

混合方式に着目した石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材のアスファルト混合材料への適用性

福岡大学大学院 学生会員 ○池田 茄生
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
 日鉄スラグ製品(株) 柳 正人

1. はじめに 本研究では、石炭灰を用いたリサイクル材料である石炭灰混合材料¹⁾と、同じ産業副産物である製鋼スラグを混合し、お互いの利点を用いた有効利用の促進を進める石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材の開発を行っている²⁾。現在、アスファルト混合物(以下: As 混合物)において、天然資源の枯渇化による建設材料の供給の不安定化や環境への配慮が重要視されていることから再生骨材の利用が主流となっている³⁾。そこで本検討では、石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材の用途拡大を目的とし、As 骨材への適用性評価を行っている。既往の研究⁴⁾より、石炭灰をフィラー材とした As 混合物は、As の被膜により重金属等の溶出はみられないことが判明している。本研究では、図-1 に示す製造過程のとおり、製鋼スラグを石炭灰に混入するタイミングの違いから、プレミックス方式とポストミックス方式の 2 パターンにより作製し、所定の粒径に調整した石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材(以下、破砕材)による As 骨材としての材料特性評価を行った結果について報告する。

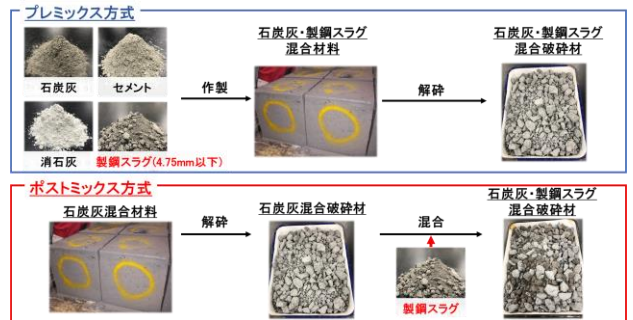


図-1 石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材の製造過程

2. 実験概要

2.1 実験試料 混合

物には、密粒度 As 混合物(13mm Top)を用いた。As バインダは StAs 60/80 を使い、骨材は破砕材、6号砕石、7号砕石、粗砂、細砂、フィラー材(石粉)を使用した。図-2 に各骨材の粒径加積曲線、図-3 に As 混合物の目標粒度範囲及び合成粒度を示している。

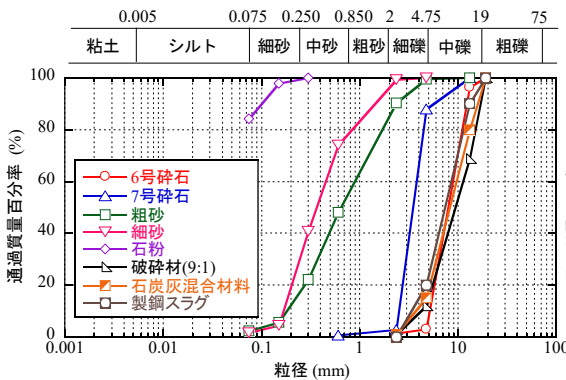


図-2 各骨材の粒径加積曲線

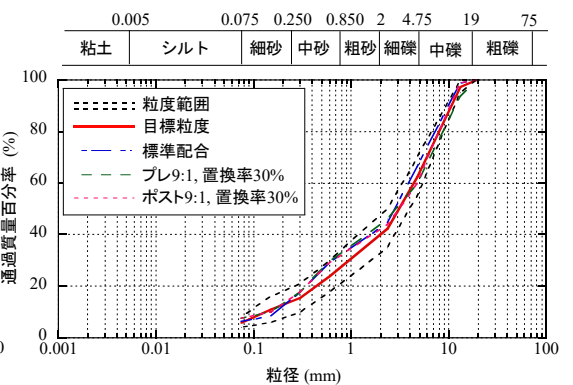


図-3 As 混合物の目標粒度範囲

2.2 材料特性評価

本検討に用いた破砕材は、石炭灰と製鋼スラグをそれぞれ、9:1 に混合し、事前に物性評価を行った。表-1 に各骨材の物理特性を示す。破砕材と砕石を比較すると、破砕材は吸水率・すりへり減量が高く、骨材密度が低いことから、骨材破砕を起こす可能性を有している軽い材料であることがわかる。また、石炭灰の添加に伴い吸水率が高く、規格値を満足していないこともわかる。今回の検討について、プレミックス方式はプラントにて製造・破砕処理されたもの、ポストミックス方式は、プラントにて製造された石炭灰混合材料を、当研究室にてスラグと混合し、検討を行った。

