

# 耐久性に優れたエポキシアスファルト混合物

## スーパー Epo グースとスーパー Epo アスコン

岡 本 信 人

エポキシアスファルト混合物は、石油アスファルトとエポキシ樹脂の複合バインダを用いた混合物であり、耐流動性・たわみ追従性・疲労抵抗性に優れている。従来は鋼床版舗装の基層用混合物として開発・適用が行われていたが、近年は高い耐流動性に着目し、工場内道路等、重荷重が作用する箇所にも適用し、その用途を拡大している。本報文はエポキシアスファルト混合物について、開発の経緯、特徴、施工事例等を取りまとめ報告するものである。

キーワード：鋼床版舗装、高耐久性舗装、エポキシアスファルト、固形エポキシ樹脂、可使時間、長寿命化

### 1. はじめに

エポキシアスファルト混合物（以下、「エポアス混合物」）は、石油アスファルトとエポキシ樹脂の複合バインダを用いた混合物である。エポアス混合物は、高い耐流動性を有すると共に、たわみ追従性・疲労抵抗性にも優れている。

本報文は、鋼床版舗装の基層用エポアス混合物「スーパー Epo グース」、および高耐久性の表・基層用エポアス混合物「スーパー Epo アスコン」について、開発の経緯・概要・施工事例等を取りまとめたものである。

### 2. エポアス混合物の開発

#### (1) 概要

前述したとおり、エポアス混合物はたわみ追従性・疲労抵抗性に優れており、鋼床版舗装の基層用混合物として開発を進めてきた。

鋼床版舗装の基層には、一般的にはグースアスファルト混合物（以下、「グースアスコン」）が多く用いられている。グースアスコンは、石油アスファルトにトリニグッドレイクアスファルト等の改質材を混合したアスファルトを用いた混合物で、以下の長所と短所を有している。

#### ○長所

- ①流し込み施工が可能な流動性があり、防水効果が高い。
- ②たわみに対する追従性が高い。

#### ○短所

- ①グースフィニッシャ・クッカ車等、特殊な施工機械を必要とする。
- ②一般的なアスファルト混合物に比べて耐流動性に劣り、特に渋滞の激しい箇所等では流動わだちが発生しやすい。

これらの課題を解決できる混合物として、耐久性に優れ、一般のアスファルト混合物と同様の機械編成で施工できるエポアス混合物が注目され、1980年代には本四橋面舗装基準（案）にも、「熱硬化性アスファルト」という名称で鋼床版舗装用の舗装材料として記載されているが、その後一般的な工法とはなっていない。この理由として、以下の事項が挙げられる。

- ①可使時間が制限されるため、現場で施工した際に不具合が生じやすい。
- ②初期強度発現性が遅いために、ある程度の養生時間を必要とする。
- ③エポキシ樹脂が液状であったため、取り扱いにくい。
- ④コストが高い。

上記の問題点のうち、①の可使時間については3時間まで延ばせる樹脂を開発したが、②～④の問題は残されていた。すなわち、養生硬化後に高い混合物性能を発揮するものの、アスファルトプラント（以下、AP）や現場における「扱いにくさ」の点で適用性が劣っていたものと考えられる。

#### (2) 今回の主な改良点<sup>1), 2)</sup>

前項で述べた課題を解決するために、今回の開発にあたっては以下のような改良を行った。

①エポキシ樹脂の固化

従来用いられていたエポキシ樹脂は常温で液状のものであるが、これを写真—1に示すような外観の、固形のものへと変更した。

従来品と開発品を比較した結果を表—1に示す。



写真—1 エポキシ樹脂の外観 (左: 主剤, 右: 硬化剤)

表—1 エポキシ樹脂の比較<sup>1)</sup>

	開発品	従来品
形状	主剤：固形 (氷砂糖状) 硬化剤：半固形 (ロウ状)	主剤・硬化剤共に粘性の高い液状
混合物の製造工程	予め計量された主剤・硬化剤を人力で投入 (簡略化)	前処理作業 (加熱→計量→混合) 後に投入 (煩雑)
取扱・衛生面	・直接手に触れないので安全 ・取扱や持ち運びが容易 ・可燃性固体 (燃えにくい)	・直接手に触れる機会がある ・取扱に要注意 ・引火性液体 (燃えやすい)
初期強度の発現	早い (舗設後、温度が50℃以下になった時点で交通開放可能)	遅い (交通開放までに養生が必要)
置換量*	20%程度	30～40%

\*バインダー中に占めるエポキシ樹脂の混入率

②初期強度発現性の向上と添加量の低減

従来のエポアス混合物は、初期強度の発現が遅いため、維持修繕工事等においては初期わだちの発生が懸念され、交通開放時間を考慮する必要があった。また、交通開放に必要な初期強度を確保するために添加量 (バインダー中にエポキシ樹脂が占める割合) を30～40%程度にする必要があった。

