

大阪市立大学大学院 学生員 ○根来日出晴

大阪市立大学工学部 正 員 三 橋 貞

" " 山 田 優

1. まえがき

現在、我国の鉄鋼製産による年間スラグ生成量は約4000万トンにものぼり、このうち約30%が転炉スラグである。転炉スラグは膨張・崩壊する性質があるため、土木材料としては敬遠されているのが現状であるが、資源の有効利用という点から積極的な活用が望まれている。そこで、転炉スラグをアスファルト混合物用骨材に使用することについて、長時間水浸のマーシャル安定度試験、その他の試験結果から検討してみた。

2. 実験概要および使用材料

本研究では、以下に示す4試験を行なった。転炉スラグと通常の骨材と比較するため、表-1に示すように、転炉スラグに天然の骨材と種々組合せて混合物用骨材とした。混合物の種類は20mm粒度アスコンヒルバインダーにはBen.60~80のストレートアスファルトを使用した。各骨材の比重と吸水量を表-2,3に示す。

(1) 標準マーシャル安定度試験および水浸マーシャル安定度試験

アスファルト舗装要綱の方法に従って、設計A量で作製した供試体を、30分、2日、1週、4週間水浸(60±1℃)させ試験を行なった。

(2) 骨材の吸水・膨張試験

供試体には(1)で配合した骨材(A,B,F,I,J,L)のみで、マーシャル供試体用モールドに詰め、片面50回実固めたものを使用した。モールド内の供試体上に、直径95mm、厚さ10mmの軸付き有効板を載せ、30±1℃の恒温水槽に1週間水浸させ、次式により膨張率を求めた。

$$\text{骨材の膨張率} = \frac{1 \text{週間後の膨張量} - \text{供試体重量}}{\text{供試体重量}} \times 100 (\%)$$

(3) 水浸前後の粒度試験

(2)で使した供試体の骨材を用いて、1週間水浸前後の骨材の粒度分布の変化を調べた。また、粒度別に分けて転炉スラグと1週間水浸(30±1℃)させ、次式により減量を求めた。

$$\text{膨張・崩壊による減量} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100 (\%) \quad \left\{ \begin{array}{l} A: \text{水浸後} \text{ もとの最小粒度のフルに筛る試料重量 (g)} \\ B: \text{水浸前の試料重量 (g)} \end{array} \right\}$$

(4) 水浸前後の骨材の破砕試験

4週間水浸(60±1℃)前後の粒径20~25mmの転炉スラグまたは天然骨材とマーシャル供試体用モールドに詰め、マーシャルランマを15回自然落下させ、破砕状態の変化を次式により求めた。

$$\text{骨材の破砕度} = \frac{B}{A} \times 100 (\%) \quad \left\{ \begin{array}{l} A: \text{もとの試料重量 (g)} \\ B: \text{破砕後 20 mm フリを通過する試料重量 (g)} \end{array} \right\}$$

表-1 骨材配合の種類

配合	粗骨材	細骨材	ファイバー
A	スラグI	スラグI	スラグI
B	スラグII	スラグII	スラグII
C	"	"	粗砂・細砂
D	"	"	スクリングス
E	"	"	粗砂・細砂
F	"	"	石 粉
G	"	砕石	スラグII
H	砕石	スラグII	"
I	"	砕石	"
J	"	"	スラグII
K	"	"	粗砂・細砂
L	"	"	石 粉

表-2 骨材の比重(20℃)

粒径	スラグI	スラグII	天然骨材
20-25	3.45	3.18	2.74
15-20			2.73
10-15	3.50	3.18	2.67
5-10	3.29	3.19	2.60
2.5-5	3.50	3.54	2.55
1.2-2.5			2.63
0.6-1.2	3.29	3.42	2.59
0.3-0.6	3.03	3.25	2.66
0.15-0.3	2.87	3.02	2.65
0.075-0.15	2.86	2.93	2.69
0-0.075	2.75	2.84	2.72

表-3 骨材の吸水率(%)

粒径	スラグI	スラグII	天然骨材
20-25	1.00	3.23	0.43
15-20			0.53
10-15	1.23	3.50	0.78
5-10	1.96	3.74	1.12

3. 実験結果および考察

(1) 標準マーシャル安定度試験および水浸マーシャル安定度試験

実験結果を図-1,2に示す。標準マーシャル安定度は、Bの配合もアスファルト舗装要綱の基準値(500Kg)を満足しており、すべて天然骨材を使用した場合より、すべてあるいは部分的に転炉スラグを使用した配合の方が高い安定度を示した。しかし、長時間水浸後の安定度はスラグを使用した配合では小さくなった。特に安定度の低下の激しいものは、粗骨材に転炉スラグを用いた配合のものであった。これは、粗骨材に転炉スラグを用いたものは、早くも水浸後には花咲現象(転炉スラグの膨張によって供試体表面に生じる微小クラック)が生じた

