

舗装切削材の凍上抑制層への利用に向けた検討

Study on the use of pavement cutting material for frost heave control layer

(株) ネクスコ・エンジニアリング北海道 ○正員 堀田友基 (Tomoki Hotta)

(株) ネクスコ・エンジニアリング北海道 正員 松本大輔 (Daisuke Matsumoto)

東日本高速道路(株)北海道支社 正員 山下 岳 (Gaku Yamashita)

1. はじめに

凍上抑制層(路床材等)に使用する材料は、主として砕石や砂利が用いられ、所定の CBR 値および非凍上性材料であることが求められる。今後 4 車線化事業が展開される道東自動車道(占冠～十勝清水間)近郊の骨材プラント調査では、凍上性判定において不適合となる骨材プラントが半数(6 件中 3 件)に達する。そのため、凍上性を満足する一部のプラントに材料調達が集中し、供給不足や価格高騰のリスクが懸念される。

一方、北海道支社管内の高速道路の舗装補修工事では、年間約 45,000 トン(20,000m³)もの舗装切削材(写真-1)が発生するが、その大部分は再資源化施設への受入れ等がされている。そこで、舗装切削材を路床材等に利用が可能か検討することとした。

本報文では、舗装切削材の物理・力学特性を確認し、粒度改良等による改善効果を評価したので報告する。



写真-1. 舗装切削材

2. 舗装切削材の品質確認

2.1 室内試験の概要

室内試験は、舗装補修工事で発生する舗装切削材を用いて、粒度試験、突き固めによる土の締固め試験、CBR 試験、凍上性判定のための土の凍上試験(NEXCO112¹⁾、JGS0172¹⁾、特定有害物質溶出量試験等を実施した。また、試験に使用した舗

装切削材は、高機能舗装Ⅱ型(As:改質アス)、高機能舗装Ⅰ型(As:高粘度改質アス)、密粒舗装(As:ストアス)の3種類を対象とした。

2.2 室内試験の試験結果

(1) 粒度試験

舗装切削材の粒度分布は、3種類とも同様の傾向となっている。図-1に代表して高機能舗装Ⅱ型の粒度分布を示す。図-1から単粒度の傾向であることや0.3mm以下の細砂分が少ない傾向が確認でき、アスファルト混合物の生成時に含まれている細砂分が少なくなっている。これは、アスファルトの被膜により細砂分が粗骨材に付着しているためと考えられる。

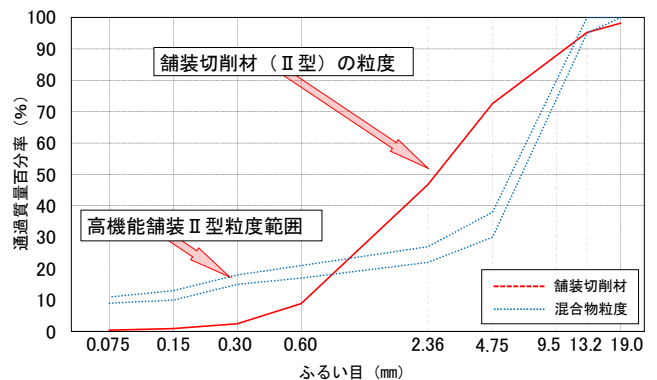


図-1. 舗装切削材の粒度分布(高機能舗装Ⅱ型)

(2) 突き固めによる土の締固め試験(E法)

舗装切削材の最大乾燥密度は、高機能舗装Ⅱ型で1.970g/cm³、高機能舗装Ⅰ型で1.899g/cm³、密粒舗装で1.846g/cm³の結果となり、切込砕石等と比べ低めの傾向であった。

表-1. 舗装切削材の最大乾燥密度

	最大乾燥密度(g/cm ³)
舗装切削材 高機能舗装Ⅱ型	1.970
舗装切削材 高機能舗装Ⅰ型	1.899
舗装切削材 密粒舗装	1.846
(参考)切込砕石 40-0 A社	2.313

(3) CBR 試験

舗装切削材の修正 CBR (95) は、高機能舗装Ⅱ型で 8.4%、高機能舗装Ⅰ型で 16.5%、密粒舗装で 6.3%の結果となった。なお、NEXCO 東日本の設計要領では、上部路床に用いられる路床材の基準として 10%以上が要求されており、試験結果から、「基準を満たしていない」もしくは「満足しているが基準値に近い」ことがわかった。

表-2. 舗装切削材の修正 CBR 値

	修正CBR(95) (%)
舗装切削材 高機能舗装Ⅱ型	8.4
舗装切削材 高機能舗装Ⅰ型	16.5
舗装切削材 密粒舗装	6.3
(参考)切込碎石 40-0 A社	102.5

(4) 凍上性判定のための土の凍上試験

舗装切削材の凍上性は、3 種類いずれも、凍上性判定 (NEXCO112¹⁾、JGS0172¹⁾) で基準値を満足しており、非凍上性材料であることを確認した。なお NEXCO 試験方法に定める凍結様式とは表-4 に示すとおりである。