今回開発した混合物では、エポキシ樹脂を固化することで、硬化初期において熱可塑性樹脂のような性質 (冷却することで強度が発現する) が発揮され、初期強度の発現を早めることが可能となっている。

添加量については、初期強度の発現性が向上したことにより、20%程度でも施工直後の交通開放、および長期にわたる耐流動性について問題ない性能が確保できるものとなっている。

初期強度を比較した例を表—2に示す。

表—2 初期強度 (動的安定度) の比較

エポキシ樹脂の種類 (形状)	動的安定度 (回/mm)		
	開発品 (固形)	従来品 (液状)	(参考) グースアスコン
エポキシ樹脂の置換量 (%)	20	30	
養生時間と動的安定度 (回/mm)	3時間	6,300	131
	6時間	—	203
	3日	—	1,800
	7日	1万以上	1万以上
			315 (2日)
			—

③混合物製造工程の簡略化

従来のエポキシ樹脂は液状でも粘性が高いため扱いにくく、混合物製造時には以下の作業手順を必要とし、その煩雑さが課題の一つとなっていた。

- 1) エポキシ樹脂の粘性を低下させ、主剤と硬化剤の混合性を高めるために、アスファルトプラント (以下、「AP」) の試験室にある乾燥炉、あるいは AP で加熱した砂等を用いて 60℃程度に加熱する。
- 2) 加熱したエポキシ樹脂を AP の投入口に運搬し、主剤と硬化剤をバッチ毎の所定量に計量する。
- 3) 計量した主剤・硬化剤を簡易攪拌機で混合し、ミキサ内に投入する。

エポキシ樹脂を固化することで、このような前処理作業が不要となり、混合物製造時のエポキシ樹脂の投入は、一般の固形改質剤、顔料、植物性繊維等と同様に行えることとなった。

(3) エポアス混合物の特徴

エポアス混合物の、一般のアスファルト混合物とは異なる特徴を以下に示す。

①混合物の製造

固形のエポキシ樹脂を添加するため、APでの製造時におけるウェットミキシングの時間を長くする必要がある。

混合物のミキシングタイムを一般のアスファルト混合物と比較した例を表—3に示す。

表—3 ミキシングタイムの比較

	エポアス混合物	一般のアスファルト混合物
ドライミキシング	10秒	10秒
ウェットミキシング	30秒 (アスファルトのみ)	45秒
	90秒 (エポキシ樹脂添加)	
ミキサ開閉	5秒	5秒
1バッチ合計	135秒	60秒

ミキシングタイムが長くなるために、エポアス混合物の製造能力（時間あたり出荷量）は一般のアスファルト混合物に比べて低下する。これに従い、時間あたりの舗設量も低下する。

② 可使用時間<sup>3)</sup>

一般のアスファルト混合物は、温度低下に伴いアスファルトの粘性が高まる（固くなる）ことで徐々に作業性が低下する。エポアス混合物はこれに加え、エポキシ樹脂の反応による硬化も始まるので、温度が比較的高温に保たれていても作業性が低下する。

また、バインダ量が多い混合物なので、練り落とし直後（エポキシ樹脂の反応が始まる前）は非常にウェットで施工性が悪い。エポキシ樹脂の反応が進むにつれて徐々に混合物の「ツヤ」が消失してドライになり、施工性が良くなるという特徴がある。

