

# 低炭素（中温化）アスファルト舗装の手引き

令和6年5月

一般社団法人 日本道路建設業協会

一般社団法人 日本アスファルト合材協会



## 目次

1.概説	1
1.1 本書の目的	1
1.2 用語の定義と解説	2
1.3 中温化技術の適用方法と期待される効果	3
1.4 中温化技術の体系	5
1.5 関連図書	6
2 施工計画	7
2.1 概説	7
2.2 施工計画の立案	7
3.材料	9
3.1 概説	9
3.2 材料による中温化	9
3.2.1 アスファルト	9
3.2.2 骨材	9
3.2.3 フィラー	9
3.2.4 中温化剤	9
3.2.5 中温化アスファルト	11
3.3 装置による中温化	12
3.3.1 アスファルト	12
3.3.2 骨材	12
3.3.3 フィラー	12
3.3.4 水	12
3.4 材料と装置の併用による中温化	13
4.配合設計,混合温度および締固め温度の決定方法	14
4.1 概説	14
4.2 中温化アスファルト混合物の種類	14
4.3 中温化アスファルト混合物の配合設計	14
4.3.1 中温化アスファルト混合物の配合設計手順	15
4.3.2 中温化アスファルト混合物の低減温度の決定方法	20
4.3.3 中温化アスファルト混合物に対する基準値	20
4.3.4 中温化アスファルト混合物の品質・性状の確認	20

5.製造,貯蔵	22
5.1 概説	22
5.2 製造の準備	22
5.3 材料による中温化	22
5.3.1 中温化剤を用いる場合	22
5.3.2 中温化アスファルトを用いる場合	23
5.4 装置による中温化	23
5.4.1 フォームド発生装置を用いる場合	23
5.5 材料と装置の併用による中温化	25
5.5.1 中温化剤とフォームド発生装置を併用する場合	25
5.5.2 中温化アスファルトとフォームド発生装置を併用する場合	25
5.6 製造上の留意点	26
5.6.1 材料の保管	26
5.6.2 温度管理	27
5.6.3 その他	27
6.運搬・舗設	30
6.1 概説	30
6.2 運搬	30
6.3 舗設作業	30
6.4 温度管理	30
6.4.1 敷きならし温度	30
6.4.2 転圧温度	31
7.施工管理	32
7.1 概説	32
7.2 出来形・品質管理	32
7.2.1 基準試験	32
7.2.2 基準密度	32
7.2.3 品質管理	32
7.2.4 出来形管理	33
7.3 安全管理と環境対策	33
7.4 工事結果の記録, 保存	33
付録	
付録-1 製造時の温度低減に伴うアスファルトの熱劣化の抑制	36
付録-2 作業者の労働環境の改善	36

付録－3	交通開放に至るまでの時間短縮による一般車両からのCO <sub>2</sub> 排出量削減	37
付録－4	早期交通開放	38
付録－5	供用性調査結果	40
付録－6	橋面舗装や薄層舗装への適用事例	41
付録－7	広域運搬での品質や施工性を確保	42



# 1. 概説

## 1. 1 本書の目的

日本政府は、2020年10月に「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすること」、2021年4月に「2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指すこと、さらに50%の高みに向けた挑戦を続けること」を表明した。

これを受け、国内の各分野で温室効果ガス削減にむけた様々な取組みが本格化している。道路分野では、国土交通省が「道路交通の適正化」「低炭素な人流・物流への転換」「道路交通のグリーン化」「道路のライフサイクル全体の低炭素化」の基本施策を発表した。道路舗装分野においては、様々な機関が、特に「道路のライフサイクル全体の低炭素化」に関し、素材、製造、運搬、施工の各段階で発生する二酸化炭素（以下、CO<sub>2</sub>と称す）の排出量削減技術の開発・導入に取り組んでいる。

道路舗装に用いる主要材料にアスファルト混合物がある。アスファルト混合物を製造する過程において、燃料を燃焼させて骨材を加熱・乾燥させるが、これに伴ってCO<sub>2</sub>が発生する。

国土交通省の試算によれば、国内で1年間に製造されるアスファルト混合物製造時のCO<sub>2</sub>総排出量は約150万t-CO<sub>2</sub>で、道路舗装分野全体のCO<sub>2</sub>総排出量約340万t-CO<sub>2</sub>の44%を占めている。したがって、アスファルト混合物の製造温度を低減して燃料使用量を抑制することは、道路舗装分野が排出するCO<sub>2</sub>排出量の削減に有効である。

1990年代後半、道路舗装分野では、複数の民間企業が、添加剤によって、アスファルト混合物の品質を確保しつつ、製造温度を低減する中温化技術を開発した。（一社）日本道路建設業協会は、これらを取りまとめ、2012年3月に「中温化（低炭素）アスファルト舗装の手引き」を発刊している。

さらに、近年では、中温化剤やその他添加剤をプレミックスした中温化アスファルトを使った中温化技術、アスファルト混合物の製造時に、水を噴射してアスファルトを発泡させるフォームド発生装置を使った中温化技術、さらにこれらを組み合わせた中温化技術が実用化されている。

そこで、従来技術である添加剤による中温化技術に、現在までに実用化されていた中温化技術を加えて、当該手引きを改定した。また、改定にあたっては、冒頭のとおり、社会情勢が大きく変化したことを踏まえ、本書の名称を「低炭素（中温化）アスファルト舗装の手引き」に改めるとともに、道路舗装分野における取組みとして、製造側である一般社団法人日本アスファルト合材協会と施工側である一般社団法人日本道路建設業協会が共同で著作した。

なお、低炭素（中温化）技術に関しては、現在も様々な技術開発が行われていることもあり、本手引きの活用にあたっては、字句にとらわれることなく、記述内容の意図するところを把握した上で、柔軟に対応していただきたい。

