

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

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、新規建設の減少に伴うセメント需要低下が懸念される中で、新たな FA の有効利用法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 万トン生産されるアスファルト混合物への FA 原粉の利用を検討している。この混合物のフィラー材として使用される石灰石粉(略記:石粉)と FA 原粉の基本的物理特性が類似していることから、これまでに石粉を FA 原粉と置換した際の各種力学特性及び周辺環境に与える影響について研究を行っている。

表-1に各フィラー材の物理特性を示す。表-1に示すように、石粉と FA 原粉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。そこで、FA 原粉の浸水膨張率を継続的に調査した結果、採取ロットごとに大きなバラつきがみられた。FA 原粉をフィラー材として使用するにあたり浸水膨張率が混合物の材料特性への影響について検討が必要であると考えられる。本報告では、FA の浸水膨張率に着目し、JIS 灰及び FA 原粉 2 種類(略記:原粉 M, 原粉 H)をアスファルト混合物フィラー材として使用した際における材料特性に及ぼす影響について検討を行った結果について報告する。

表-1 各フィラー材の物理特性

	石粉	JIS灰	原粉M	原粉H	規格値
水分 (%)	0.3	0.2	0.3	0.1	1 以下
塑性指数 Ip	5.3	N.P.	N.P.	N.P.	4 以下
フロー試験 (%)	30.6	37.9	42.8	28.5	50 以下
浸水膨張率 (%)	0.7	1.2	3.1	3.5	3 以下
剥離試験 (%)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	25 以下
密度 (g/cm ³)	2.663	2.273	2.182	2.135	-
加熱変質性試験	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	-
細粒分含有率 (%)	89.7	98.8	85.8	85.5	-

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・原粉 H)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作製精度向上を目的とし、13.2mm~9.5mm は A、9.5mm~4.75mm は B とし、2 種類に分級し使用している。

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

2-2 実験方法 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)、標準カンタブロ試験(略記:標準 CB)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に走行試験を行った。CB には、MT にて使用した円柱形供試体を使用し、供試体を 300 回自由落下後、飛散骨材量の算出を行った。ここで、石粉と FA では基本的物理特性は類似しているが、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 置換率増加に伴い減少傾向を示したが、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、バインダの流動性が向上し、FA 原粉では多孔質部分がバインダ油分を吸収したことと起因すると考えられる。

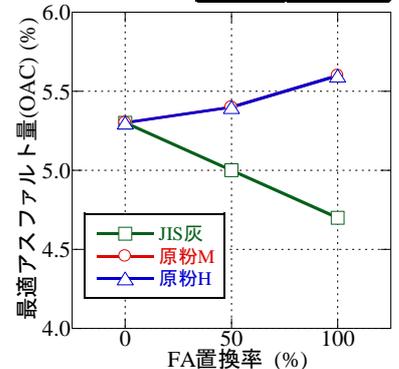


図-1 各条件における OAC

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 水浸MT 標準WT 標準CB
			50	5.0	
			100	4.7	
		原粉M	50	5.4	
			100	5.6	
			原粉H	50	
		100	5.6		

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 に加え、アスファルト量増減における影響を把握するため、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。各混合物の検討として、標準 MT、水浸 MT、標準 WT、標準 CB の各試験を行った。

キーワード 石炭灰, アスファルト混合物, フィラー材, 浸水膨張率

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL 092-865-6031 (内線 6464)

3. 実験結果及び考察

3-1 混合物の材料特性 図-2 に採取石炭灰と浸水膨張率を示す。今回の実験において、採取回数 8 回目の原粉を使用しており、FA 原粉は JIS 灰と比較していずれも浸水膨張率の規定値である 3%以下を満足していないことが伺える。図-3 に供試体密度に及ぼす FA の影響を示す。供試体密度は、JIS 灰においてほぼ一定の値を示し、原粉においてはいずれの条件も若干の供試体密度の低下がみられる。これは、前述したように、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微小の供試体密度が低下したためであると考えられる。図-4 に安定度に及ぼす FA の影響を示す。JIS 灰ではほぼ一定の値を示し、原粉においては、As 量のいずれの条件も低下傾向を示している。これらは、図-3 に示した供試体密度の低下が要因として考えられる。しかし、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-5 に残留安定度に及ぼす FA の影響を示す。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ている。しかし、いずれの条件においても規定値の 75%以上は十分満足している。図-6, 7 に動的安定度および骨材損失率に及ぼす FA の影響を示す。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。いずれの結果においても、原粉を使用した際は動的安定度及び骨材損失率は低下傾向を示したが、JIS 灰では増加傾向を示した。これらは、図-1 に述べたように、OAC の変化が大きく影響していると考えられる。JIS 灰では、FA 置換率増加に伴い OAC が低下していることから、バインダ減少により流動抵抗性は向上するものの、骨材同士の粘着力が低下し、動的安定度及び骨材損失率が増加したものと考えられ、一方で、As 一定で行った際は、As バインダ油分を吸収し、材料強度低下を引き起こしたと考えられる。FA 原粉の As バインダ油分の吸収については、今後、抽出試験等より影響についての評価が必要であると考えられる。

