

防滑材の再利用に関する試験調査

宮本 修司* 森田 英俊** 倉内 圭*** 阿部 英樹****
舟橋 誠***** 高橋 尚人***** 浅野 基樹*****

1. 調査の目的

スパイクタイヤ使用規制以降、砂や碎石等の防滑材の散布量が急激に増加し、北海道開発局における防滑材の散布量は、平成14年度（2002年度）には過去最高の約6万トンとなった。これは、スパイクタイヤ使用規制が始まった平成3年度（1991年度）の約35倍（図-1）に達する。特に旭川開発建設部では、平成14年度の防滑材の散布量が約1万7千トンと全道の28%を占め、網走開発建設部に次いで2番目の散布量となっている。このような散布量の増加は、道路の維持管理費用の増加要因の一つであり、さらに散布した防滑材は、春期の路面清掃作業で回収し、産業廃棄物として処理しているが、処理量の増加や処理単価の高騰などにより処理に掛かる費用も増加している。

他方、高規格幹線道路や都市内の幹線道路を中心に排水性舗装の施工事例が増えており、防滑材の散布は排水性舗装の目詰まりの原因となる可能性もある。

このような背景から、旭川開発建設部及び当研究所では、平成15年度より防滑材の再利用に関する試験調査を行っている。

本稿は、それら試験調査の結果を報告するものである。

2. 防滑材の再利用¹⁾

旭川開発建設部上川道路維持事業所では、防滑材として焼碎石7号を散布し、散布した防滑材は、路面清掃車で回収し産業廃棄物として処分している。しかしながら、近年防滑材の散布量が増加しており、それに伴って処理費も増加している。そこで、維持工事における建設リサイクルの推進及びコスト縮減を目的に、平成15年度より回収した防滑材の再利用（以下、再利用材と記す）を試行している。

再利用に当たっては、防滑材を路側から回収し、水分を含んだ状態でふるい分けを行い、粒度を2.5mm～6.5mmの範囲に調整した。しかし、防滑材を乾燥させてから、再度ふるい分けを行ったところ2.36mmふるいの通過重量が40%も存在していた（図-2）。

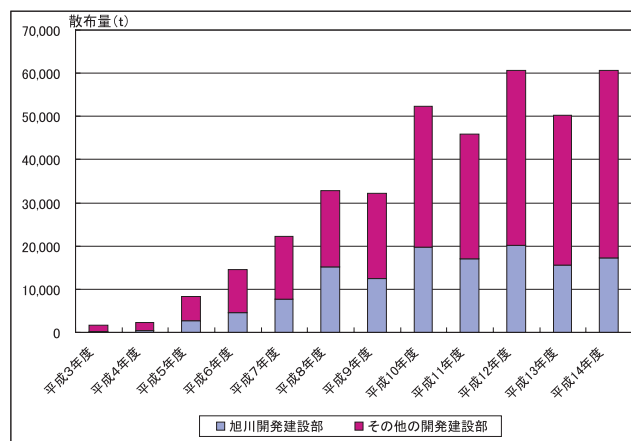


図-1 北海道開発局旭川開発建設部とその他の開発建設部の防滑材散布量の推移

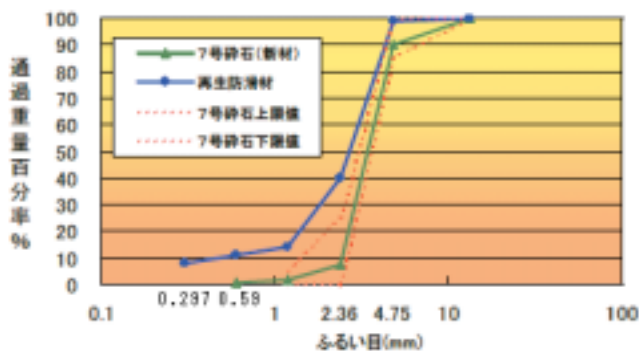


図-2 砕石と再利用材の粒度分布

これは、ふるい分け作業を行う際、水分を含んだ状態で作業を行ったことや、ふるい分け作業後に水洗浄を行っていないため、粒径の大きいものに付着した細粒分を含んでいることが原因と考えられる。

再利用材の含水比は、回収した時点で6.7%～9.0%であった。これに対して、砕石は納入時に加熱処理しているため、ほとんど水分を含んでいない。

3. 再利用材の試験

再利用材の散布効果や使用上の問題点を明らかにするため行った各種試験の概要及び結果を以下に紹介する。

3.1 試験対象の防滑材

今回試験対象とした防滑材は、新しい砕石（写真-1：以下、砕石と記す）、再利用材と砕石を一对一の

割合で混合したもの（写真 - 2：以下、混合材と記す）、再利用材（写真 - 3）の3種類とした。これらは実際に使用している防滑材を、上川道路維持事業所より提供されたものである。