アスファルト混合物の製造温度を低減することで、道路舗装分野におけるCO<sub>2</sub>発生抑制に貢献する中温化技術、中温化アスファルト混合物を知っていただき、工事等で活用していただけると幸いである。

## 1. 2 用語の定義と解説

本書で用いる用語のうち、他の技術資料や一般的な国語表現と定義が異なる可能性があるものについて、以下に示す。

### ●アスファルト混合物の製造・施工における通常温度

アスファルト混合物の製造・施工における通常温度とは、中温化技術を適用しないアスファルト混合物の製造・施工温度のことである。一般に、ストレートアスファルトを使用する場合の製造温度および締固め温度は、アスファルトの動粘度が  $180 \pm 20 \text{mm}^2/\text{s}$  および  $300 \pm 30 \text{mm}^2/\text{s}$  となる温度としている。ポリマー改質アスファルトを使用する場合の製造温度および締固め温度は、ストレートアスファルトを用いた混合物と同等の締固め状態となる温度を製造メーカーが設定している。

寒冷期や橋面などの施工において、製造温度を普通の場合よりも若干高めに設定することもあり、この温度も通常温度に含まれる。

なお、本書中で、「通常温度」の記載があった場合は、上記の温度条件を意味する。

### ●中温化技術

中温化技術は、中温化剤や中温化装置などを用いて、品質や施工性を確保しつつ、通常よりも低い温度でアスファルト混合物を製造・施工する技術をいう。

製造温度を通常より低くして加熱に用いる燃料の使用量を抑制することで、CO<sub>2</sub>排出量を削減する。また、通常よりも低い温度で施工すると、交通開放に至るまでの時間を短縮でき、工事に伴う渋滞が緩和され、一般車両からの CO<sub>2</sub> 排出量が削減されるなどの効果がある。

### ●中温化アスファルト混合物、中温化アスファルト舗装

中温化アスファルト混合物は、中温化技術を用いて製造したアスファルト混合物をいう。また、中温化アスファルト舗装は、中温化アスファルト混合物を、表層や基層または瀝青安定処理路盤層などに用いたアスファルト舗装をいう。

### ●中温化剤、中温化アスファルト

中温化剤は、中温化アスファルト混合物を製造するために用いる特殊な添加剤をいう。現在までに、原理が異なる発泡系、粘弾性調整系および滑剤系の中温化剤が実用化されており、プラントミックスして使用する。

また、中温化剤やその他添加剤をプレミックスしたアスファルトを中温化アスファルトという。



### ●中温化装置，フォームド発生装置，フォームドアスファルト

中温化装置は，中温化アスファルト混合物を製造するために用いる特殊な装置をいう。現在までに，アスファルト混合物の製造時に，水を噴射してアスファルトを発泡させるフォームド発生装置が実用化されている。

また，フォームド発生装置を使って発泡させたアスファルトをフォームドアスファルトという。

### ●低炭素アスファルト混合物，低炭素アスファルト舗装

低炭素アスファルト混合物は，通常のアスファルト混合物に比べ，CO<sub>2</sub>排出量を削減したアスファルト混合物の総称である。CO<sub>2</sub>排出量削減を目的とした様々な材料，燃料，電力，機械，その他の方法を用いて製造したアスファルト混合物をいう。したがって，中温化アスファルト混合物は，低炭素アスファルト混合物の一つと位置付けられる。

低炭素アスファルト舗装は，低炭素アスファルト混合物をはじめ，CO<sub>2</sub>排出量削減を目的とした様々な材料，燃料，電力，機械，その他の方法を用いて舗設したアスファルト舗装をいう。

## 1. 3 中温化技術の適用方法と期待される効果

中温化技術の適用方法と期待される効果は表-1.1に示すとおりである。

なお，本書では，主に製造温度を低減する場合について示す。

表-1.1 中温化技術の適用方法と期待される効果

中温化技術の適用方法		期待される効果	参照
通常温度よりも低く 製造・施工する場合 (製造・施工温度低減)	製造時	燃料の使用量削減による CO <sub>2</sub> 排出量の低減	「5.6.3 その他」 (3)CO <sub>2</sub> 排出量
		化石燃料の使用量削減による資源の保全 ・保存	
		製造時の温度低減に伴うアスファルトの 熱劣化の抑制	付録-1
	施工時 (舗設)	作業者の労働環境の改善	付録-2
	施工時 (交通開放)	交通開放に至るまでの時間短縮による工事 渋滞の緩和，一般車両からの CO <sub>2</sub> 排出量削減	付録-3
		養生時間の短縮による日施工量の増大，規制 日数の削減	付録-4
		夏季や厚層施工時の初期わだち掘れの抑制	参考文献 1) 付録-5
通常温度で製造する場合 (施工性改善)		冬季や橋面，薄層の舗装施工での品質や 施工性の確保	付録-6
		広域運搬での品質や施工性の確保	参考文献 2) 付録-7

## 1. 4 中温化技術の体系

中温化技術の体系は、図-1.1に示すとおりである。

中温化技術を大別すると、材料による中温化、装置による中温化、材料と装置の併用による中温化の3つがある。

さらに、材料による中温化は、プラントミックスタイプとプレミックスタイプに分類される。

プラントミックスタイプは、従来からある中温化技術で、アスファルト混合物の製造時に、中温化剤を添加・混合するものである。中温化剤として、現在までに、発泡系、粘弾性調整系および滑剤系が実用化されている。

プレミックスタイプは、中温化剤やその他添加剤を混合した中温化アスファルトを使用するもので、改質アスファルトメーカー各社から市販されている。

装置による中温化としては、現在までに、フォームド発生装置を用いた技術が実用化されている。

材料と装置の併用による中温化としては、フォームド発生装置を用いてアスファルトをフォームド化し、さらに中温化剤を添加してアスファルト混合物を製造する方法やフォームド発生装置を用いて中温化アスファルトをフォームド化してアスファルト混合物を製造する方法などがある。

