

石炭灰の種類に着目したアスファルト混合物フィラー材としての適用性に関する検討

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 石炭火力発電により副次的に生成する石炭灰(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¹⁾。現在、FA は約 98%が有効利用されているが、その約 7 割をセメント分野に頼っている現状にある。今後、コンクリートの新規建設減少に伴うセメント需要低下等が懸念される中で、新たな FA の有効利用法の開発は急務とされている²⁾。そこで著者ら³⁾は、年間約 7,000 万トン生産され、恒久的な建設が期待でき、フィラー材として使用される石灰石粉(略記: 石粉)と FA の基本的物理的性状が類似していることから、アスファルト舗装分野に着目し、石粉に FA を置換した際の各種力学特性及び周辺地盤環境に与える影響について研究を行っている。表-1 にフィラー材の物理特性を示す。表-1 より石粉と FA において基本的物理特性は類似しているものの、密度及び浸水膨張率が異なる材料である。本報告では、JIS 灰及び FA 原粉(略記: 原粉 M)をフィラー材として使用した際における各種材料特性に及ぼす影響について検討を行った結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 混合物には密粒度アスファルト混合物(13mm Top)を用い、アスファルトバインダはストレートアスファルト 60/80 を使用した。また、骨材は 6 号砕石、7 号砕石、粗砂、フィラー材(石粉・JIS 灰・原粉 M)を使用している。表-2 に骨材配合率を示す。ここで、6 号砕石に関し、粒度調整及び混合物精度向上を目的とし、13mm ふるいを通過し 9.5mm ふるいに残留するものを 6 号砕石 A、9.5mm ふるいを通過し 4.75mm ふるいに残留するものを 6 号砕石 B とし 2 種類に分類して使用している。

2-2 実験概要 本検討において、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)を用いている。MT には、直径 100mm、高さ 63.5±1.3mm の円柱形供試体を使用し、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 MT を行った。WT には、長さ 300mm、幅 300mm、厚さ 50mm の平板型供試体を使用し、60℃の恒温室にて 5 時間以上 24 時間以内の気中養生後、走行試験を行った。ここで、石粉と FA では基本的物理性状は類似しているが、土粒子密度及び粒径が異なり、最適アスファルト量(略記: OAC)の変化が考

えられるため、事前に OAC 算出を行った。図-1 に各条件における OAC を示す。JIS 灰において、OAC は FA 置換率の増加に伴い減少傾向を示し、原粉は増加傾向を示した。これは、JIS 灰の特徴であるボールベアリング効果⁴⁾によりアスファルトバインダの流動性が向上し、原粉では粒度調整がされていないことから

粒径の大きな FA 粒子の多孔質な部分がアスファルトバインダ油分を吸収したことに起因すると考えられる。

2-3 実験条件 表-3 に実験条件を示す。FA 置換率は 0, 50, 100%の 3 条件とした。添加 As 量は各 OAC 及び、アスファルト量の増減の影響を踏まえ、FA 置換率 0%時の As 量である 5.3%一定(略記: As 一定)における試験も行った。検討試験として、標準 MT、水浸 MT、標準 WT の 3 試験を実施した。

表-1 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	2.7	3 以下
剥離試験 (%)	N.P.	N.P.	N.P.	25 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	99.8	83.2	-

表-2 骨材配合率

骨材	配合率 (%)
6号砕石	37.5
7号砕石	20.0
粗砂	36.0
フィラー	6.5
計	100.0

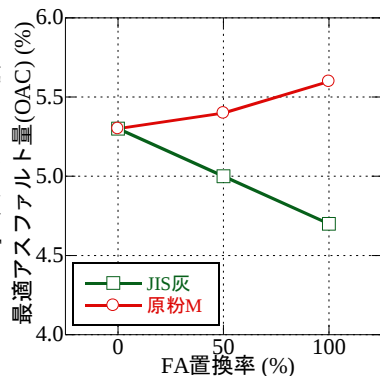


図-1 各条件における OAC

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
密粒度 As 混合物 (13mm Top)	StAs 60/80	JIS 灰	0	5.3	標準 MT
			50	5.0	水浸 MT
			100	4.7	標準 WT
		原粉 M	50	5.4	As 一定
			100	5.6	As 一定

