

比表面積を用いた配合設計方法による CO₂ 固定化舗装資材の適用検討

出光興産株式会社	機能舗装材事業部アスファルト技術課	正会員	○呉 悦樵
出光興産株式会社	機能舗装材事業部アスファルト技術課	正会員	瀬尾 彰
出光興産株式会社	石炭・環境事業部石炭・環境研究所	非会員	汲田 章司
出光興産株式会社	石炭・環境事業部石炭・環境研究所	非会員	寺前 剛

1. はじめに

道路舗装におけるアスファルト混合物においては、アスファルトバインダが満遍なく骨材等の表面を被膜することが重要であり、被膜に必要なアスファルト量に直接的な影響を及ぼすのは骨材等の表面積である。アスファルト混合物中の粗骨材は、噛み合わせにより舗装の圧縮強度を向上し、細骨材やフィラーは粗骨材の空隙を充填している。これら粗骨材、細骨材、およびフィラーは、アスファルトバインダにより被覆されることで、つなぎとめられる。ここでフィラーの表面積は、粗骨材や細骨材より大きいことから、アスファルトバインダを十分量保持する役割も果たしている。また、採掘した岩石を粉砕したフィラーは、粒子表面に数nm～数十nmのマイクロ孔やメソ孔が少なく、その比表面積は一般に粒子の粒径に比例する。

アスファルト混合物は、フィラーとして石灰岩を粉砕して生成される石粉が一定量配合されており、その主成分は炭酸カルシウムである。石粉は舗装設計施工指針（公益社団法人日本道路協会平成18年版）や、舗装用石灰石粉（JIS A 5008）等により性状を規定され、例えば75 μm篩通過質量百分率が70~100%などを要求されている。ここで石灰石を粉砕する条件を制御することで、所望の形状および粒径を有する石粉を恒常的に入手できるため、厳密に比表面積を把握せずとも、アスファルト混合物中の石粉の振る舞いは安定していると言える。しかし裏を返せば、粉砕石灰石以外のフィラーにおいては、粒径の把握のみでは比表面積は推定できず、アスファルト混合物中のフィラーの振る舞いが、粉砕石灰石と異なることが予想される。

本検討では、燃焼排ガス中のCO₂を、廃棄物由来のカルシウムと反応させ固定化した合成炭酸カルシウム（以降、合成炭カル）について、アスファルト混合物への適用を試みた。なお配合設計の際に、粒径のみの管理では十分な混合物性能が得られないことが分かった。このため、粉砕石粉と合成炭カルとの比表面積の違いに注目し、比表面積を考慮した配合設計方法を行うことで所望性を得たため、報告する。

表1 粒度分布比較

篩 (mm)	粉砕石粉 通過質量百分率 (%)	合成炭カル 通過質量百分率 (%)
0.6	100.0	100.0
0.3	99.9	98.8
0.15	96.8	98.6
0.075	79.2	97.9

2. 結果考察

合成炭カルは、その粒度分布は粉砕石粉と同様に舗装設計施工指針の規格を満足するが（表1）、粉砕石粉より粒径が小さいものが多く存在する（図1）。しかし、舗装設計施工指針の規格で示されるアスファルト混合物配合設計手法では篩を用いるため、粉砕石粉の代わりに合成炭カルを使用した混合物は、適切なマーシャル特性値、特に空隙率と飽和度を発

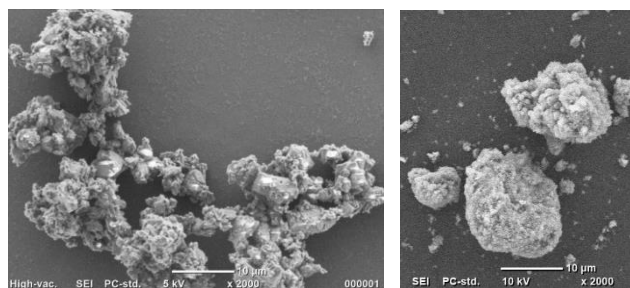


図1 左) 粉砕石粉, 右) 合成炭カルの電子顕微鏡観察結果

表2 マーシャル試験結果（密粒度混合物[13], ストアス 60/80, 75回突き, AS量 5.1%）

	比表面積 (BET法, m ² /g)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kN)	フロー値 (1/100 cm)
粉砕石粉	0.94	3.0	79.9	15.2	37.5
合成炭カル	7.30	7.1	61.6	14.5	32.5

