

舗装材としての他産業再生資材及び再生路盤材の実態調査

堀内智司・寺田 剛・川上篤史・久保和幸

1. はじめに

近年、資源の有効活用、最終処分場の逼迫などを背景として、舗装発生材はもちろん、建設発生材や、建設以外から発生する他産業再生資材の活用の検討がなされている。しかし、他産業再生資材では、鉄鋼スラグ等はJIS規格¹⁾の規定がなされているが、まだJIS規格に規定されていない資材もあり、利用が促進されていない状況にあると考えられる。また、既往の実態調査²⁾から、セメントコンクリート塊由来の再生クラッシュランの粒度について、舗装再生便覧³⁾に記載された粒度範囲よりも細粒分が多いものが見られている。

そこで本研究では、適切なリサイクル促進や省資源化を図るため、他産業再生資材と再生路盤材の現状について実態調査を行った。具体的には以下の検討を行った。

- ・他産業再生資材を使用したアスファルト混合物の実態を調査するため、全国のアスファルト合材プラントを対象にアンケート調査を実施した。
- ・セメントコンクリート塊由来の再生クラッシュランの粒度について実態を再整理するとともに、細粒分が多い場合において、強度面及び環境面にどのような影響があるかを検討した。

2. 他産業再生資材の実態調査

アスファルト混合物に用いられる他産業再生資材の使用実態等について、全国の133箇所のアスファルト合材工場を調査対象としてアンケート調査を行った⁴⁾。調査対象とした合材工場の地域分布を表-1に示す。

表-1 調査対象とした工場数（地域別）

地域	工場数	地域	工場数
北海道	5	近畿	14
東北	16	中国	18
関東	25	四国	11
北陸	6	九州	22
中部	16	合計	133

他産業再生資材の使用実績の結果を図-1に示す。約半数で使用実績があり、使用傾向が高い地域は四国地方（約82%）、関東地方（約61%）、北海道（約60%）であることがわかる。

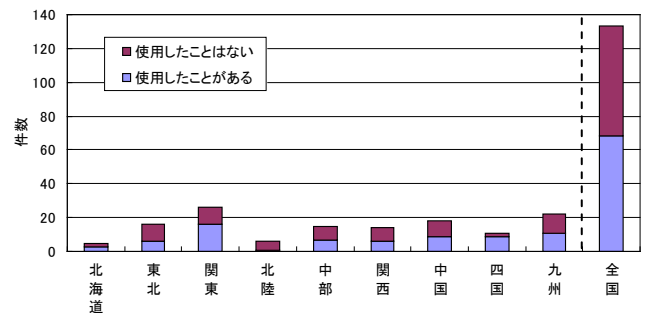


図-1 他産業再生資材の使用実績

また、使用した他産業再生資材の種類を図-2に示す。全国では、多い順に、一般廃棄物熔融スラグ（約58%）、ガラスカレット（約11%）、下水汚泥熔融スラグ（約10%）となっている。

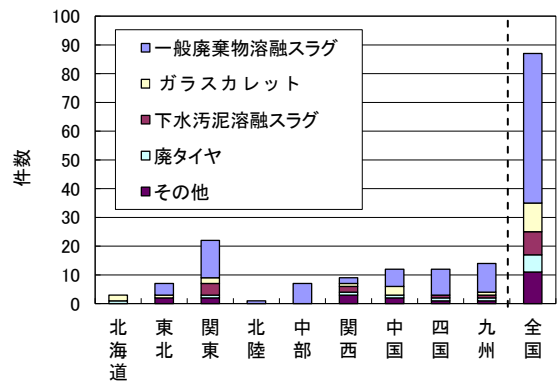


図-2 使用した他産業再生資材の種類

また、工場が立地している都道府県や市町村等で他産業再生資材を標準材料として仕様に規定されているか確認した結果を図-3、図-4に示す。仕様に規定されている地域で使用実績が多い傾向にあり、種類としては一般廃棄物熔融スラグが多いことがわかる。

