

フォームドアスファルトによる 常温混合処理工法と各種適用事例

CFA 工法技術研究会

フォームドアスファルトによる常温安定処理工法は、諸外国では省資源、省エネルギー工法の代表的なものとして注目されている。しかし、我が国においては、常温安定処理工法としてすでに10年以上の施工実績があるにもかかわらずその認知度はいまだ低い。フォームドアスファルトを使用した常温安定処理は、経済性だけでなく常温混合方式であるため二酸化炭素の発生量が削減できるなど、地球環境の保全にも役立つ時代のニーズに合致した工法である。

本文では、CFA 混合物の特徴・性状について紹介するとともに、各種適用事例について報告する。

キーワード：CFA 工法，フォームドアスファルト，常温混合，路上路盤再生工法，CO₂削減，上層路盤，工費削減

はじめに

1997年12月に京都で開催された「気候変動枠組条約第3回締結国会議」において、日本の温室効果ガスを2008～2012年の平均で、1990年に比較して最低6%削減するという議定書が採択された。これを受け、道路建設分野においてもCO₂排出量の削減が重要な課題の1つになっている。

また、省エネルギー、省資源、リサイクル、コスト削減も道路建設分野における大きな課題であり、さまざまな観点から省エネルギーおよび環境対策に関する技術開発が行われている。

CFA(Cement Foamed Asphalt)工法は、このような時代のニーズに対応した工法の1つである。

CFA 工法は、フォームドアスファルトとセメントを現位置で既設路盤材等と混合・締め固めて再生路盤を構築する路上路盤再生工法の1つで、我が国を含め世界各国で施工されている。

CFA 工法の主な特徴は、以下に示すとおりである。

- ① 常温混合であるため、CO₂削減が可能である。
- ② 現位置で再生路盤を構築するため新規骨材を必要とせず、打換え工法と比較し省資源化が可能である。
- ③ 全断面打換え工法と比較した場合、安価であり施工速度が速く、工期短縮が図れるため道路利用者、近隣住民への費用便益の損失を抑制できる。
- ④ たわみ性を有しているため、ひび割れが生じにくく、耐久性に優れている。
- ⑤ 強度発現が早く、施工後養生を必要としない

め直ちに交通開放が可能である。

1. CFA 工法の概要

1-1 フォームドアスファルトの特徴

フォームドアスファルトは、制御装置内で加熱アスファルトに微量の水または水蒸気を添加することによって発泡させた泡状のアスファルトである。

フォームドアスファルトの体積は、元のアスファルトの10～20倍にまで瞬間的に膨張する(写真-1)。この状態でのアスファルトの粘性は大幅に減少し、常温で湿潤状態の骨材との混合が可能となる。



写真-1 フォームドアスファルト

なお、添加する水量(水アスファルト比)とフォームドアスファルトの関係は図-1に示すとおりであり、アスファルトに添加する水の量を多くすると膨張率は大きくなるが、泡の容積が最大を示してから半分以下の容積になるまでの時間(半減時間)は短くなる。逆に水の量を少なくすると膨張率は小さくなるが半減時間は長くなる。

水アスファルト比は、膨張率(10～20倍程度)およ

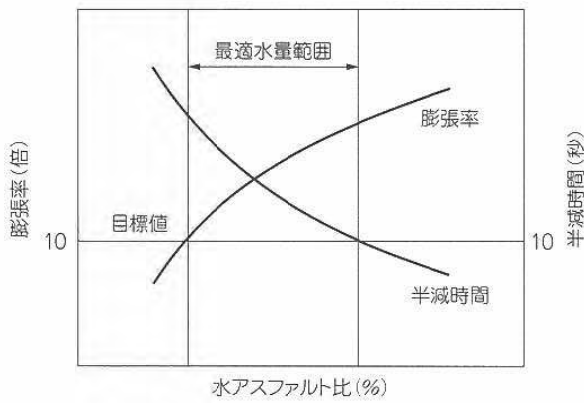


図-1 膨張率と半減時間の関係

び半減時間(10~20秒程度)を満足する範囲内で決定する必要があり、通常は1.5~2.5%程度の水アスファルト比となる。

1-2 フォームドアスファルトの機構

アスファルトに少量の水とエアを加え製造・噴霧されたフォームドアスファルトは、骨材と混合すると粗骨材を被覆することなく、細粒分とフィラーピッチメンを形成し、混合物中に小さな塊となって均一に分散する。

