

フライアッシュを使用したアスファルト混合物の試験施工

Field Test of Asphalt Mixtures using Fly-Ash

北海道電力(株) ○正員 遠藤 勉 (Tsutomu Endo)
 北海道電力(株) 正員 村田 浩一 (Koichi Murata)
 三井住建道路(株) 松井 隆幸 (Takayuki Matsui)
 北海道工業大学 正員 亀山 修一 (Shuichi Kameyama)

1. はじめに

アスファルト混合物中のフィラーは、骨材間隙の充填や混合物の耐久性・耐摩耗性を向上させるなどの役割を担っており、一般的に石灰石粉（以下、石粉という）が使用されている。しかしながら、石粉は製造に相当の労力を要する有限鉱物であり、1万円/t程度と比較的高価な材料であることから、産業副産物であるフライアッシュの有効利用が期待されている。

我が国においても過去に多くの適用研究^{1),2)}が実施されており、フライアッシュの使用は特に問題とはならないとの結論が得られている。しかしながら、これらの研究は、品質の安定した国内炭フライアッシュを対象としたものがほとんどであり、石炭火力燃料として品質変動の大きな海外炭を使用している現状では、フライアッシュの品質変動による配合への影響など未解明な部分も多く、本格的な利用には至っていない。

このような背景から、著者らは海外炭フライアッシュの道路用アスファルト混合物フィラーへの適用を目的とした種々の研究^{3),4)}を実施しており、フライアッシュの使用により動的安定度が小さくなるものの軽交通道路への適用に関しては特に問題とはならないとの結論を得ている。本報は、これらの知見に基づき北海道電力(株)の発電所構内において平成15年8月に実施した試験施工の結果についてまとめたものである。

2. 試験施工の概要

試験施工は、発電所関連工事の実施に伴い構内道路の線形変更が必要となったため計画された付替工事の中で実施したものである。なお、構内道路の交通量は本来L交通に分類されるが、発電所関連工事実施期間中は工事用車両として最大で350台/日程度の重車両の通行が計画されている。

付替工事の概要を表-1に示す。付替工事は切込砕石による路盤整備、基層および表層としてのアスファルト混合物の舗設から構成されている。フライアッシュを使用したアスファルト混合物の試験施工は、このうちの表層部分で実施することとし、フィラーとしてフライアッシュを使用したアスファルト混合物を舗設する区間と石粉使用のアスファルト混合物の舗設区間を設け、施工性や路面性状などについて比較検討を行った(図-1参照)。

表-1 付替工事の概要

層名	施工材料	施工面積 (m ²)	備考
表層	密粒度 7スコン13F 石粉	2,480	t = 30mm
	FA	1,680	
基層	粗粒度7スコン20	4,160	t = 50mm
路盤	切込砕石 (0~40mm)	4,160	t = 350mm
	切込砕石 (0~80mm)	4,160	t = 400mm

