

CfFAIV種を混和したアスファルトの塑性変形抵抗性等に関する技術開発

大谷 俊浩¹、村井 隆²、岡田 秀敏³

¹大分大学工学部、²九州アスコン(株)宇佐工場、³株式会社ゼロテクノ

概要：

アスファルト舗装は、道路を構成する上で最も重要な部分であり、耐久性及び安定性が要求される。これら性能を満足するには、アスファルト量や骨材量を考慮した配合設計が必要である。本研究においては、改質フライアッシュ：CfFA(Carbon-free Fly Ash)のIV種をフィラーに用いてマスチックとし、「流動わだち掘れ」に対するアスファルト層の「わだち掘れ抵抗性」等の向上策について検討を行ったものである。

■マスチック（アスファルト＋フィラー）

ここで使用するフィラーは、大分大学工学部で技術開発された、石炭火力発電所等の発電施設から排出される石炭灰（フライアッシュ）を改質する技術により未燃炭素を処理し、分級工程により選別された JIS 規格フライアッシュIV種相当である。(写真－1)

		フライアッシュ			
		I 種	II 種	III 種	IV 種
強熱減量(%)		3.0 以下	5.0 以下	8.0 以下	5.0 以下
粉末度	45μm ふるい 残分(%)	10 以下	40 以下	40 以下	70 以下
	(網ふるい方法)				
	比表面積(cm ² /g)	5000 以上	2500 以上	2500 以上	1500 以上
		(ブレン方法)			
フロー値比(%)		105 以上	95 以上	85 以上	75 以上
活性度指数 (%)	材齢	90	80	80	60
	28 日	以上	以上	以上	以上
	材齢	100	90	90	70
		91 日	以上	以上	以上

※ CfFA は、強熱減量を全種ともに 1 % 以下にしたものである。

表－1 フライアッシュの JIS 規格

■従来のフライアッシュと CfFAIV種の相違点及び効果

従来のフライアッシュと JIS 規格フライアッシュIV種相当（CfFA:Carbon-free Fly AshIV種以下

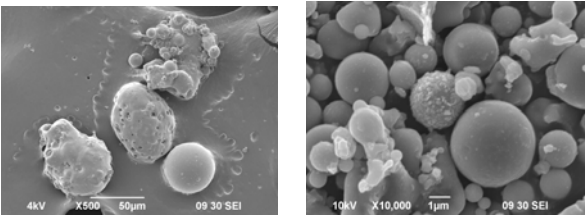
CfFAIV種と表示）の相違点を以下に示す。

従来のフライアッシュ

- 従来のフライアッシュをアスファルトに混合した場合、石炭灰中に 2～5%程度残存する未燃カーボンがアスファルトを吸着するため、品質が不安定なものとなる。
- フライアッシュの多くはその粒形が球状であるため、アスファルトに混合しても活着性が低いことからフィラーとしての効果は期待できない。

CfFAIV種

- CfFAIV種は、強熱減量で 1 % 以下としており、残存する未燃カーボンが殆どない状態までに改質されているため、アスファルトを吸着することがなく、アスファルト量の軽減が期待できるなどコストダウンやアスファルト舗装の品質の安定化にも期待できる。
- CfFAIV種(図－1 粒度分布表の H/C 区分)は分級の過程で選別される 10～100 ミクロン程度となっている。また、その形状は、写真－1 CfFA IV種 SEM 写真のように CfFA のなかでも比較的歪なものが多いため、アスファルトの活着も良くなることから、強度・流動わだち掘れ抵抗性等において、耐久性向上に期待できる。

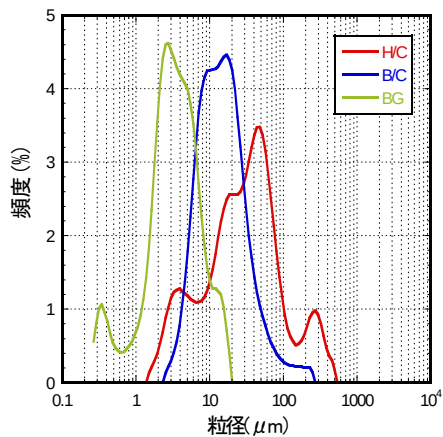


倍率：×1000

倍率：×10000

写真－1 CfFAIV種及び CfFA I 種の SEM 写真(参考)