このフィラーピッチメンが、締め固め時に粗骨材間を点溶接のように固着し強度を発揮するメカニズムとなっている(図-2)。

なお、CFA工法は、これにセメントを添加することで、耐久性に優れた路盤を構築するものである。

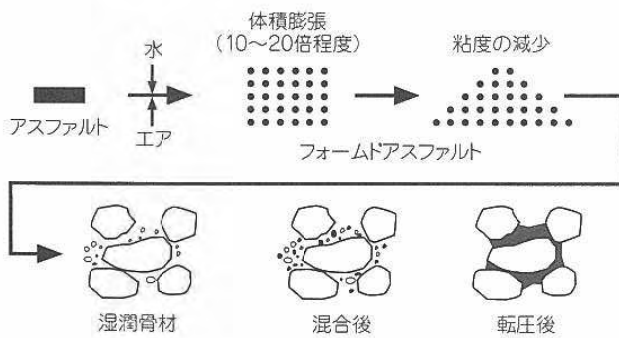


図-2 フォームドアスファルトの機構

1-3 施工

通常、CFA工法の施工は、フォームドアスファルトの発生装置を装着したスタビライザ(リクレイマ、リサイクラなどともいう)を使用して行う。

このスタビライザには、アスファルトをアスファルト供給車から供給しながら施工するタイプ(写真-2)と、装備したアスファルトタンクにアスファルト供給車から逐次供給し、施工は単独で行うタイプ(写真-3)の2種類がある。いずれもホイール型で



写真-2 路上破砕混合機(供給車併走タイプ)



写真-3 路上破砕混合機(単独施工タイプ)

あり、現場内の移動は容易に行うことができる。

なお、スタビライザを除く施工機械は通常の粒状路盤工等で使用する施工機械編成と何ら変わりはない。

2. CO₂ 排出量の試算

CO₂ 排出量の試算は、当初 N₃ 交通であったものが、N₄ 交通に耐えるように CFA 工法による補修を行う場合と、比較として打換え工法を適用した場合について行った。なお、CO₂ 排出量の試算は、「性能評価法 別冊」((社)日本道路協会)に準じて行った。表-1 および図-3 に CO₂ 排出量試算時の条件設定を示す。

表-1 CO₂ 排出量の設定条件

項目	設定条件
設計 CBR	6
当初断面の交通量	N ₃ (必要 T _A =16)
補修後の交通量	N ₄ (必要 T _A =21)
補修面積	700m ²

今回の試算結果は、表-2 および図-4 に示すとおりである。CFA 工法は、打換え工法と比較した場合、およそ2割の CO₂ を削減可能であることが確認

(2) 施工結果

施工は、自動散布装置付路上破碎混合機で予備破碎を行った後、CFA安定処理を実施した。既設セメント安定処理路盤が施工された時期は不明であったが、CFA工法で再々生路盤とすることができた。本事例は、施工後4年が経過しているが、良好な状態を維持している。

3-2 防塵処理を施したCFA工法

CFA工法では、一般に粉体セメントを使用して施工を行っているが、適用箇所によっては周辺環境に配慮し防塵対策を施している。以降に防塵対策を施した施工事例について紹介する。

3-2-1 防塵固化材を用いた防塵処理

本事例は、セメントの飛散抑制に防塵固化材を適用したものである。

現場周辺は住宅が点在しており、施工時期が12月ということで強風によるセメントの飛散が懸念された。このためセメントには防塵固化材を用いることとした。防塵型固化材には、油脂・アルコール系、ペレット系、テフロン系があるが、粉粒状で通常の土質安定材と同様の方法で使用できることからテフロン系を用いることにした。

テフロン系は、セメントやセメント系固化材をテフロン樹脂により処理したもので、施工時の発塵、飛散が生じにくく路床・路盤安定処理、軟弱地盤改良などにも利用されるものである。

