

石炭灰のポーラスアスファルト混合物への適用性

福岡大学大学院	学生会員	山下 貴弘		
福岡大学工学部	正会員	佐藤 研一	藤川 拓朗	古賀 千佳嗣
前田道路株式会社	正会員	市岡 孝夫	佐藤 諒介	
前田建設工業株式会社	正会員	前田 啓太		
Fe 石灰技術研究所	正会員	井 真宏		

1. はじめに 東日本大震災以降、原子力発電所が停止の中、石炭火力発電の利用は大きく増加している¹⁾。石炭火力発電により副次的に発生する石炭灰(略記: FA)は年間約 1,200 万トン発生しており、年々増加傾向にある²⁾。FA の新たな有効利用法として、これまでの研究^{3,4)}において、FA 使用 As 混合物の材料特性及び周辺環境への影響の結果から、密粒度 As 混合物においてその適用可能性を明らかにしている。そこで本報告では、発電所サイロより直接採取した FA 原粉(略記: 原粉 M)及び製品としての利用実績のある JIS II 種灰(略記: JIS 灰)を使用し、密粒度 As 混合物に比べフィラー材の影響を大きく受ける排水性(ポーラス) As 混合物における適用性について検討し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、ポーラス As 混合物(13mm Top)を用い、As バインダとして改質 AsH 型を使用した。骨材は、6 号砕石、7 号砕石、粗砂 3 種類のフィラー材(石粉・FA 材 2 種類(原粉 M・JIS 灰))を使用した。表-1 に各フィラー材の物理特性を示し、表-2 に骨材配合率、図-1 各骨材の粒径加積曲線を示す。写真-1 に石粉の外観、写真-2 に FA 原粉 M の外観を示す。表-1 より、石粉と各 FA は基本的な物理特性は類似しているが、密度が若干異なることや、FA 原粉は浸水膨張性を有している。また、図-1 より、各フィラー材料は粒度が異なる材料であることが分かる。本検討において用いるポーラス As 混合物は、表-2 より、配合の大部分を砕石が占めており、砂分が少ないことからフィラー材の影響を大きく受ける混合物であることが伺える。

2-2 実験方法 本検討において、混合物の各種材料特性を評価するにあたり、舗装調査・試験法便覧より、標準マーシャル安定度試験(略記: 標準 MT)、水浸マーシャル安定度試験(略記: 水浸 MT)、標準ホイールトラッキング試験(略記: 標準 WT)、標準カンタブロ試験(略記: 標準 CB)、水浸カンタブロ試験(略記: 水浸 CB)を用いている。MT 及び CB には、直径 100mm、高さ 63.5±1.3mm の円柱形供試体を使用している。MT では、60℃の恒温水槽にて、標準試験の場合は 30 分、水浸試験の場合は 48 時間の水浸養生後に試験を行った。CB 試験では、作製した供試体を標準試験の場合はそのままの状態にて、水浸試験の場合は 60℃の恒温水槽にて 48 時間水浸養生し、十分に乾燥させた後、30 回/分にて 300 回自由落下させ、供試体の骨材飛散率を算出した。WT には、長さ 300mm、幅 300mm、高さ 50mm の平板型供試体を使用し、20℃の恒温室にて十分に放熱を行い、60℃の恒温室にて 5 時間以上 24 時間以内の気中養生後に 21 回/分にて 60 分間走行試験を行った。

2-3 実験条件 表-3 に実験条件を示す。2 種類の FA の石粉との置換率は 0, 50, 100% の 3 条件とした。添加 As 量は、ダレ試験結果より算出した FA 置換率 0% 時の最大 As 量の 4.7% 一定とした。検討試験として、標準 MT、水浸 MT、標準 WT、標準 CB、水浸 CB を実施した。

表-1 各フィラー材の物理特性

	石粉	JIS 灰	原粉 M	規格値
水分 (%)	0.3	0.2	0.3	1 以下
塑性指数 Ip	5.3	N.P.	N.P.	4 以下
フロー試験 (%)	30.6	37.9	42.8	50 以下
浸水膨張率 (%)	0.7	1.2	3.1	3 以下
剥離試験	N.P.	N.P.	N.P.	1/4 以下
密度 (g/cm ³)	2.663	2.273	2.182	-
加熱変質性試験	N.P.	N.P.	N.P.	-
細粒分含有率 (%)	89.7	98.8	85.8	-



