

骨材間隙率推定式の再生アスファルト混合物への適用検討

○ ニッポメックス(株)

正会員 郡 司 保 雄*

日本舗道(株)技術研究所

正会員 井 上 武 美**

早稲田大学理工学部土木工学科

正会員 赤 木 寛 一***

1. まえがき

道路の維持修繕工事等に伴って発生する舗装廃材の再生利用技術については「アスファルト舗装要綱¹⁾」はもちろん「プラント再生舗装技術指針²⁾」および「アスファルト混合所便覧³⁾」などにより技術的な標準が示されている。そして再生加熱アスコンの製造割合も5割を超える現況となっている⁴⁾。しかし、アスファルト塊から製造された再生骨材の特性は、ある程度把握されてはいるものの、製品にバラツキがあり、それらを吸収し得るより信頼のおける利用方法の確認が必要と考えられる。ここでは、関東地区の再生骨材製造プラント8工場における再生骨材の品質確認として行われている抽出ふるい分試験500回以上のデータを統計手法を用いてバラツキの程度を求めた。そして安定した再生合材製造を、筆者らが提案した間隙率推定式⁵⁾と配合設計法⁶⁾の適用より検討した。

2. 再生骨材の現況

各再生骨材製造工場に搬入された原材料は、路盤材や残土がグリズリにより除去されるため、良質なアスファルト塊となっている。クラッシャにより破碎され、技術指針に従ってR-1(20~13mm)、R-2(13~5mm)、R-3(5~0mm)の3種類および工場によっては13~0mmに分級されている。ここでは、信頼性に劣ると考えられる13~0mmを対象に検討した。再生骨材の粒度範囲について、各工場の再生骨材13~0mmのサンプリング抽出ふるい分結果を、平均粒度および標準偏差も求めて表-1に示す。

表-1 各工場再生骨材の粒度とAs量の集計表(13~0mm)

粒 度	A工場	B工場	C工場	D工場	E工場	F工場	R平均	R最細粒	R最粗粒	R細粒	R粗粒	R極細粒	R極粗粒
データ数	72	19	75	63	15	33	277	Max	Min	+σ	-σ	+3σ	-3σ
19.000	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0	100	100	100	100
13.200	98.0	97.5	99.3	98.0	98.0	98.0	98.1	99.3	97.5	100.0	95.7	100	92.2
4.750	74.8	65.0	72.3	66.3	65.2	66.8	68.4	74.8	65.0	79.3	60.5	88.4	51.4
2.360	54.8	48.2	54.0	48.7	48.8	49.4	50.6	54.8	48.2	59.5	43.5	69.0	34.1
0.600	36.2	32.1	35.9	26.6	26.7	28.1	30.9	36.2	26.6	39.9	22.9	47.2	15.6
0.300	24.1	22.2	25.2	18.6	19.0	20.0	21.5	25.2	18.6	27.9	15.9	33.3	10.6
0.150	13.0	13.0	13.7	12.1	12.7	13.1	12.9	13.7	12.1	15.5	10.3	19.1	6.7
0.075	7.3	7.1	8.7	8.0	8.3	8.2	7.9	8.7	7.1	10.0	5.9	12.4	3.5
As %	5.29	4.80	5.12	4.85	4.46	5.06	4.93	5.29	4.46	5.80	3.95	6.81	2.94
標準偏差							σ平均	σ最大値					
19.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
13.200	1.8	1.2	0.9	1.2	1.1	1.4	1.3	1.8					
4.750	3.7	4.5	4.3	4.6	4.5	4.2	4.3	4.6					
2.360	3.6	4.4	3.9	4.7	4.5	4.0	4.2	4.7					
0.600	3.2	2.5	3.7	2.9	3.2	2.8	3.0	3.7					
0.300	2.2	2.0	2.7	2.1	2.2	2.3	2.2	2.7					
0.150	1.5	1.4	1.8	1.4	1.6	1.6	1.6	1.8					
0.075	0.8	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2					
As %	0.46	0.43	0.39	0.51	0.50	0.34	0.44	0.51					

- ※ 1. R平均は各工場平均の単純平均
 2. σ平均は各工場標準偏差の単純平均
 3. R最細粒は各工場の各粒径における通過容積百分率の最大値
 4. R最粗粒は各工場の各粒径における通過容積百分率の最小値
 5. σ最大値は各工場の各粒径における標準偏差の最大値

