

積雪寒冷地における他産業再生資材の適用性の検討について

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○大山 健太郎
正会員 安倍 隆二
正会員 木村 孝司

1. はじめに

他産業再生資材とは、建設産業以外の生産活動にともなう発生源を原料とした再生資材である。

平成24年度の全国の産業廃棄物排出量は、3億7,914万トンであり、3%にあたる約1,310万トンが最終処分されている¹⁾。

図-1に全国の産業廃棄物処理状況を示す。産業廃棄物は再生利用され減量化が進められているが、最終処分量は鉱さいで約5%程度、燃え殻、ガラス等のくず、ゴムくずで約25%程度有り、リサイクル推進の観点から積極的に活用していくことが望ましい。他産業再生資材を積雪寒冷地で活用するためには、環境安全性、品質、経済性、供給量を検討する必要がある。

本報告では、他産業再生資材を用いて、室内試験、試験施工および追跡調査を行い、積雪寒冷地における他産業再生資材の適用方法を検討した結果を報告するものである。

2. 他産業再生資材におけるの検討方法

舗装再生便覧²⁾に記載されている他産業再生資材を舗装用材料として活用する場合、①素材の安全性、②舗装材料としての性状、③製造、加工の問題点の有無、④供用性の安全性、⑤満足な供用性能の5項目を確認し、性能が満足すれば活用可能となっている。

積雪寒冷地で他産業再生資材を活用するためには、寒冷地特有な気象条件を考慮した凍上や凍結融解の影響も含めた性能の他に、リサイクルを促進するためには安定供給や経済性の検討も必要である。

今回検討を行った他産業再生資材は、ガラスカレット、焼却灰を利用した再生資材、熔融スラグ、鉄鋼スラグおよびホタテ貝（粉状）を用い検討した。なお、試験施工箇所における他産業再生資材の使用箇所については表-1により検討を行った。

3. 舗装用素材の安全性

他産業再生資材全般に共通する環境安全性の評価基準は、現在定められていない。環境基準を超える環境汚染物質が含まれる他産業再生資材を舗装材料に用いた場合は、地下水汚染、健康被害等などが考えられる。土壌汚染対策施行規則においては、第二種特定有害物質の溶出量と含有量が規定されている。

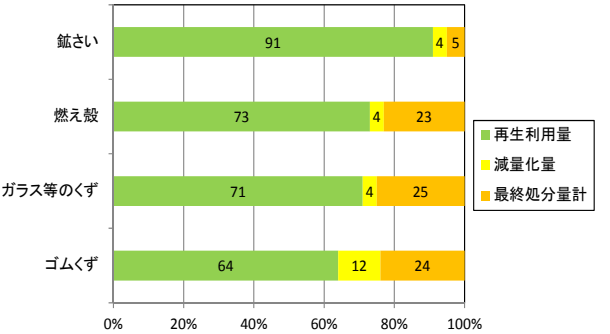


図-1 産業廃棄物処理状況

表-1 他産業再生資材の使用箇所

	ガラス	焼却灰	熔融スラグ	鉄鋼スラグ	ホタテ貝
表層混合物	—	—	○	○	○
下層路盤	—	—	○	—	—
凍上抑制層	○	○	—	—	—

表-2 溶出試験

重金属等（第二種特定有害物質）					
溶出試験	溶出基準 (mg/l)	ガラスカレット	焼却灰	熔融スラグ	鉄鋼スラグ
カドミウム及びその化合物	0.01以下	0.001	0.001	0.005	—
六価クロム化合物	0.05以下	0.002	0.044	0.04	—
シアン化合物	検出されないこと	不検出	不検出	不検出	—
水銀及びその化合物	0.0005以下	0.0001	0.00016	0.00002	—
アルキル水銀	検出されないこと	不検出	不検出	不検出	—
セレン及びその化合物	0.01以下	0.001	0.007	0.004	—
鉛及びその化合物	0.01以下	0.003	0.001	0.006	—
砒素及びその化合物	0.01以下	0.001	0.001	0.003	—
ふっ素及びその化合物	0.8以下	0.1	0.62	0.17	—
ぼう素及びその化合物	1以下	0.1	0.5	0.06	—

