アスファルト混合物に用いる細骨材の粒子特性に関する一考察

神戸大学大学院　工学研究科　　学生員　○足立　健
神戸大学　都市安全研究センター　正会員　　吉田　信之

1. はじめに

良質な天然骨材の枯渇化に対応していくためには，廃棄物や産業副産物をリサイクルした人工骨材などの利用を促進していく必要がある．舗装設計施工指針 [1]によればアスファルト混合物に用いる骨材の品質は，表乾密度，吸水率，すりへり減量や安定性などの項目はあるが，力学的な意味での強度については定められていない．また，骨材自体の形状についてはほとんど注目されていないのが実情である．そこで，本研究では細骨材自体の粒子特性を把握するため，種類の異なる細骨材についてそれらの形状および粒子強度について調べた．

2. 試料と試験方法

試験に用いた細骨材（粒径 2.5mm 以下）は**表-1** に示す 13 種類である．砕砂から洗い砂の 9 種類は天然骨材であり，残りの 4 種類は人工骨材である．

骨材種毎に無作為に選定した 30 個以上の粒子について形状測定と圧裂試験を行った．形状測定は，まず各粒子を水平面に最も安定する方向に置いて高解像度マイクロスコープを用いて撮影した投影画像から，粒子の投影面積，投影周囲長，長軸長および中間軸長を算出し，次に高精度マイクロメータによって粒子の厚み（短軸長）を測定するものである．圧裂試験は，一般的な圧縮試験機を用いて，形状測定を済ませた各粒子を載荷版上に最も安定するように置いて，鉛直方向に載荷速度 0.11mm/min で圧縮し破壊させるものである．

表-1　試験に用いた細骨材

	土粒子密度 (g/cm³)	吸水率 (%)	産地
砕砂	2.645	1.49	兵庫県男鹿島
粗砂	2.779	1.34	兵庫県養父市
細砂 a	2.604	1.81	山口県下関市
細砂 b	2.636	1.32	佐賀県唐津市
細砂 c	2.627	1.80	佐賀県小川島北沖
スクリーニングス a	2.663	2.64	兵庫県加西市
スクリーニングス b	2.748	1.11	愛媛県越智郡
スクリーニングス c	2.692	1.90	大阪府高槻市
洗い砂	2.659	2.52	—
ナスサンド	3.090	0.41	京都府宮津市
一般ごみ溶融スラグ	2.943	0.92	揖龍クリーンセンター
下水汚泥溶融スラグ	2.907	—	兵庫広域処理センター
高炉水砕スラグ	2.733	—	神戸製鉄所

3. 粒子形状と粒子強度

図-1 に一例として，砕砂と一般ごみ溶融スラグについて細長比（中間軸長/長軸長）と扁平度（短軸長/中間軸長）の関係を示す．なお，図中には Zingg[2]による 4 区分線（粒子の形状を右上から時計回りに塊状，棒状，刃状，板状に区分）も示している．図から，細長比は両骨材ともに 0.5~1.0 の範囲内に収まっているが，扁平度については砕砂の方が一般ごみ溶融スラグよりも分布が広く，また値も小さい傾向にあることがわかる．区分で表すと，砕砂は板状が多いが，一般ごみ溶融スラグは塊状が多いということになる．ここには示していないが，他の骨材粒子も併せて考えると，人工骨材は塊状が多く天然骨材は板状が多い傾向が認められた．**図-2** は骨材粒子の投影面積および投影周囲長をプロットしたものである．図より，両者には強い相関があり投影周囲長が大きくなると投影面積も大きくなることがわかる．ちなみに，

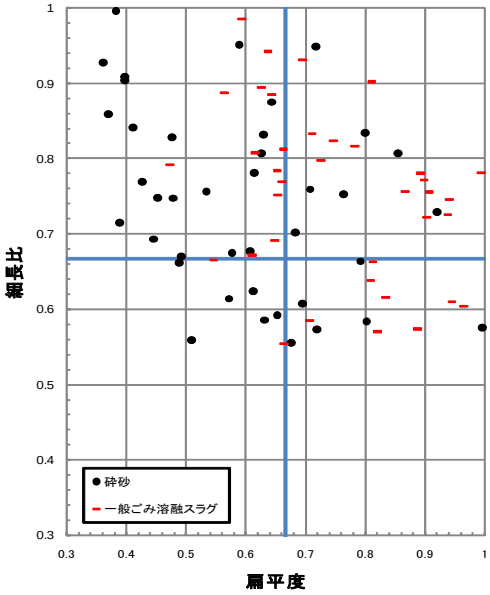

図-1　細長比と扁平度の関係

キーワード　　アスファルト混合物，細骨材，粒子特性，人工骨材
連絡先　　〒657-8501　兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1　神戸大学都市安全研究センター　TEL 078-803-6437

相関係数は各骨材とも0.9以上であった．**図-3** は凹凸係数を骨材種毎にプロットしたものであり，図中には平均値および標準偏差も示している．ここで，凹凸係数とは骨材粒子の外周がいかにでこぼこ（凹凸）しているかを表す指標であり，粒子の投影面積 A と投影周囲長 L から $4\pi A/L^2$ で求まる [3]．粒子の外周にでこぼこが無く真円の場合は 1.0 である．図より，各骨材とも凹凸係数が 0.5~0.8 と広範囲に分布していることがわかる．また平均値でみると，天然骨材のほうが人工骨材よりも大きいことがわかる．