※写真は形状を比較するもので倍率が違いますのでサイズについては指標を参考にしてください。



図－1 粒度分布表（参考）

■アスファルトと CfFA の混合

常温のアスファルトは、固結状態で粉体である CfFA の練り混ぜは不可能である。マスチックとするには、アスファルト中にフィラーとする CfFA IV種を混合しなければならないことから、その方法（温度・手法）について検討を行い、試験的混合を実施した。

その結果、混合条件により粉体の混合は“だま”になりやすいことやアスファルトの温度により、アスファルトの粘度が低減されるなど温度が大きく影響することが確認され、混合が可能なアスファルト温度の下限が 120 度程度であることを見出した。



写真－2 アスファルト加熱状況



写真－3 CfFA の混合状況



写真－4 CfFA 混合完了状況



写真－5 試験体の製作

事前試験でアスファルト温度が 110 度以下では粘性が高く、粉体（CfFA）の混和は困難と判断されたことから、本試験では、急激な加熱はアスファルトに品質劣化が生じるため、流動可能な状態（約 110 度）までは電熱炉で加熱し、容器（バケツ）に小分けしたものをガスコンロによる直火を避けて、砂入りパレット利用した間接加熱（写真－2）により、約 120 度までに昇温させたのち、CfFA の混合することにした。

アスファルトは、加熱によりその温度が約 110 度付近から急激に粘性が低下し、さらさら感が高まり、CfFA の混合率も向上する傾向にはなるが、アスファルトの加熱温度は品質面から約 150 度以上の高温域に上げることは避けなければならないなどの制約もある。また、CfFA の混合量はアスファルトの温度に支配されることなどから、安定した混合率を確保するには最適温度を確保する必要があることも分かった。

以上のことから、アスファルト温度は、粘性度を変化させ、CfFA の混和率に影響することや今回試験における CfFA 混合量 (As 質量の 15%) においてハンドリングが可能なアスファルト温度としては、120 度程度が望ましいことも分かった。

今後の試験において舗装路面の耐久性向上を考慮した CfFA の混合量を決定し、道路舗装への効果的な活用方法を確立することを目指す。

■供試体の製作

本研究では、以下のことを課題とした。

(1) アスファルトに粉体の混合が可能か。どの程度まで混合できるか。

(2) CfFA の混合により舗装の耐久性向上に効果があるのか。

ここでは、今回の試験がアスファルト単身におけるものであることから、供試体の型枠はコンクリート用プラモールドを使用することにし、強度及び耐流動への効果を実証するための供試体 (写真-6) を製作するとし、その製作本数は、基準用として CfFA 無混合のもの及び、混合率を 5%, 10%, 15% としたものの各々 3 本 (予備各 3 本) とした。



左：ストレート 右：混合 15%
写真-6 供試体



左：ストレート 右：混合 15%
写真-7 表面の状況

事前試験 (空き缶利用) (写真-5) での成果から圧縮試験用供試体は、コンクリート用プラモールド (Φ100×200) を使用することにし、アスファルト温度約 150 度に対応できるものでその脱型が容易で試験結果に支障を及ぼさないよう供試体の内面にカットバック用のオイルを塗布するなど手当てを施した方法を用いて製作した。

■強度試験

アスファルト舗装では、アスファルトやマステック (アスファルト+フィラー) は、とても重要な役割を担うことになる。温度変化により温度変化に鋭敏な混合物の部分であるこれら材料をわだち掘れの起こり難いものにするためにフィラーとして CfFAIV 種の使用によってどのような効果があるのかを強度試験により確認することにした。

圧縮強度試験用供試体は、コンクリート用プラモールド (Φ100×200) とし、弾性ひずみを考慮して供試体の高さを 150mm としたものとした。しかし、通常の一軸圧縮試験の負荷速度では、圧縮により変形 (写真-8, 9 参考) はするものの試験室内温度や供試体そのものの温度等で変化しやすい弾塑性のあるアスファルト供試体では応力が検出出来ないことが判明し、試験方法を見直しのうえ、下記の方法で実施した。