ここで、他産業再生資材を使用した混合物の品質について課題を調査した結果、一般廃棄物熔融スラグやガラスカレットではく離抵抗性が低下す

る心配があるという回答が数件見られた。他産業再生資材の配合率が多くなるとアスファルト混合物のはく離抵抗性が低下する傾向があることから配合率を低くする³⁾ことや、必要に応じてはく離防止剤を使用する等、はく離対策を周知する必要があると考えられる。

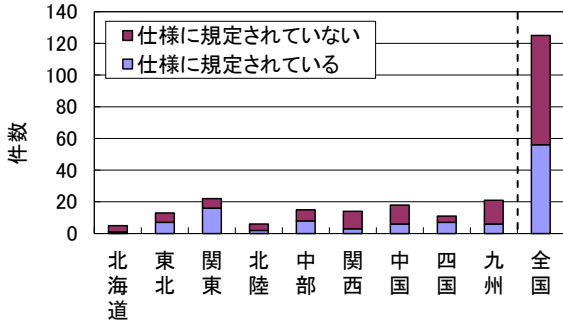


図-3 他産業再生資材の仕様の規定の有無

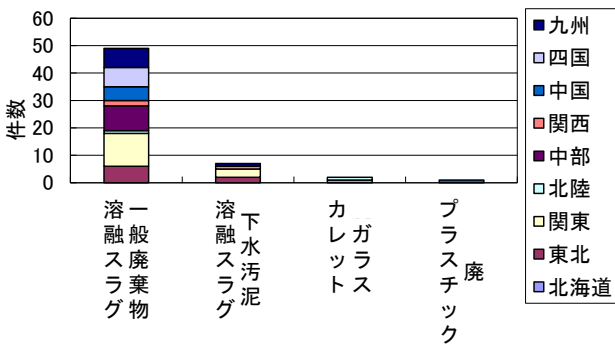


図-4 仕様に規定された他産業再生資材の種類

3. 再生路盤材の実態調査と影響の検討

再生路盤材料には、アスファルトコンクリート再生骨材とセメントコンクリート再生骨材があり、セメントコンクリート再生骨材の再生クラッシュラン(RC材)では、既往の実態調査で舗装再生便覧の粒度範囲の上限を超える材料がみられ、再生粒度調整砕石(RM材)の粒度に近くなっている。そこで、細粒分が多くなることによって、強度面及び環境面にどのような影響があるかを確認するため、粒度を振って、修正CBRと、六価クロムの溶出量について確認した。

粒度の指標として、以下に示した、最大密度を与える粒度を判定するのに使用するTalbotの式の粒度係数を使用し、粒度曲線の各通過質量百分率との差が一番小さくなるように決定した。ここで、粒度係数nに1.5、2.0、2.5、3.0、3.5の値を代入

した粒度分布を図-5に、各粒度の通過質量百分率の値を表-2に示す。n=1.5はRC-40の中央粒度、n=2.0はRC-40の上限粒度、n=2.5はRM-40の中央粒度、n=3.0はRM-40の上方粒度、n=3.5はRMの上限粒度におおよそ相当することがわかる。ただし、0.1mm以下の細粒分については、Talbotの式では多くなる傾向があるため完全には一致しない。このTalbotの式で一般にn=2.0の場合に最も空隙量が少なくなり、最大密度を得ると言われている⁵⁾。新材の粒度調整砕石で粒度係数と修正CBRとの相関を把握した研究⁶⁾はあるが、再生材については確認した範囲では検討はされていない。

$$P = 100(d/D)^{1/n}$$

ここに、

P: あるふるい目を通す粒子の質量比 (%)

d: あるふるい目の大きさ D: 最大粒径

n: 粒度係数 (0.83~4.17)