中温化アスファルトやフォームド発生装置を用いた中温化技術、材料と装置の併用による中温化は、改訂した本手引きで初めて紹介する。

なお、中温化技術は、今後、新たな技術が開発される可能性があり、体系図においては、「その他の中温化剤」、「その他の中温化装置」「その他の中温化剤と中温化装置の併用」として示している。

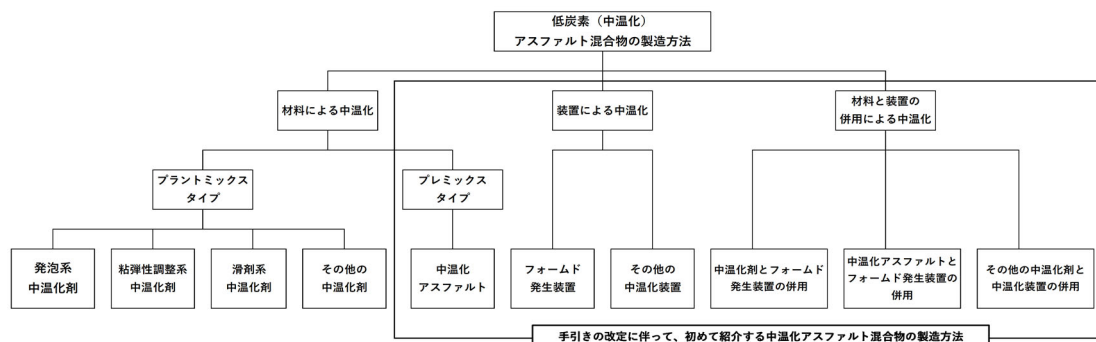


図-1.1 中温化技術の体系

## 1. 5 関連図書

中温化アスファルト混合物を施工する際は，設計図書等や施工条件等を考慮するとともに，表-1.2 に示す技術図書等の最新版や参考文献を適宜参考にするとよい。

表-1.2 参考となる技術図書

区分	図書名	発刊者
総論	舗装の構造に関する技術基準・同解説	公益社団法人 日本道路協会
	舗装設計施工指針（平成 18 年版）	
	舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針	
設計	舗装設計便覧	
	アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧	
材料・施工	舗装施工便覧（平成 18 年版）	
	アスファルト混合所便覧（平成 8 年版）	
	舗装再生便覧（令和 6 年版）	
性能評価・試験法	舗装性能評価法（平成 25 年版）	
	舗装性能評価法 別冊	
	舗装調査・試験法便覧（平成 31 年版）	
維持修繕全般	舗装の維持修繕ガイドブック 2013	
コンクリート舗装全般	コンクリート舗装ガイドブック 2016	
環境舗装全般	環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック	
環境負荷低減	舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブック	

## 2. 施工計画

### 2. 1 概説

中温化アスファルト混合物の施工は、基本的に通常のアスファルト混合物の施工に準じて行われるが、特に、実施工程や使用機械・施工方法については十分な配慮が必要であり、所要の品質・性状が得られるよう、事前に施工計画を定めることが重要である。

なお、ここでいう「施工」には、「製造」も含む。

### 2. 2 施工計画の立案

施工計画は、契約書および設計図書を満足する舗装を構築するため、受注者が施工に先立って立案するものであり、中温化アスファルト混合物の特徴をよく理解したうえで計画する。

以下に、中温化アスファルト混合物の施工計画立案に当たっての留意事項を示す。

#### (1) 製造

アスファルトプラントにおける中温化アスファルト混合物の製造能力は、通常のアスファルト混合物とほぼ同じである。

ただし、中温化アスファルト混合物と通常のアスファルト混合物を交互に製造する場合や、中温化アスファルト混合物の製造量が少ない場合には、加熱骨材の温度調整やホットビンに貯蔵された加熱骨材の入れ替え等が必要になる。これらによって余分なCO<sub>2</sub>を排出することも考えられ、全体として、CO<sub>2</sub>排出量の削減効果が得られない場合があるので注意が必要である。

#### (2) 使用材料

中温化技術には様々な方法があり、施工時に留意すべき点が異なる。

中温化剤を用いる場合は、中温化剤を添加するタイミング、添加後の混合時間等を事前に確認しておく必要がある。

中温化アスファルトを用いる場合は、製造メーカーが定める取り扱い方法に従うとよい。

中温化剤や中温化アスファルトを用いて製造した混合物には、効果の持続時間に制約を受けるものもあるので、事前に、施工場所までの運搬時間やサイロ貯蔵の可否などを確認しておくことよい。

この他、使用材料には、砕石、砂などがあるが、アスファルト混合物製造時の加熱温度を通常より低く設定する場合は、使用する骨材の含水比等に注意が必要である。

### **(3) 使用機械・施工方法**

中温化アスファルト混合物の作業性，所要の品質を確保する温度は，適用する中温化技術や温度条件，使用するアスファルトプラントの機構や骨材などによって異なる。

このため，過去の施工事例を参考にしたり，必要に応じて試験練りや試験施工等を行うなどして，使用機械，施工方法などを設定するとよい。

### 3. 材料

#### 3. 1 概説

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物と同様に、アスファルト、骨材、再生骨材、フィラー等が使用され、さらに、材料による中温化では中温化剤や中温化アスファルト、装置による中温化では水などが加わる。