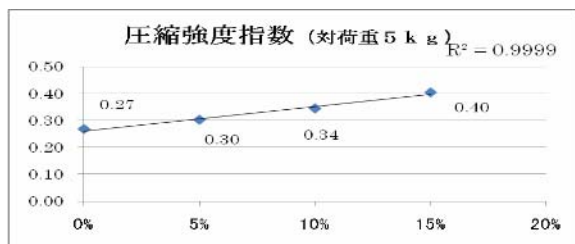


写真－８ 圧縮試験（負荷前）



写真－９ 圧縮試験（負荷後）

CfFAIV 種を混合した試験体の表面には、CfFA が粒状に点在していることが確認できる程度にある。また、指先での押し込みに対しても硬さが感じられ、圧縮強度（変形抵抗性）が改善されていることがうかがえる。しかし、前述したようにアスファルト供試体は、载荷により変形は見られるが、その弾性によりコンクリートのような降伏状態に至らないことから、試験は、室内温度 15 度の環境下で試験体に対して一定速度の負荷を与え、設定反力（ここでは 5 k g）に達するまでの時間(秒数)を測定し、その結果から指数を割り出すことで圧縮強度(変形抵抗性)の改善効果进行判断することにした。



図－１ 圧縮強度対比指数グラフ

※各供試体の平均値（関連数値は表－２ 参考）

試験の結果、圧縮強度指数は、CfFAIV 種を 15% 混合のものは無混合のものに比べ、1.5 倍になって混合による効果を示している。また、各混合率における相関も高いものになっていることから、CfFAIV 種の調合により強度や変形抵抗性をコントロール出来ることを意味している。これは、アスファルトにフィラーとして混合した CfFAIV 種によって、供試体内のアスファルト量が置き換えられることで、アスファルトそのものの圧縮強度及び変形抵抗性が増加すると判断することができる。

■流動性試験

アスファルトは、常温（20℃）においても自然流動することから、CfFA の混合により、流動性の変化を確認することにした。試験は、供試体容器（空き缶・プラモールド）に試料を 3 分の 2 程度まで充填したものを室温 25 度の環境下において横倒しにすることにより内部のアスファルトが流動変形する時系列変化を確認したものである。試験は、無混合のものと 15% 混合したアスファルトについて比較した。（写真－８）



写真－８ 流動試験



写真－９ 流動状況

試験結果は、容器上部での沈下量が無混合のもので19mmと23mmに対し、混合したものでは、15mmと18mmであった。また、容器下部における張出し量は、その平均値が20mmに対して16mmとなった。これらの数値は、無混合のものに比べると、混合（15%）したものの方が、流動性が抑制されることを示している。（表－3 参考）

■ 試験結果

	供試体1	供試体2	供試体3	平均	混合率	5kg指数	伸び比
ST60-80	18.56	18.87	18.73	18.72	0%	0.27	1.00
5% mixture	16.38	16.52	16.86	16.59	5%	0.30	1.13
10% mixture	14.41	14.38	14.82	14.54	10%	0.34	1.29
15% mixture	12.31	12.48	12.37	12.39	15%	0.40	1.51

（一定の加圧速度下で一定の圧縮応力が得られる時間（秒数））

表-2 圧縮強度試験

	試験 1		試験 2	
室温 25 度	ST60-80	15% mixture	ST60-80	15% mixture
START	59-59	62-62	55-55	57-57
1.0hr	68-52	68-58	70-42	68-45
1.5hr	71-48	73-52	74-38	72-42
2.0hr	78-41	77-48	78-33	75-39
difference	19-18	15-14	23-22	18-18

表－3 流動性試験結果

■感温性（反蓄熱と放熱）試験

アスファルト舗装は、温度及び载荷に鋭敏であり、この鋭敏性が故に長期の载荷によって伸びや応力緩和を起こすことなどから“わだち掘れ”等の変形劣化を生じることになるため、試験では、アスファルト混合物に要求される「疲労強度及び耐久性」に対する性状の確認と変形劣化等への抵抗性を高める効果を実証することを目的に計画した。

試験に使用する供試体は、混合試験で製作したもの（ストレートアスファルト（無混合）、10%,15%,20%混合）の4種類）を利用して行う

こととし、計測装置は熱及びひずみ測定用としてハンドヘルドデータロガー（TC-32K）（写真-6）使用し、感知体は熱電対（T-G-0.65）、ひずみゲージ（FLK-6-11-5LT）等を用いることにした。

