種類	アス量 (%)		19.0	13.2	4.75	2.36	0.075
開発技術(Ⅲ型)	改質Ⅲ型	7.4	5.0	100.0	99.9	47.0	40.6	11.7

* アスファルト混合物を100とした時の内添加

5-2. 製造・施工

製造は、通常の定置式アスファルト合材工場にて行った。混合物の製造および施工温度の目標値は表-9 に示す通りであり、いずれも満足していた。施工状況を写真-3 に示す。

5-3. 施工結果

(1) 施工性および物性試験結果

製造・施工の品質および出来形管理結果を表-10 に示す。本施工の施工性は良好で、切取りコアの締固め度は、99.9%であった。また、平坦性、すべり抵抗性、混合物性状（すり減り量、塑性変形輪数）および氷着引張強度も表-10 に示す目標値を満足した。

(2) 凍結抑制効果の確認

施工3ヶ月後の冬期の供用状況を写真-4 に示す。交通条件の違いはあるが、反対車線の一般舗装と比較し、路面の雪氷を破碎・除去している様子が見られ、凍結抑制効果が発揮されていると思われた。

6. まとめ

本研究の結果から得られた知見を以下に示す。

- (1) 室内の氷板破壊試験結果から、天然ゴムを主成分とする粒径8-1mmのゴムチップを5%添加することで、従来ゴムやその他ゴムチップと比較して、高い氷板破碎効果が得られることを確認した。
- (2) 混合物の耐久性試験結果から、開発技術(Ⅲ型)の耐久性は、従来技術と比較して向上したが、開発技術(Ⅱ型)は若干低下した。このことから、開発技術のアスファルトには改質Ⅲ型の使用が望ましいと判断した。
- (3) 構内試験施工の結果、開発技術(Ⅱ型)、開発技術(Ⅲ型)ともに、施工性および供用性は良好であった。
- (4) 開発技術(Ⅲ型)の実道での施工の結果、施工性は良好であり、品質・出来形の目標値を満足した。

7. おわりに

氷板破碎効果の向上を目的にゴムチップの材質や添加量、アスファルトの種類を検討した結果、従来技術と同等以上の耐久性を有し、氷板破碎効果を向上させた混合物が開発できた。今後は、新潟県長岡市の国道17号で施工した現場および現道での供用性、凍結抑制効果の確認が必要と考えている。

【参考文献】

- 1) 財務省理財局たばこ塩事業室:「塩需給実績」http://www.mof.go.jp/tab_salt/reference/salt_result/index.htm
- 2) 凍結抑制舗装技術研究会: 凍結抑制舗装ポケットブック, 2014.10
- 3) ゴム粒子入り凍結抑制舗装振興会: ゴム粒子入り凍結抑制舗装 ルビット舗装技術資料, 2014.6
- 4) 国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所ホームページ:記者発表資料
<http://www.hrr.mlit.go.jp/hokugij/press/983/index.html> (2015年2月25日現在)
- 5) 小栗直幸, 中塚将志: ゴム粒子を用いた物理系凍結抑制舗装の効果向上に関する一検討, 第28回日本道路会議論文集, 2009.10
- 6) 独立行政法人土木研究所: 平成22年度重点プロジェクト研究報告書 9.2 舗装路面の性能評価法の高度化に関する研究 (1)

表-9 製造および施工時の目標温度

製造	敷均し (AF)	初期転圧 (マカダムローラ)	二次転圧 (水平振動ローラ)	仕上げ転圧 (タイヤローラ)
180~185	170±10	155±10	115±10	90程度



写真-3 実道での施工状況(国道17号)

表-10 品質および出来形管理結果

試験項目	単位	測定値	目標値	
締固め度	%	99.9	96.5以上 ^{※1}	
平坦性	IWP	mm	1.42	2.4以下 ^{※1}
	OWP	mm	1.39	2.4以下 ^{※1}
すべり抵抗性	(BPN)	BPN(20℃)	73	60以上 ^{※2}
	(DFT)	μ(60km/h)	0.40	0.35以上 ^{※2}
すり減り量	cm ²	0.48	1.3以下 ^{※2}	
塑性変形輪数	回/mm	3,000	1,500以上 ^{※3}	
氷着引張強度	MPa	0.25	0.5以下 ^{※3}	

※1: 国土交通省の品質および出来形管理基準の規格値

※2: 社内目標値

※3: 本工事の特記仕様書による規格値



写真-4 凍結抑制舗装の追跡結果