表-3. 舗装切削材の凍上試験結果

舗装切削材	凍上試験 NEXCO112		凍上試験 JGS0172
	凍結様式	凍結膨張率 (%)	凍上速度 (mm/h)
舗装切削材 高機能舗装Ⅱ型	1	0.25	0.05
舗装切削材 高機能舗装Ⅰ型	1	0.20	0.03
舗装切削材 密粒舗装	1	0.28	0.05
規格値	1のみ	5%未満	0.1未満

表-4. 凍結様式

様式番号	凍 結 様 式	凍結形態	説 明
1	コンクリート状凍結		【氷晶がまったく認められない】 氷の結晶が土の中に無数に、ランダムに混入して混ざっているように見える。
2	無層氷晶を含む コンクリート状凍結		【一部に氷晶がこまかく入っている】 土の中に氷の結晶が無数に分布し、その中に土から水分が析出した小さい氷層として一部混在している。
3	無層氷晶状凍結		【氷晶が非常にこまかく、認めれに入っている】 粒状の水の結晶として、土の中に分布している。
4	層状凍結		【1~2mm 厚程度の氷晶が無数に入っている】 1~2mm 厚程度で、おおよそ水平方向に氷晶が入っているものが多く氷晶はほとんど透明な氷の層で隣同士と局部的に隣れる傾向ももっている。
5	層状凍結		【層状の凍結したもの】 地裏における層状と同様のものが土中に凍結したもので、地下水位の供給を受け、大きな凍上量を生ず。

(5) 特定有害物質溶出量

特定有害物質溶出量は、カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、水銀、セレン、ふっ素、ほう素について確認を行った。溶出量試験の結果、3 種類いずれも、土壤汚染対策法に定める基準値を満足していることを確認した。

表-5. 特定有害物質溶出量試験結果

	カドミウム (mg/L)	鉛 (mg/L)	六価クロム (mg/L)	砒素 (mg/L)	総水銀 (mg/L)	セレン (mg/L)	ふっ素 (mg/L)	ほう素 (mg/L)
舗装切削材 高機能舗装Ⅱ型	< 0.0003	< 0.001	< 0.005	0.001	< 0.0005	< 0.001	< 0.08	< 0.1
舗装切削材 高機能舗装Ⅰ型	< 0.0003	< 0.001	< 0.005	0.003	< 0.0005	< 0.001	< 0.08	< 0.1
舗装切削材 密粒舗装	< 0.0003	< 0.001	< 0.005	0.002	< 0.0005	< 0.001	< 0.08	< 0.1
規格値	0.003以下	0.01以下	0.05以下	0.01以下	0.0005以下	0.01以下	0.8以下	1以下

(6) 品質確認の評価

凍上性、特定有害物質溶出量については、基準を満足しており問題ない。一方、修正 CBR が低い値を示しており路床材として使用するには課題がある。

修正 CBR が低い要因として、細砂分が少なく骨材同士が噛み合わないことで、締固めにくく密度が低いためと考えられる。そのため、舗装切削材を路床材などに利活用するには、粒度調整などの改善が必要である。

3. 締固め不足の改善検討 (粒度調整)

3. 1 検討概要

舗装切削材の修正 CBR が低いことから、路床材等への単独利用が難しい。そこで、切込碎石を一定の割合で混合して、CBR 値に改善効果があるか確認した。

なお、検討に使用する舗装切削材には、北海道支社管内の表層で 8 割以上を占め、今後の舗装切削材の大部分となる高機能舗装Ⅱ型を選定した。

また、切込碎石には、JGS0172 による凍上速度から、「凍上性が中位」となったもの (凍上性材料) を使用し、非凍上性材料である舗装切削材と混合することにより、凍上性のある切込碎石の凍上性が低減されるか等の改善効果についても確認した。



図-2. 混合イメージ図

3. 2 使用材料

混合に使用した材料を表-6 に、混合割合を、表-7 に示す。

表-6. 使用材料

使用材料	材料種類	凍上速度 (mm/h)	凍上性
舗装切削材	高機能舗装Ⅱ型	0.05	凍上性低い
切込碎石 (A社)	40-0	0.11	凍上性中位
切込碎石 (B社)	40-0	0.10	凍上性中位

表-7. 混合の割合

混合割合	
混合①	舗装切削材 (50%) + 切込碎石 (50%)
混合②	舗装切削材 (25%) + 切込碎石 (75%)

3. 3 混合材料の試験結果

(1) 粒度試験

混合材料と舗装切削材の粒度分布を図-3 に示す。粒度分布は、混合①、②の材料は、いずれも細砂分の増加が確認でき、単粒度から粒度曲線が比較的均等な傾向に改善されていることがわかる。

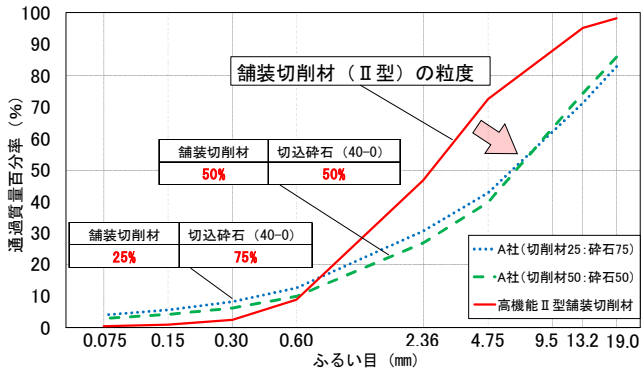


図-3. 舗装切削材と混合材の粒度分布

(2) 突き固めによる土の締固め試験 (E 法)

