

C F A 工 法

(セメント・フォームドアスファルト安定処理)

技 術 資 料

平 成 2 1 年 7 月

C F A 工 法 技 術 研 究 会

はじめに

C F A工法は、路上路盤再生工法のなかの路上再生セメント・フォームドアスファルト安定処理である。その技術的内容については、その他の路上路盤再生工法とともに舗装再生便覧に詳解され、路上再生路盤を含む構造設計については、同便覧の他、舗装設計施工指針等に記載がある。

本資料は、C F A工法に関し舗装再生便覧等の要旨を抜粋するとともに、1. 概説および付録を補完したものである。1. 概説ではC F A工法とフォームドアスファルトの概要、C F A工法の特徴を補完し、付録では安定材量の表記方法を路上再生セメント・アスファルト乳剤安定処理と対比した。なお、舗装再生便覧等からの引用については、項番号や図表番号を記している。

本資料は、上記のような構成であるから、C F A工法の実際的设计、施工にあたっては、必ず、舗装再生便覧およびその他関連する指針類を熟読するものとする。

C F A工法の技術的検討と広報等による普及を目的としてC F A工法技術研究会が設けられている。平成21年現在、鹿島道路株式会社、日本道路株式会社、株式会社N I P P O、前田道路株式会社およびワールド開発工業株式会社の5社が会員である。

目 次

1. 概 説	1
2. 設計施工方式	4
3. 事前調査	5
4. 適用箇所	6
5. 構造設計	7
6. 材 料	8
7. 配合設計	11
8. 施 工	19
9. 施工管理	23
付録1 路上再生セメント・瀝青安定処理の安定材添加量の比較 ..	24
付録2 路上路盤再生工法の適用範囲	28
付録3 C F A工法適用上の注意事項	29

1. 概 説

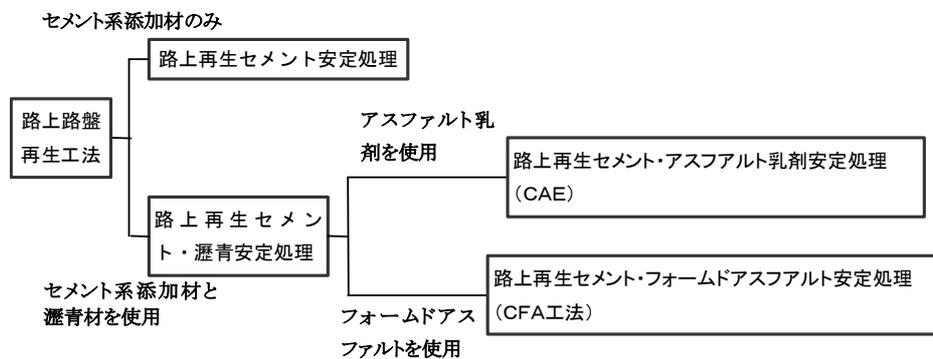
1.1 CFA工法の概要

CFA（Cement Foamed Asphalt）工法は、安定材としてセメントとフォームドアスファルトを用いる路上路盤再生工法である

路上路盤再生工法は、『路上において既設アスファルト混合物を現位置で破碎し、同時にこれにセメントや瀝青材料等の安定材と既設粒状路盤材とともに混合、転圧して、新たに安定処理路盤を構築するものである。また、既設アスファルト混合物層をすべて取り除き、既設粒状路盤材のみに安定材を添加して新たに安定処理路盤を構築する場合も含めるものとする。』と定義される（舗装再生便覧(以下「便覧」) 4-1)。

路上路盤再生工法の種類を図－1 に示す。

CFA工法は、『路上再生セメント・瀝青安定処理』のうちの『路上再生セメント・フォームドアスファルト安定処理』に該当する。



図－1 路上路盤再生工法の分類（便覧 4-2 による）

1.2 フォームドアスファルト

(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とは、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生させた泡状のアスファルトである。この発泡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（図－2、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。

体積膨張の度合いは『発泡倍率』として、泡だった状態のアスファルトの最大体積 (V_F)と元のアスファルトの体積(V_B)との比として表す(式-1)。

$$\text{発泡倍率(倍)} = \frac{V_F}{V_B} \dots\dots\dots (式-1)$$

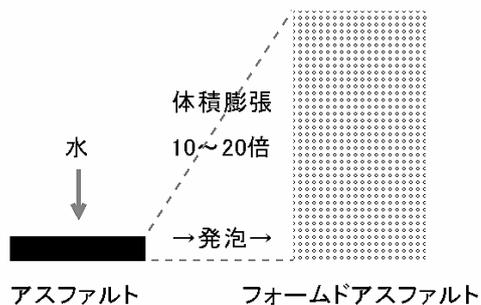


図-2 フォームドアスファルトのイメージ



写真-1 フォームドアスファルトの外観

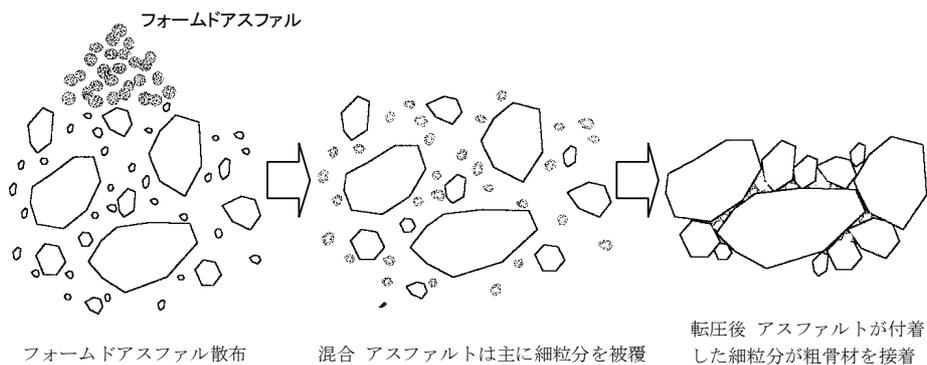


図-3 フォームドアスファルト混合状態の模式図

(2) フォームドアスファルトおよびCFA工法の歴史と現状

1957年、アメリカ・アイオワ州立大学のサニー教授は、水蒸気を用いて製造したフォームドアスファルトを使うことで、常温の湿潤状態の骨材と加熱アスファルトを混合することが可能であることを示した。

その後、モービルオイル・オーストラリアが、装置簡略化のために水蒸気の代わりに水を用いたフォームドアスファルト製造方法を考案し、改良を加えながら世界各国で使われるようになった。

日本においても1960年頃から研究開発がなされており、昭和42年のアスファルト舗装要綱には加熱アスファルト混合物製造時にフォームドアスファルトを使用する利点が記述されており、昭和53年のそれには加熱アスファルト混合物にフォームドアスファルト工法が適用できるとされた。また、平成4年からはセメント・瀝青安定処

理工法のひとつとして採用されている。

近年、地球環境保全、省エネルギー・省資源、建設コスト縮減等の観点からフォームドアスファルト方式の瀝青安定処理工法は世界的にも注目され、欧米をはじめとする建機メーカーがフォームドアスファルト添加装置を搭載したスタビライザ（リクレイマ、リサイクラともいう）を販売し始めたこともあって、施工量は急増している。

1.3 CFA工法の特徴

(1) 路上路盤再生工法としての特徴

路上路盤再生工法は、以下の特徴を有している（便覧 4-1）。

- ① 全断面打換え工法と比較して舗装発生材が少ない。
- ② 全断面打換え工法と比較して施工速度が早く、工期短縮が図れる。
- ③ 全断面打換え工法と比較してコスト縮減が図れる。
- ④ 既設粒状路盤材を安定処理するため、かさ上げを行うことなく舗装の構造強化が図れる。