3-2 浸水膨張率に関する影響 図-8 に浸水膨張率と残留安定度の関係を示す。残留安定度は、浸水膨張率が増加するにつれて低下していることがわかる。これは、48 時間の水浸養生時に、熱と水分により FA 原粉が浸水膨張を起こすことで、供試体が膨張し、混合物の強度が低下し、残留安定度低下に繋がったと考えられる。水浸養生後の供試体重量からも、石粉使用時に比べ FA 原粉を使用した場合の方が、重量の増加率が高く、浸水膨張率による吸水の影響が考えられる。また、図-2 にて示した採取石炭灰と浸水膨張率より、今回使用した 2 種類の FA 原粉は、ともにフィラー材としての規定値 3%以下を満足していない。このことより、FA 原粉の持つ特徴である浸水膨張率の影響は、無視できないことがうかがえる結果となった。しかし、残留安定度の規定値である 75%以上は十分に満足できていることから、耐水性に関し問題は無いものの、石粉使用時に比べ、大きく低下していることから、長期的な浸水膨張性に関する検討が必要であると考えられる。

4. まとめ 1) FA 原粉は、採取ロットにより物理特性に変動が見られ、特に浸水膨張率の変動は顕著にあらわれる。2) FA 原粉は、石粉に比べ多孔質で粒径幅が広いことから、混合物の OAC が増加する。3) FA 原粉を用いた混合物は、浸水膨張率に影響を受け、As と水分の吸水により材料強度の低下傾向を示す。特に混合物の耐水性では、その影響を大きく受けることが明らかとなり、長期的な浸水膨張率による影響の検討が必要である。

【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，土木学会西部支部研究発表会 V-025, pp.661-662, 2018。 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。

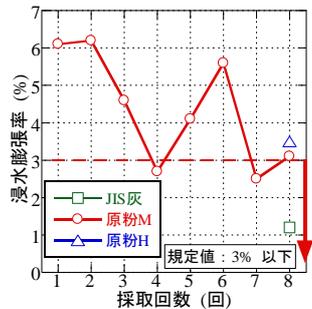


図-2 採取石炭灰と浸水膨張率

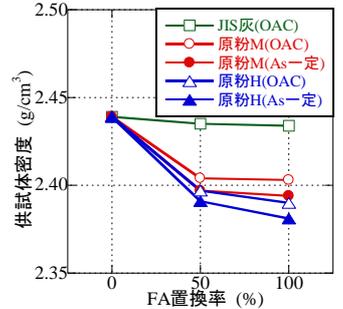


図-3 供試体密度に及ぼす FA の影響

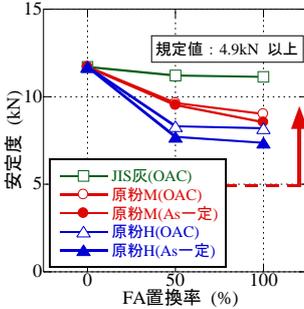


図-4 安定度に及ぼす FA の影響

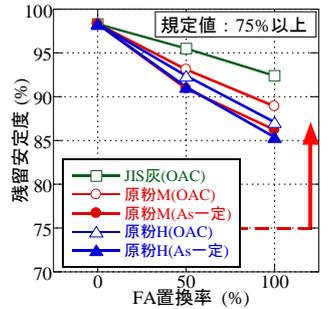


図-5 残留安定度に及ぼす FA の影響

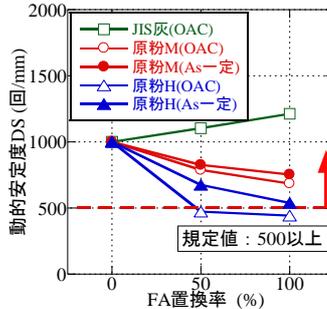


図-6 動的安定度に及ぼす FA の影響

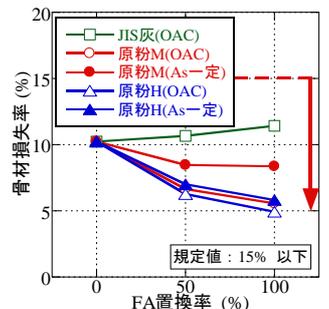


図-7 骨材損失率に及ぼす FA の影響

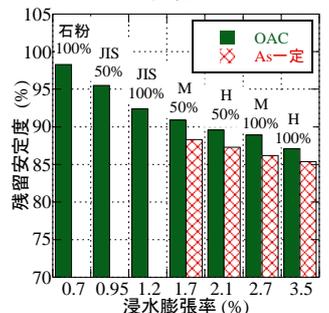


図-8 浸水膨張率と残留安定度