2.3 実験条件

As 混合物の材料特性を評価するにあたり、舗装調査・試験法便覧(E013)より標準マーシャル安定度試験を実施した。混合物の配合条件は、各骨材の粒径加積曲線より、目標粒度範囲に入る配合条件としている。表-2 に配合条件を示す。破砕材は、昨今の再生骨材投入量が

表-1 骨材の物理特性

	6号砕石	7号砕石	石炭灰混合材料	製鋼スラグ	プレミックス破砕材 石炭灰：製鋼スラグ 9:1	規格値
吸水率 (%)	0.77	0.95	25.0	3.31	22.1	3.0%以下
すりへり減量 (%)	14.6	—	45.0	—	38.4	40%以下
密度 (Mg/m ³)	2.714	2.701	1.780	3.413	1.840	

表-2 配合条件

混合物種	種類	骨材			Asバインダ	
		標準配合	配合率(%)		種類	As量 (%)
			プレミックス 9:1	ポストミックス 9:1		
密粒度 As混合物 (13mmTop)	破砕材		16.2		StAs 60/80	4.5
	石炭灰混合材料			14.6		5.0
	製鋼スラグ			1.6		5.5
	6号砕石	32.0		23.9		6.0
	7号砕石	22.0		13.9		6.5
	粗砂		26.0			
	細砂		13.5			
石粉		6.5				

キーワード 石炭灰、製鋼スラグ、アスファルト

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL 092-871-6631 (内線 6464)

粗骨材(6号砕石, 7号砕石)の10~50%前後であるため, 平均値の30%を混入量としている. 供試体作製方法は, 骨材の計量後, 24時間炉乾燥(140°C)を行った骨材とAsバインダを加熱混合(160°C)する. その後, 両面50回締固めを行い直径100mm, 高さ 63.5 ± 1.3 mmの円柱形供試体を作製している. また, 供試体を30分水浸養生(60°C)を行った後に試験を実施している.

3. 実験結果及び考察

図-4に空隙率の結果を示す. 空隙率はAs添加率の増加に伴い, 減少傾向を示しており, Asの充填による変化がみられる. 破砕材を用いたどちらの条件も, 標準配合に比べ全てのAs添加率で空隙率が減少している. また, ポストミックス方式を用いた条件は全てのAs添加率で規定値を満足しなかった. これらは, 図-5に示す供試体密度より, 破砕材を用いた供試体密度が低下していることが要因と考えられる. また, 表-1に示したように, 石炭灰を含んだ材料は, すりへり減量が高い値を示すため, ポストミックス方式では石炭灰混合材料の影響が顕著に表れ, 締固めに伴う粒子破碎により供試体密度が低下し, 空隙率が増加したと考えられる. 次に, 図-6に飽和度を示す. 飽和度はAs添加率が増加するにつれ, 増加傾向を示している. 標準配合と比較すると, 破砕材を用いた場合, 飽和度の規定値を満たすAs添加率は高い値を示した. これは, 空隙率と同様に粒子破碎と供試体密度の影響と考える. 図-7に安定度, 図-8にフロー値の結果を示している. 安定度とフロー値はどちらも, 全てのAs添加率で規定値を満足している. 安定度をみると, 標準配合, 破砕材の条件では, いずれの配合条件において基準値である4.9kN以上を満足した. 製造方法の違いに着目すると, プレミックス方式では, 標準配合より高い安定度を示し, ポストミックス方式を用いた条件においては, 安定度は低く, Asの増加に伴い安定度が減少する傾向が見られた. これは, 空隙率, 飽和度が規定値を満足しなかった要因として挙げた, 材料の物性が顕著に表れ, 供試体密度の低下が要因と考えている. しかしながら, プレ・ポストミックス方式により作製した破砕材を用いた条件において, As混合物としての規定値は満足していることから, 混合物として使用可能なことを示唆している. 図-9に最適As量を示す. 最適As量は, 標準配合: 5.3%, プレミックス破砕材(9:1): 6.2%となった. ポストミックス破砕材(9:1)は, 本実験条件のAs添加量では, 空隙率, 飽和度の規定値を満足せず, 最適As量を求められなかった. また, 破砕材を用いたどちらの条件も, 最適As量は1%程度増加している. これは石炭灰を含む破砕材が, 高い吸水率により最適As量が高くなったと考えられる. 本条件では, プレミックス方式の優位性が判明し, ポストミックス方式を利用する場合は, 材料の影響が顕著に表れることが課題として挙げられる.