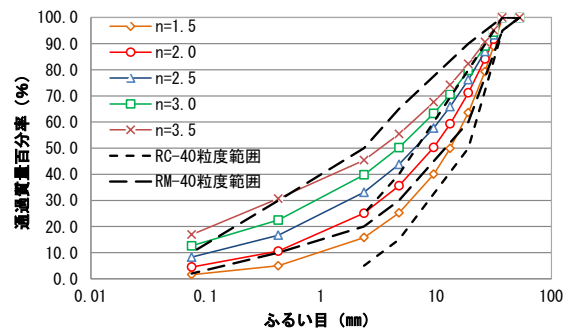


図-5 各試料の粒度分布と舗装再生便覧の粒度範囲

表-2 各試料の通過質量百分率

ふるい目 (mm)	n=1.5	n=2.0	n=2.5	n=3.0	n=3.5	RC-40粒度範囲	RM-40粒度範囲
53	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
37.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0 ~ 100.0	95.0 ~ 100.0
31.5	89.0	91.7	93.3	94.4	95.1	-	-
26.5	79.3	84.1	87.0	89.1	90.6	-	-
19	63.6	71.2	76.2	79.7	82.3	60.0 ~ 90.0	60.0 ~ 90.0
13.2	49.9	59.3	65.9	70.6	74.2	-	-
9.5	40.0	50.3	57.7	63.3	67.6	-	-
4.75	25.2	35.6	43.8	50.2	55.4	15.0 ~ 40.0	30.0 ~ 65.0
2.36	15.8	25.1	33.1	39.8	45.4	5.0 ~ 25.0	20.0 ~ 50.0
0.425	5.0	10.6	16.7	22.5	30.7	-	10.0 ~ 30.0
0.075	1.6	4.5	8.3	12.6	16.9	-	2.0 ~ 10.0

関東近辺で流通しているセメントコンクリート塊由来の再生クラッシュランと新材のクラッシュランについて、粒度と修正CBRを調査した。粒度の測定は、舗装調査・試験法便覧⁷⁾ A003「骨材のふるい分け試験方法」に、修正CBR試験は、舗装調査・試験法便覧E001「修正CBR試験方法」に準拠した。

結果を図-6に示す。おおよそ粒度係数が2付近

で修正CBRが最大となる傾向があり、 n はおおよそ1.5~2.5の範囲に分布している。また、再生材のばらつきは大きいことがわかる。

次に、ある任意のセメントコンクリート塊由来の再生クラッシュラン1種類について粒度調整を行い、実際よりも細粒分の多い粒度となるように、計4水準 ($n=1.5, 2.0, 2.5, 3.0$) の粒度として、粒度係数と強度との関係性を確認した。

結果を図-7に示す。粒度が細くなるほど（粒度係数が大きくなるほど）、修正CBRの値は低下する傾向があるが、いずれも再生クラッシュランの規格値である20%以上は満足する結果となった。修正CBRの値が比較的に高い値なのは、セメントコンクリート発生材に未水和のセメントが含まれ、供試体作製時の加水および水中養生によって未水和部分のセメントが凝結し、自硬性を有したためだと考えられる。ここで、粒度調整砕石は粒度係数が同様の範囲に分布するため比較してみると、関東近辺で流通している再生材と新材では同様に低下する傾向が確認され、クラッシュランと同様に、おおよそ粒度係数が2付近で修正CBRが最大となる傾向があることがわかる。

舗装再生便覧³⁾には、水が拡散するような箇所で使用する場合は、六価クロムの溶出を確認してから使用するとよいとしている。既往研究⁶⁾の実態調査によると、セメントコンクリート塊由来の再生クラッシュランの粒径が細かなほど六価クロムが溶出しやすくなる。そこで、ある任意の再生クラッシュラン1種類について粒度調整を行い、実際よりも細粒分の多い粒度となるように、計3水準 ($n=1.5, 2.5, 3.5$) の粒度として、粒度係数と六価クロムとの関係性を確認した。再生路盤材については、未だに溶出試験方法が定められていないため、溶出試験方法として、利用有姿（再生材に製造されたそのままの粒状状態）については土木学会規準JSCE G575（タンクリーチング試験（TL法））に準じた試験とした。

また、過度に細粒分が多くなるように調整した材料について、粒度係数と六価クロムの溶出量との関係を図-8に示す。細粒分が多いほど六価クロム溶出量が増加する傾向が確認された。増加するのは、細粒分が多いほどセメントペーストの占める割合が高くなることや、骨材の比表面積が多くなって溶出しやすいためだと考えられる。