(2) CFA工法の特徴

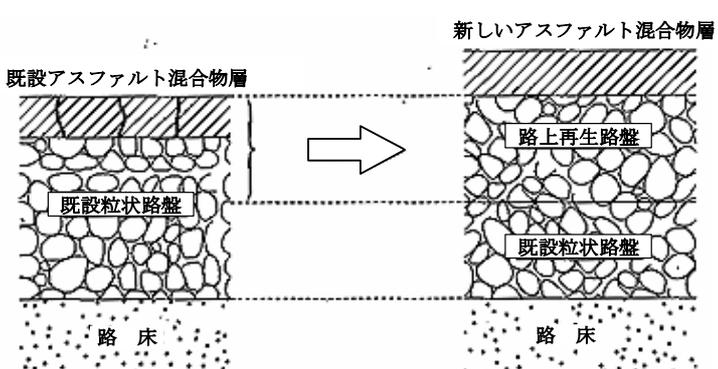
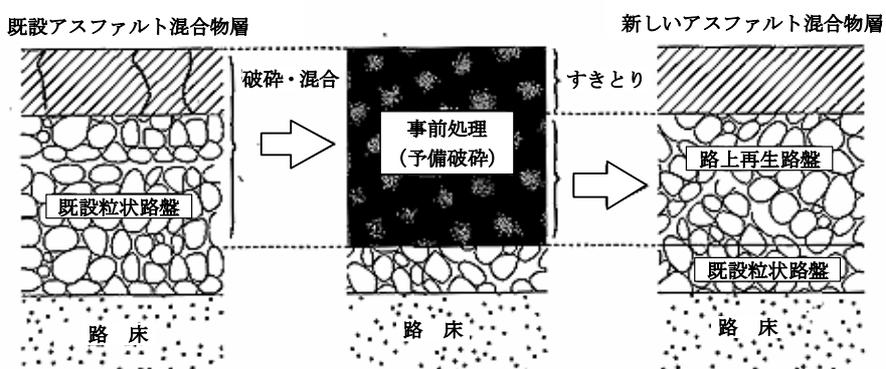
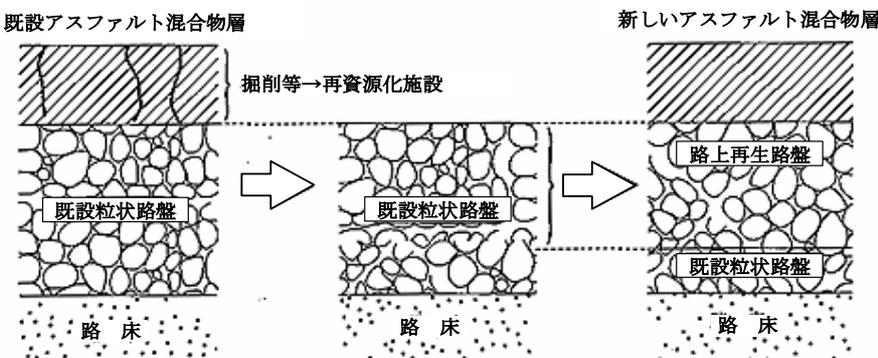
また、CFA工法を、路上再生セメント・アスファルト乳剤安定処理（CAE）と比較した場合、以下の特徴を挙げることができる。

- ① 常温で湿潤状態の骨材と混合できる
フォームドアスファルトは、発泡による粘性の低下と増量効果により、常温の湿潤状態の骨材と混合しても分散性のよい安定処理混合物を得ることができる。このため、通常の路盤材料だけでなく、低品質の発生材料の有効活用も可能である。
- ② 耐久性にすぐれる
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。
- ③ 施工後直ちに交通開放できる
強度発現が早く、施工後養生を必要としないので、直ちに交通開放ができる。
- ④ ワークビリティは粒状材料と同じである
ワークビリティが良好で、通常の粒状材料と同様に取り扱える（混合時、粗骨材の多くはアスファルトに被覆されないため。図-3）。
- ⑤ 経済的である
高価な安定材を使用しないため、経済的である。

2. 設計・施工方式 (便覧 4-2)

CFA工法の設計・施工方式を表-1に示す。

表-1 CFA工法の方式 (便覧 4-2 による)

方 式	摘 要
<p>① 既設舗装をそのまま安定処理する方式</p> 	<p>舗装計画交通量 $T < 1,000$(台/日・方向) に適用</p>
<p>② かさ上げが困難な場合に事前処理を行ってから安定処理する方式</p> 	<p>舗装計画交通量 $T < 3,000$(台/日・方向) に適用</p>
<p>③ 既設の粒状路盤材のみを安定処理する方式</p> 	<p>舗装計画交通量区分にと られることなく適用</p>

3. 事前調査 (便覧 4-3)

C F A工法の主な事前調査項目を表-2に示す。

表-2 事前調査チェックリストの例 (便覧 資表-4.4 による)

条 件	調 査 項 目	結果の利用			
		構造設計	工法選択	施工計画	配合設計
交通条件	<input type="checkbox"/> 交通量 (特に大型車交通量)	○	—	—	—
現場条件	<input type="checkbox"/> 道路幅員 <input type="checkbox"/> 平面線形 <input type="checkbox"/> 縦横断勾配	—	○	○	—
	<input type="checkbox"/> 交差点の有無 <input type="checkbox"/> 通行止の可否 <input type="checkbox"/> 迂回路の有無 <input type="checkbox"/> 周辺環境 <input type="checkbox"/> 機械置場の有無 <input type="checkbox"/> 埋設物の有無と深さ等				
	<input type="checkbox"/> かさ上げの可否				
既設舗装 の性状等	<input type="checkbox"/> 路面性状 (ひびわれ率、わだち掘れ量等)	○	○	—	—
	<input type="checkbox"/> 既設アスファルト混合物の厚さ <input type="checkbox"/> 既設粒状路盤材の厚さ、 <input type="checkbox"/> " 最大粒径 <input type="checkbox"/> " 材質	○	—	○	○
	<input type="checkbox"/> 路床土の設計 C B R	○	—	—	—

4. 適用範囲 (便覧 4-4)

交通条件による適用範囲については、表-1の摘要欄を参照。

CFA工法によって構築される路上再生路盤は、舗装設計施工指針（以下「指針」）で規定される上層路盤と同等に扱われるので、適用箇所は原則として、路上再生路盤と路床との間に、下層路盤に相当する既設粒状路盤を10cm程度以上確保する（図-4）。

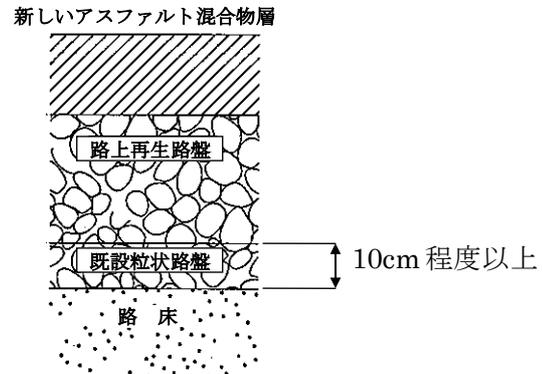


図-4 既設粒状路盤材の残存厚さ

既設舗装を予備破砕しないでそのまま安定処理する方式での既設アスファルト混合物の厚さは、10cm以下が望ましく、既設アスファルト混合物の厚さが10cmを超える場合は、路面切削機による事前処理を行う。

予備破砕は、既設アスファルト混合物の厚さが15cm以下までとし、15cmを超える場合は、路面切削機により既設アスファルト混合物の厚さを減じる事前処理を行う。

〔注〕CFA工法におけるフォームドアスファルト添加量の確保は、①スタビライザを一定速度で走行させながら、②フォームドアスファルトを定量吐出するという方法で行われる。

ところが、通常の場合既設アスファルト混合物の厚さが10cmを超えるとスタビライザに負荷がかかり、一定の作業速度を保つことが困難となる。このため、CFA工法で既設舗装をそのまま安定処理する場合の既設舗装の厚さは10cm以下とすることとし、これを超える場合には、路面切削機による事前処理を行うこととした。

瀝青材を使用しない路上セメント安定処理については、スタビライザの一定速度の走行は特に必要ではないため15cmまでそのまま安定処理することが可能である。

便覧 4-9-3(1)には、「既設アスファルト混合物の厚さが厚い場合は、路上破砕混合機の施工能率が低下するため、または、再生路盤中の既設アスファルト混合物の混入率が高くなり過ぎないようにするため、あらかじめ、既設アスファルト混合物の厚さを15cm以下とするように切削しておく」と記載されている。

5. 構造設計 (便覧 4-5)

CFA工法を適用する舗装の構造設計は、舗装設計施工指針の設計方法に準じて決定する。CFA工法の厚さは、原則として表-3に示すとおりとする。T_Aの算定に用いる等値換算係数は、表-4、表-5による。

表-3 CFA工法の厚さ (便覧 資表-4.2 による)

工 種	最大厚さ (cm)	最小厚さ (cm)
CFA工法 (路上再生セメント・瀝青安定処理)	30	10
(注) 厚さが 20cm を超える場合は、締固め効果の大きい振動ローラを使用する。		

表-4 CFA工法の等値換算係数 (便覧 資表-4.3 による)

使用する位置	工 法 材 料	摘 要	等値換算係数
路上再生路盤	CFA工法 (路上再生セメント・瀝青安定処理)	一軸圧縮強さ 1.5~2.9MPa 一次変位量 5~30 (1/100cm) 残留安定度 65%以上	0.65

表-5 T_Aの算定に用いる既設舗装の等値換算係数 (便覧 資表-4.4)

	在来舗装の構成材料	等値換算係数	摘要
上層路盤	粒度調整砕石	0.35~0.2	新設時と同程度の強度をもつと認められるものを最大値にとり、破損の状況に応じて係数を定める。
下層路盤	切込砂利およびクラッシュラン	0.25~0.15	
	セメント安定処理および石灰安定処理	0.25~0.15	

6. 材 料 (便覧 4-6)