ここでは、現在用いられている中温化技術に関する主要な材料を取り上げる。

#### 3. 2 材料による中温化

##### 3. 2. 1 アスファルト

アスファルトは、通常のアスファルト混合物に使用するアスファルトと同様であり、舗装用石油アスファルトおよびポリマー改質アスファルトである。

再生アスファルト混合物に使用するアスファルトは、旧アスファルトの性状や再生骨材配合率および再生アスファルト混合物に求める性能などを考慮して選定する。

##### 3. 2. 2 骨材

骨材は、通常のアスファルト混合物と同様に、砕石、玉砕、砂利、鉄鋼スラグ、砂および再生骨材などである。

中温化アスファルト混合物の製造では、骨材の加熱温度を通常より低く設定するため、骨材中に水分が残りやすい。アスファルトプラントでは、骨材を種類別に貯蔵し、相互に混ざり合ったり、ごみ、泥などが混入したりしないようにすることは当然であるが、特に、骨材を降雨にさらさないようにするなどの対策が重要である。

##### 3. 2. 3 フィラー

フィラーは、通常のアスファルト混合物と同様に、石粉、消石灰、セメント、回収ダストおよびフライアッシュ等である。

##### 3. 2. 4 中温化剤

###### (1) 発泡系中温化剤

発泡系の中温化アスファルト混合物の概念は図-3.1に示すとおりである。

発泡系の中温化剤は、アスファルトモルタル内に細かな泡を発生・分散させる。細かな泡の働きによって見掛け上のアスファルト容積が増加するため、製造時の混合性

が向上するとともに、舗設時には泡のベアリング効果によって締固め性を向上させる。舗設後の時間経過にもよって温度が低下すれば泡の影響はなくなり、混合物の品質は確保される。

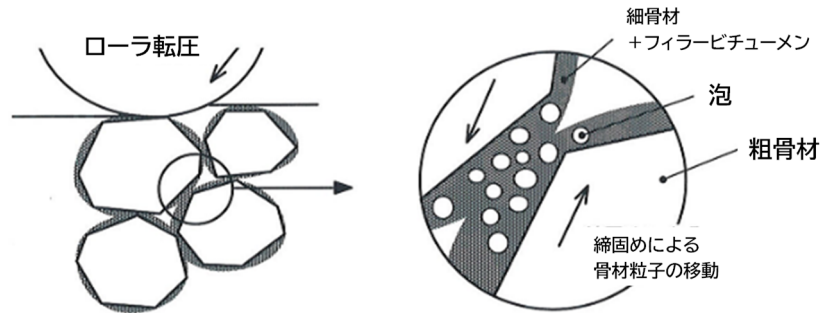


図-3.1 発泡系の中温化アスファルト混合物の概念

## (2) 粘弾性調整系中温化剤

粘弾性調整系の中温化アスファルト混合物の概念は図-3.2に示すとおりである。

粘弾性調整系の中温化剤は、所定の温度以上になると粘性が低下する性質を有している。これにより粘弾性調整系の中温化アスファルト混合物は、供用温度領域の粘弾性状が大きく変化することなく、製造温度と施工温度の領域のみ粘弾性が低くなる。このため、供用中の品質を確保しつつ、アスファルト混合物の製造・施工温度を低下させることができる。

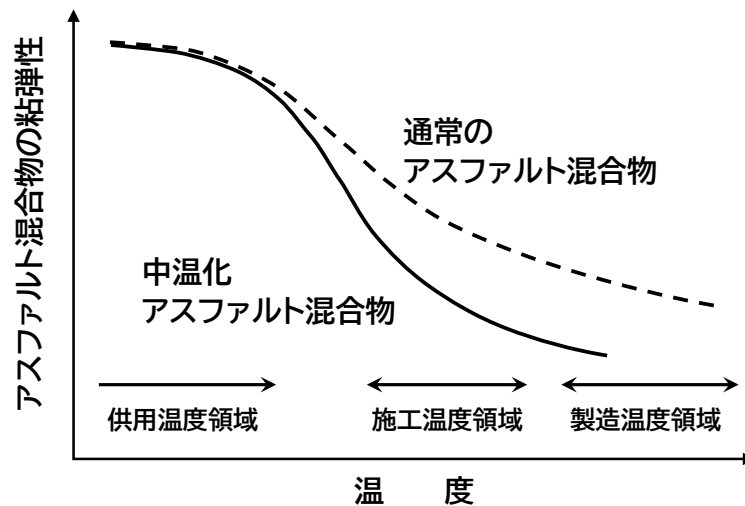


図-3.2 粘弾性調整系の中温化アスファルト混合物の概念



### (3) 滑剤系中温化剤

滑剤系の中温化アスファルト混合物の概念は図-3.3に示すとおりである。

滑剤系の中温化剤は、アスファルトに溶解した後、極性基が骨材に、親油基がアスファルトと結びつくことで、アスファルトと骨材の界面の潤滑性を高め、アスファルト混合物中の骨材間の摩擦抵抗を低減させる。製造時と施工時の温度領域で発現する潤滑効果によって少ないエネルギーで高い締固め性が得られる。

また、中温化アスファルトを製造する際に、プレミックスされることもある。

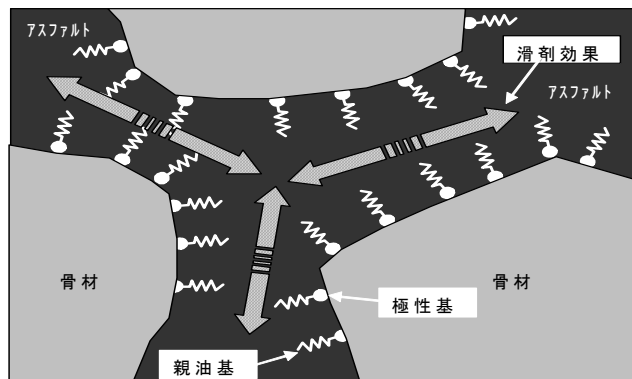


図-3.3 滑剤系の中温化アスファルト混合物の概念

### 3. 2. 5 中温化アスファルト

中温化アスファルトは、製造メーカーが、自社工場などで中温化剤やその他の添加剤をアスファルトに添加・混合したもので、ストレートアスファルトやポリマー改質アスファルトに中温化の効果を加えたものである。<sup>3)</sup>一般的なアスファルトローリでアスファルトプラントに搬入される(写真-3.1参照)。