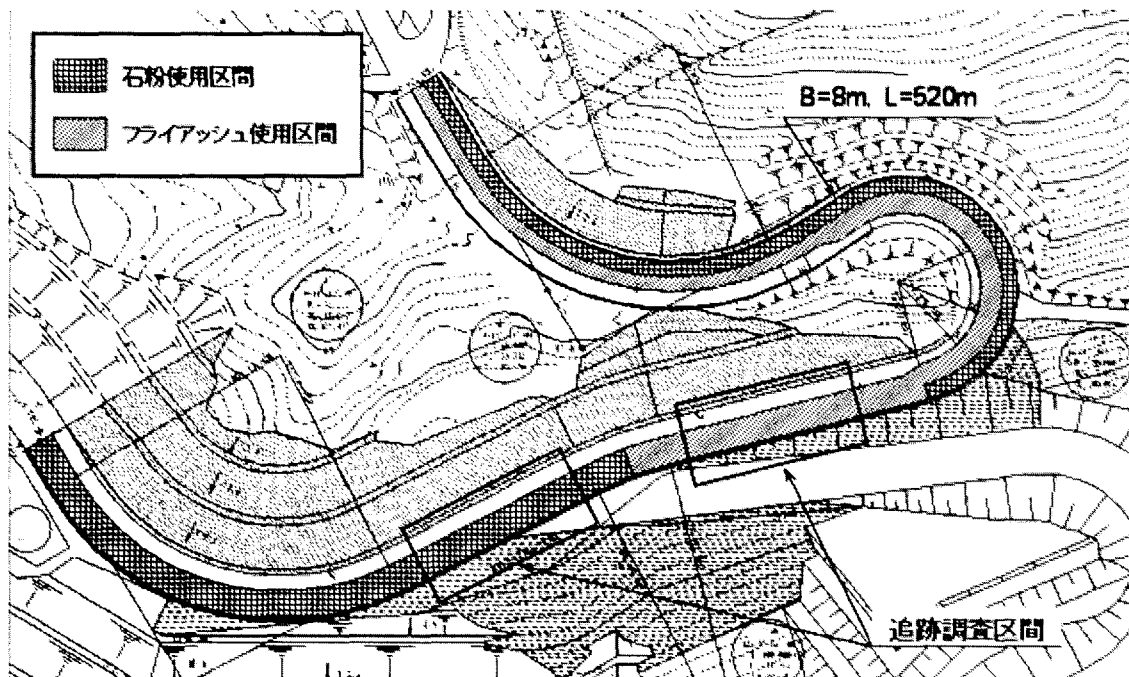


図-1 試験施工箇所平面図

なお、表層には北海道において表層用混合物として使用実績の多い密粒度アスファルト混合物 13F⁵⁾を舗設することとした。

3. 配合設計

(1) 使用材料

表層用の密粒度アスファルト混合物 13F に使用した材料を表-2に示す。

バインダーは、積雪寒冷地において使用実績の多い針入度 80~100 のストレートアスファルトを使用した。骨材には磯谷郡蘭越町産の 6~7 号砕石および砕砂、岩内郡共和町産の細目砂（海砂）を使用し、フィラーには石粉のほか北海道電力(株)苫東厚真発電所 4号機から発生したフライアッシュ（JIS A 6201 II種相当）を使用した。表-3 に使用したフィラーの物理性状を、写真-1 に石粉およびフライアッシュの電子顕微鏡写真を示す。

表-2 使用材料一覧

種別	材料名	備考
バインダー	St.As.80-100	
骨材	6号砕石	磯谷郡蘭越町産
	7号砕石	〃
	砕砂	〃
	細目砂	岩内郡共和町産
フィラー	石粉	上磯郡上磯町産
	フライアッシュ	苫東厚真発電所 4号機

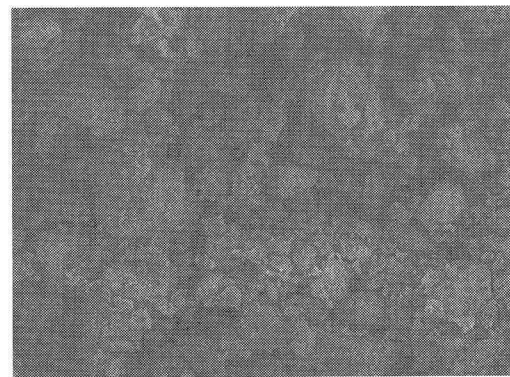
表-3 フィラーの物理性状

物理性状	規格値	石粉	FA	備考
比重 (g/cm ³)	-	2.70	2.16	
充填率 (%)	-	59.7	61.3	
比表面積 (cm ² /g)	-	4,860	3,780	ブレン法
粒度 (%)	600 μm	100	100.0	100.0
	150 μm	90~100	96.8	99.8
	75 μm	70~100	83.6	79.7
P	I	4以下	NP	NP
フロー (%)	50以下	27.8	26.0	
吸水膨張率 (%)	3以下	1.9	2.9	
はく離	1/4以下	OK	OK	