(1) 施工概要

交通量：N₁交通

施工面積：2,970 m²

アスファルト量：4.6%

セメント量：防塵型2.4% (六価クロム対策型を使用)

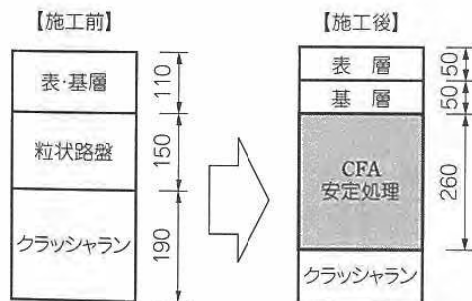


図-6 施工断面

(2) 施工結果

施工状況は、写真-5に示すとおり散布時はもとよりスタビライザ混合中もほとんど粉塵は発生せず、



写真-5 防塵固化材の使用状況

セメントの飛散を防止することができた。

3-2-2 自動散布装置を用いた防塵処理

本事例は、果実畑が隣接する路線へ舗装の構造強化対策としてCFA工法が採用されたものであるが、施工時におけるセメント散布時等の粉塵が農作物へ悪影響を与える問題があった(写真-6)。



写真-6 施工前の路面性状



写真-7 施工状況

このため、セメントサイロ(4m³)を搭載し、セメントをロータのフード内で自動散布する路上破碎混合機(自動散布装置付路上破碎混合機)を適用して施工を実施した(写真-7)。

(1) 施工概要

- 交通量：N₄交通
- 施工面積：2,800 m²
- 施工厚さ：15 cm
- アスファルト量：4.0%
- セメント量：2.5%

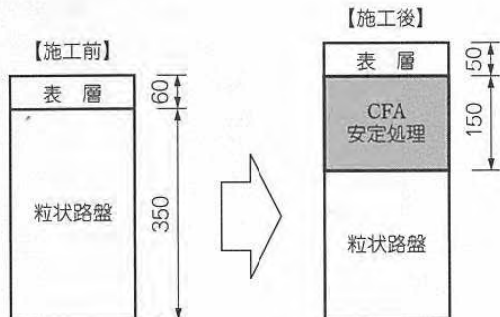


図-7 施工断面

(2) 施工結果

施工では、セメントをロータのフード内で自動散布することにより、セメントの粉塵を抑制することができ、好評を得られたため、その後も同一路線でCFA工法が継続的に施工されている。

なお、本事例においても、施工後5年が経過しているが、現在も良好な状態を維持している。

3-2-3 セメントスラリーを用いた防塵工法

本事例は、写真-8に示すように舗装の支持力不足により、亀甲状ひび割れが区間全域にわたり発生し、ポットホールの補修跡とみられるパッチングも点在している舗装の構造強化対策としてCFA工法が採用されたものである。

補修にあたり事前にFWD測定を実施した結果、



写真-8 施工前の路面性状

路床のCBRは1.6%と推定された。本来であれば、路床の安定処理を行う必要があるが、同一路線上ではすでにCFA工法により構造強化した舗装の良好な供用性を確認していたことから、工事期間が長期に及ぶ路床改良は行わず、図-8に示す施工断面でCFA工法を適用した。

ただし、本事例では現場周辺が農地であったため、周辺環境に配慮し生コン工場で製造したセメントスラリーを現場に搬入し、専用のスラリーマシーンを使用することで粉塵対策を施した(写真-9)。



写真-9 セメントスラリーの散布状況

(1) 施工概要

- 交通量：N₃交通
- 施工面積：1,710 m²
- 施工厚さ：30 cm
- アスファルト量：4.5%
- セメントスラリー量：4.1% ※粉体換算で2.6%