写真-3.1 中温化アスファルトの搬入状況

### **3. 3 装置による中温化**

#### **3. 3. 1 アスファルト**

使用するアスファルトの種類および使用に当たっての留意点は、「3.2.1 アスファルト」と同様である。

フォームド発生装置による中温化は、アスファルト混合物の製造時、添加する新規アスファルトを発泡させる技術である。再生アスファルト混合物は、新規アスファルト混合物に比べ、添加する新規アスファルトの使用量が少ないため、中温化の効果が得られにくいので注意が必要である。<sup>4)</sup>

#### **3. 3. 2 骨材**

使用する骨材の種類および使用に当たっての留意点は、「3.2.2 骨材」と同様である。

#### **3. 3. 3 フィラー**

使用するフィラーの種類および使用に当たっての留意点は、「3.2.3 フィラー」と同様である。

#### **3. 3. 4 水**

水は、不純物を含まない清浄なものを使用する。

また、中温化の効果や持続時間の向上を目的として、発生する泡を微細化させる発泡補助剤を使用する場合がある。<sup>5)</sup>

フォームド発生装置によるアスファルトの発泡の概念を図-3.4に、発泡状況を写真-3.2に示す。

	発泡直後	時間経過後	敷きならし時
水のみ			
水 + 発泡補助剤			

図-3.4 水のみ，水と発泡補助剤を使用したフォームドアスファルトの概念<sup>6)</sup>



写真-3.2 アスファルトの発泡状況

(左；無処理，中；水のみによる発泡，右；水と発泡補助剤による発泡)

### 3.4 材料と装置の併用による中温化

中温化剤や中温化アスファルトと，フォームド発生装置を併用する場合の使用材料や留意点は，「3.2 材料による中温化」「3.3 装置による中温化」と同様である。

## 4. 配合設計，混合温度および締固め温度の決定方法

### 4. 1 概説

中温化アスファルト混合物は，設定した混合温度や締固め温度において，空隙率や飽和度，安定度，フロー値などの特性値が基準の範囲内にあり，所要の品質・性状が確保されていなければならない。

ここでは，プラントミックタイプの中温化剤を用いる場合，中温化アスファルトを用いる場合，フォームド発生装置を用いる場合および材料と装置を併用する場合として，中温化剤とフォームド発生装置を併用する場合，中温化アスファルトとフォームド発生装置を併用する場合の配合設計手順および留意点を解説する。

### 4. 2 中温化アスファルト混合物の種類

中温化技術が適用可能なアスファルト混合物の例を表-4.1に示す。中温化技術は，密粒度，細粒度，ギャップ粒度および開粒度アスファルト混合物（以上は積雪寒冷地域で用いられているフィラーを多く使用した混合物を含む）およびポーラス，粗粒度，開粒度および大粒径アスファルト混合物，瀝青安定処理路盤材料などに適用できる。

表-4.1 中温化技術が適用可能なアスファルト混合物の例

一般地域	積雪寒冷地域
密粒度アスファルト混合物※	密粒度アスファルト混合物 (F) ※
細粒度アスファルト混合物※	細粒度アスファルト混合物 (F) ※
密粒度ギャップアスファルト混合物※, ※※	密粒度ギャップアスファルト混合物 (F) ※
開粒度アスファルト混合物※	細粒度ギャップアスファルト混合物 (F) ※
ポーラスアスファルト混合物，粗粒度アスファルト混合物※	
大粒径アスファルト混合物※，瀝青安定処理路盤材料※	

※：新規アスファルト混合物，再生アスファルト混合物

※※：碎石マスチックアスファルト混合物を含む

### 4. 3 中温化アスファルト混合物の配合設計

適用する中温化技術によって，中温化アスファルト混合物の配合設計の手順が異なる。以降に，中温化技術ごとの配合設計手順を示す。

#### 4. 3. 1 中温化アスファルト混合物の配合設計手順

##### (1) 中温化剤を用いる場合

中温化剤を用いる場合の配合設計手順は、図-4.1に示すとおりである。

まず、中温化技術を適用するアスファルト混合物の種類を決定し、通常のアスファルト混合物の配合設計と同様の手法で、骨材配合、設計アスファルト量の基本配合を決定する。次に、使用する中温化剤を選定、低減温度を設定して混合物を製造し、中温化剤の添加量を設定する。最後に、製造した混合物が、設定した低減温度、中温化剤の添加量で、目標の品質・性状を満足することを確認して、配合を決定する。

なお、アスファルトプラントの定期試験によって、既に配合が定められているアスファルト混合物やアスファルト混合物事前審査制度で認定されているアスファルト混合物に中温化技術を適用する場合は、既に定められている骨材配合および設計アスファルト量を基本配合としてよい。