しかし、予備試験の結果において、アスファルトのみにおける感温性を判断するためには、太陽光下での暴露試験として実施する方が全供試体に対して同条件となるなどから、実験時期を本年7月、8月、9月の長期間において実施することにした。



測定機器

- ・ DATA LOGGER (TC-32K)
- ・ SWITCHING BOX (CSW5A)

測定項目

- ① ストレートアスファルト
- ② ,③,④ CfFA10,20,30%混合
- ⑤ 外気温 **熱電対利用**

写真－6 データロガー・スイッチ BOX
熱電対・温度測定棒（高温時測定用）

■その他の写真資料

今回の研究開発において必要と考えられる材料等の SEM 写真関係及び実証試験に関する記録写真等で本報告書に掲載することができなかった資料を参考に添付する。

（写真：石粉及びフライアッシュの SEM 写真・CfFA 混合作業の記録写真など）

■結論

この実験では、アスファルト舗装における“流動わだち掘れ”に対するアスファルト層での抵抗性を向上させる新たな手立てについて考えるものである。ここでは、CfFAIV 種をフィラーとして、直接アスファルトに混和する方法やその混合量等によって、アスファルトの感温性やマスチックのステイフネスへの影響（効果）などを見るため、CfFAIV 種をアスファルトに混合したもので配合毎に供試体を製作し、比較試験を実施したものである。その試験結果については、以下のとおりである。

- （１）ストレートアスファルトは、その温度が 15 度以上の環境下では自然流動するがフィラ

ーを混合することで改善が可能である。

- （２） CfFAIV 種を 15% 混合したアスファルトは、無混合のものに比べ、圧縮強度試験で 50% 程度の改善効果を確認した。
- （３） CfFAIV 種を 15% 混合したアスファルトは、無混合のものに比べ、耐流動性試験においては、25% 程度の改善効果を確認した。

以上のことから、CfFAIV 種を混合することによって、一応の改善効果があることは確認されたものの、アスファルト合材とした場合において舗装層の骨材骨格にどのように反映されるのか。また、感温性の確認などは今回の試験において明確に示すことは出来なかったことから、今後の合材での試験や暴露試験においてこれらの課題を克服し、アスファルト舗装における耐久性向上・道路舗装の長寿命化を目指した取り組みを実施することが必要と考え、今後においても継続して関連する研究を進める所存である。

その他写真等

攪拌機・モールド・攪拌用品



電熱炉（アスファルト加熱用）



試験用アスファルト加熱（110 度以上）



試験混合



試験混合（攪拌機使用）



供試体（モールド注入）



圧縮試験

圧縮試験（計測目盛盤）



圧縮（H 260mm⇒210mm）



試験工場

九州アスコン宇佐工場プラント



試験混合(As 温度 138度)



アスファルト分量



アスファルト計量



アスファルトは電気炉で 110 度程度まで加熱してガスコンロにより所定温度まで加熱し、CfFAIV種を質量割合 15%として試験混合を実施

CfFAIV種計量



分量アスファルトの加熱 (120 度)



CfFAIV種の混合 (15%)