3. 2 機械散布作業性試験

再利用材は、水分や細粒分を含んでいるため、散布装置の容器に防滑材が付着したり、防滑材が結合して団塊状になり、散布装置内で目詰まりを引き起こす可能性がある。そこで、再利用材を砕石と同様に機械で散布することが可能であるかどうかを、簡易散布機（写真 - 4）を用いて試験を行った。簡易散布機は、粒状散布材をホッパーから回転円盤へ自然落下させ、円盤の遠心力によって飛ばし、路上に粒状散布材を散布する仕組みになっており、これは実際に使用している散布車と同じ方法である。

3. 2. 1 試験方法

各防滑材を簡易散布機に入れ、簡易散布機の吐出量を最大にして、1.65m×5.00mのシート上に散布し、シート上に散布された防滑材の重量を計測した。

3. 2. 2 試験結果

試験結果を表 - 1 に示す。砕石と比較して混合材の散布量は約90%、再利用材の散布量は約40%の散布量となった。

3. 2. 3 考察

再利用材は、同じ吐出量に調整しているにも関わらず、砕石や混合材よりも散布量が少なかった。このことから、再利用材をそのまま散布すると散布機械類の目詰まりを起こす可能性がある。これは、再利用材は、付着している細粒分や水分が多いため、団塊状になりやすいことが原因と考えられる。

そのため、再利用材を機械散布するには、以下に示す作業のいずれかを実施する必要があると考えられる。

ふるい分け作業の実施後、水洗いを行い、細粒分を取り除き乾燥させる。

再利用材と砕石を混合して、混合材として使用する。

表 - 1 防滑材散布試験の結果

防 滑 材	簡易散布機で、1.65m×5.00mの範囲に散布された各防滑材の重量	1㎡当たり換算値	各防滑材の散布された重量と砕石の散布された重量との割合
砕 石	840g	101.82 (g/㎡)	1.000
混 合 材	745g	90.3 (g/㎡)	0.887
再 利 用 材	350g	42.42 (g/㎡)	0.417



写真 - 1 試験対象防滑材（砕石）



写真 - 2 試験対象防滑材（混合材）



写真 - 3 試験対象防滑材（再利用材）



写真 - 4 簡易散布装置

3. 3 室内低温保管試験²⁾

砕石は納入前に水分を取り除いた状態で納入されているが、再利用材は回収した時点での含水率は6.7%～9.0%であり、使用前に水分調整は行っていない。そのため北海道のような低温地域では、温度調節ができる保管庫に保管する場合を除き、保管時に防滑材が凍結する可能性がある。防滑材の凍結状態は、温度や含水比によって状況が異なると考えられ、凍結によって防滑材が団塊状になると散布を行うことが不可能となる。

そこで、各防滑材の水分と凍結状態の関係を把握するため、室内低温施設を用いて試験を行った。

3. 3. 1 試験方法

試験は、コンクリート骨材試験方法に従い水分を調整した防滑材と、水分調整を行っていない防滑材をチャック付きのポリエチレン袋に200g入れ、一定温度の低温施設内で24時間放置し、その変化を目視によって評価した(写真-5)。また、試験が終了した段階で、各試料の含水率、吸水率、表面水率についてもそれぞれ求めた。

試験条件を以下に示す。

試験対象の防滑材：砕石、混合材、再利用材

防滑材の水分：水分未調整、絶乾状態、表乾状態、湿潤状態

試験温度：0、-10、-20

放置時間：24時間

3. 3. 2 含水率測定結果

各防滑材の含水率測定結果を表-2に示す。

水分未調整の砕石は、含水率が0.85%でほぼ絶乾状態であった。

水分未調整の混合材と再利用材の含水率は、それぞれ2.05%と3.64%で、絶乾状態と表乾状態の中間の気乾状態であった。即ち、表面は乾いているが、内部には水を含んでいる状況であった。

水分未調整の再利用材の含水率は、3.64%となっており回収した時点よりもかなり低くなっている。これは、回収後、自然乾燥した可能性があるが、再利用材の保管方法や採取位置などでも違いがあると考えられる。

再利用材は、砕石の3倍以上の吸水率となっている。

表面水率を見ると、再利用材が最も多く砕石が最も少ない。これは、再利用材は水洗いを行っていないため、細粒分が砕石よりも多く含まれ(図-2)、表面水を吸着しやすいためと考えられる。