6. 1 セメント

CFA工法に使用するセメントには、表-6のJISに規定されているセメントなどがある。また、市街地等における施工時の粉塵抑制を目的としたセメントの使用も、施工状況に応じて検討する。なお、路上再生路盤材が六価クロムの溶出等の環境基準に適合することを確認する必要がある。

表-6 CFA工法に用いるセメントの例

普通ポルトランドセメント	JIS R 5210
高炉セメント	JIS R 5211
シリカセメント	JIS R 5212
フライアッシュセメント	JIS R 5213

6. 2 アスファルト

CFA工法に使用するフォームドアスファルトは、JIS K 2207に規定された舗装用石油アスファルトを発泡させたものを用いる。表-7に舗装用石油アスファルトの品質規格を示す。

表-7 舗装用石油アスファルトの品質規格 (舗装設計施工指針 付表-9.1.9)

種類	40-60	60-80	80-100	100-120
針入度(25℃) 1/100mm	40を超え 60以下	60を超え 80以下	80を超え 100以下	100を超え 120以下
軟化点 ℃	47.0~55.0	44.0~52.0	42.0~50.0	40.0~50.0
伸度(15℃) cm	10以上	100以上		
トルエン可溶分 %	99.0以上			
引火点 ℃	260以上			
薄膜加熱質量変化率 %	0.6以下			
薄膜加熱針入度残留率%	58以上	55以上	50以上	
蒸発後の針入度比 %	110以下			
密度(15℃) g/cm ³	1.000以上			

6.3 路上再生路盤用骨材

(1) 路上再生路盤用骨材の品質

路上再生路盤用骨材とは、既設舗装を現位置で破碎混合した路上再生骨材や、これに必要な応じ補足材（クラッシュラン等）を加えたものをいう。路上再生路盤用骨材の品質を表－8、表－9に示す。

表－8 路上再生路盤用骨材の品質（便覧 資表-4.6）

項目	路上再生路盤用骨材
修正 CBR	20 以上
PI (425 μ m ふるい通過分)	9 以下

表－9 路上再生路盤用骨材の望ましい粒度範囲（便覧 資表-4.7）

	ふるい目	路上再生路盤用骨材
通過質量百分率 (%)	53.0mm	100
	37.5mm	95～100
	19.0mm	50～100
	2.36mm	20～60
	0.075mm	0～15

(2) 路上再生路盤用骨材の調整方法（便覧 4-6-3）

品質、粒度の確認、および配合設計に用いる路上再生路盤用骨材は、以下のように調整する。

- ① 破碎した既設アスファルト混合物は、室内で破碎したものか、再生アスファルトプラントのアスファルトコンクリート再生骨材を用い、その粒度は、表－10のように調整する。
- ② 既設粒状路盤材は、現地から採取したものをを用いる。
- ③ ①、②を合成して路上再生路盤用骨材とする。

表－10 破碎したアスファルト混合物の見かけの骨材粒度（便覧 表-4.6.1）

	ふるい目	見かけの骨材粒度
通過質量百分率 (%)	37.5mm	100
	26.5mm	75
	19.0mm	65
	13.2mm	50
	4.75mm	25
	2.36mm	15
	0.075mm	0

(3) 既設アスファルト混合物の混入率

既設アスファルト混合物の混入率は、式-2により算出する（便覧 式 4.7.1）。

$$\text{既設アスファルト混合物の混入率} = \frac{\text{既設アスファルト混合物厚} \times a}{\text{既設アスファルト混合物厚} \times a + (\text{処理厚} - \text{既設アスファルト混合物厚}) \times b} \times 100\% \quad \dots (\text{式}-2)$$

ここに、 a :既設アスファルト混合物の単位体積質量(一般には 2.4g/cm^3 とする)

b :既設粒状路盤材の単位体積質量(一般には 2.1g/cm^3 とする)

[注] CFA工法における既設アスファルト混合物の混入率は、修正 CBR = 20%以上という路上再生路盤用骨材の品質を確保するため、図-5に示すように 50%以下となるように設計することが望ましい。

既設アスファルト混合物の混入率が 50%を越える場合や供用時に路上再生路盤が高温になることが予想される場合には、事前に試験して修正 CBR を確認しておく必要がある。

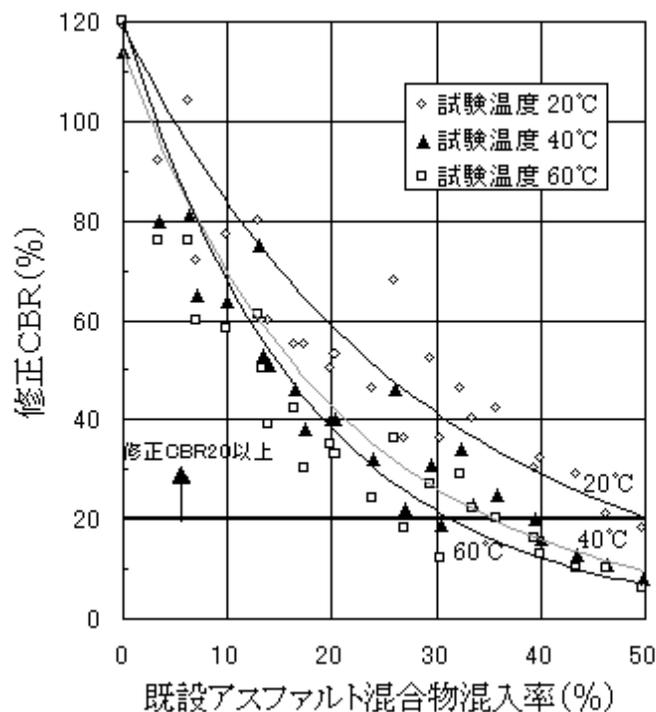


図-5 既設アスファルト混合物の混入率と修正CBRとの関係
 (「路上再生路盤工法の問題点とその対策」道路建設 1986.5)

7. 配合設計 (便覧 4-7 同 付録-12)

7.1 配合設計のフロー

セメント量は、一軸圧縮試験（舗装試験法便覧）により決定する。
フォームドアスファルト量は、路上再生路盤用骨材の粒度から算出する。
CFA工法の配合設計のフローを図-6に示す。

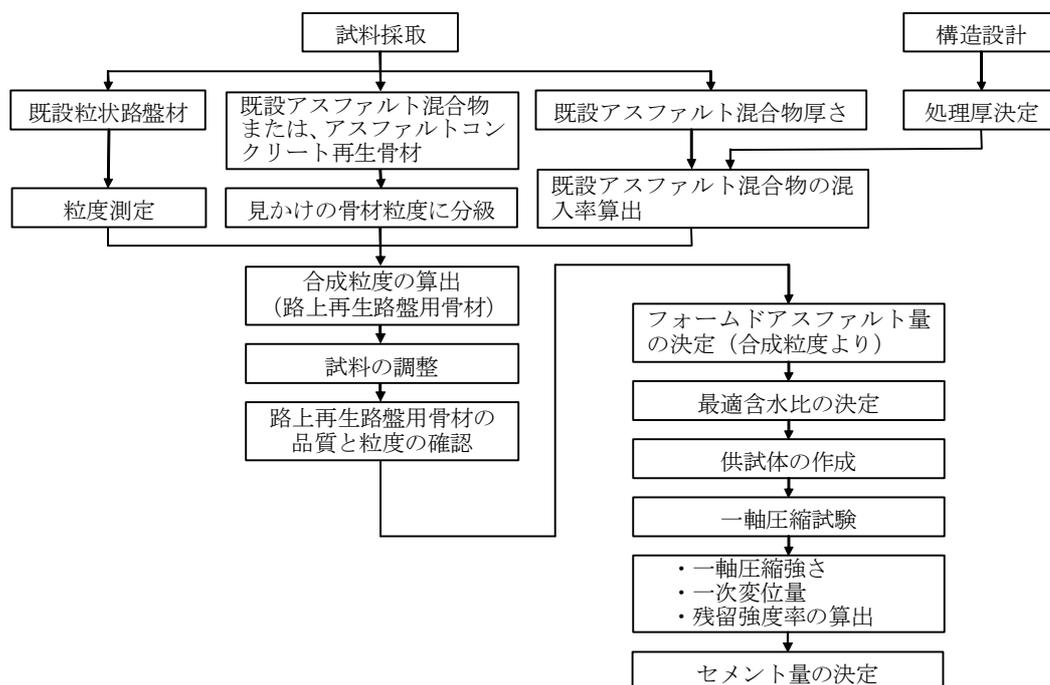


図-6 CFA工法の配合設計のフロー (便覧 図-4.7.1による)

7.2 配合設計用試料の準備

(1) 試料の採取

- 配合設計に用いる試料は、施工予定個所から採取する。
- 垂直方向に処理厚に相当する深さまで試掘して採取する。
- 既設アスファルト混合物層の厚さを同時に調査する。
- 既設粒状路盤材はまとめて混合した上で所定の量を得る。
- 各試料とも採取時における含水比を測定する。
- 施工区間が比較的短い場合でも、道路延長方向に3箇所以上試料を採取することが望ましい。