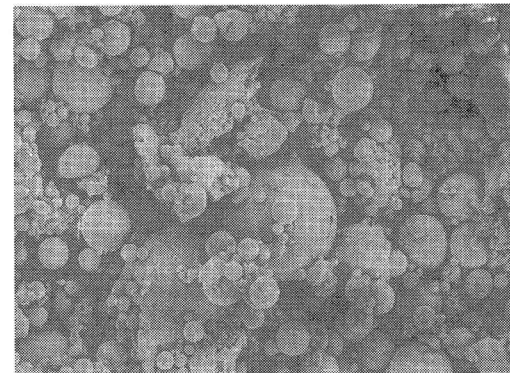
(2) 配合試験

密粒度アスファルト混合物 13F においては、フィラーアスファルト比（以下、F/A という）を 1.70 とするのが標準とされているが、フライアッシュの使用にあたっては石粉と比重が大きく異なることから F/A をそのまま適用することは困難である。著者らの既往の研究^{3),4)}により、フライアッシュ使用アスファルト混合物（以下、フライアッシュ使用混合物という）の配合設計にあたっては、F/A（容積比）が石粉使用アスファルト混合物（以下、石粉使用混合物という）と同等となるようにフライアッシュ量を設定すると所定の性状が得られやすいことが明らかになっていることから、本試験においては表-4 に示す室内作製供試体を用いてマーシャル安定度試験を実施し、最適アスファルト量を求めた。骨材の粒度分布を図-2 に示す。

図-3 にマーシャル安定度試験の結果を示す。空隙率および飽和度に注目すると、フライアッシュの使用によ



石粉



フライアッシュ

写真-1 フィラーの電子顕微鏡写真

表-4 アスファルト混合物の材料構成比

混合物種類	構成比 (%)			F/A	
	アスファルト	骨材	フィラー		
石粉使用	重量比	6.0	83.8	10.2	1.70
	容積比	14.4	76.2	9.4	0.65
FA使用	重量比	6.0	85.8	8.2	1.37
	容積比	14.2	76.6	9.2	0.65

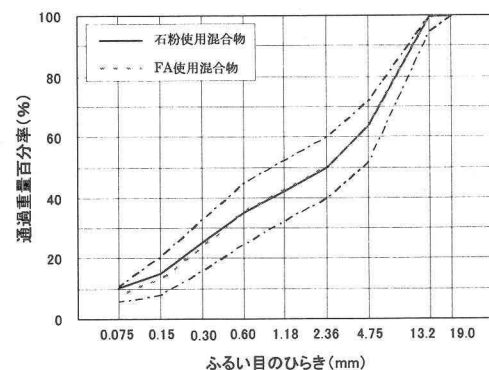


図-2 骨材粒度分布

り空隙率は小さく、飽和度は大きくなる傾向が認められた。このことから、本試験施工で使用したフライアッシュは石粉以上の間隙充填性能を有するものと推定される。また、フライアッシュ使用混合物は石粉使用混合物に比べアスファルト量の増加に伴いフロー値が大きくなる傾向にあった。安定度に関しては、フライアッシュの使用により若干小さくなったが、基準値である 4.91kN は十分満足する水準にあった。