以上の特徴を踏まえ、時間経過によって生じる外見上の変化、および混合物性状を把握するために、以下のような実験を行った。

1) 実験内容

練り落とししたエポアス混合物を保温し、所定の時間経過後に突固め、締固め度を評価する。併せて混合物の「ツヤ」の変化も測定する。

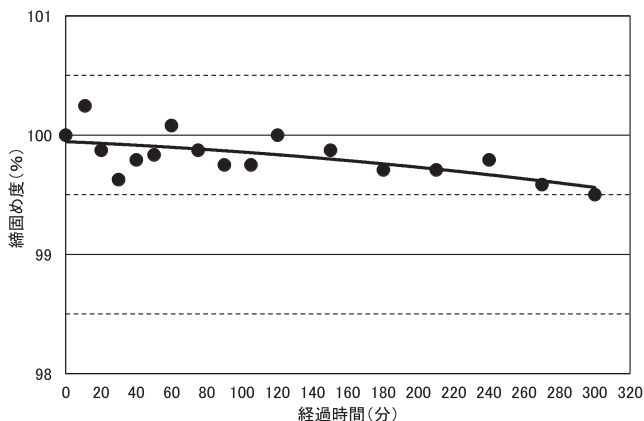
2) 評価方法

一般的なアスファルト混合物の管理方法である、マーシャル供試体を作製して締固め度を評価する。「ツヤ」の変化は、供試体作製時に使用する濾紙への付着量で評価する。

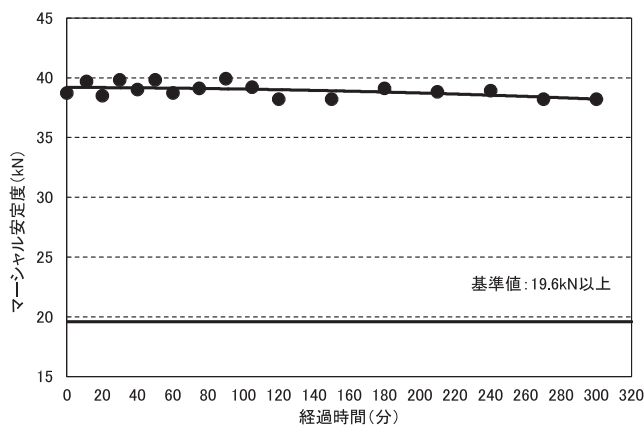
経過時間と締固め度、マーシャル安定度、濾紙への付着量の関係を図一1～3にそれぞれ示す。

これらの結果より以下のことがいえる。

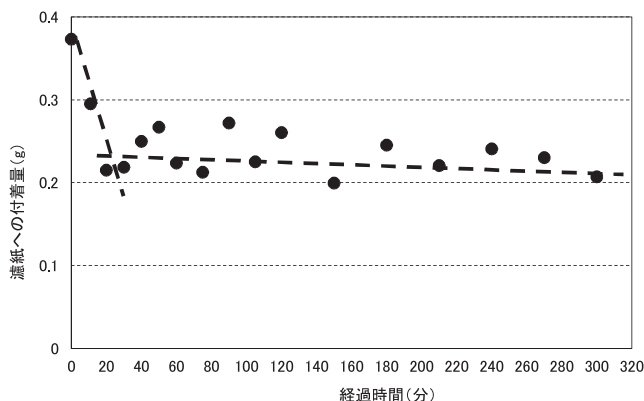
- 1) 製造後 20 分程度でウェットさが無くなり、エポキシ樹脂の反応が始まるものと思われる。
- 2) 時間の経過とともに締固め度・マーシャル安定度はやや低下するが、保温された状態であれば



図一1 経過時間と締固め度の関係



図一2 経過時間とマーシャル安定度の関係



図一3 経過時間と濾紙への付着量の関係

その変化は小さい。

ただし、実施工においては外気温や風の影響による温度低下は避けられないため、混合物の可使用時間については以下のような社内基準を設けている。

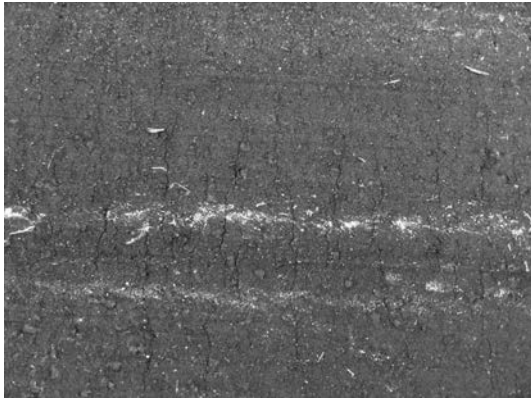
- ・ AP と現場が近接していても、練り落とし後 20 分以上経過してから施工を開始する。
- ・ 練り落とし後、遅くとも 3 時間以内に初転圧を開始する。

3. 鋼床版舗装への適用

(1) 混合物の配合

混合物の配合（骨材粒度）については、開発当初は①鋼床版上にある、添接ボルトや吊りピース跡等の突起部の充填性を高める、②できるだけ水密性の高い混合物とする、等を考慮して最大粒径 5 mm の配合を採用していたが、ローラでの転圧時にヘアクラック（写真一2参照）が発生しやすいことが課題となっていた。

ヘアクラックは施工時に横断方向に発生する微細な線状のクラックであり、構造的な問題とはならないものの、これによる水密性の低下が懸念された。そのため、試験施工等により突起部の充填性等について確認



写真一2 ヘアクラックの例

した上で、現在では骨材最大粒径を 13 mm とした配合を採用している。

鋼床版舗装に用いるエポアス混合物の配合を表一4に示す。

表一4 エポアス混合物の配合（鋼床版舗装用）

		現行	開発当初
骨材最大粒径		13 mm	5 mm
通過質量 百分率 (%)	19.0	100	100
	13.2	95 ~ 100	100
	4.75	58 ~ 75	95 ~ 100
	2.36	-	45 ~ 65
	0.6	20 ~ 35	40 ~ 60
	0.3	-	20 ~ 45
	0.15	-	10 ~ 25
	0.075	7 ~ 14	8 ~ 13