試験無し(—)

表-3 含有量試験

重金属等（第二種特定有害物質）					
含有量試験	含有量基準 (mg/kg)	ガラスカレット	焼却灰	熔融スラグ	鉄鋼スラグ
カドミウム及びその化合物	150以下	—	15	2	—
六価クロム化合物	250以下	—	25	2	—
シアン化合物	50以下	—	5	—	—
水銀及びその化合物	15以下	—	1.5	0.001	—
セレン及びその化合物	150以下	—	15	9	—
鉛及びその化合物	150以下	—	33	415	—
砒素及びその化合物	150以下	—	15	20	—
ふっ素及びその化合物	4,000以下	—	400	—	—
ぼう素及びその化合物	4,000以下	—	400	150	—

表-4 鉄鋼スラグ成分表

種類	CaO	SiO ₂	T-Fe
成分 (%)	45.8	11.0	17.4

表-5 ホタテ貝成分表

	炭素 (C)	酸素 (O)	カルシウム (Ca)
ホタテ粉末 (%)	12.0	43.6	43.8
石灰石粉 (%)	12.0	44.0	44.0
	ナトリウム (Na)	硫黄 (S)	ストロンチウム (Sr)
ホタテ粉末 (%)	0.2	0.2	0.1
石灰石粉 (%)	—	—	—

キーワード 積雪寒冷地、他産業再生資材、リサイクル、適用性

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 土木研究所 寒地土木研究所 TEL011-841-1747

舗装再生便覧では、スラグ類を含む他産業再生資材単体で有害物質の溶出量と含有量基準を満足することが望ましいとされている。

表-2に溶出試験結果を示す。鉄鋼スラグ以外の3つの他産業再生資材は土壤環境基準の基準値を満足していた。

表-3に含有量試験結果を示す。熔融スラグ以外は基準値を満足した。熔融スラグは鉛の項目が基準値を超えていたが、「JIS A 5032:2006 一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化した道路用熔融スラグ」では、“熔融スラグを他の道路用材料と配合したものによって当該基準を満足する場合は、この規格の適用を妨げるものではない”と記載されているため、熔融スラグ単体の使用を避け、道路用材料と混合（熔融スラグを最大30%の混合割合）し使用するものとした。尚、表-4に示す鉄鋼スラグ、表-5に示すホタテ貝（粉状）は成分表より含有量に関しては問題ないことを確認した。

4. 材料試験

他産業再生資材を舗装用材料として使用する場合は、積雪寒冷地に適用可能な性状が得られることが必要である。「北海道開発局 道路・河川工事仕様書」では積雪寒冷地で使用できる規格値が設けられており、材料試験は表層混合物、下層路盤材料、凍上抑制層材料としての適用を評価する試験を行った。

材料試験結果を表-6に示す。ガラスカレット、焼却灰および熔融スラグの凍上試験では、非凍上性が確認された。また、ガラスカレット、焼却灰の凍結融解後の支持力低下は一般的な粒状材料の CBR 保存率 70%と比較し同程度以上の値を示した。

ホタテ貝粉末を混合したアスファルト混合物の室内試験の結果を表-7に示す。ホタテ貝粉末を混合したアスファルト混合物および再生アスファルト混合物のチェーンラベリング試験では、通常混合物と比較し同程度以上の耐摩耗性が確認された。

5. 追跡調査結果

凍上抑制層および表層用混合物に他産業再生資材を用いた、試験施工箇所において、FWD試験およびわだち掘れ量の追跡調査を行った。凍上抑制層にガラスカレットを用いた工区と通常骨材を入れた比較工区を設けて融解期のたわみ量を確認した。図-2にガラスカレットを用いた工区のたわみ量を示す。融解期におけるガラスカレット工区は、比較工区と同等程度の支持力を有していることを確認した。