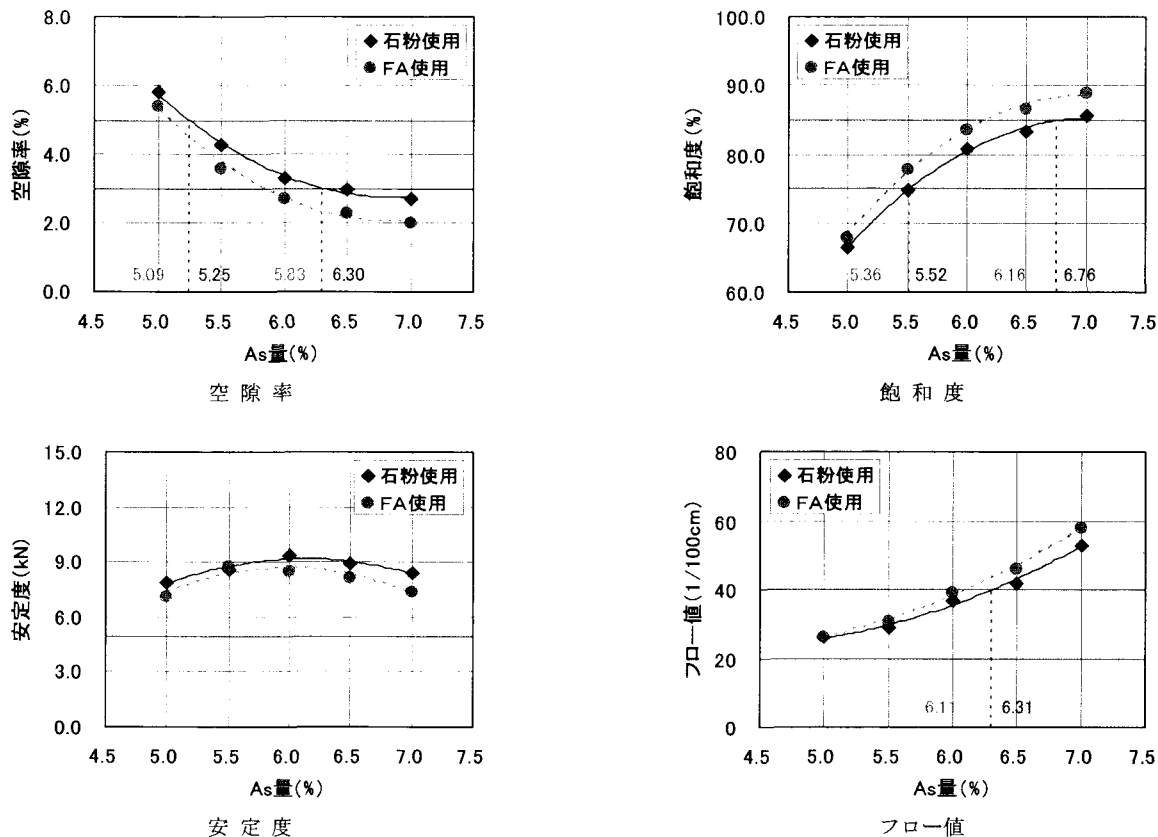


図-3 配合試験結果

マーシャル安定度試験の結果、密粒度アスファルト混合物 13F の各基準値を満足するアスファルト量は図-4 に示すとおりとなった。石粉使用混合物では 5.52~6.30%、フライアッシュ使用混合物では 5.36~5.83%が全ての基準値を満足するアスファルト量の範囲であり、本試験においてはこれらの結果よりそれぞれ設計アスフ

アルト量を 6.0%、5.6%とした。なお、フライアッシュを使用すると最適アスファルト量が小さくなったほか、全ての基準値を満足するアスファルト量の範囲が狭くなったことから、プラントでの製造においては注意を要するものと考えられる。

4. 混合物特性の確認

(1) マーシャル安定度試験

設計アスファルト量により実施したマーシャル安定度試験の結果を表-5 に示す。なお、試験は手練り混合およびプラント混合した合材の双方で供試体を作製し実施した。

石粉使用混合物に関する試験においては、手練り混合およびプラント混合の混合方法による試験結果への影響は認められなかった。しかしながら、フライアッシュ使用混合物に関しては空隙率、飽和度およびフロー値では顕著な差は認められなかったものの、安定度に関してプラント混合供試体の方が大きくなる結果となった。

表-5 マーシャル安定度試験結果

フィラー種別	混合方法	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)
石粉	室内	3.9	78.1	9.19	37
	プラント	3.8	78.5	9.27	36
FA	室内	3.2	80.1	8.46	35
	プラント	3.3	79.6	9.98	35

(2) ホイールトラッキング試験

フライアッシュの使用によるわだち掘れ抵抗性への影響を確認するためホイールトラッキング試験を実施した。

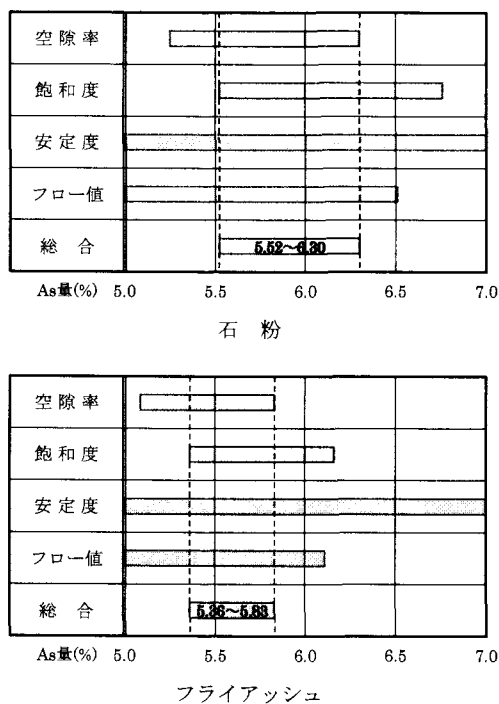


図-4 基準値を満足する As 量の範囲

表-6 にホイールトラッキング試験の結果を示す。試験の結果、フライアッシュ使用混合物は石粉使用混合物以上の動的安定度が得られた。これは石粉使用混合物のアスファルト量が 6.0%なのに対し、フライアッシュ使用混合物では 5.6%とアスファルト量が少なかったためと考えられる。