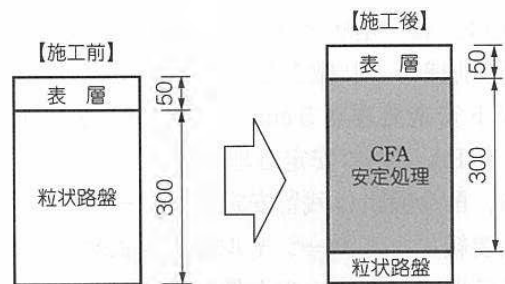


図-8 施工断面

(2) 施工結果

施工後のFWD調査の結果、D₀は全線においてN₃交通の基準値1.2 mm以下(施工前は2.0~2.5 mm程度)を満足していることが確認できた。

また、セメントスラリーを使用することで、粉塵等に関する苦情も寄せられず、CFA工法を適用したことで舗装の構造強化を図り、早期交通開放を可能とした。

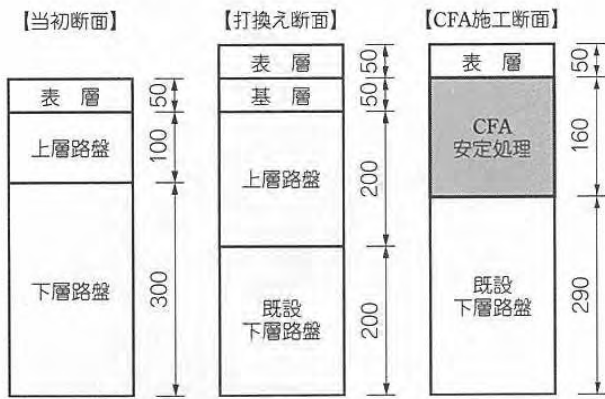


図-3 断面設定

できた。排出区分でみると、打換え工法の場合には、施工時のCO₂排出量が多いことが分かる。これは、打換え工法の場合には、既設材料の搬出や新材料の搬入に伴う工事車両から排出されるCO₂を多く含んでいるためである。

これに対し、CFA工法の場合には、現位置の既設材料を使用し再生路盤を構築するとともに、新規アスファルト混合物層を1層とすることが可能となるため、施工時のCO₂排出量が大幅に削減可能となる。

このように、CFA工法と打換え工法のCO₂の排出量の差は、施工時のCO₂排出量に大きく影響されることから施工規模が大きくなるに従い、さらにその差は大きくなるものと推定される。

表-2 CO₂排出量の算出結果

工種	排出区分	CO ₂ 排出量(kg)	
		区分別	合計
打換え工法	資材	8,606	14,367
	施工	4,909	
	回送	852	
CFA工法	資材	8,662	11,713
	施工	1,919	
	回送	1,132	

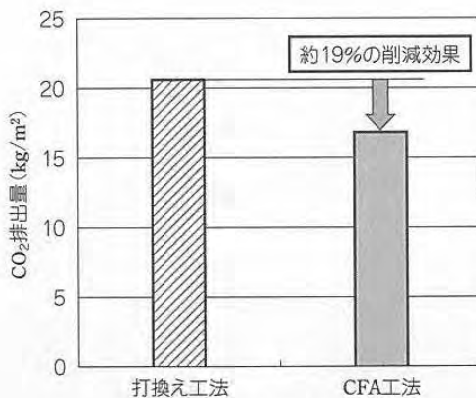


図-4 CO₂排出量の比較

3. CFA工法の施工事例

CFA工法は、一般的に適用されている損傷した舗装の構造強化(路上路盤再生工法)のほかに、その特徴を生かし表-3に示す施工事例等があり、広範囲に及ぶ施工実績を有している。以降に主な適用事例について述べる。

表-3 CFA工法の主な適用事例

適用事例	内容
再々生路盤	構造強化, 既設材料の有効活用
高速道路	限られた舗装厚における構造強化
仮設道路	構造強化, 低品位骨材の有効活用
農道	防塵処理, 構造強化(表層アスファルト未使用)

3-1 再々生路盤としての適用

本事例は、当初、粒状路盤で施工された路線の交通量が増加したため、路上路盤再生工法(セメント安定処理)を適用し対応したが供用後、写真-4に示すようなセメントの収縮クラックによるリフレクションクラックが表層に発生したため、再度CFA工法を適用し構造強化を図ったものである。