(2) 試料の調整

- 既設粒状路盤材料は、空気乾燥または炉乾燥する。
- 粒径 26.5mm を超える部分は取除く。
- 26.5～19.0、19.0～13.2、13.2～4.75、4.75～2.36、2.36～0mm に分級し、必要に応じ各材料の含水比を測定する。

[注] 含水比の測定は、「舗装試験法便覧 1-3-3 含水量試験方法」に従う。

- 破碎された既設アスファルト混合物の試験試料も粒状路盤材料と同じように乾燥、分級する。

[注] 破碎された既設アスファルト混合物の炉乾燥温度は、50℃以下とすること。

7.3 配合設計の手順

(1) 既設アスファルト混合物の混入率の算定

- (式-2) により既設アスファルト混合物の混入率を算定する。

(2) 路上再生路盤用骨材の合成粒度の算定

- 既設粒状路盤材料と見かけの粒度に破碎された既設アスファルト混合物とを(1)の混入率で混合して得られる路上再生路盤用骨材の合成粒度を算定する。

[注] 破碎されたアスファルト混合物としては、施工予定箇所から採取した既設アスファルト混合物を破碎したもの、または表-9に示す粒度になるよう調整した再生アスファルト混合所で準備されたアスファルトコンクリート再生骨材を使用する。

(3) 路上再生路盤用骨材の調整

- 既設粒状路盤材料と見かけの粒度に破碎されたアスファルト混合物とを(1)の混入率で混合して路上再生路盤用骨材を調整する。

(4) 路上再生路盤用骨材の品質確認

- (3)で調整した路上再生路盤用骨材について表-7、表-8に示す品質と粒度の確認を行う。

(5) フォームドアスファルト量

- 路上再生路盤用骨材の合成粒度から、式-3によりフォームドアスファルトの添加量を算出する。式-3により算出したフォームドアスファルト添加量が3.5%に満たない場合は3.5%を、5.5%を越える場合は5.5%を設計量とする。

$$P = 0.03a + 0.05b + 0.2c \dots\dots\dots (式-3)$$

P: 路上再生路盤用骨材量に対するフォームドアスファルトの質量百分率 (%)

a : 使用骨材中の 2.36mm ふるいに残留する部分の質量百分率 (%)

b : 2.36mm ふるいを通過し、75 μ m ふるいに残留する部分の質量百分率 (%)

c : 75 μ m ふるいを通過する部分の質量百分率 (%)

[注 1] 路上再生路盤用骨材の合成粒度の算定に用いる既設粒状路盤材料の粒度は、骨材のふるい分け試験方法 (JIS A 1102 準拠「舗装調査・試験法便覧」) により測定する。ただし、フルイ分け試験は骨材の微粒分量試験 (JIS A 1103) を行ったのちに実施する。

[注 2] 算出したフォームドアスファルト量が著しく 3.5%~5.5%の範囲を外れる場合で、仕上り高さに特に制限がないときは、粒度調整用の補足材 (3.5%未満の場合は砂等、5.5%を超える場合はクラッシュラン等) の使用を検討する。

[注 3] 既設アスファルト混合物の混入率が 20~50%の場合、設計フォームドアスファルト量は 3.5~4.5%の範囲に算出されることが多い (図-7 参照)。

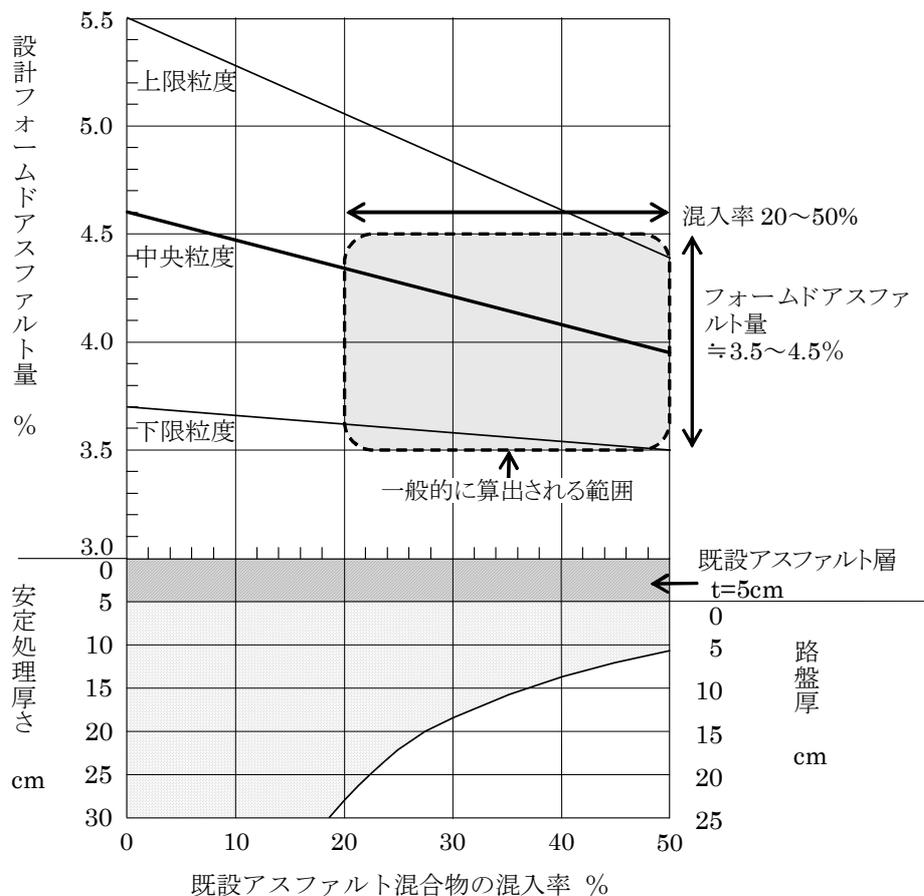
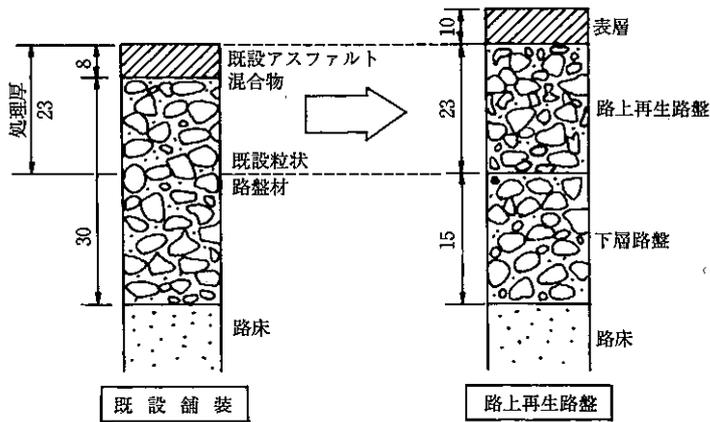


図-7 粒度調整路盤におけるフォームドアスファルト量の算出例
(既設アスファルト混合物厚さが 5cm の場合)

● フォームドアスファルト量の算出例（便覧付録－10）

図－7の舗装断面例でフォームドアスファルト量を算出する。



図－8 舗装断面例

- ① 既設アスファルト混合物の混入率を式－2により求める。

$$f = \frac{8 \times 2.4}{8 \times 2.4 + (23 - 8) \times 2.1} = 38 \text{ (\%)}$$

- ② 路上再生路盤用骨材の合成粒度を求める計算書を表－11に、合成粒度を図－8に示す。表－11より、2.36mmふるい通過質量百分率が35.5%、75 μ mふるい通過質量百分率が2.0%となり、これより

$$a \text{ (2.36mmふるいに残留する部分の質量百分率)} = 100 - 35.5 = 64.5\%$$

$$b \text{ (2.36mmふるいを通過し75}\mu\text{mふるいに残留する部分の質量百分率)} = 35.5 - 2 = 33.5\%$$

$$c \text{ (75}\mu\text{mふるいを通過する部分の質量百分率)} = 2\%$$

が得られる。

- ③ 設計フォームドアスファルト量 P は、式－3と②の a 、 b 、 c から以下のように算出される。

$$P = 0.03a + 0.05b + 0.2c = 0.03 \times 64.5 + 0.05 \times 33.5 + 0.2 \times 2.0 = 4.0 \text{ (\%)}$$