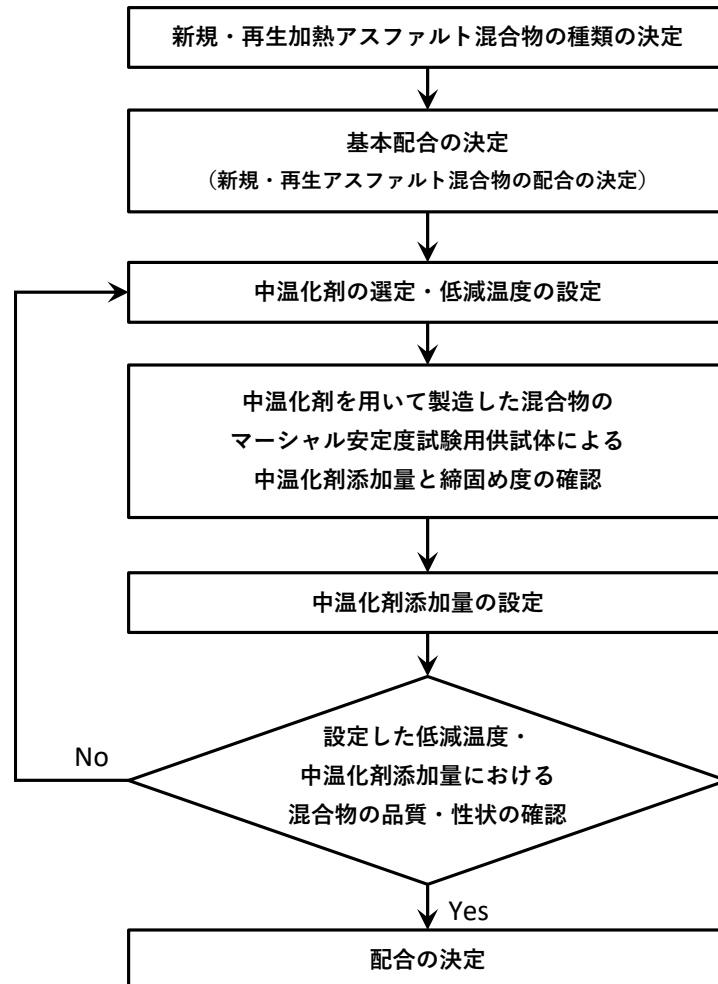


図-4.1 中温化剤を用いる場合の配合設計手順

## (2) 中温化アスファルトを用いる場合

中温化アスファルトを用いる場合の配合設計手順は、図-4.2に示すとおりである。

まず、中温化技術を適用するアスファルト混合物の種類を決定し、通常のアスファルト混合物の配合設計と同様の手法で、骨材配合、設計アスファルト量の基本配合を決定する。次に、使用する中温化アスファルトを選定して混合物を製造し、締固め温度を設定する。最後に、製造した混合物が、設定した締固め温度で、目標の品質・性状を満足することを確認して、配合を決定する。

なお、アスファルトプラントの定期試験によって、既に配合が定められているアスファルト混合物やアスファルト混合物事前審査制度で認定されているアスファルト混合物に中温化技術を適用する場合は、既に定められている骨材配合および設計アスファルト量を基本配合としてよい。

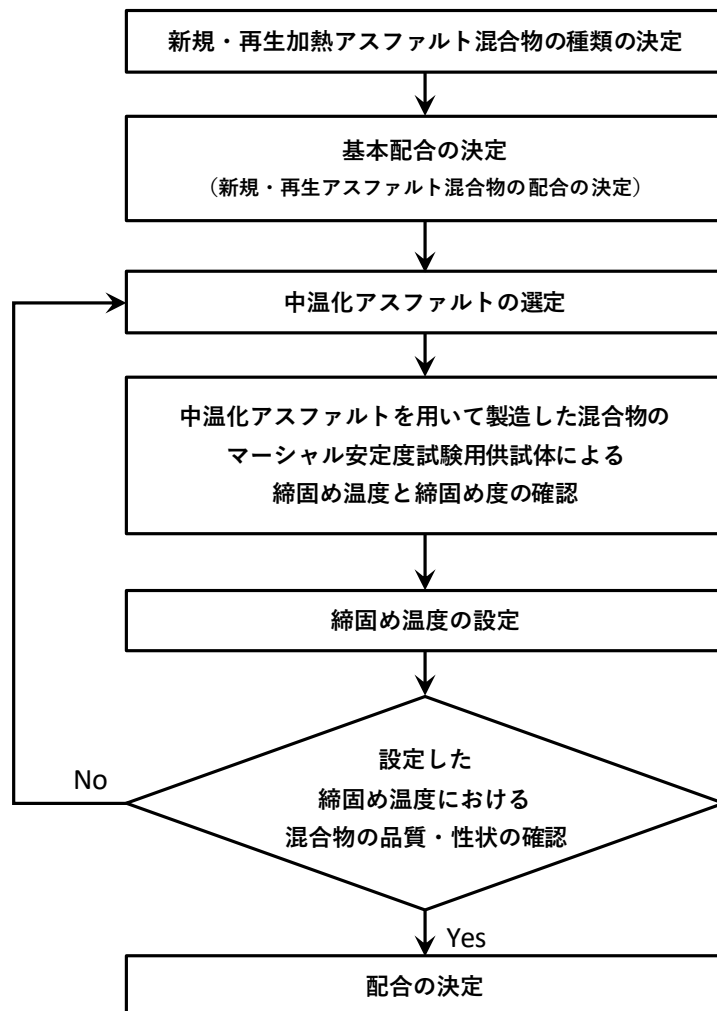


図-4.2 中温化アスファルトを用いる場合の配合設計手順

### (3) フォームド発生装置を用いる場合

フォームド発生装置を用いる場合の配合設計手順は、図-4.3に示すとおりである。

まず、中温化技術を適用するアスファルト混合物の種類を決定し、通常のアスファルト混合物の配合設計と同様の手法で、骨材配合、設計アスファルト量の基本配合を決定する。次に、アスファルトをフォームド化して混合物を製造し、締固め温度を設定する。最後に、製造した混合物が、設定した締固め温度で、目標の品質・性状を満足することを確認して、配合を決定する。

なお、アスファルトプラントの定期試験によって、既に配合が定められているアスファルト混合物やアスファルト混合物事前審査制度で認定されているアスファルト混合物に中温化技術を適用する場合は、既に定められている骨材配合および設計アスファルト量を基本配合としてよい。