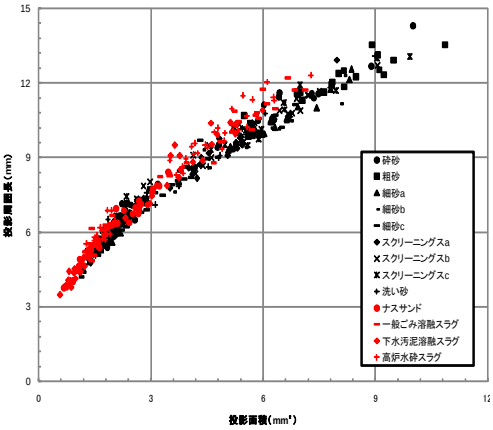

図-2　投影周囲長と投影面積の関係

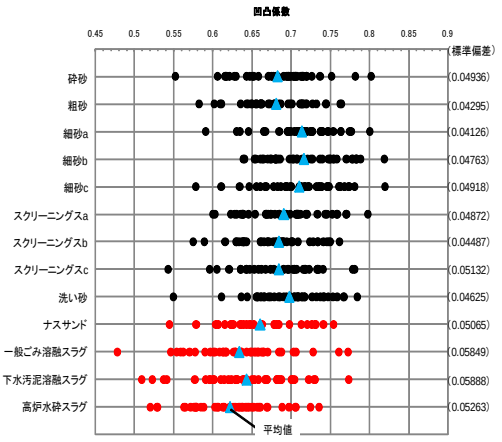

図-3　凹凸係数と骨材種の関係

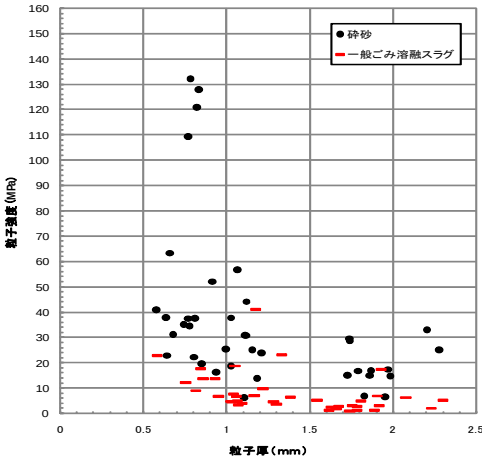

図-4　粒子強度と粒子厚の関係

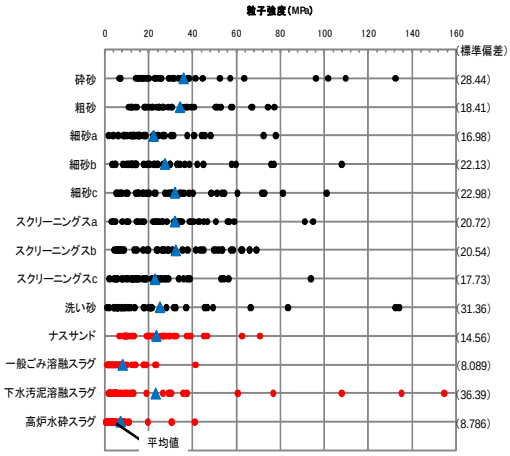

図-5　粒子強度と骨材種の関係

次に，粒子強度について，ここでは粒子強度は岩石の引張り強さを求める際に用いられる方法，すなわち載荷重P（ここでは最初のピーク時）と粒子厚dを用いて $0.891P/d^2$ で求めた [4]．**図-4** に一例として，砕砂と一般ごみ溶融スラグについて粒子強度と粒子厚の関係を示す．粒子強度にばらつきはあるが，強度は砕砂の方が一般ごみ溶融スラグより大きい傾向にある．また，粒子厚が小さくなるにつれて粒子強度が大きくなるように見えるが，ここには示していない他の骨材粒子も併せて考えると，骨材毎にばらつきが異なり明瞭な関係があるとは言い難い．**図-5** は骨材種毎に粒子強度をプロットしたものであり，図中には平均値および標準偏差も示している．図より，粒子強度は各骨材でばらつきが大きく，標準偏差も 8.1~36.4 と広範囲であることがわかる．平均値でみると，人工骨材の粒子強度は天然骨材よりも小さい傾向にあるが，特に一般ごみ溶融スラグと高炉水砕スラグは小さい．

4. おわりに

本報では，アスファルト混合物に用いられる 13 種類の細骨材の粒子形状および粒子強度について報告した．試験数には制約のあるものの，粒子形状については，天然骨材は板状が人工骨材は塊状が多く粒子外周の凹凸は天然骨材の方が人工骨材よりも若干少なく，また粒子強度については人工骨材よりも天然骨材の方が大きい傾向にあることなどが分かった．最後に，本研究を実施するに際し，大林道路（株）の香川氏・荒木氏，奥村組土木興業（株）の五反田氏，神鋼スラグ製品（株）の遠山氏，（株）神戸製鋼所の山下氏にお世話になりました．ここに感謝の意を表します．

参考文献

（1）日本道路協会:舗装施工便覧,pp.24-26,2001．（2）Zingg T:Beitrag zur Schotteranalyse,Petrographische,Mitteilungen, pp.39-140,1935.（3）吉岡,松岡:粒子形状による粒状体の内部摩擦角の推定方法,土と基礎,Vol.50,No.5,pp.20-22,2002.（4）平松・岡・木山:非整形試験片による岩石の引張り強さの迅速試験,日本鉱業会誌,Vol.81,No.932,pp.1024-1030,1965.