写真-5 防滑材保管室内試験の状況

表-2 防滑材の含水率測定結果

状態	材料名称	終了時 (g)	乾燥時 (g)	水分 (g)	含水率 (%)	吸水率 (%)	表面水率 (%)
水分未調整	砕石	200.98	199.29	1.69	0.85		
	混合材	198.68	194.69	3.99	2.05		
	再利用材	198.02	191.07	6.95	3.64		
絶乾状態	砕石	199.71	198.62	1.09	0.55		
	混合材	200.93	200.12	0.81	0.40		
	再利用材	199.44	198.73	0.71	0.36		
表乾状態	砕石	194.00	189.82	4.18	2.20	2.20	
	混合材	186.50	179.46	7.04	3.92	3.92	
	再利用材	185.00	171.86	13.14	7.65	7.65	
湿潤状態	砕石	192.36	185.81	6.55	3.53		1.29
	混合材	192.70	179.90	12.80	7.12		3.07
	再利用材	185.16	163.49	21.67	13.25		5.21

表-3 防滑材室内保管試験の結果

状態	材料名称	0℃			-10℃			-20℃		
		試料1	試料2	試料3	試料1	試料2	試料3	試料1	試料2	試料3
絶乾状態	砕石	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	混合材	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	再利用材	○	○	○	○	○	○	○	○	○
水分未調整	砕石	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	混合材	○	○	○	○	○	○	△	△	△
	再利用材	○	○	○	×	×	×	×	×	×
表乾状態	砕石	○	○	○	×	×	×	×	×	×
	混合材	○	○	○	×	×	×	×	×	×
	再利用材	○	○	○	×	×	×	×	×	×
湿潤状態	砕石	○	○	○	×	×	×	×	×	×
	混合材	○	○	○	×	×	×	×	×	×
	再利用材	○	○	○	×	×	×	×	×	×

○:変化無し
△:一部凍結 散布に支障なし
×:凍結 散布に支障有り

3. 3. 3 保管状態室内試験結果

保管状態室内試験の結果を表-3に示す。

絶乾状態では、全ての防滑材について凍結が発生しない。

表乾状態と湿潤状態では、全ての防滑材について、-10と-20で凍結が発生する。

水分未調整については、-10と20の条件で再利用材のみ凍結が発生した。

混合材については、-20では、材料同士がごく弱く結合していたが、その結合は室温で直ちに離れた。

3. 3. 4 考察

再利用材の含水率が、回収時点よりもかなり低くなっていたことから、保管状態によっては自然乾燥も有効と考えられる。

吸水率及び表面水率を測定した結果、再利用材は、碎石よりも多く水分を吸収、吸着する。これは、濡れやすく乾きにくいことを示している。

防滑材の保管時の凍結防止に水分調整が有効であるが、水分未調整の状態では凍結が発生した。このことから、再利用材を問題なく使用するためには、春先に防滑材を回収した後、天日乾燥や加熱処理を行い、含まれる水分を調整する必要がある。水分未調整の防滑材に含まれる水分は、いずれも表乾状態と絶乾状態の中間にあった（気乾状態）。気乾状態は、内部に水分を有しているが、表面は乾燥しているため、目視によって絶乾状態と区別することが難しい。再利用材は、この状態でも保管試験では凍結している。このことから、再利用材は、目視によって保管時に凍結が発生するか否か判断をすることが難しい。

水分未調整の再利用材は -10 と -20 で凍結し使用不可能であったが、混合材は実際の散布には支障が生じない程度のごく弱い凍結が生じただけであった。このことから、再利用材に碎石を混合させて使用することも有効な方法である。

3. 4 散布効果試験

再利用材と混合材の散布効果を碎石と比較するため、北海道開発土木研究所所有の苫小牧寒地試験道路に凍結路面と圧雪路面を作成し（図 - 3）、散布後のすべり摩擦係数を北海道開発土木研究所所有のすべり試験車で測定した。

3. 4. 1 試験方法

試験は各防滑材を散布し、実際の道路交通状態に近づけるため車両を走行させ、一定台数が通過した後、すべり試験車ですべり摩擦係数を測定した。試験条件は以下の通りとし、散布量は旭川開発建設部の標準散布量 $230 \text{ g} / \text{m}^2$ を基本に、その前後の値を設定した。