表-11 骨材粒度

	ふるい目 mm	既設粒状路盤材の粒度		既設アスファルト混合物の見かけの骨材粒度		合成粒度 $(1-f)p + fq$	試験粒度 26.5mm 以上カット	粒度範囲
		p	26.5mm 以上カット	q	26.5mm 以上カット			
通過質量百分率 %	53.0							100
	37.5	100.0		100.0		100.0		100~95
	31.5	100.0		85.0		94.3		
	26.5	98.8	100.0	75.0	100.0	89.8	100.0	
	19.0	92.0	93.1	65.0	86.7	81.7	90.7	50~100
	13.2	81.4	82.4	50.0	66.7	69.5	76.4	
	4.75	61.1	61.8	25.0	33.3	47.4	51.0	
	2.36	48.1	48.7	15.0	20.0	35.5	37.8	20~60
	0.075	3.2	3.2	0.0	0.0	2.0	2.0	0~15

備考) 1) 路上再生路盤用骨材のPI…NP
 2) 骨材配合割合 既設粒状路盤材 $1-f=62\%$ 既設アスファルト混合物 $f=32\%$

[注] フォームドアスファルト量の算出には合成粒度を用いる。表中 26.5mm 以上カットとある粒度は、配合試験に用いる粒度である。

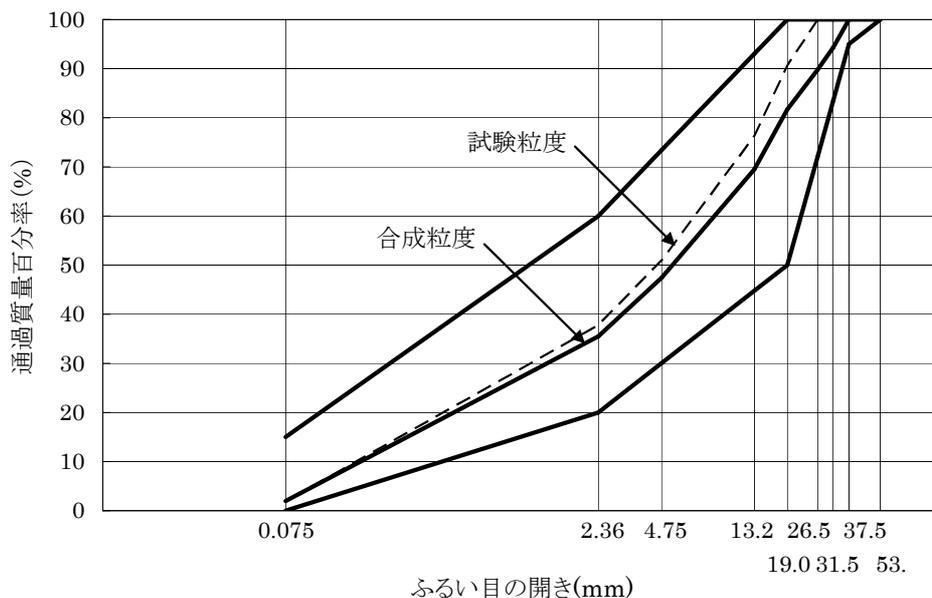


図-9 粒度曲線

(6) 最適含水比の決定

- 締め固めた供試体の高さが $68.0 \pm 1.3\text{mm}$ になるように試料を調整する。

[注] 供試体は、「舗装試験法便覧 3-7-1 マーシャル安定度試験方法」に従い作成する（突固め回数両面各 50 回）。

- 試料に通常 2.5% のセメント量を添加して空練りする。
- 最適含水比になると予想される水量と所定のフォームドアスファルト量を添

加、混合する。

- 前記含水比の前後で 1%きざみに含水量を変化させ、合計 5 個の供試体を作る。
- 供試体をモールドに入れたまま高さ と 空中質量を測定する。
- 供試体を適当にほぐして容器に入れ、110±5℃の恒温乾燥機で一定の質量になるまで乾燥し、乾燥質量を測定する。
- 含水比と乾燥密度の関係から、最適含水比を求める。

(7) 供試体の作製および養生

- 各添加材料の添加量の水準は次のとおり。
 - ・ フォームドアスファルト添加量：(5)での決定量とし一定とする。
 - ・ セメント添加量：標準 1.0、2.5、4.0%の 3 点

[注] セメント量、フォームドアスファルト量は、路上再生路盤用骨材量に対する質量百分率で表わす。

- 各材料の混合順は、骨材、セメント、水、フォームドアスファルトの順。

[注] 添加水量は (6) の最適含水比から求める。

- 供試体は、同一セメント量に対して 3 個以上作製する。
- 作製した供試体は 25±3℃の室温に移し、24 時間後にモールドから脱型する。さらに同温度の室温で 5 日間養生する。
- 空中養生終了時に供試体の空中質量および高さを測定する。その後供試体を 25±3℃の水槽に 24 時間水中養生する。
- 水中養生の終了した供試体は表乾質量を測定し、前項で求められた空中質量から吸水率を求める。

$$\text{吸水率(\%)} = \frac{\text{表乾質量(g)} - \text{空中質量(g)}}{\text{空中質量(g)}} \times 100(\%) \quad \dots\dots\dots \text{(式-4)}$$

(8) 一軸圧縮試験

- 吸水率の測定を完了した供試体を 30±1℃の水槽に移し 30 分間浸した後、圧縮試験機の定位置におく。
- 毎分 1 mm の圧縮速度を標準として、供試体を圧縮する。圧縮は、図-10 に示すように、荷重強さが最大を示した時の変位量（一次変位量）と同じ変位量をさらに示すまで行い、この間の荷重強さと変位量を記録する。
- 荷重強さ～変位量曲線（図-10）から、一軸圧縮強さ、一次変位量を求め、(式-5)により残留強度率を求める。

$$\sigma_r = \sigma_{2L} / \sigma_m \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{(式-5)}$$

σ_r ：残留強度率 (%)

σ_m ：一軸圧縮強さ (MPa)

σ_{2L} : 2L時の荷重強さ (MPa)

L : 一次変位量 (1/100cm)

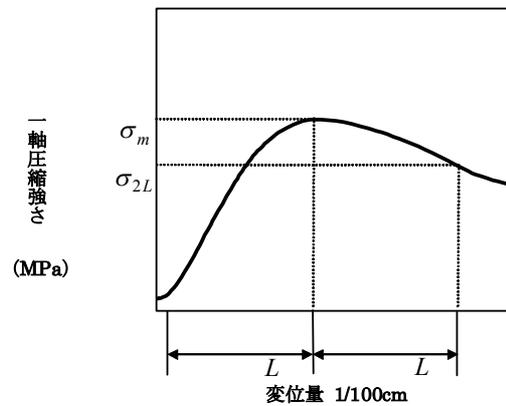


図-10 一軸圧縮曲線・変位量曲線

(便覧 図-4.7.3)

- 圧縮試験を終了した供試体は、十分ほぐしてから容器に移し、 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ の恒温乾燥器で約24時間乾燥後、質量を測定する。
- (7)で求めた高さから供試体の容積を算出し、乾燥密度を求める。

(9) 最適セメント量の決定

- 各供試体のセメント量を横軸に、密度、吸水率、一軸圧縮強さ、一次変位量および残留強度率を縦軸に算術目盛りでとり、それぞれの値をプロットして図-11のように、なめらかな線で結ぶ。
- 図-11で、表-12に示す基準値をそれぞれ満足するセメント量の範囲を求める。
- すべての基準値を満足するセメント量の共通範囲を求め、その中央値を最適セメント量とする。

表-12 CFA混合物の一軸圧縮試験の基準値

(便覧 表-4.7.1 同付表-12.4 による)