という観察結果からも確認された。また残留安定度と密度、残留安定度とスラグ配合率の関係(図-3,4)をみると、密度が高いほどスラグ配合率が高いほど残留安定度の低下が大きく、その中でも粗骨材に転炉スラグを用いたものは、その低下の割合が数しかなかった。従って、残留安定度の低下には、粗骨材として使用した転炉スラグが大きく関係しているといえる。

(2) 骨材の吸水・膨張試験

実験結果(表-4)より、粒径の小さい転炉スラグは膨張しやすいことが判った。これは粒径の小さい骨材ほど骨材表面積が大きいから、水和反応を起し易くなるためと考えられる。しかし、残留安定度と膨張率の間にはあまり良い相関が得られなかった。

(3) 水浸前後の粒度試験

実験結果(表-5)より、細骨材はかなり減量することが判った。しかし、使用転炉スラグに対する減量度(使用した各粒度の転炉スラグの減量の和)と残留安定度との関係を調べたが、あまり良い相関が得られなかった。

(4) 水浸前後の骨材の破砕試験

実験結果(表-6)より、元来、転炉スラグは天然骨材に比べて、衝撃に対する抵抗(骨材の固有強度)が小さく、長時間水浸されることにより、この固有強度がさらに低下することが判った。この転炉スラグ自体の固有強度の低下は、粗骨材に転炉スラグを用いた配合の混合物の残留安定度の低下に大きく関係しているといえる。

4. まとめ

転炉スラグの性質は、製鉄所の違いなどによってかなりばらつきはあうが、本研究によって転炉スラグの膨張・崩壊性が改めて確認された。この性質はむしろ、フィラー、細骨材において顕著にみられたが、長時間水浸時の安定度の低下は粗骨材に転炉スラグを用いた方が顕著であった。すなわち、転炉スラグを粗骨材に用いる方が、破砕が容易でかつ使用量が多くなるという点では有利であるが、耐久性の点で危険性のあることが判った。

結論として、アスファルト混合物用骨材に転炉スラグを使用する場合、現段階では細骨材として使用できる可能性はあるが、粗骨材として使用するには転炉スラグ自体の改良・改質が必要である。また、転炉スラグのアスファルト混合物用骨材としての適用性は、かなり長時間の水浸試験によって検討される必要がある。例えば、水浸安定度試験は通常の48時間では短く、60℃で1週間程度の水浸時間が必要である。

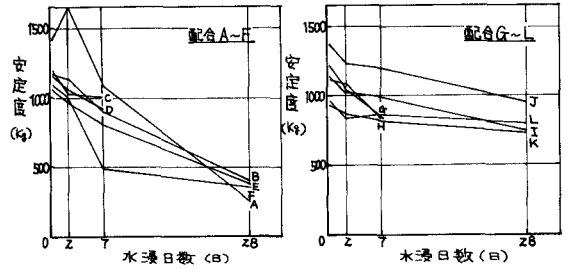


図-1. 安定度と水浸日数の関係

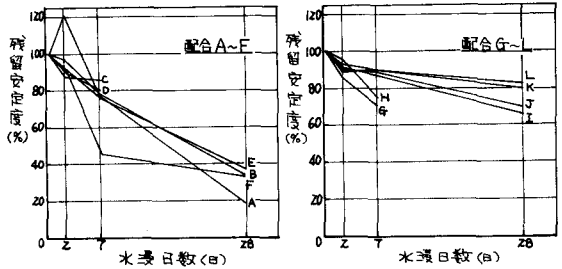


図-2. 残留安定度と水浸日数の関係

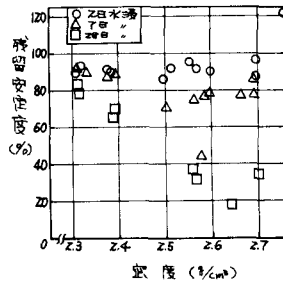


図-3. 残留安定度と密度の関係

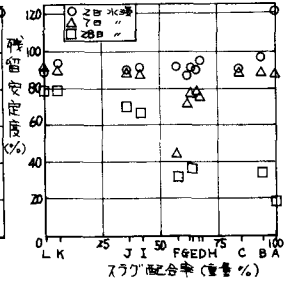


図-4. 残留安定度とスラグ配合率の関係

表-4. 骨材の吸水・膨張試験結果

配合	膨張率(%)	減量度
A	0.91	54.2
B	0.35	54.2
C	—	36.2
D	—	26.6
F	0.19	8.6
G	—	51.3
H	—	48.5
I	0.47	45.6
J	0.29	45.0
L	0.20	0

表-5. 単粒骨材の水浸前後の粒度試験結果

粒径(mm)	減量(%)
20-25	4.9
10-20	0.8
5-10	2.0
2.5-5	0.9
0.6-2.5	2.2
0.3-0.6	25.4
0.15-0.3	8.0
0.075-0.15	10.0

表-6. 骨材の破砕度(%)

骨材	水浸前	水浸後
スラグII	84.3	99.8
天然骨材	47.6	63.1