

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
福岡大学工学部
日鉄スラグ製品(株)

学生会員 池田 茄生
正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
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て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。現在、アスファルト混合

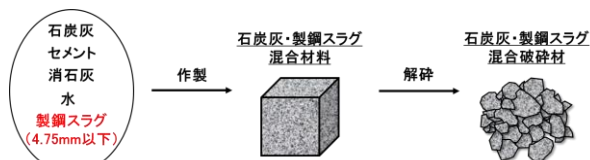


図-1 石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材の製造過程 (プレミックス方式)

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²⁾。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³⁾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(4.75mm 以下)を骨材として石炭灰に混ぜて混合材料を作製し、固化後に破砕して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。

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 を用い、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

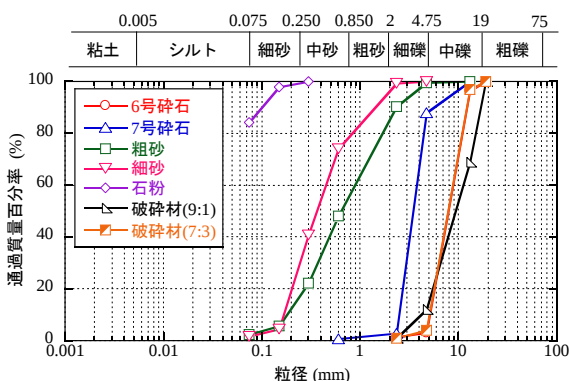


図-2 各骨材の粒径加積曲線

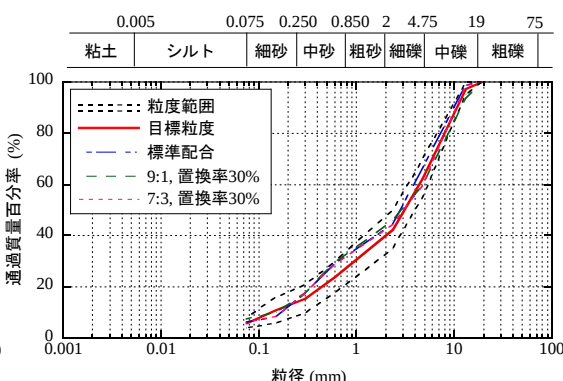


図-3 As 混合物の目標粒度範囲

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。

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、7:3, 5:5, 3:7, 0:10 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、石炭灰の増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は、石炭灰混合材料プラントにて製造・破砕処理された石炭灰・製鋼スラグ混合破砕材を用いて行った。なお、石炭灰・製鋼スラグの混合比は、7:3 と9:1 としている。

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ている。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 に実験条件を示す。破砕材は、昨今の再生骨材の投入量

表-1 骨材の物理特性

	6号砕石	7号砕石	破砕材 石炭灰：製鋼スラグ					規格値
			9:1	7:3	5:5	3:7	0:10	
吸水率 (%)	0.77	0.95	22.1	19.0	16.2	12.5	3.31	3.0%以下
すりへり減量 (%)	14.6	—	38.4	36.9	—	—	—	40%以下
安定性 (%)	3.7	3.8	—	—	—	—	—	12%以下
密度 (Mg/m ³)	2.714	2.701	1.840	1.980	—	—	—	

表-2 実験条件

混合物種	骨材			Asバインダ	
	種類	配合率 (%)		種類	As量 (%)
密粒度 As混合物 (13mmTop)	破砕材(9:1)	16.2	16.2	StAs 60/80	4.5
	破砕材(7:3)				5.0
	6号砕石	32.0	23.9		5.5
	7号砕石	22.0	13.9		6.0
	粗砂	26.0	26		6.5
	細砂	13.5	13.5		
	石粉	6.5	6.5		

は粗骨材(6号砕石, 7号砕石)の10~50%前後のため、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℃)を行った骨材とAsバインダを加熱混合(160℃)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℃)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。破碎材を用いた場合、標準配合に比べ全てのAs添加率で空隙率が増加している。特に製鋼スラグを多く含む7:3の配合において最も高い値を示している。これは、図-5に示す供試体密度より、破碎材を用いた供試体の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、石炭灰を多く含んだ場合、すりへり減量は高い値を示すため、締固めに伴う粒子破碎により、小粒径の骨材が空隙に充填されたことと、標準粗骨材よりも破碎材の骨材密度が低いため、供試体密度が低下したと考えられる。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、破碎材を用いた場合、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

