

走査電子顕微鏡 (SEM) による道路用碎石の評価

東亜道路工業(株) 技術本部 技術研究所 正会員 ○小林 亜湖
同 平戸 利明
同 村山 雅人

1. はじめに

アスファルト混合物は骨材とアスファルトを加熱混合して製造したものであり、骨材の品質(密度、吸水率など)とアスファルトの性状にその耐久性は大きく依存する。特に碎石は配合率が高いため、骨材の表面形状や材質が重要となる。そこで本研究は、全国で入手される道路用 6 号碎石について、数種類の碎石表面を走査電子顕微鏡にて評価した。本稿ではこれら一連の実験結果について述べる。

2. 目的と分析方法

本研究では、走査電子顕微鏡(以下、SEM : TM3030plus, 日立ハイテクノロジー製)で観察される碎石表面、碎石表面の粗さ、元素分析などの骨材性状から流動性や剥離抵抗性などとの関連性を見出すこと目的としている。図-1 及び表-1 に解析に使用した SEM の外観とその仕様を示す。観察する碎石は、水洗いし乾燥させたものを用いた。



図-1 測定装置の外観

SEM 画像では、表面粗度が鮮明に把握でき、これを数値化したものを 3D 粗さとして数種類の測定結果により評価できる。代表的なもので、 RSm (平均山間隔), Rq (二乗平均平方根粗さ), Ra (算術平均粗さ), Rz (最大高さ粗さ)などが挙げられる。今回の測定には、平均面からの高さ粗さの標準偏差に相当する、基準長さにおける断面曲線 $f(x)$ の二乗平均平方根粗さ (Rq) を 3D 粗さとして用いた。

表-1 測定装置の概要

項目		内容
電子顕微鏡		Miniscope® TM3030Plus 日立ハイテクノロジー製
検出器	検出器素子タイプ	シリコンドリフト検出器
元素分析	検出可能元素	B ₅ ~ Am ₉₅
	定量分析	スタンダードレス法

3. 分析結果

3.1 粗骨材の性状

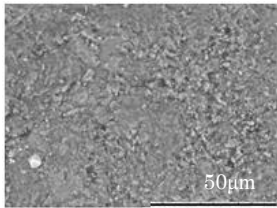
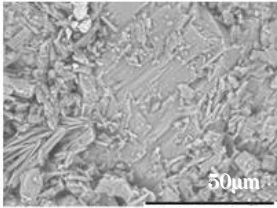
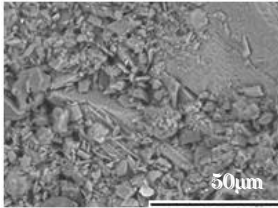
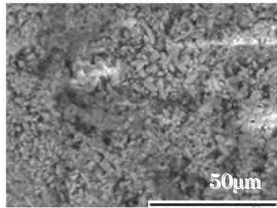
全国 27 種の碎石を分析した結果、いくつかの碎石で特徴的な違いが観察された。粗骨材の性状として、今回は碎石の種類、密度、吸水率に着目した。測定に用いた碎石は硬質砂岩、閃緑岩、花崗閃緑岩、石灰岩の 4 種とした。代表的なものを表-2 に示す。SEM 画像から、閃緑岩や花崗閃緑岩の特徴である斜長石が観察されたのに対し、石灰岩は碎石表面の凹凸が大きく、空隙が多数観察された。一方で、硬質砂岩は産地などの種類によって異なった表面が観察されたが、その多くに共通する点として、その名の通り小さな石粒が集積し、緻密な構造を形成している様子が観察された。密度は閃緑岩が最も高く、石灰岩は最も低かった。一方で吸水率は、石灰岩が最も高く、硬質砂岩が最も低かった。これらの結果から、石灰岩は砂岩や閃緑岩と比較して空隙が多いために密度は小さく、吸水率は大きくなると考えられる。