図-3に鉄鋼スラグを混合したアスファルト混合物のわだち掘れ量の経年変化を示す。一般的なアスファルト混合物よりもわだち掘れ量が小さく、耐摩耗性や耐流動性に優れていることが確認された。

6. おわりに

試験施工箇所における他産業再生資材の追跡調査を今後も行い現地データを蓄積し、積雪寒冷地における他産業再生資材の適用性について引き続き検討を進めたい。

参考文献

- 1) 環境省：平成24年度 産業廃棄物の排出・処理状況について、<http://www.env.go.jp/press/19022.html>
- 2) 社団法人 日本道路協会：舗装再生便覧、pp.116-122、平成22年11月

表-6 材料試験結果（ホタテ貝以外）

試験名	ガラスカレット	焼却灰	熔融スラグ	鉄鋼スラグ	規格値
比重・吸水率試験	表乾密度(g/m3)	-	-	2.68	2.50以上 (表層・基層・中間層)
	吸水率(%)	-	-	0.35	2.5%以下 (表層)
				0.83	30%以下 (表層・基層・中間層)
すり減り減量(%)	26.0	45.7	35.3(スラグ0%混合) 36.7(スラグ10%混合) 42.4(スラグ30%混合) 66.1(熔融スラグ資材)	11.1	45%以下 (路盤材)
安定性試験損失(%)	1.6	46.2	1.2	0.8	10%~12%以下 (表層・基層・中間層)
修正CBR試験(%)	-	116.1	87.0(スラグ0%混合) 28.0(スラグ10%混合) 47.0(スラグ30%混合)	-	30%以上 (路盤)
洗い試験(75μmフルイ通過量)	0.7	7.4	0.17	-	砕石:15%以下 砂利:9%以下 (路盤・凍上)
凍上試験	凍上率(%)	0.3	0.88	0.11	-
	凍上様式(段階1~6)	1	1	1	-
	凍結融解後のCBR(%)	22.3	81.4	15.1	-
	CBR保存率(%)	82.0	90.6	-	-

表-7 室内試験（ホタテ貝）

試験項目	石粉10μm (新材)	ホタテ5μm (新材)	ホタテ5μm (再生50%)	規格値
マーシャル安定度(KN)	9.0	11.4	10.9	4.9以上
水浸マーシャル安定度(KN)	-	9.2	8.9	-
残留安定度(%)	-	80.7	81.3	75.0以上
ホイールトラック試験 【動的安定度(回/mm)】	220	267	412	-
チェーンラベリング試験 【すりへり量(cm2)】	0.96	0.72	0.63	1.30以下

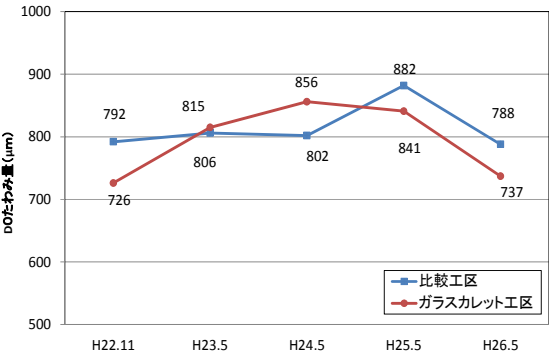


図-2 たわみ量（ガラスカレット）

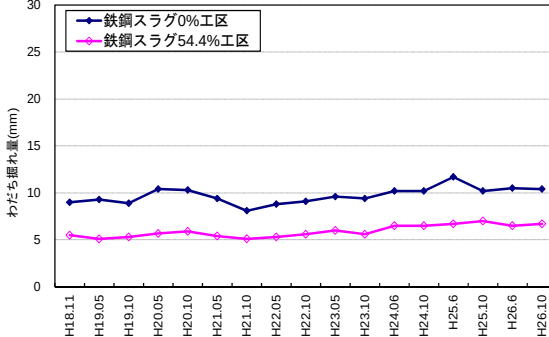


図-3 わだち掘れ量（鉄鋼スラグ）