写真-4 施工前の路面性状

(1) 施工概要

交通量：N₄交通
 施工面積：1,740 m²
 施工厚さ：14 cm
 アスファルト量：3.8%
 セメント量：2.8%

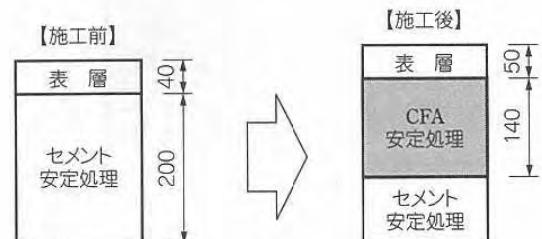


図-5 施工断面

4. FA工法の施工事例

FA(Foamed Asphalt)工法とは、フォームドアスファルトのみを安定材として使用する(セメントを使用しない)、常温瀝青安定処理工法である。表-4に示すようにセメントを使用しないFA工法は、CFA工法よりも等値換算係数が低く設定されている。

表-4 フォームドアスファルトによる安定処理工法

工法名	安定材の種類	等値換算係数
CFA工法	セメント+アスファルト	0.65
FA工法	アスファルト	0.55

しかし、FA工法は同じ等値換算係数であるセメント安定処理工法と比較すると、①セメントを使用しないため粉塵が発生せず、周辺環境に優しい、②アスファルトを安定材として使用しているため、たわみ性に優れている、③セメントによる硬化作用を伴わないため、収縮クラックの抑制が可能である、④セメントを使用しないため可使時間が長く、プラントにより製造された混合物は、1ヵ月程度の長期貯蔵が可能である等の特徴を有している。以降にFA工法の適用事例を示す。

4-1 高速道路における施工事例

本事例は、名神高速道路において、既設舗装を全断面打換え工法を用いても現設計要領(必要 $T_A=27$ 以上)の T_A 不足を解消するために、①既設路面高さを変えず、②構造強化が可能、③養生時間が不要、④廃材の発生をできるだけ少なくするという観点から適用された。

施工は、表・基層とアスファルト安定処理層10cmを切削機により撤去した後に、既設の加熱アスファルト安定処理層5cmと粒状路盤層15cmの計20cmをFA工法で安定処理した。

なお、配合設計は残留安定度がピークになり、簡易舗装要綱によるマーシャル安定度試験の基準を満足する範囲でアスファルト量を選定した。

(1) 施工概要

交通量：N₇交通
 施工面積：30,741 m²
 施工厚さ：20 cm
 アスファルト量：4%

(2) 施工結果

写真-10は、平成20年5月の名神高速道路の集中工事での実施例である。前年度に引き続いた工事、前年度同様、順調に施工された。

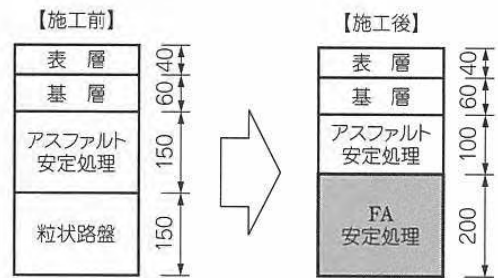


図-9 施工断面



写真-10 施工状況

4-2 工所用仮設道路への適用事例

本事例は、大型建設工事で発生した他工種で使用困難な低品位骨材をFA工法により、新規材として工所用仮設道路へ有効活用したものである。なお、本事例では低品位な現地発生材を移動式クラッシャーにより40~0mmに破碎したものを骨材とし、写真-11に示すフォームドアスファルト製造装置を装着したプラントによりFA安定処理したものを、ダンプトラックで舗設箇所へ運搬し、一般的な粒状路盤で使用している施工機械により施工を行ったものである。



写真-11 FA(CFA)プラント

(1) 施工概要

道路規格：林道1級(3種5級相当)
 施工面積：24,000 m²
 施工厚さ：15 cm
 アスファルト量：4.0%



図-10 施工断面

(2) 施工結果

本事例では、現場内で発生した低品位な骨材をFA工法により工事用仮設道路へ適用したことにより、①早期交通開放が可能となり他工種の工程遅延を招くことなく、②省資源、コスト削減に寄与するとともに、新規材料運搬による公道交通への交通障害を避けることが可能となった。