散布量： $200 \text{ g} / \text{m}^2$ 、 $250 \text{ g} / \text{m}^2$

散布手法：乾式散布、湿式散布（防滑材の20%重量の水で湿式散布）

散布方法：簡易散布装置による散布

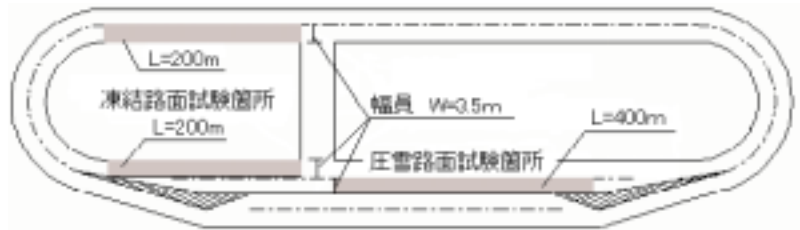


図 - 3 寒地試験道路内防滑材散布効果試験箇所

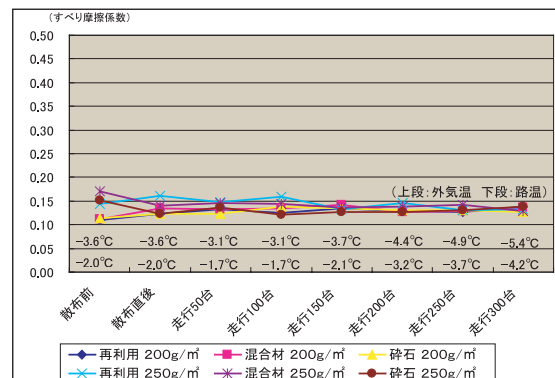


図 - 4 散布効果調査の結果（凍結路面乾式散布）

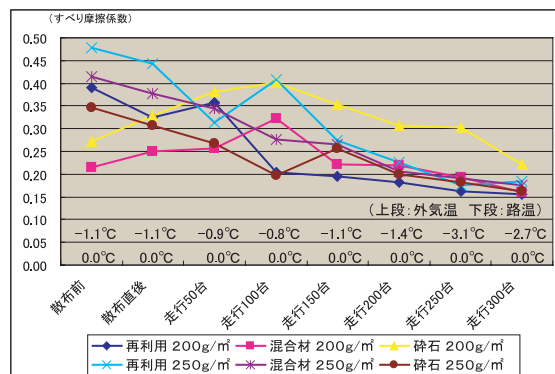


図 - 5 散布効果調査の結果（圧雪路面乾式散布）

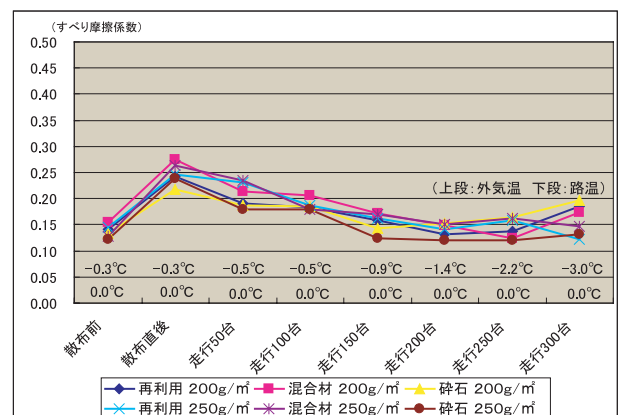


図 - 6 散布効果調査の結果（凍結路面湿式散布）

すべり摩擦係数測定時期

(走行車両が以下の台数通過する毎に測定)

: 走行前後、50台、100台、150台、
200台、250台、300台

すべり摩擦係数測定速度：40km/h

路面状況：凍結路面、圧雪路面

走行車両のタイヤ：スタッドレスタイヤ

3. 4. 2 試験結果

試験結果を図 - 4 ~ 図 - 7 に示す。

乾式散布は、防滑材の路面への付着性が悪いため、すべり試験車の走行によって防滑材が飛散し、防滑材の散布前後ですべり摩擦係数が変化しなかった(図 - 4、図 - 5)。

また、圧雪路面での試験(図 - 5)については、車両の走行とともにすべり摩擦係数が低下する傾向も見られた。

凍結路面の湿式散布では、全ての防滑材について散布直後のすべり摩擦係数が0.15から0.25に向上した(図 - 6)。

圧雪路面の湿式散布では、散布前のすべり摩擦係数が0.35であった箇所は、すべり摩擦係数が向上したが、散布前のすべり摩擦係数が0.45であった箇所は、散布前後ですべり摩擦係数が変化しなかった(図 - 7)。

3. 4. 3 考察

散布効果の面から見ると、再利用材及び混合材は、通常用いられている砕石と同等の散布効果がある。湿式散布は、凍結路面への付着性を高め、散布効果の向上に有効であり、積極的に活用することが望ましい。