特 性 値	基 準 値
一軸圧縮強さ σ_m MPa	1.5~2.9
一次変位量 L 1/100cm	5~30
残留強度率 σ_r %	65以上

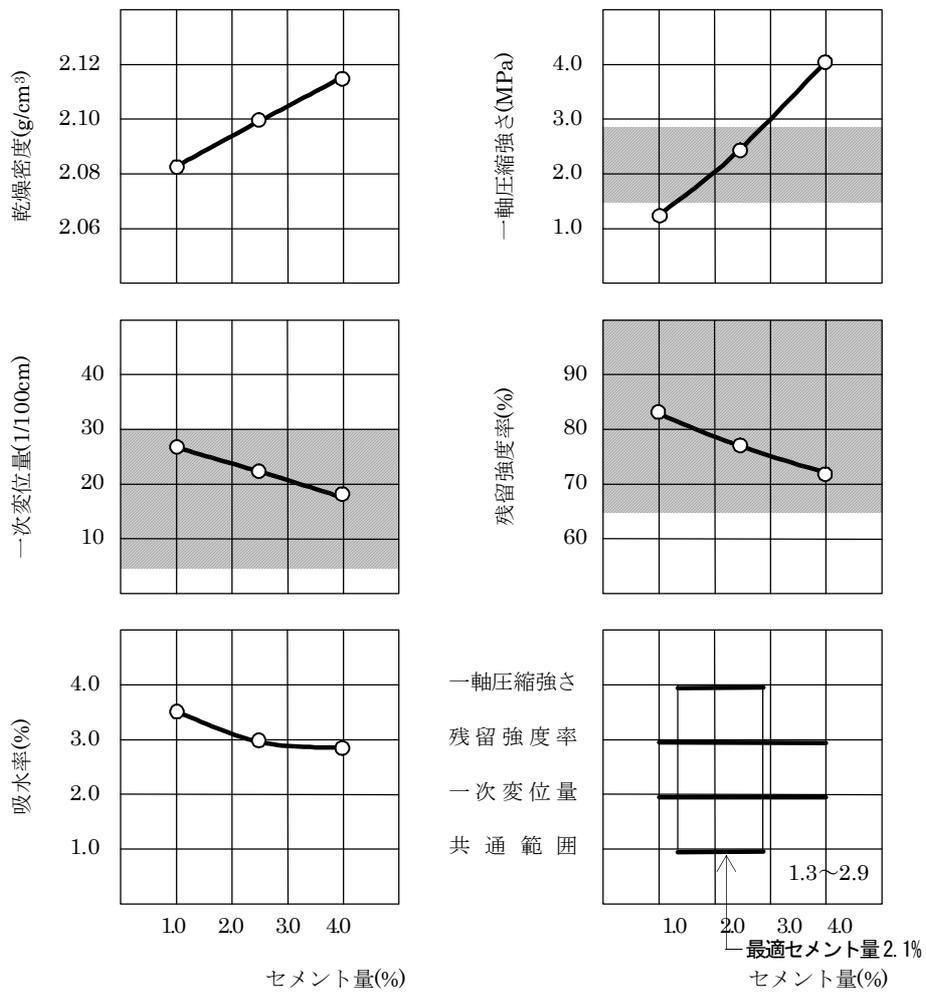


図-11 セメント量の決定 (便覧 付図-12.3 による)

8. 施 工 (便覧 4-8 同 4-9)

8. 1 施工機械

CFA工法に用いる主な機械を、表-13に示す。

表-13 CFAで使用する施工機械の例

機 械 名	摘 要
スタビライザ(フォームド添加装置付) 施工幅 2.0m 混合深さ 0.4m	破碎・混合
モータグレーダ 3.1m	整形
タイヤローラ 15t	締固め
ロードローラ マカダム	締固め
振動ローラ 7t	締固め(処理厚 20cm を超える場合)
アスファルト供給車 10,000ℓ	スタビライザに連結
給水車	含水比調整
ディストリビュータ	プライムコート
路面切削機	既設アスファルト混合物の一部を除 去する場合
積込機(バックホウ等)	

路上での既設舗装材等の破碎混合には、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)を使用する。

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あり、現場内の移動は容易に行うことができる。



写真-2 路上破碎混合機(供給車併走タイプ)



写真-3 路上破碎混合機(単独施工タイプ)

8.2 施工手順

CFA工法の施工手順のフローを図-12に示す。

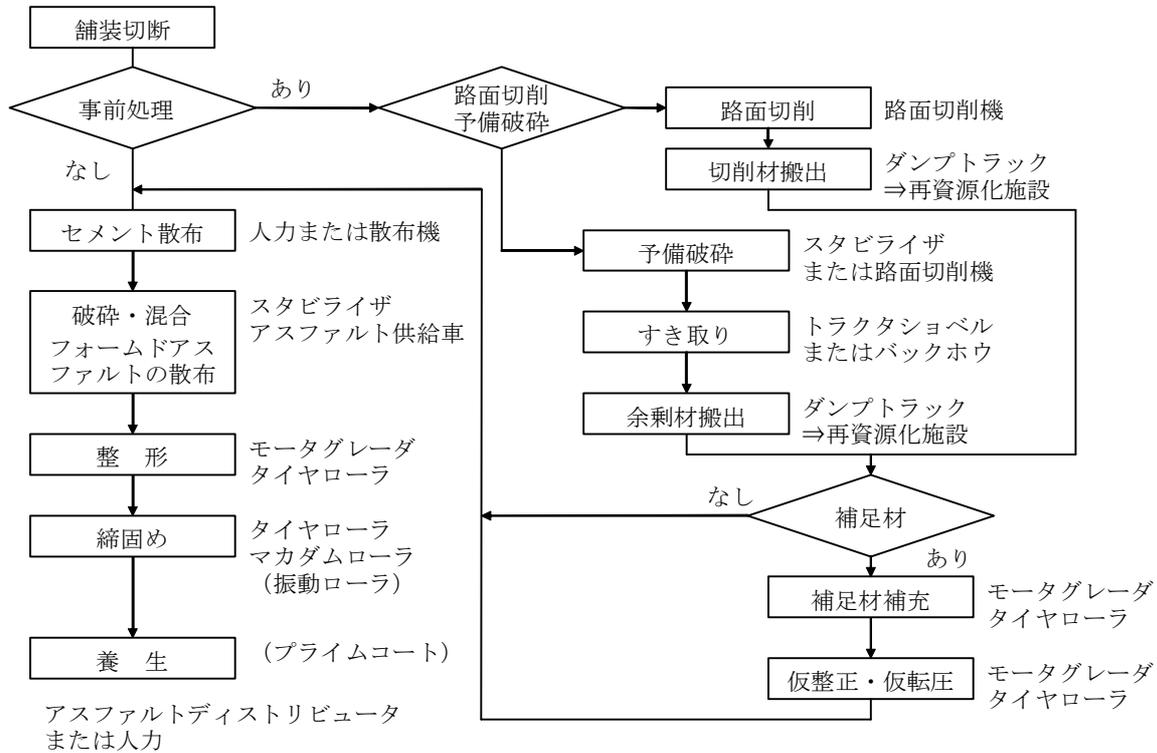


図-12 CFA工法の施工手順のフロー（便覧 4-9 による）

(1) 準備工

- 施工に先立ち、表-2の施工計画に係る現場確認を行い、必要に応じた処置をとる。

[注] 事前処理を行わない場合、仕上がり高さが既設路面より処理厚さの15~20%程度高くなることが多い。

(2) 事前処理

- 事前処理は、以下の場合で余剰となる材料を取り除くために行う。
 - ① 既設アスファルト混合物層が厚い（15cmを超える）場合
 - ② 仕上がり高さを調整する必要がある場合
 - ③ 補充材を補充する場合

(3) 再生利用

- 余剰の材料は、再資源化施設に運搬し再生利用を図る。

(4) セメント散布

- 単位面積当たりの散布量により、添加量の管理を行う。

(5) 破碎混合

- セメント散布後、スタビライザにより、フォームドアスファルトを散布しながら既設アスファルト混合物と既設粒状路盤の破碎と混合を行う。アスファルトは、スタビライザの散布装置でフォームド化され、スタビライザの混合装置のフード内に散布される。アスファルトは、スタビライザと連結されるアスファルト供給車から散布装置に供給される。
- 破碎、混合では、破碎された既設アスファルト混合物の最大粒径が概ね 50mm 以下となるように注意する。とくに粒径が大きいものについては人力等で取り除くようにする。
- 破碎、混合のラップ幅は 10cm 程度を確保する。
- 曲線部や、構造物付近等でスタビライザによる破碎、混合が困難となる場合は、バックホウ等により別途処理する。

(6) 整形

- スタビライザによる破碎混合後は、速やかにタイヤローラにより転圧を行い、モータグレーダにより整形する。

(7) 締固め

- 整形を終えたら、タイヤローラとロードローラにより締固める。仕上がり厚さが 20cm を超える場合には、ロードローラに替えて振動ローラを使用する。

(8) 養生

- 締固め完了後、路上再生路盤の乾燥を防止するため、プライムコートを行い、必要に応じて養生砂を散布する。
- C F A 工法は即日交通開放が可能である。

9. 施工管理 (便覧 4-10)

9.1 基準試験

JIS に品質が定められているセメント、アスファルトについては、製造者による試験成績表をもって基準試験にかえる。

路上再生路盤用骨材については、表－7、表－8の項目について試験を行う。

9.2 出来形管理

CFA工法の出来形管理は、厚さと幅について行う。厚さについては、掘削して確認し、幅は、仕上がり面で管理する。表－15に、出来形管理基準を示す。

表－14 出来形管理基準 (便覧 表-4.10.1)

工種	項目	頻度	出来形管理基準
CFA工法	厚さ	20m ごと	-3cm
	幅	40m ごと	-5cm

9.3 品質管理

CFA工法の品質管理は、セメント量、アスファルト量、締固め度及び含水比について行う。セメント量、アスファルト量は使用量で管理する。締固め度は、マーシャル安定度試験用締固めランマで片面 50 回両面突固めにて作製した供試体について行う。締固め度、含水比測定は、舗装試験法便覧による。CFA工法の品質管理基準を表－14に示す。

表－15 CFA工法の品質管理基準 (便覧 表-4.10.2)

工種	項目	試験方法	頻度	品質管理基準
CFA工法	セメント量	使用量で管理	1～2回/日	—
	アスファルト量	使用量で管理	1～2回/日	—
	締固め度	舗装試験法便覧	1,000 m ² に1回	93%以上
	含水量	舗装試験法便覧	1～2回/日	—