混合材料の最大乾燥密度は、混合①, ②いずれも舗装切削材と比べ増加した結果である。

表-8. 混合材料の最大乾燥密度

	最大乾燥密度 (g/cm ³)	
	A社	B社
混合① 切削50: 砕石50	2.120	2.035
混合② 切削25: 砕石75	2.227	2.090
(参考) 舗装切削材 単体	1.970	

(3) CBR 試験

CBR 試験結果を図-4 に示す。舗装切削材のみの場合で8.4%と低い CBR 値であったが、切込砕石と混合することで CBR 値を増加させることが確認できた。また、舗装切削材の混合割合が小さくなるにつれて、CBR 値が増加する傾向である。

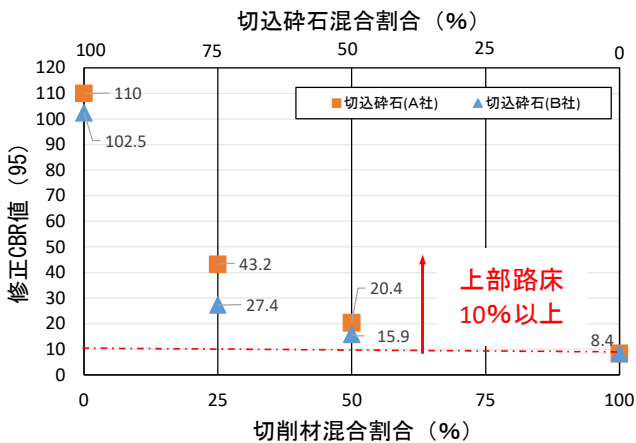


図-4. CBR 試験結果

(4) 凍上性判定のための土の凍上試験

凍上試験は、NEXCO112¹⁾より厳しめの凍上判定となる JGS0172²⁾で確認を行った。凍上試験結果を図-5 に示す。「凍上性が中位」の判定であった切込砕石にアスファルト切削材を混合した結果、凍上速度が低くなる結果が得られた。また、アスファルト切削材の混合割合を増やすことで、凍上速度は低くなる傾向が見られるが、混合割合が 50%程度になるとそれ以上の低減効果は見られなかった。

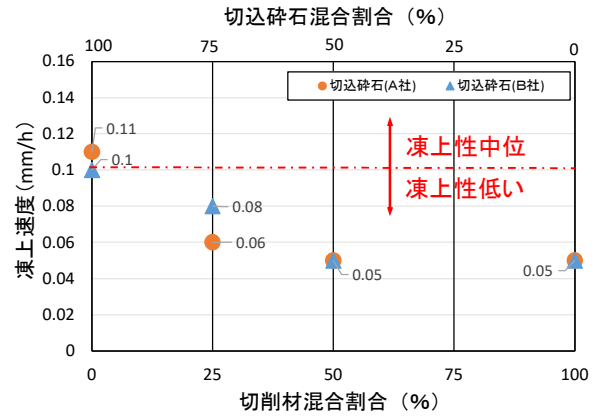


図-5. 凍上試験結果 (JGS0172)

4. 舗装切削材の適用性評価

舗装切削材の適用性を検討した結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 舗装切削材単体では、粒度特性より締固めにくいため、修正 CBR の基準を満足できない。
- (2) 舗装切削材に切込砕石を混合することで、粒度特性が改善され修正 CBR の基準を満足できる。
- (3) 混合する切込砕石は、凍上性材料と判定された材料であっても、舗装切削材との混合材とすることで、凍上性が低くなり、路床材等として適用できる可能性がある。

5. 今後の課題

既往の研究³⁾によれば舗装切削材を盛土に使用した場合、沈下を生じることが確認されている。本検討では、より舗装面に近い路床部での施工に向けた取り組みのため、今後は沈下の影響を確認する必要がある。

6. おわりに

今後事業が本格化する道東自動車道 (占冠～十勝清水間) の4車線化工事では、多量の凍上抑制層材料 (路床材等) が必要となるなか、再資源化施設への受け入れ等で処理されていた舗装切削材を活用することで、供給不足や価格高騰のリスクを低減できる可能性がある。また、使用不可であった凍上性不適合骨材も、舗装切削材と混合することで使用可能となる。以上のことから、建設副産物のリサイクル、地域骨材の有効利用など資源節減、価格高騰抑制などに貢献できると考える。

参考文献

- 1) NEXCO112 NEXCO 試験法 112 「凍上性判定のための土の凍上試験方法」
- 2) JGS0172 地盤工学会基準「凍上性判定のための土の凍上試験方法」
- 3) 地盤工学会北海道支部技術報告集第 59 号：アスファルト廃材を用いた盛土の沈下とアスファルト性状の関係について p117-122, 2019.1