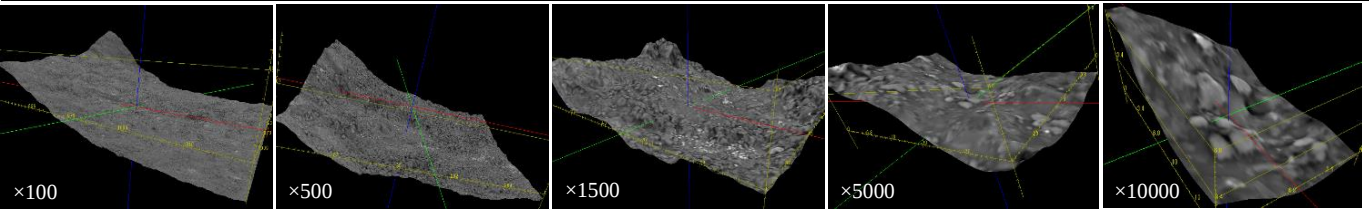
3.2 3D 粗さの分析結果

27 種の碎石表面を 100 倍から 10000 倍の倍率で測定したときの 3D 粗さ表面を図-2 に、測定条件と測定結果を表-3 に示す。27 種の碎石の Rq 値を求め、その最大値と最小値を示している。10000 倍など倍率を上げることで碎石の極めて狭い範囲を観察することになるため、碎石の種類に関係なく Rq で示される 3D 粗さが一定になっていく様子が観察された。一方で、100 倍など低倍率で観察した場合、碎石そのものが持つ曲線が加わるため 3D 粗さが大きくなる様子が観察された。SEM 画像にて碎石表面の石粒の大きさを測定した結果を図-3 に示す。全碎石における Rq 値の最大と最小の測定データから、各倍率で測定できる表面粗さが推測できる。表面が粗い碎石から緻密な碎石まで測定したところ、碎石表面に 2-10 μm の石粒が観察された。500 倍で Rq 値が 2 μm 程度の粗さを測定できて

キーワード 電子顕微鏡, 粗骨材, 3D 粗さ, 元素分析
連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 315-126 東亜道路工業株式会社 Tel.029-877-4150

表－2 砕石の代表的な表面形状

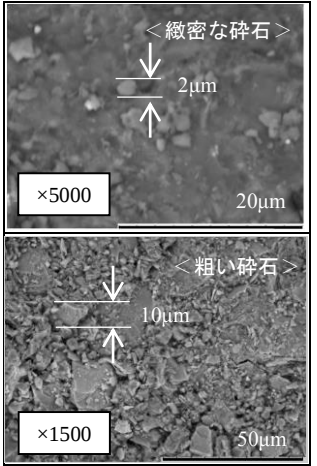
石質	硬質砂岩	閃緑岩	花崗閃緑岩	石灰岩
外観				
SEM 画像				
密度[g/cm ³]	2.760	3.105	2.783	2.612
吸水率[%]	1.03	1.19	1.34	2.87



図－2 倍率の違いによる 3D 粗さの変化(硬質砂岩)

表－3 3D 粗さの測定条件および測定結果

倍率[倍]	測定間隔[µm]	測定面積[µm ²]	Rq(二乗平均平方根粗さ)	
			Max[µm]	Min[µm]
100	20	1.92×10 ⁶	53.6	13.0
500	5	7.68×10 ⁴	21.8	2.3
1500	2	8.48×10 ³	5.2	1.3
5000	0.5	768	2.7	0.5
10000	0.2	192	2.0	0.3

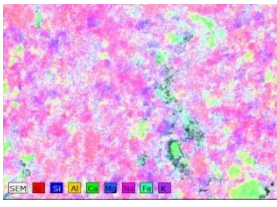
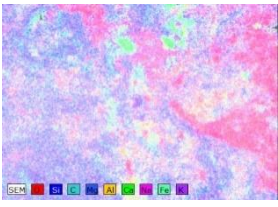
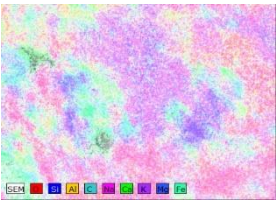
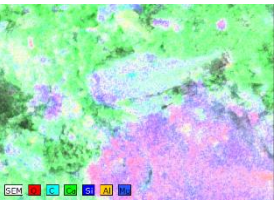


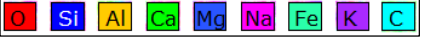
いることから、石粒の凹凸を加味した表面粗さを測定するためには、500 倍以上の倍率が必要である。

3.3 元素分析の結果

JISK0132, K0050 SEM EDX 法に基づいて砕石表面の元素分析を行った。砕石表面の元素をマッピングした測定結果を表－4 に示す。元素の定量には原子数濃度を用いて求め、測定倍率は、最も検出される元素数の多い 1500 倍にて測定を行った。全砕石でも酸素の割合が高かったことから、砕石表面には結晶から成る酸化物で構成されていることが確認できた。石灰岩においても、石灰岩の主要化合物である CaCO₃ によるものと考えられるカルシウムが非常に多く観察された。また、閃緑岩においてマグネシウムの割合が高く検出されたが、これは角閃石などの結晶が砂岩より圧倒的に多く含まれているからだと考えられる¹⁾。

表－4 元素分析結果

石質	硬質砂岩	閃緑岩	花崗閃緑岩	石灰岩
元素分析				



4. まとめ

全国 27 種の砕石の表面観察、3D 粗さ、元素分析を行った。その結果、砕石の種類の違いによって特徴的な違いが観察された。今後もさらに測定と分析を進め、アスファルト混合物の性能との関係を解明していく所存である。

参考文献

1) 岡田ほか：骨材の諸性質(瀝青混合物の骨材について/その 2)，アスファルト Vol.4,No.23, pp.12-16, Dec.1961.