また、水の添加量は、事前に、室内フォームド発生装置またはフォームド発生装置を備えたアスファルトプラントでフォームドアスファルトを製造し、決定しておく。

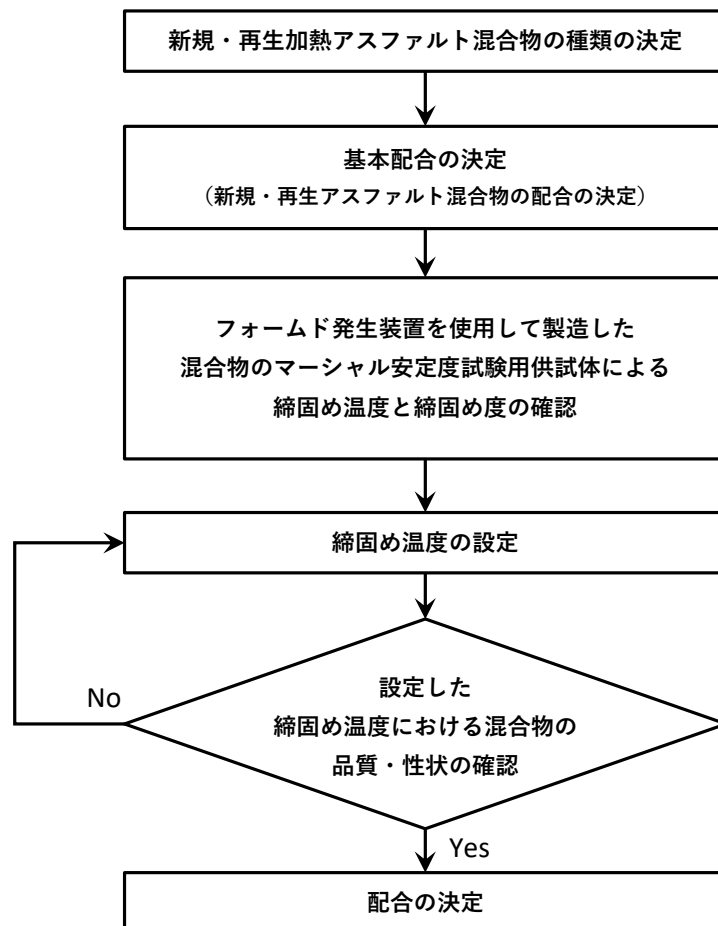


図-4.3 フォームド発生装置を用いる場合の配合設計手順

#### (4) 中温化剤とフォームド発生装置を併用する場合

中温化剤とフォームド発生装置を併用する場合の配合設計手順は、図-4.4 に示すとおりである。

まず、中温化技術を適用するアスファルト混合物の種類を決定し、通常のアスファルト混合物の配合設計と同様の手法で、骨材配合、設計アスファルト量の基本配合を決定する。次に、使用する中温化剤を選定、締固め温度を決定し、アスファルトをフォームド化して混合物を製造し、中温化剤の添加量を設定する。最後に、製造した混合物が、設定した締固め温度、中温化剤の添加量で、目標の品質・性状を満足することを確認して、配合を決定する。

なお、アスファルトプラントの定期試験によって、既に配合が定められているアスファルト混合物やアスファルト混合物事前審査制度で認定されているアスファルト混合物に中温化技術を適用する場合は、既に定められている骨材配合および設計アスファルト量を基本配合としてよい。

また、水の添加量は、事前に、室内フォームド発生装置またはフォームド発生装置を備えたアスファルトプラントでフォームドアスファルトを製造し、決定しておく。

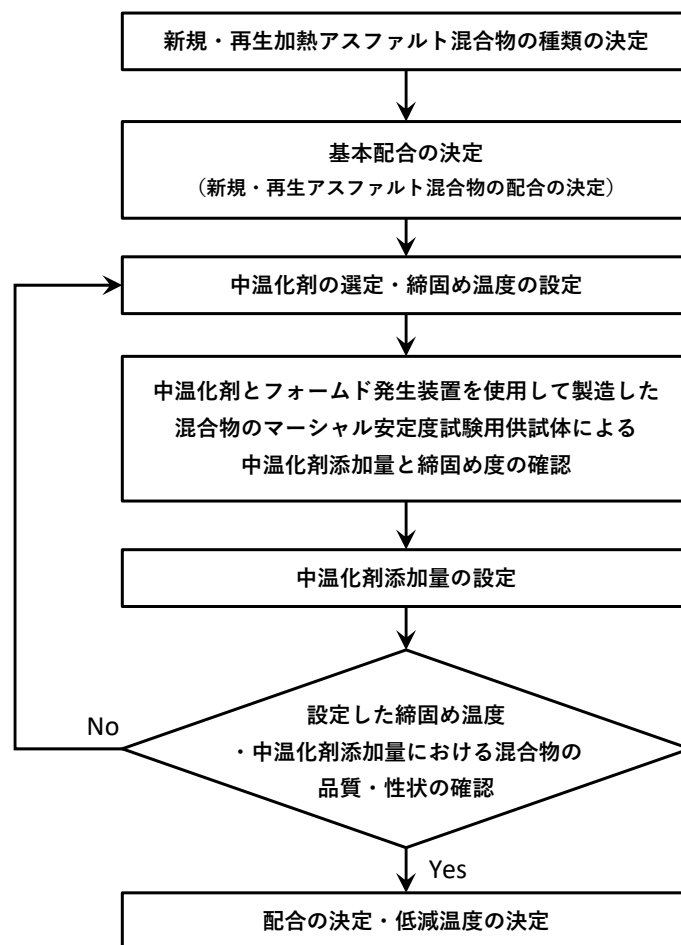


図-4.4 中温化剤とフォームド発生装置を併用する場合の配合設計手順



#### (5) 中温化アスファルトとフォームド発生装置を併用する場合

中温化アスファルトとフォームド発生装置を併用する場合の配合設計手順は、図-4.5に示すとおりである。

まず、中温化技術を適用するアスファルト混合物の種類を決定し、通常のアスファルト混合物の配合設計と同様の手法で、骨材配合、設計アスファルト量の基本配合を決定する。次に、使用する中温化アスファルトを選定し、これをフォームド化して混合物を製造し、締固め温度を設定する。最後に、製造した混合物が、設定した締固め温度で、目標の品質・性状を満足することを確認して、配合を決定する。