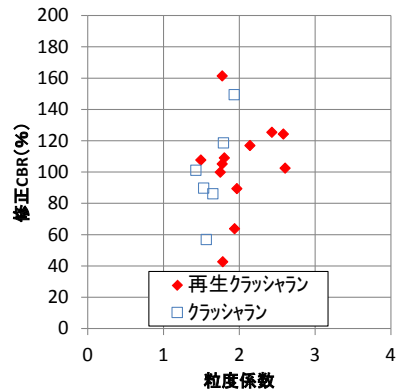


図-6 粒度係数と修正CBR

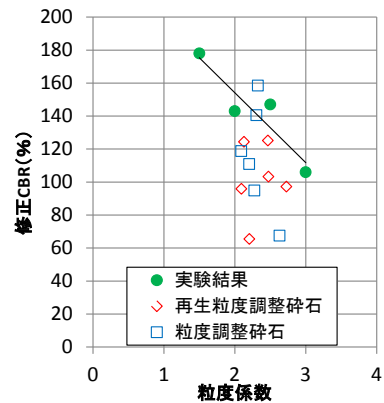


図-7 粒度係数と修正CBR

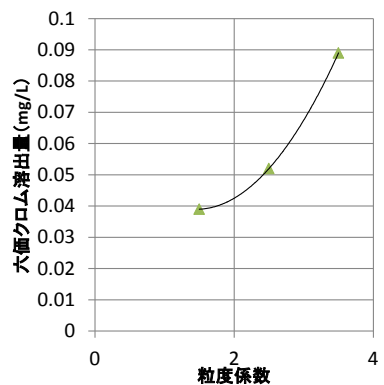


図-8 粒度と六価クロムの溶出量の関係

4. まとめ

適切なリサイクル促進や省資源化を図るため、他産業再生資材と再生路盤材料について調査及び実験を行い、以下のことがわかった。

- 1) アスファルト合材プラントを対象としたアンケート調査結果から、約半数で他産業再生資材の使用実績があることがわかった。また、

仕様に規定されている地域で使用実績が多い傾向にあることがわかった。

- 2) セメントコンクリート発生材由来の再生クラッシュランについて細粒分を増加させると修正 CBR の規格値は満足するが、六価クロムの溶出量の増加が懸念される結果となった。今回使用した材料は過度に細粒分が多くなるように粒度調整をしており流通材とは異なるため極端に六価クロムが溶出する結果となったが、過度な粒度範囲の逸脱は避けることが望ましいと考える。

謝 辞

アスファルト混合物の実態調査にあたっては、つくば舗装技術交流会（TPT、事務局：(財)土木研究センター）を通じて舗装会社12社にご協力頂いた⁹⁾。各社のTPT担当者およびアンケートに回答して頂いたプラント担当者各位に感謝する。

参考文献

- 1) (財)日本規格協会：JISハンドブック、2006
- 2) 久保和幸、井谷雅司、堀内智司：路盤材の品質評価に関する研究、(独)土木研究所 平成22年度成果報告書、2011
- 3) (社)日本道路協会：「舗装再生便覧」、2010
- 4) 川上篤史、寺田剛、久保和幸：アスファルト舗装用骨材に関する実態調査について、第29回日本道路会議、No.3、P20、2011
- 5) E. J. Yoder：Principles of Pavement Design、1959
- 6) 桃井徹：粒度調整路盤材の CBR、舗装 5-5、pp.19~23、1970
- 7) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2007
- 8) 渡辺博志、森濱和正、片平博：再生骨材からの溶出物質の環境安全性評価に関する研究、(独)土木研究所 平成22年度成果報告書、2011
- 9) 小柴朋広、大田孝二、倉持智明、佐々木巖：つくば舗装技術交流会（TPT）の取組み、土木技術資料、第56巻、第5号、pp.58~63、2014

堀内智司



(独)土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム
研究員
Satoshi HORIUCHI

寺田 剛



(独)土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム
主任研究員
Masaru TERADA

川上篤史



(独)土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム
主任研究員
Atsushi KAWAKAMI

久保和幸



(独)土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム
上席研究員
Kazuyuki KUBO