4. まとめ

製鋼スラグの混合方式の違いに着目し, 作製した破砕材はAs混合物として適用可能であることが示唆された. しかしながら, 石炭灰を多く含む場合は, 高い吸水率の影響による最適As量の増加や, 破砕材の作製方法によって規定値を満足しない場合があるため, 材料特性や作製方法を十分に管理する必要があることが示唆された. 今後破砕粒径および破砕材(7:3)を用いた影響についてさらなる検討を行う予定である.

- 【参考文献】 1) 一般財団法人石炭エネルギーセンター: 石炭灰混合材料有効利用ガイドライン(統合改訂版), pp.72-74, 2018. 2) 池田ら: 石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材の路盤材への適用性~ポストミックス方式による検討~, 第14回環境地盤工学会シンポジウム, pp.301-304, 2021. 3) 神奈川県再生骨材協同組合: 環境と再生骨材, <http://saikotsu.or.jp/environment/index.html>, 2021.12. 4) 山下ら: 石炭灰のアスファルト混合物材料への適用性, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol74, No.3, pp.79-84, 2018.

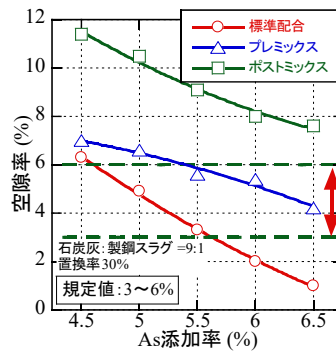


図-4 空隙率

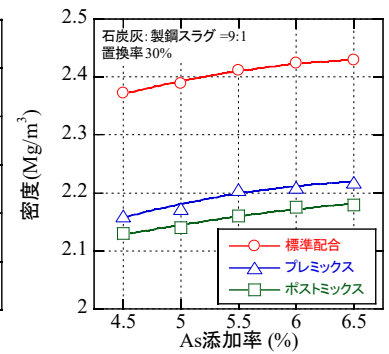


図-5 供試体密度

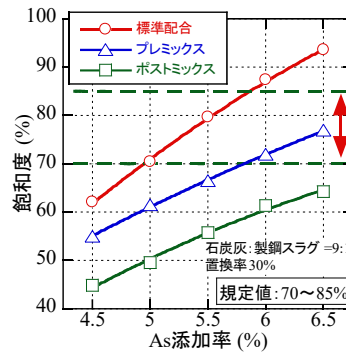


図-6 飽和度

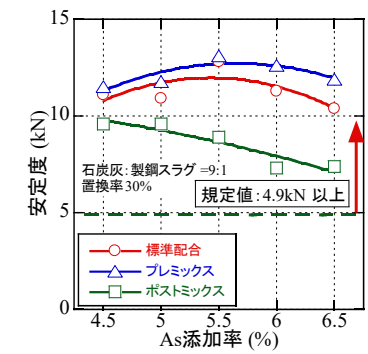


図-7 安定度

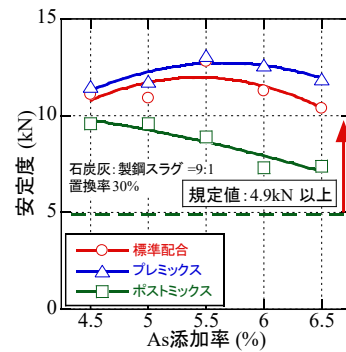


図-8 フロー値

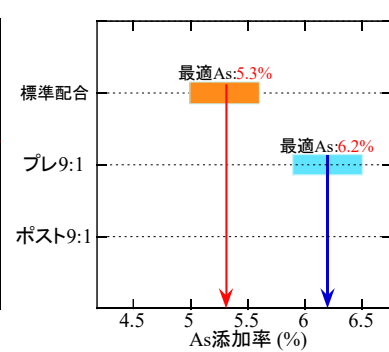


図-9 最適As量