キーワード：カーボンニュートラル, 配合設計, アスファルト混合物, CO₂, フィラー
連絡先 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4052-2 Tel 046-285-0829

現することができなかった（表2）。すなわち、合成炭カルを用いた場合、空隙率が高く、飽和度が小さいことから、表面を被膜させるのにより多くのアスファルトが使われた（もしくはアスファルト量が不足した）、と考えられる。

このことから、比表面積が異なる骨材等を用いた場合、混合物性能が異なる可能性が示唆された。次に、直接的に空隙率や飽和度を影響するのは骨材等の有する表面積と考えられるため、合成炭カルと粉砕石粉の比率を調整することでその影響を確かめた（表3）。なお換算比表面積は、粗骨材、細骨材およびフィラーそれぞれの比表面積を、添加比率（wt%）を乗じて加算したものである。

表3 マーシャル試験結果（密粒度混合物[13]，ストアス 60/80，75回突き，AS量 5.1%）

換算比表面積 (m ² /g)	0.94	2.21	3.48	4.52	7.30
空隙率 (%)	3.0	3.6	3.7	4.5	7.1
飽和度 (%)	79.9	76.7	76.2	74.4	61.6

表3より、換算比表面積が大きくなるにつれ、空隙率が増加し、飽和度が減少していくことが分かった。ここで換算比表面積が5.00 m²/g程度を超えなければ、空隙率および飽和度の規格を満足すると考えられる。したがって、合成炭カルなどの他産業資材を舗装資材に適用して配合設計を行う際には、篩での粒径管理に加え、比表面積を考慮した基準範囲（例えば、換算比表面積5.0 m²/g以下）が必要と考える。これにより、現行の配合設計方法では見出せない材料の違いを把握でき、材料に適した配合設計ができると考える。

3. 試験施工による作業性の検証

合成炭カルをフィラー分とし、ポリマー改質Ⅱ型相当の明色バインダを用いて密粒度混合物(13)（中央粒度，75回突き）の配合設計を行い、試験施工を行った。試験工区及び比較工区の混合物製造条件を表4に示す。ここで合成炭カルは粉砕石粉と比較し比表面積が大きいため、その配合量を減少させることで骨材等の全表面積を調整し、所望の混合物性状を得た。

施工は当社構内で、従前の施工機械群を用いて実施した（図2）。試験工区は、粉砕石粉を用いた比較工区と同様に、良好な作業性、ならびに混合物性能を示した（表5）。本試験施工の約500 m²の施工（表層）には、およそ500 kgのCO₂を道路に固定化させている。



図2 合成炭カルを適用した施工現場（施工後）

表4 試験施工用混合物の製造条件

	緑顔料 (%)	フィラー量 (%)	バインダ量 (%)	練り落とし温度 (°C)
試験工区 (合成炭カル)	3.0	2.2	5.6	175 ± 10
比較工区 (粉砕石粉)	3.0	2.5	5.6	175 ± 10

表5 試験施工工区採取混合物の性状

	安定度 (kN)	残留安定度 (%)	動的安定度 (回/mm)
試験工区 (合成炭カル)	14.5	90.3	5250
比較工区 (粉砕石粉)	15.2	97.7	5250

4. まとめ

カーボンニュートラルやCCUSが主要な話題とされる今日において、道路舗装業界としての施策も求められている。本検討では、燃焼排ガス中のCO₂を、廃棄物由来のカルシウムと反応させることで製造した合成炭カルを用いて、アスファルト混合物に適用、固定化する方法を提案した。

現行の配合設計方法のみでは、合成炭カルのような新材料をうまく活用できない可能性があることが明らかとなった。本検討では、材料の比表面積を配合設計に取り入れることで、十分な舗装性能を担保しながらカーボンニュートラルに貢献できる手法を見出し、試験施工により社会実装の可能性を示した。今後は供用性能の確認を行うとともに、舗装事業全体の発生量も考慮したCO₂削減効果を見極めていきたい。

なお最後に、試験施工に協力いただいた前田道路株式会社 守安氏、越氏、高橋氏に、謝意を表します。