ここで、表-1の注記をもとに、R細粒はR最細粒にσを加算し、R極細粒は3σを加算したものである。R粗粒はR最粗粒からσを控除し、R極粗粒は3σを控除した値である。このように定義すると、再生骨材の粒度について、通常状態の製造ではσの範囲で管理されているとすれば、R粗粒とR細粒の範囲にあるといえる。そして、粒度が極度にズレた場合を±3σと考えて、R極粗粒とR極細粒の範囲まで広げて検討することとした。

3. 再生骨材混合のVMAと粒度の変化

VMA計算プログラム例を表-2に示す。新材の配合は一定として粒度は変えないものとし、再生骨材を加算混合する。前項の再生骨材の取り得る粒度範囲を5粒度とし、対象となる粒度の質量欄に配合量を入力すると配合%、2.36mm通過容積百分率、VMAなどが自動計算される。続いてAs量を入力すると残留空隙率などが計算される。このようにして、再生骨材混合量を変えて、VMAと2.36mm通過容積百分率を計算したものを図-1および図-2に示す。

通常、再生アスコンの設計は一定期間での再生骨材の粒度とAs量の平均値を使って実施している。ここでは図-1、2より再生骨材混合率によって得られるVMAと2.36mm通過率のバラツキの範囲の程度が把握できる。再生骨材の混合率40%でR極細粒の場合VMA17%が確保される。また、通常の場合の粒度範囲を±σと考えれば、合成骨材のVMAでは17.5~19%の範囲にある。2.36mm通過容積百分率も密粒度As混合物(13)の粒度範囲にあり、最上限お

キーワード：再生アスファルト混合物，VMA，配合設計法，再生骨材，抽出ふるい分試験，抽出粒度，

連絡先： * 〒331-0052 埼玉県大宮市三橋6-70 ニッポメックス(株) TEL.048-622-9631 FAX.048-622-9632

** 〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-34 日本舗道(株)技術研究所 TEL.03-3471-8541 FAX.03-3450-8806

*** 〒168-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 58号館205 早稲田大学理工学部土木工学科 TEL.03-5286-3405 FAX.03-5272-0695

表-2 VMA計算プログラム例 (R極細粒の再生骨材40%混合の場合)

粒径 mm	使用材料粒度 (新材)						再生骨材粒度					合成粒度		間隙比 固有	係数 材質
	6号	7号	Scr	粗砂	細砂	石粉	R極粗粒	R粗粒	R平均	R細粒	R極細粒	質量	容積		
26.500															
19.000	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.70	1.05
13.200	94.7	100.0					92.2	95.7	98.1	100.0	100.0	98.9	98.9	0.70	1.05
9.500														0.70	1.05
4.750	8.0	93.2	100.0	100.0			51.4	60.5	68.4	79.3	88.4	75.0	75.0	0.70	1.05
2.360	0.6	3.9	91.6	81.0	100.0		34.1	43.5	50.6	59.5	69.0	50.4	50.3	0.70	1.05
1.180														0.75	1.10
0.600	0.0	0.0	34.9	41.5	86.1		15.6	22.9	30.9	39.9	47.2	32.3	32.2	0.80	1.10
0.300			19.8	22.4	45.4	100.0	10.6	15.9	21.5	27.9	33.3	21.7	21.6	0.85	1.20
0.150			14.4	10.7	29.0	97.2	6.7	10.3	12.9	15.5	19.1	13.7	13.7	0.90	1.30
0.075			8.5	4.5	8.5	83.4	3.5	5.9	7.9	10.0	12.4	8.5	8.5	1.00	1.40
0.001			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.20	1.50
比重	2.672	2.663	2.669	2.656	2.694	2.723	2.670	2.670	2.670	2.670	2.670	2.671			
質量	35.0	25.0	16.0	10.0	10.0	4.0						66.7	66.7		
配合%	21.0	15.0	9.6	6.0	6.0	2.4						100.0			

骨 材	平均	比 重	2.671
	代 表	粒 径	1.128
	骨 材	容 積	83.0
	間 隙	比	0.204
	V M A	%	17.0

※ 太線枠内は入力可能部分 (ここで入力する)

As 混 合	アスファルト比重	1.030
	混 合 量 (外 割 %)	6.2
	混 合 量 (内 割 %)	5.838
	理 論 密 度 g/cm ³	2.444
	理 論 最 大 密 度 g/cm ³	2.356
	混 合 As 容 積 %	13.4
	飽 和 度 %	78.7
	空 隙 率 %	3.6