3. 実験結果及び考察 図-2 に各条件における供試体密度を示す。図-2 より、JIS 灰においてはほぼ一定の値を示し、原粉においては両条件とも供試体密度の低下がみられた。これは、原粉は JIS 灰に比べ土粒子密度が低く、混合物に投入することにより供試体密度が低下したためと考えられる。図-3 に各条件における安定度を示す。JIS 灰ではほぼ一定の値を示し、原粉においては両条件とも低下傾向を示した。これは、図-2 で述べた供試体密度の低下が影響し、安定度の低下を引き起こしたと考えられる。また、いずれの条件においても規定値の 4.9kN 以上は十分満足している。図-4 に各条件における残留安定度を示す。いずれの条件においても FA を置換することで残留安定度は低下傾向を示した。これらも、先に述べた供試体密度の低下と表-1 に示している FA の物理特性である浸水膨張率の違いが大きく影響していると考えられる。そこで、図-5 に浸水膨張率と残留安定度を示す。結果より、浸水膨張率の増加に伴い残留安定度が低下していることが伺える。このことから、浸水膨張率の増加により浸水による影響を大きく受け、残留安定度の低下が生じたと考えられる。一方で、75%以上の規定値を十分満足していることから、耐水性に関し問題は無いと考えられる。図-6 に各条件における動的安定度を示す。動的安定度は標準 WT より得られた 45 分時と 60 分時のわだち掘れ量を用いて算出される値である。原粉では両条件とも動的安定度は低下傾向を示し、JIS 灰においては増加傾向を示した。これは、JIS 灰は OAC が低下し流動抵抗性の高い混合物であることに加え、JIS 灰の特徴であるボールベアリング効果⁴⁾により、アスファルトバインダが十分骨材に被膜したことにより強固な混合物となったためと考えられる。一方、原粉では、使用した混合物が試験における熱により浸水膨張を起こしたことに加え、原粉において粒径の大きな部分に位置するものは多孔質な形状をしたものが多く⁵⁾、混合物内部での粒子破砕が発生した可能性も理由として考えられる。また、特に OAC では、アスファルト量が増加し、流動的な混合物になったと考えられる。今回の WT では、JIS 灰、原粉 M は規定値を満足していることから、今回検討に用いた 2 種類の FA において耐流動性に関して問題は無いと考えられる。

4. まとめ 今回の結果より、1) JIS 灰は、石粉使用時と同等の材料特性を維持することができ、ボールベアリング効果⁴⁾から OAC も削減可能であり、その有効性を示した。2) 原粉は、石粉に比べ多孔質で粒径幅が広いことから、OAC は増加する。また、FA の粒子破壊により、安定性、耐水性、耐流動性において、低下傾向を示すことが明らかとなった。3) いずれの FA も規定値を満足するものの、FA の特徴である浸水膨張率増加に伴い、残留安定度が低下する。したがって、FA をアスファルト混合物に用いる場合、FA の浸水膨張率及び粒径を十分に把握する必要があることが明らかとなった。

【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：石炭灰配合アスファルト混合物の材料特性及び周辺環境に及ぼす影響に関する検討, 土木学会第 72 回年次学術講演会 V-041, pp.81-82, 2017. 4) 柴田敏計：石炭灰のアスファルトフィラー材への適用検討, 技術開発ニュース No.131, pp.21-22, 2008. 5) 経済産業省資源エネルギー庁：平成 27 年度エネルギーに関する年次報告, エネルギー白書 2016, 第 2 部第 1 章 国内エネルギー動向, pp.164-166, 2015.

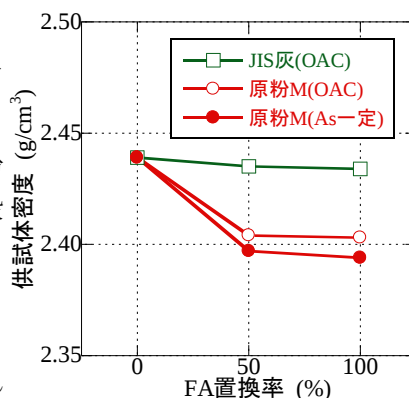


図-2 各条件における供試体密度

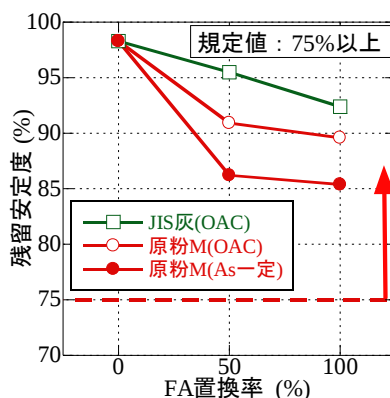


図-4 各条件における残留安定度

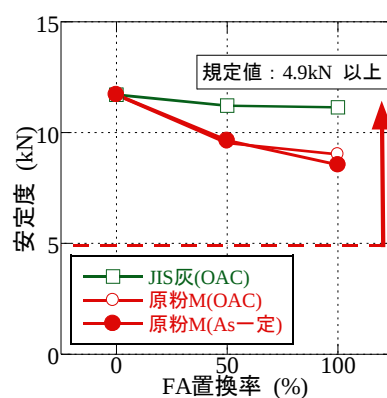


図-3 各条件における安定度

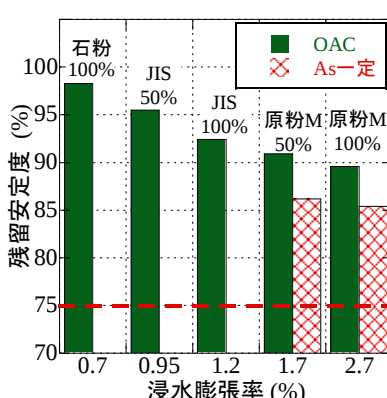


図-5 浸水膨張率と残留安定度

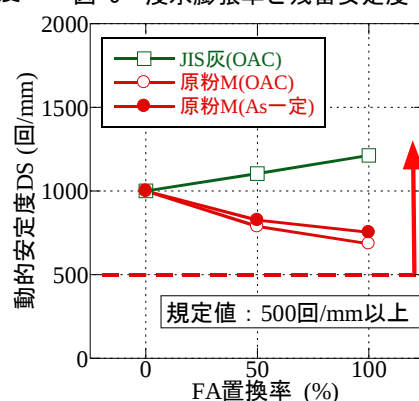


図-6 各条件における動的安定度