写真-1 石粉の外観 写真-2 FA 原粉 M の外観

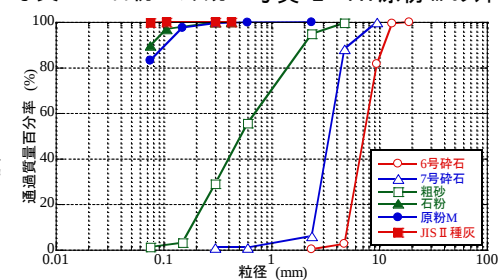


図-1 各骨材の粒径加積曲線

表-2 骨材配合率

骨材	配合率 (%)
6号砕石	84.0
粗砂	9.9
フィラー	6.1
計	100.0

表-3 実験条件

使用混合物	バインダ	使用FA	置換率 (%)	添加As量 (%)	検討試験
ポーラスAs混合物 (13mm Top)	改質AsH型	原粉M	0	4.7 ダレ試験結果 最大As量	標準MT 水浸MT 標準WT 標準CB 水浸CB
			50		
		JIS灰	100		
			50		
			100		

3. 実験結果及び考察

3-1 安定性に及ぼす影響 図-2 に FA 置換率と供試体密度を示し、図-3 に FA 置換率と標準安定度、図-4 に水浸安定度を示す。図-2 より、FA 置換率増加に伴い供試体密度の微小な低下がみられたが、FA の違いによる顕著な密度変化はみられなかった。図-3 より、FA 置換率増加に伴い JIS 灰は微小の増加、原粉 M は低下がみられた。また、図-4 から水浸安定度は標準安定度とほぼ同一の挙動を示している。これは、ポーラス As 混合物は砂分が少なく、フィラーの影響を大きく受けるため、浸水膨張率の大きい FA 原粉を使用した際は、水浸養生における浸水により強度低下に繋がったと考えられる。しかし、大きな差異は見受けられず、標準安定度、水浸安定度ともに規定値の 3.43kN 以上は満足する結果を示した。また、いずれの FA ともに FA 置換 50%までは、石粉と同等な安定度を有していることが分かる。

3-2 耐水性に及ぼす影響 図-5 に FA 置換率と残留安定度を示し、図-6 に FA 置換率と損失増加率を示す。ここで、損失増加率は、標準・水浸 CB より算出した骨材損失より、水浸試験結果から標準試験結果を差し引いたものである。図-5 より、FA 置換率増加に伴い残留安定度は若干の低下傾向を示したが、いずれも規定値に対し、高い値を推移しており、大きな変化はみられなかった。図-3、4 の安定度からも FA 添加に伴う顕著な安定度の低下がみられなかったことから残留安定度の維持に繋がったと考えられる。さらにポーラス As 混合物は排水性に優れているため、水浸養生時における排水により、残留安定度が高く推移したと考えられ、規定値の 75%以上を十分に満足している。また、図-6 より、FA 置換率増加に伴う損失増加率の微小な増加がみられた。しかし、増加は低い位置にて発生しており、水浸による骨材損失抵抗性の低下はないものと考えられる。

3-3 衝撃・流動抵抗性に及ぼす影響 図-7 に FA 置換率と

動的安定度を示し、図-8 に FA 置換率と骨材損失率、図-9 に FA 置換率と水浸骨材損失率を示す。図-7 より、FA 置換に伴う動的安定度の大きな変化はみられなかった。また、図-8 より、骨材損失率においても FA 置換による変化はみられず、同等の値を示す結果となった。また、いずれの試験結果においても規定値を満足していることが分かる。図-9 より、こちらも FA 置換による大きな変化はみられず、水浸による大きな影響はなかった。前述したとおり、ポーラス As 混合物は砂分が少なくフィラーの影響を大きく受けるため、衝撃・流動抵抗性への影響が危惧された。しかし、FA 置換率 100%においてもフィラー材のみとの差異は小さく、石炭灰の適用性が示される結果となった。