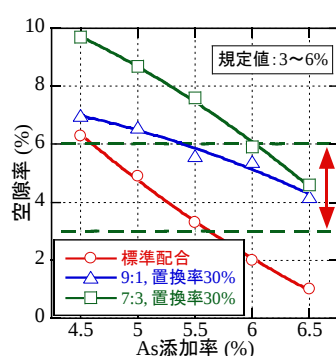


図-4 空隙率

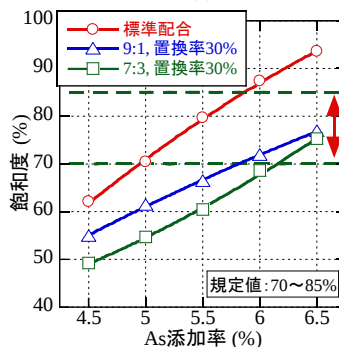


図-5 供試体密度

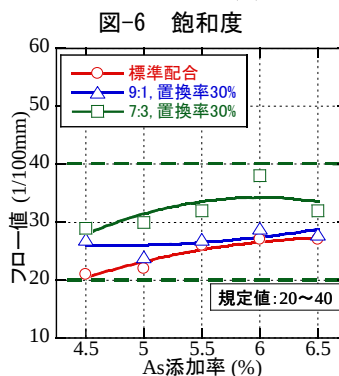


図-6 飽和度

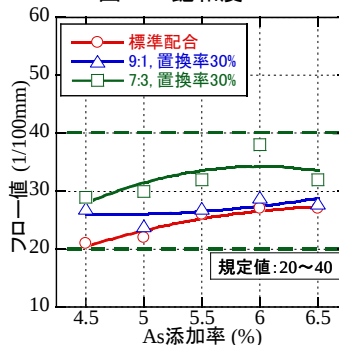


図-7 安定度

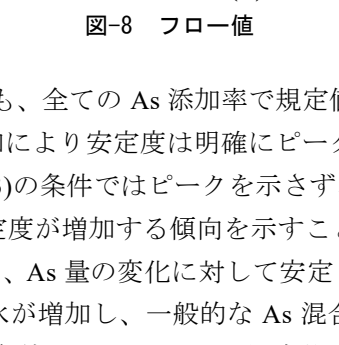


図-8 フロー値

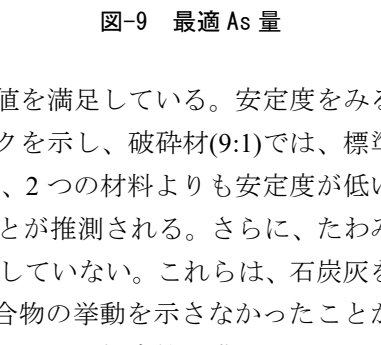


図-9 最適 As 量

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、破碎材(9:1)の条件では、As量の増加により安定度は明確にピークを示し、破碎材(9:1)では、標準配合より高い安定度を示している。一方、破碎材(7:3)の条件ではピークを示さず、2つの材料よりも安定度が低いことが分かる。また、6.5%以上のAs量において、安定度が増加する傾向を示すことが推測される。さらに、たわみ変化目安のフロー値においても、7:3の条件において、As量の変化に対して安定していない。これらは、石炭灰を多く混合させることにより、破碎材によるAsの吸水が増加し、一般的なAs混合物の挙動を示さなかったことが要因である。しかしながら、今回の破碎材を用いた条件においても、As混合物としての規定値は満足しており、混合物として使用可能である。図-9に最適As量を示す。最適As量は、標準配合：5.3%、破碎材(9:1)：6.2%、破碎材(7:3)：6.3%となった。破碎材を用いた場合、最適As量は、1%程度増加している。これは石炭灰を多く混合した破碎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。

4. まとめ

石炭灰・スラグ混合破碎材のAs混合物への利用を検討した結果、As混合物の力学特性において標準配合と同等であることが示された。しかしながら、破碎材の石炭灰の混合量が増加によって、最適アスファルト量が増加することから、今後破碎粒径や混合方法等に注目し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) 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.
- 3) 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.