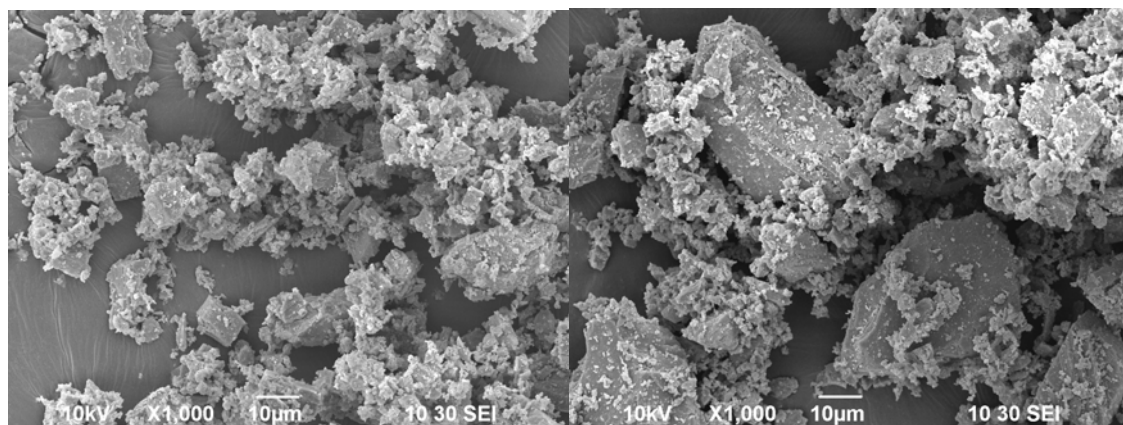
混合終了後のアスファルト



試験供試体 (空き缶利用)

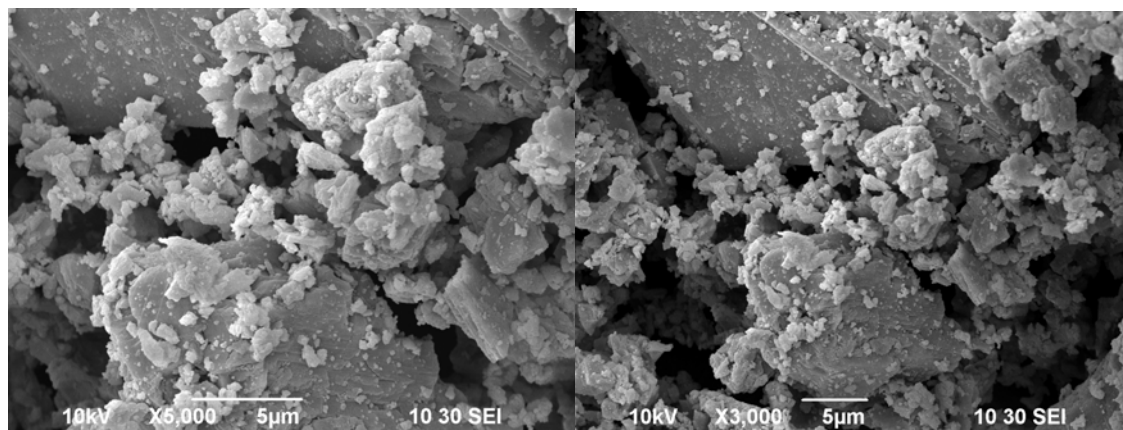


九州 AS コン石粉 SEM 画像



× 1000

× 1000



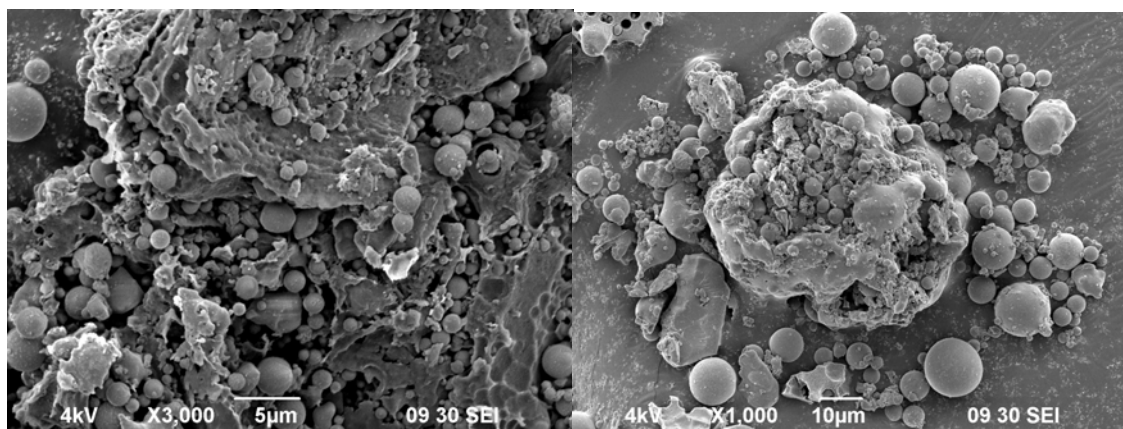
× 5000

× 3000

石炭灰 SEM 写真

原粉

原粉分級 (JIS II 種)



× 3000

× 1000