4. まとめ 1)FA 置換に伴うポーラス As 混合物の材料・力学強度特性に対する影響は小さく、すべて規定値を満足している。2)残留安定度においても高い値を示しており、FA のポーラス As 混合物材料への適用性が示された。

【参考文献】1) 一般社団法人石炭エネルギーセンター：石炭灰全国実態調査報告書(平成 26 年度実績), pp.5-10, 2015. 2) 社団法人土木学会エネルギー土木委員会：石炭灰有効利用技術についての報告書, pp.28-45, 2003. 3) 山下貴弘ら：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 E1Vol.74 No.3 pav23-10, 1.79-84, 2018. 4) 山下貴弘ら：石炭灰の浸水膨張率に着目したアスファルト混合物フィラー材への適用性, 土木学会第 73 回年次学術講演会 V-699, pp.1397-1398, 2018.

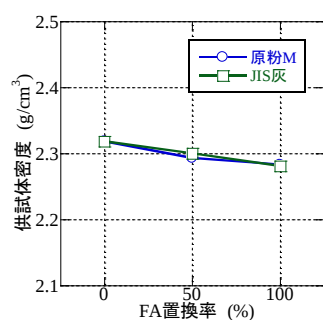


図-2 FA 置換率と供試体密度

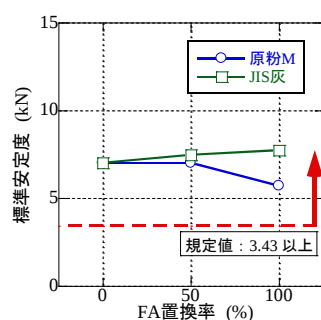


図-3 FA 置換率と標準安定度

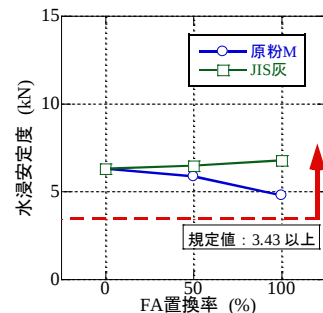


図-4 FA 置換率と水浸安定度

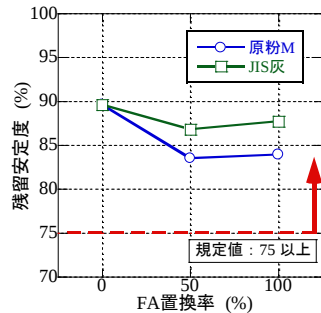


図-5 FA 置換率と残留安定度

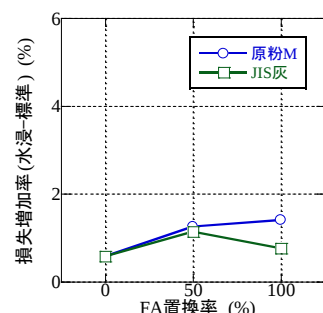


図-6 FA 置換率と損失増加率

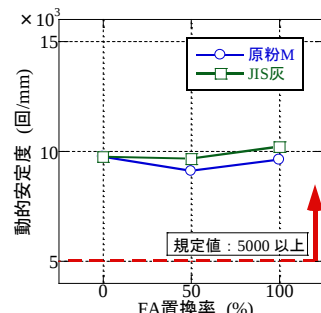


図-7 FA 置換率と動的安定度

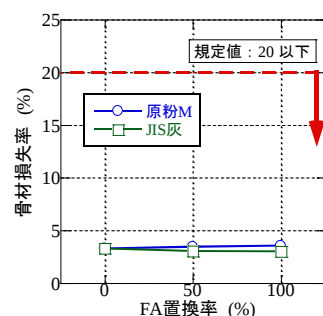


図-8 FA 置換率と骨材損失率

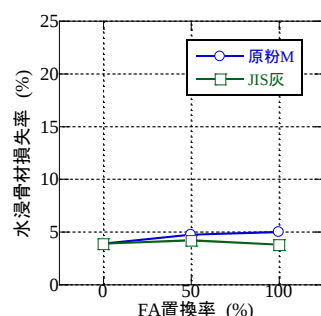


図-9 FA 置換率と水浸骨材損失率