また、施工後の供用性は、施工箇所が平均で8%の縦断勾配があるにもかかわらず、工事用仮設道路として十分なものであることを確認している。

おわりに

CFA工法の累積施工面積は、平成9年度～平成19年度の11年間で470万 m^2 に達し、年間の施工面積はおよそ40万 m^2 で推移している。

CFA工法技術研究会では、FA工法も含めこれからの維持修繕の時代に合致した工法として、また地球環境の保全可能な工法の1つと位置付け、あらゆる適用箇所へ積極的な活用を促進していく予定である。

問い合わせ先

〒104-8380 東京都中央区京橋1-19-11

CFA工法技術研究会事務局 稲場 七生

((株)NIPPO 舗装事業本部 生産技術機械部 生産技術グループ内)

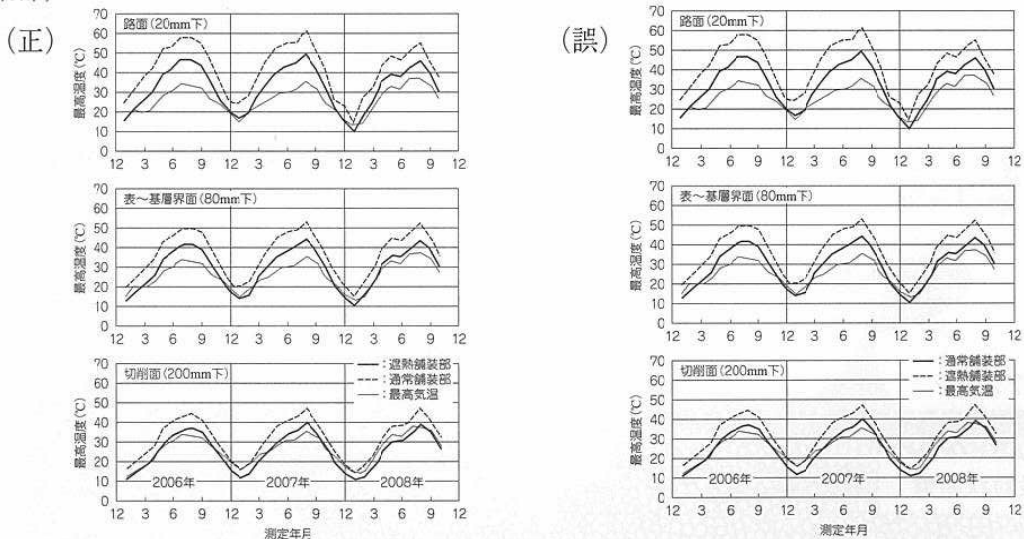
TEL: 03-3563-6727 FAX: 03-3567-4085

E-mail: jimuc@cfastabi.com

訂正

本誌8月号掲載の報文:

早川 勇・植松 祥示・関田 将巳・吉中 保: わだち掘れ対策を目的とした空港誘導路への遮熱性舗装の適用検討, pp.9~13(2009.8)の, 図-4 (p.11)に誤りがありました。ここに謹んでお詫びし、訂正いたします。(編集部)



舗装技術の質疑応答

解答: 「舗装」編集委員会



- 第4巻 鈴木道雄監 達下文一編(昭和58年発行) (上) A5判 200ページ 定価: 2,100円 (下) A5判 220ページ 定価: 2,310円
 - 第6巻 佐藤信彦監 達下文一・川野敏行編 (平成3年発行) A5判 280ページ 定価: 5,098円
 - 第7巻 森永教夫監 川野敏行編(平成9年発行) (上) A5判 230ページ 定価: 3,570円 (下) A5判 242ページ 定価: 3,675円
 - 第8巻 鈴木克宗・吉田 武監 金沢円太郎・村山雅人編 (平成13年発行) A5判 388ページ 定価: 5,985円
 - 第9巻 安藤淳・伊藤正秀監 濱田幸二・村山雅人編 (平成17年発行) A5判 304ページ 定価: 3,990円
- (第1・2・3・5巻 絶版)
- TEL.03-3255-6684 建設図書