※ 再生密粒アスコン(13)を目標とした計算例

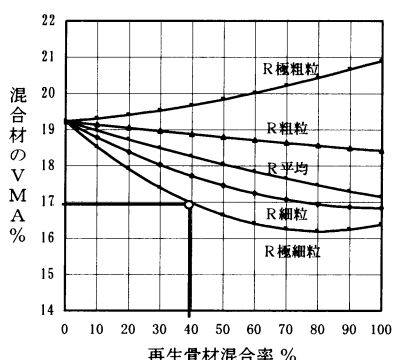


図-1 再生骨材混合率とVMAの関係

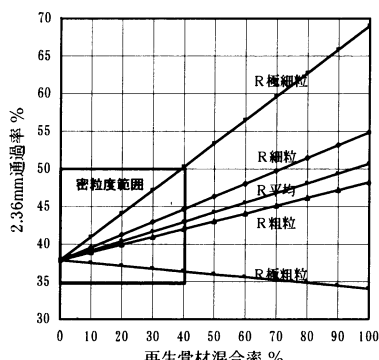


図-2 再生骨材混合と2.36mm通過率

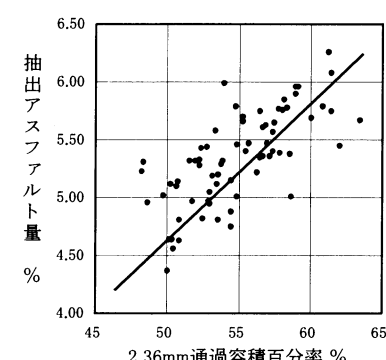


図-3 A工場の2.36mm通過と抽出As量の関係

よび最下限でも許容範囲にある。このように、再生骨材混合の合成粒度は、R極粗粒の場合を除き細粒側になる傾向がみられるので、新材は密粒粒度範囲の下限側に設定することが信頼性確保には必要であることも解る。

4. アスファルト混合量

A工場の抽出As量と2.36mm通過容積百分率の関係を図-3に示す。これは細粒分の多い粒度は抽出As量も多い傾向を示しており、一般的に認められる傾向ではあるがはっきりした相関関係にあるとは言い難い。そこで、耐久性に必要な空隙率を確保する観点からAs量を検討すると、表-1のAs量の平均が4.93%、標準偏差の最大値が0.51%であるから、通常状態の場合には $\pm\sigma$ の範囲であると考え、As量は5.5~4.5%の範囲にあるとみなし、As量が過多および過小の場合は $\pm 3\sigma$ として $(4.93 \pm 3 \times 0.51)$ 、最大を6.5%、最小を3.4%と考えることとした(尚、再生材13~0mmの抽出試験全データ277回から6.5%を超過するものは皆無であった)。As量の設定はVMAから再生骨材のAs量を控除し、新材のAs量を設定して再生アスコンの空隙率を計算する。そこで、新材のAs量を6.0%とし、再生骨材混合量を40%とすると、再生アスコンの通常状態のAs量は5.8~5.4%の範囲と考えられる。As量が過多および過小になる場合を想定しても最大 $0.6 \times 6.0 + 0.4 \times 6.5 = 6.2\%$ 、最小 $0.6 \times 6.0 + 0.4 \times 3.4 = 5.0\%$ となる。この最大を表-2のVMA計算プログラムで示したが、空隙率は3.6~6.0%と計算され基準値を満足することが解る。この結果、As量を0.5%きざみで数点変えてマーシャル突固めで空隙率が適正であるかを検討すればよいことが解った。

6. まとめ

再生骨材の利用状況を調査し、その品質確認を行った多数の抽出ふるい分試験データを使って、筆者らが提案した空隙率推定式を組み込んだ計算プログラムを活用して計算した結果、現状の再生骨材を利用した再生アスコンの配合設計にもこの計算式と配合設計法が適用でき、再生アスコンの信頼度確認にも有効であることが解った。今後、これら再生骨材の利用状況を全国的に調査して再生骨材利用技術の信頼度の確立に努めたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会, アスファルト舗装要綱, 1999.1
- 2) 日本道路協会, プラント再生舗装技術指針, 1993.1
- 3) 日本道路協会, アスファルト混合所便覧, 1996.10
- 4) 日本アスファルト協会, 平成11年度アスファルト合材の現況, アスファルト合材, 1999.10
- 5) 郡司, 井上, 赤木: 骨材粒度に基づく加熱アスファルト混合物の骨材間隙率推定法に関する研究, 土木学会論文集 No. 648/V-47, 191-202, 2000.5.
- 6) 郡司, 井上, 赤木: 骨材間隙率に基づく加熱アスファルト混合物の容積配合設計法の提案, 土木学会舗装工学論文集 第9回, 2000.12, pp.53-58