付録 路上再生セメント・瀝青安定処理の安定材添加量の比較

1. 添加量定義の比較表

付表 1-1 添加量の定義等

工 法	C F A 工 法 (セメント・フォームドアスファルト安定処理)	C A E (セメント・アスファルト乳剤安定処理)
瀝青材	フォームドアスファルト	アスファルト乳剤
安定材添加量の分母	m_R (路上再生路盤用骨材の乾燥質量)	m_C (セメント質量) $+ m_A$ (アスファルト質量) $+ m_R$ (路上再生路盤用混合物の乾燥質量) $m_A = \frac{e}{100} \times \text{アスファルト乳剤量 } m_E$ e : アスファルト乳剤のアスファルト割合 (%)
セメント量 (%)	$P_C = \frac{m_C}{m_R} \times 100$	$p_C = \frac{m_C}{m_C + \frac{e}{100} \cdot m_E + m_R} \times 100$
瀝青材量 (%)	フォームドアスファルト添加比 (%) $P_A = \frac{m_A}{m_R} \times 100$ ① $= 0.03a + 0.05b + 0.2c$ (m_A = アスファルト質量) a : 2.36mm ふるいに残留する質量百分率 (%) b : 2.36mm ふるいを通過し、75 μ m のふるいに残留する質量百分率 (%) c : 75 μ m ふるいを通過する質量百分率 (%) d : 既設アスファルト混合物の混入率 (%) $d = \frac{h \times \rho_A}{h \times \rho_A + (H - h) \times \rho_B} \times 100$ h : 既設アスファルト混合物厚 (m) H : 処理厚 (m) ρ_A : 既設アスファルト混合物の単位容積質量 (一般には 2.4g/cm ³ とする) ρ_B : 既設粒状路盤材の単位容積質量 (一般には 2.1g/cm ³ とする)	アスファルト乳剤添加率 (%) $p_E = \frac{m_E}{m_C + \frac{e}{100} \cdot m_E + m_R} \times 100$ ② $= 0.04a + 0.07b + 0.12c - 0.013d$
セメント、アスファルト質量が同一の場合の換算式	③ $\begin{cases} P_C = \frac{P_C}{10000 - 100p_C - e_A \cdot p_E} \times 10000 \\ P_A = \frac{e \cdot p_E}{10000 - 100p_C - e \cdot p_E} \times 100 \end{cases}$	④ $\begin{cases} p_C = \frac{P_C}{100 + P_C + P_A} \times 100 \\ p_A = \frac{P_A/e}{100 + P_C + P_A} \times 10000 \end{cases}$
<参考> 含水比 (%)	$\omega = \frac{m_W}{m_C + m_A + m_r} \times 100$	$\omega = \frac{m_W + (1 - e) \cdot m_E}{m_C + e \cdot m_E + m_r} \times 100$ (m_W は、水質量) ↑アスファルト乳剤中の水分を加味
<参考> ω とするのに必要な m_W	$m_W = (m_C + m_A + m_r) \cdot \frac{\omega}{100}$	$m_W = (m_C + e \cdot m_E + m_r) \cdot \frac{\omega}{100} - (1 - e) \cdot m_E$

2. 添加量の比較

C F A工法の添加率は、路上再生路盤用骨材の乾燥質量に対する比、C A Eの添加量は、安定処理混合物の乾燥質量に対する率で表される。このため、同一の安定材量であっても、両者の添加率の値は（含水比と含水率と同様に）異なるものとなる。

添加率（正確にはC F A工法については添加比、C A Eについては添加率）の換算については、セメント量と瀝青材量が絡み、また、瀝青材量が路上再生路盤用骨材の粒度に依存するため極めて複雑となる。

ここでは、以下の手順でC F AとC A Eの瀝青材量を比較することにする。

- ① 路上再生路盤用骨材の粒度を仮定する。
- ② C F Aのフォームドアスファルト添加比を①の粒度から、**Ⓐ**式により算出する。また、同①の粒度から、**Ⓑ**式によりC A Eのアスファルト乳剤添加率を算出する。C A Eの場合、既設アスファルト混合物の混入率が必要となるので、0、20、40%の3ケースを考慮する。
- ③ C A Eのセメント質量をC F Aのセメント質量と同一と仮定し、C A Eのセメント添加率を、**Ⓓ**式により算出する。なお、C F Aのセメント添加比は2.5%とする。
- ④ C A Eのアスファルト量と同量のフォームドアスファルトを使用するC F Aの添加率比を**Ⓒ**式により求める。アスファルト乳剤添加率およびセメント添加率は、それぞれ②、③で算出したものを用いる。アスファルト乳剤のアスファルトの質量割合は、60%とする。
- ⑤ ④で求めたC A Eのアスファルト量と同量のフォームドアスファルトを使用するC F Aの添加比と、②で算出したC F Aの添加比とを比較する。

(1) 路上再生路盤用骨材の粒度の設定

まず、路上再生路盤用骨材の粒度を付表1-2のように設定する。

付表 1-2 粒度の設定

ふるい目	通過質量百分率 (%)	質量百分率 (%)	
		質量百分率 (%)	質量百分率 (%)
53.0mm	100	<i>a</i> : 2.36mm ふるいに残留する質量百分率 (%)	60
2.36mm	40	<i>b</i> : 2.36mm ふるいを通過し、75μm のふるいに残留する質量百分率 (%)	32.5
0.075mm	7.5	<i>c</i> : 75μm ふるいを通過する質量百分率 (%)	7.5

[注] 通過質量百分率は、表-9の中央値とした。

(2) 粒度から瀝青材料を算出

参表 2 の粒度から C F A のフォームドアスファルト添加比 P_A 、C A E のアスファルト乳剤添加率 p_E を算出する。付表 1 - 3 に計算結果を示す。

付表 1-3 瀝青材量の計算表

記号	質量百分率(%)	フォームドアスファルト添加比			石油アスファルト乳剤添加量		
		係数	係数×記号	P_A (%)	係数	係数×記号	p_E (%)
<i>a</i>	60	0.03	1.8		0.04	2.4	
<i>b</i>	32.5	0.05	1.6		0.07	2.3	
<i>c</i>	7.5	0.2	1.5		0.12	0.9	
			Σ	4.9	Σ	5.6	
	既設アスファルト 混合物の混入率 (%)						
<i>d</i>	0	—	—	—	-0.013	-0.0	5.6
	20	—	—	—		-0.3	5.3
	40	—	—	—		-0.5	5.1

フォームドアスファルト添加比は、4.9%と算出される。アスファルト乳剤添加率量については、既設アスファルト混合物の混入率を考慮する必要があり、混入率 d として 0、20、40%を設定している。各混入率に対するアスファルト乳剤量 p_E は、各 5.6、5.3、5.1%と算出される。

(3) セメント質量を同一と仮定しセメント添加率を算出

C F A と C A E が同一のセメントを使用すると仮定し、C F A のセメント添加比 P_C 、フォームドアスファルト添加比 P_A から、C A E のセメント添加率 p_C を、㊦式により計算する。

C F A のセメント添加比 P_C を 2.5%と仮定すれば、 $P_A = 4.9\%$ を用いてセメント添加率 p_C は、

$$p_C = \frac{2.5 \times 100}{100 + 2.5 + 4.9} = 2.3\%$$

となる。

(4) p_C 、 p_E からアスファルトが同質量である P'_A を算出

(3) のセメント量添加率 p_C と、参表 3 のアスファルト乳剤量 p_E から、㊧式により安定材(セメントおよびアスファルト)が同量の C F A のアスファルト添加比 P'_A を計算する。なお、アスファルト乳剤のアスファルト濃度 e_A は、60%とする。計算結果を付表 1 - 4 に示す。

付表 1-4 p_C 、 p_E から P'_A を算定および P_A と P'_A の比較

p_C (%)	p_E (%)	p_C, p_E から算出した P'_A (%)	粒度から算出 した P_A (%)	差 $P_A - P'_A$ (%)	既設アスファルト混 合物の混入率(%)
2.3	5.6	3.6 (5.9)	4.9	1.3	0
	5.3	3.4 (5.6)		1.5	20
	5.1	3.1 (5.2)		1.8	40

[注] () 内は、 P'_A とアスファルト量が等量のアスファルト乳剤量 (アスファルト濃度=0.6)