4. 今後の課題

今回の調査では、再利用防滑材の使用に当たっての作業性と散布効果について試験を行った。防滑材の散布については、この他にも以下に示す様な課題があり、今後さらなる試験調査が必要である。

4. 1 散布方法と散布効果の確認

苫小牧寒地試験道路で行った試験の結果、防滑材をそのまま散布する乾式散布では、散布した防滑材が飛散し、防滑材が路面にほとんど定着しなかった。現在、北海道開発局の維持請負業者の約20%が乾式散布を行っており、新材を使用する場合、再利用材を使用する場合を問わず、散布効果と散布方法の関係を確認することが必要である。

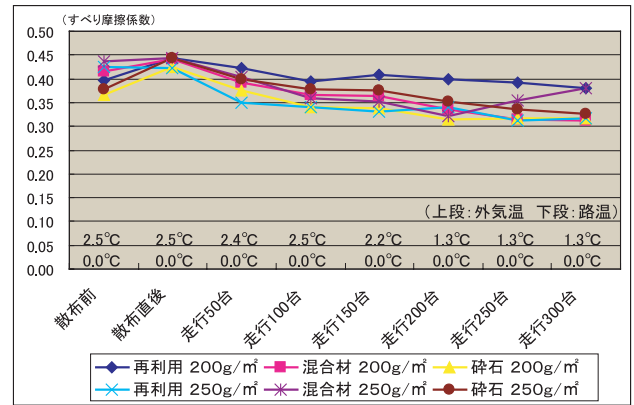


図 - 7 散布効果調査の結果(圧雪路面湿式散布)

4. 2 適正な散布量の検討

防滑材の散布量は、冬期路面管理マニュアル(案)で150g/m²~350g/m²とされている。この散布量について、維持請負業者の約9割が散布量を適宜変えているとしており、その判定根拠として約8割が路面状態を最も重視している。この様に、実際の散布現場では路面状態によって散布量を変えているが、路面状態別の散布基準や散布量は提案されていない。このことから、今後は路面状態と散布効果との関係を定量的に把握し、路面状態別の適正な散布量を定める必要がある。

4. 3 砂の再利用

今回の調査では7号砕石の再利用について検討したが、北海道開発局全体では7号砕石を使用している維持請負業者が37%に対して、焼砂を使用している維持請負業者が53%、両方使用している維持請負業者が10%となっている。このように実際には焼砂を使用している維持請負業者が過半数を占めていることから、7号砕石ばかりではなく、焼砂の再利用も検討する必要がある。

4. 4 散布による二次的影響の確認

防滑材の散布によって、春期の路面清掃(排水構造物清掃)の作業量増加や排水性舗装の機能低下の原因になることが懸念されている。

そこで旭川開発建設部では、防滑材の散布と春期路面清掃との関係調査及び、排水性舗装の排水機能調査や、舗装コアの採取等を行い防滑材の散布が排水性舗装へ与える影響を調査する予定である。

また有害物質については、適用する環境上の基準や測定方法も課題である。

今後、散布に伴う二次的影響について、各種調査を行い、影響を客観的にとらえる必要がある。

参考文献

- 1) 倉内圭, 阿部英樹, 森田英俊: 維持工事における再生資源の活用 - 防滑材の再利用について -, 第47回(平成15年度)北海道開発局技術研究発表会
- 2) 笠井芳夫, 池田尚治: コンクリートの試験方法, 技術書院
- 3) 宮本修司, 高橋尚人, 浅野基樹: 各種すべり止め材の散布効果試験, 第47回(平成15年度)北海道開発局技術研究発表会
- 4) 久保宏: 国道における路側堆積粉塵の粒度分析, 土木試験所月報 No.359 1983年4月
- 5) 北海道開発局: 冬期路面管理マニュアル(案), 平成9年11月
- 6) 舟橋誠, 宮本修司, 高橋尚人, 浅野基樹: 加速度計を用いた雪氷路面のすべり摩擦係数の測定と課題, 第19回寒地技術シンポジウム, 2003年11月



宮本 修司*

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
研究員



森田 英俊**

国土交通省
北海道開発局
旭川開発建設部
道路第2課
維持係長



倉内 圭***

国土交通省
北海道開発局
旭川開発建設部
上川道路維持事業所
技術主任



阿部 英樹****

国土交通省
北海道開発局
網走開発建設部
網走道路事務所
工事課
計画係長



舟橋 誠*****

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
研究員



高橋 尚人*****

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
主任研究員



浅野 基樹*****

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
室長
技術士(建設・総合)