## (2) 施工事例

ここでは横浜市内で施工した事例を紹介する。

### ① 工事概要

工事概要は以下のとおりである。

施工場所：神奈川県横浜市

施工時期：2013年2月

施工面積：約 190 m<sup>2</sup>（橋梁延長約 33 m）

施工厚さ：75 ~ 105 mm（二層施工）

既設橋梁の老朽化による架替工事において適用したものである。床版がフラットであったため、基層で横断勾配を設ける必要があり、端部（路肩）と中央で施工厚さが異なっている。

### ② 施工機械

施工に用いるアスファルトフィニッシャ（以下、「AF」）・ローラについては、特に制限を設けてはいない。これまでの施工事例では、幅員・延長ともに小さい橋梁での適用も多く、大型のローラを用いると初転圧が遅れ、逆に締固め度の低下を招くことも懸念され

たので、ローラの選定にあたっては当該現場の施工規模を考慮し、「AFに追従して速やかに転圧できること」を念頭に置いている。

本工事では4tコンバインドローラを初転圧に、タイヤローラを二次転圧に使用した。施工状況を写真一3、4に示す。



写真一3 AFによる敷均し（鋼床版での適用例）



写真一4 コンバインドローラによる転圧（鋼床版での適用例）

## 4. 高耐久性の表・基層用混合物としての適用

### (1) 検討の背景

従来、工場内道路やコンテナヤード等、重荷重が作用する箇所には半たわみ性舗装が多く適用されていた。

半たわみ性舗装は、開粒度アスファルト混合物の骨材間隙にセメントミルクを浸透、硬化させたものであり、セメントコンクリート舗装の剛性とアスファルト舗装のたわみ性を併せ持っているが、以下のような課題があった。

- ① 施工手順が、母体アスファルト舗装の舗設→セメントミルクの注入、という2段階となるので施工に要する期間が長くなる。
- ② 表面に残ったセメントミルクが飛散して粉塵となるので、食品等を取り扱う工場等では適用が敬遠され

る。

これらの課題を解決できる工法として、エポアス混合物の技術を応用することが適切と考え、高耐久性の混合物としての適用を試みた。なお、主な適用対象は表層であるが、特に厳しい荷重条件の場合は基層にも適用するケースがある。

## (2) 施工事例

ここでは福島県内で施工した事例を紹介する。

### ① 工事概要

工事概要は以下のとおりである。

施工場所：福島県岩瀬郡鏡石町（工場内）

施工時期：2011年12月～2012年4月（分割施工）

施工面積：約7,500 m<sup>2</sup>

施工厚さ：50 mm

工場の新設に伴い、トラックの進入路、およびトラックターミナル部分に適用したものである。

### ② 混合物の配合

混合物の配合については、当該APで出荷実績のある耐流動型混合物の配合を活かし、既存配合のアスファルト量とエポキシ樹脂の添加量が80：20となるようにエポキシ樹脂を添加している。

本工事では当該APで出荷実績のある、改質密粒度アスコン（最大粒径13 mm）の配合を適用した。

### ③ 施工機械

鋼床版舗装の場合と同様に、施工機械については特に制限を設けず、「速やかな転圧」に最も適した機種を選定している。

本工事は施工規模も大きく、大きなローラでも速やかに転圧ができたので、マカダムローラを初転圧に、タイヤローラを二次転圧に使用した。また、建物際等



写真—5 AFによる敷均し（表層での適用例）



写真—6 マカダム・タイヤローラによる転圧（表層での適用例）

の狭隘箇所については4tコンバインドローラを併用した。施工状況を写真—5、6に示す。

## 5. おわりに

本報文で紹介したエポアス混合物は、これまでに鋼床版舗装（スーパーEpoグース）で13件、高耐久性舗装（スーパーEpoアスコン）で11件の施工実績を重ねており（2013年4月現在）、良好な性状を維持している。ただし、長期供用性の評価については、今後も経過観察を行い確認する計画である。

道路建設は新設から維持修繕の時代に移行し、舗装においてもこれまで以上に長寿命化が望まれている。エポアス混合物は、長寿命舗装のメニューの一つとして、今後も適用拡大が期待される材料である。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 岡本, 寺田, 久保: エポキシアスファルトを用いた工期短縮型舗装の開発, 『舗装』41-11, pp.20～24, 2006年11月
- 2) 徳光, 岡本, 飯田: 鋼床版舗装基層へのエポキシアスファルト混合物の適用, 『舗装』45-4, pp.16～20, 2010年4月
- 3) 徳光, 吉儀, 岡本, 野田: 長寿命舗装を目指した固形エポキシ添加アスファルト混合物の展開, 第18回舗装技術に関する懸賞論文, 2013年1月（投稿中）

### 〔筆者紹介〕

岡本 信人（おかもと のぶひと）  
日本道路㈱  
生産技術本部 技術部  
課長