表-6 ホイールトラッキング試験結果

フィルター種別	厚密変形量 (mm)	動的安定度 (回/mm)	変動係数 (%)
石粉	6.34	194	5.2
FA	4.28	278	10.6

5. 舗設試験

舗設試験では、路盤 750mm (切込砕石) および基層 50mm (粗粒度アスファルト混合物 20, 石粉使用) の上に、表層として石粉使用混合物ならびにフライアッシュ使用混合物を 30mm 舗設し、施工性や路面性状などについて検討を行った。なお、石粉使用混合物およびフライアッシュ使用混合物の舗設面積はそれぞれ 2,480m²、1,680m² であり、舗設配置はブレーキによるせん断などが発生しづらく交通条件が同等になると考えられる直線部分に追跡調査区間を設けるため、図-1 に示すように設定した。

本舗設試験におけるプラントへのフライアッシュの供給方法は以下に示すとおりである。袋詰め状態 (トンパック) で運搬されてきたフライアッシュを重機によりホッパーに投入し、ベルトコンベアを用いてフィルターサイロとプラント本体の間まで移動した後、エレベーター直下の開口部よりフライアッシュを投入した (写真-2 参照)。なお、フライアッシュの使用にあたっては比重が小さいことから、ミキサー内での飛散が懸念されたが、本舗設試験の範囲内においては混合物製造の支障となるほどの著しい飛散は認められなかった。



写真-2 フライアッシュ供給状況

舗設に用いた主な機械は、アスファルトフィニッシャー (三菱重工業 FA45)、マカダムローラー (ダイナパック CS12) およびタイヤローラー (ダイナパック CP202) である。敷き均し時、転圧時および仕上り後の施工性・路面性状に関する観察結果を表-7 に、舗設終了後の路面性状を写真-3 に示す。フライアッシュ使用混合物の施工性に関しては、引き摺り・クラックの発生、ローラーへの合材の付着などは確認されず、石粉使用混合物と同等の施工性であった。路面性状に関しても、石粉使用

混合物に比べ敷き均し直後の光沢が若干少なかったものの、転圧実施以降は石粉使用混合物と同等の表面性状が得られており、フライアッシュの使用による特段の問題点は確認されなかった。

表-7 施工性観察結果

	石粉使用混合物	FA 使用混合物
敷均状態	・施工性：良好 ・材料分離：なし ・路面性状：良好	・施工性：良好 ・材料分離：なし ・路面性状：光沢 ^④
転圧状態	・施工性：良好 ・路面性状：良好	・施工性：良好 ・路面性状：良好
仕上状態	・路面性状：良好	・路面性状：良好



写真-3 舗設後の路面性状

6. おわりに

本報では、実施工におけるフライアッシュの道路用アスファルト混合物フィルターへの適用性評価を目的として、表層用混合物を対象とした試験施工を実施した。本試験施工の範囲においては、フライアッシュを使用したアスファルト混合物および石粉使用のアスファルト混合物の施工性、路面性状に顕著な差は認められなかったことから、フライアッシュの適用は十分可能であるとの見通しが得られた。

今後は、追跡調査を実施しフィルターとしてのフライアッシュの適用性を検証していくほか、フライアッシュの品質管理方法に関する検討、供給体制の整備など実用化に向けて取り組む予定である。

【参考文献】

- 1) 安田 稔, 松下 宗司: アス・コンにおけるフライアッシュのフィルター効果, 電力土木 No.191, pp70-81, 1984.
- 2) 海野 優, 黒川 勤: アスファルト混合物フィルターとしての石炭灰の利用, 北陸道路舗装会議技術報文集, Vol.6th, pp341-344, 1994.
- 3) 中井 雅司, 村田 浩一, 亀山 修一, 笠原 篤: フィラービチューメンのレオロジー特性に関する一考察, 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集, V-40, 2002.9.
- 4) 村田 浩一, 横辻 宰, 岡島 尚司, 笠原 篤: 海外炭フライアッシュの道路用フィルターへの適用性, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 59 号, V-13, pp742-745, 2003.2.
- 5) 北海道開発局 建設部 道路建設課: 密粒度アスコン 13F の配合設定と施工に関する手引き, 北海道開発局土木研究所月報 No.578, 2001.