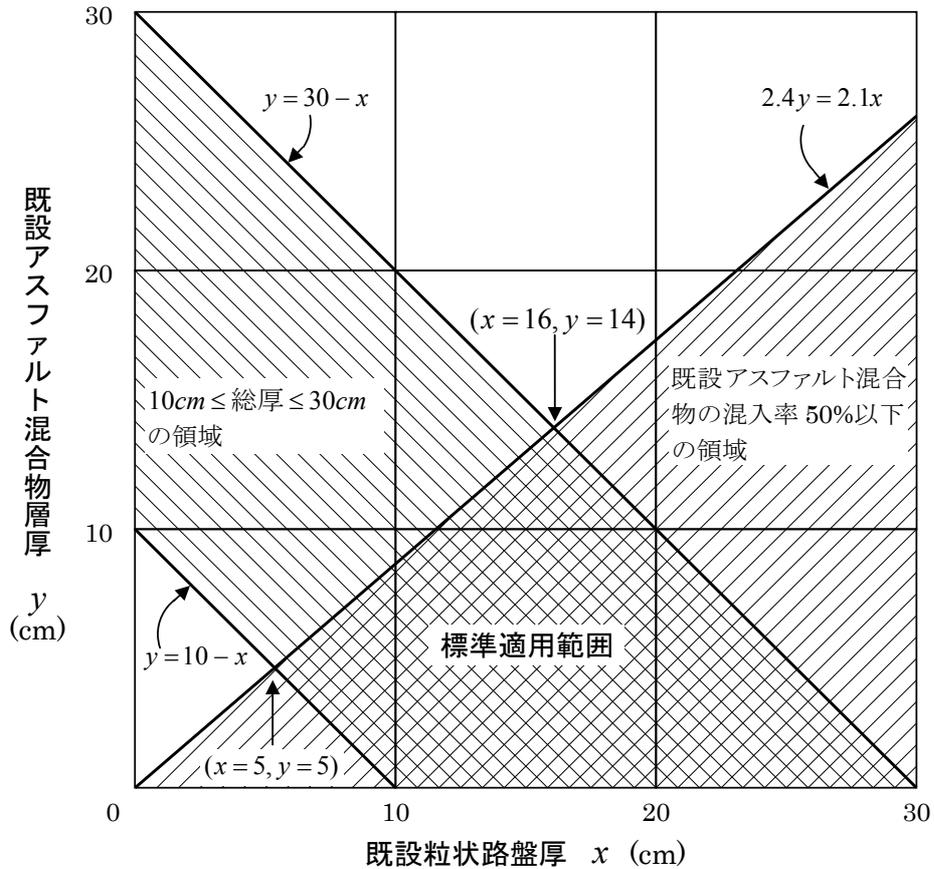
(5) 瀝青材量の比較

P'_A は、C A E のアスファルト量と同量のフォームドアスファルトを使用する C F A の添加比である。C F A の配合方法から算出されるフォームドアスファルト添加比 P_A と P'_A と比較すると、 P_A は P'_A より 1.3~1.8%、割合では 36%~58%多いことがわかる。

参表 4 の P'_A 欄の括弧内は、アスファルト量が等量のアスファルト乳剤添加比を示している。瀝青材量 (フォームドアスファルト量とアスファルト乳剤量) については、C F A のほうが少ないが、既設アスファルト混合物の混入率が低いほどその差は顕著となる。

以上の例では、路上再生路盤用骨材の粒度として規格の中央値を用いたが、通常実施される粒度においても、一般に、C F A のほうが C A E に比べて瀝青材の添加量は少なく、瀝青分 (アスファルト) の添加量は多くなる。

付録2 路上路盤再生工法の適用範囲



- (1) $x + y \geq 10$ 総厚 10cm 以上 (表-3)
- (2) $x + y \leq 30$ 総厚 30cm 以下 (表-3)
- (3) $2.4y \leq 2.1x$ 既設アスファルト混合物の質量混入率 50%以下 (6.2(3))
 単位体積質量は、一般にアスファルト混合物が 2.4g/cm^3 、粒状路盤が 2.1g/cm^3 とする。
 混入率が 50%を超える場合適用範囲は $y = 15\text{cm}$ (既設アスファルト混合物層厚の上限値 - 4.適用範囲) まで拡大できるが、事前の品質確認が必要である (6.3(3))

付図 2-1 路上路盤再生工法の標準的適用範囲

[注] CFA工法の場合、既設アスファルト混合物厚が 10cm を超える場合には、路面切削機による事前処理を行う必要がある。(4.適用範囲)

付録3 CFA工法適用上の注意事項

フォームドアスファルトの発泡は長く持続しないものであり、フォームドアスファルトの路盤材への混入は、ほぐされ攪拌状態にある路盤材にフォームドアスファルトを散布するという方法で行われる。CFA工法では混合装置のカバー内にフォームドアスファルトの散布装置を搭載したスタビライザを使用する（付図 3-1）が、このような添加方式のためCFA工法には以下の制約がある。

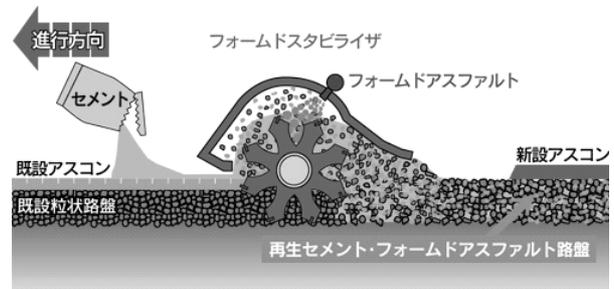
注意 1 フォームドアスファルトの表面散布は不可。スタビライザが混合走行している場合に限ってフォームドアスファルトを路上再生路盤用骨材に混入することができる。

フォームドアスファルトを路面表面に散布した場合、散布直後から消泡が始まってほどなくアスファルトに戻ってしまうため混合が不可能となる。

マンホール等の埋設物周りはスタビライザによる混合はできない。また、スタビライザによる路側構造物の破壊、軟弱な路肩部からの施工機械の転落を防止するため混合装置を路側から 30cm 以上離すのが路上再生路盤工では一般的である。

スタビライザの混合を行わない部分を、ミニバックホウ等の補助機械で混合することもできるが、フォームドアスファルトの添加が困難であることに注意が必要である。

マンホール周りについては、その周辺をスタビライザによる施工が可能となるところまで掘削し、掘削した路上再生路盤用骨材を前後に敷きならして安定処理した後埋め戻すことがある。ただし、マンホール等の埋設構造物が著しく隣接している箇所ではスタビライザの混合深さが安定しないためフォームドアスファルトの均一な添加は困難であり、部分的に別途断面等を検討するほうがよい。



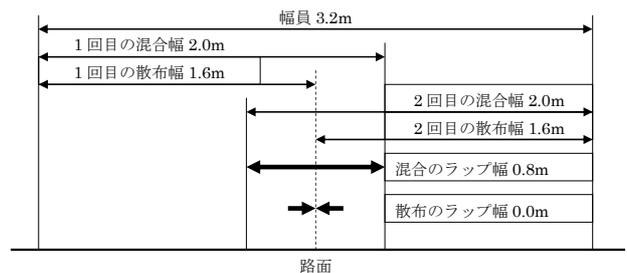
付図 3-1 フォームドアスファルト添加の模式図

注意 2 施工幅員の変化が大きい場合施工能力が低下する。

スタビライザの混合幅は、機種によって異なるが 2.0～2.4m である。混合幅 2m のスタビライザを使用して幅員 3.2m の CFA 安定処理を行う場合は 2 回幅寄せして混合し、1 回目の散布幅を左側から 1.6m、2 回目は右から 1.6m とすると散布幅がラップしない（ただし、散布幅は、通常 10cm 程度ラップさせることが多い）。

散布幅の調整はノズルの開閉によって行う。ノズルは、混合装置のカバー内に進行方向に対して直角方向に複数個設けられている。散布中にノズルの開閉操作を行うと単位幅当りの散布量の変動するため、スタビライザが停止時にノズルの開閉を行う仕様となっている。

施工幅員の変化が大きい場合は、頻りにノズルの開閉を行う必要がありその都度スタビライザを停止させるため、施工能力は低下する。このため、現道端部の破損状況にもよるが、極力散布幅の変更を少なくするよう施工幅を計画することが重要である。



付図 3-2 スタビライザの幅寄せと施工幅の関係

CFA工法(セメント・フォームドアスファルト安定処理)技術資料(平成 21 年 7 月)

平成 17 年 4 月 セメント・瀝青安定処理工法(フォームドアスファルト方式)技術資料

平成 19 年 4 月改訂 C F A 工法 (セメント・フォームドアスファルト安定処理)技術資料

平成 21 年 7 月改訂

■CFA工法技術研究会

鹿島道路株式会社	東京都文京区後楽 1-7-27	Tel. 0424(83)0541(技術研究所)
日本道路株式会社	東京都港区新橋 1-6-5	Tel. 03(3571)4896(技術部)
株式会社NIPPO	東京都中央区京橋 1-19-11	Tel. 03(3563)6727(生産技術機械部)
前田道路株式会社	東京都品川区大崎 1-11-3	Tel. 03(5487)0030(技術本部)
ワールド開発工業株式会社	長野県長野市若穂綿内 7484	Tel. 026(282)3671(技術部)