なお、アスファルトプラントの定期試験によって、既に配合が定められているアスファルト混合物やアスファルト混合物事前審査制度で認定されているアスファルト混合物に中温化技術を適用する場合は、既に定められている骨材配合および設計アスファルト量を基本配合としてよい。

また、水の添加量は、事前に、室内フォームド発生装置またはフォームド発生装置を備えたアスファルトプラントでフォームドアスファルトを製造し、決定しておく。

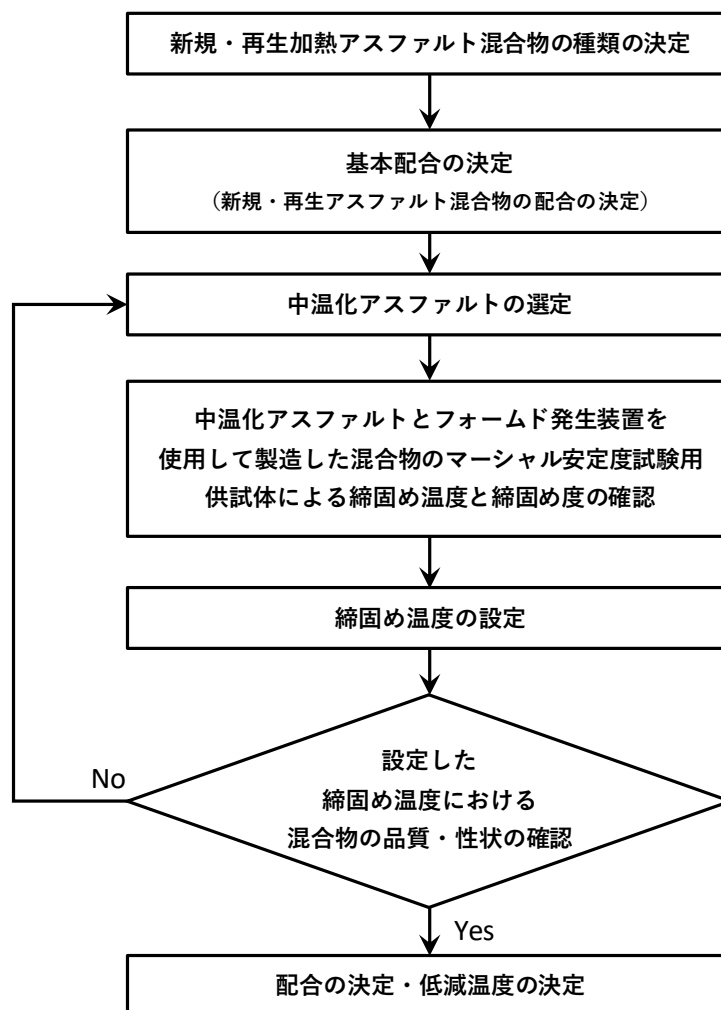


図-4.5 中温化アスファルトとフォームド発生装置を併用する場合の配合設計手順

#### 4. 3. 2 中温化アスファルト混合物の低減温度の決定方法

締固め温度を変化させてマーシャル安定度試験用の供試体を作製し、図-4.6 に示すように締固め温度-品質・性状のグラフを作成する。

中温化アスファルト混合物の締固め温度は、目標とした品質・性状（例えば、塑性変形抵抗性や耐水性、疲労抵抗性、締固め度などを設定する機会が多い）を満足する締固め温度とする。また、中温化アスファルトを使用する場合、締固め温度は製造メーカーの推奨する温度とする。

締固め度を設定した場合の目標値の例として、中国地区アスファルト混合物事前審査制度における 99.0%以上、日本道路建設業協会の中温化（低炭素）アスファルト舗装の手引き（2012年3月）における 99.5%以上、東京都における 100%がある。

なお、仕様書などで低減温度を決定する方法が定められている場合は、その方法に準ずる。

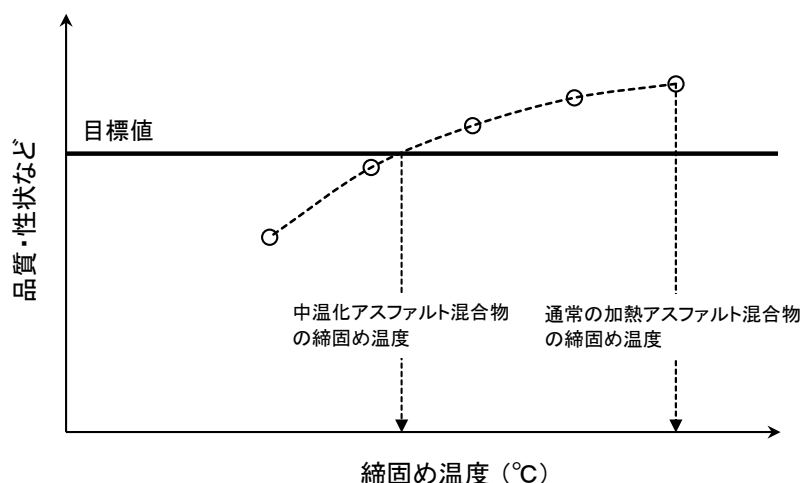


図-4.6 低減温度の決定方法例

#### 4. 3. 3 中温化アスファルト混合物に対する基準値

中温化技術を適用するアスファルト混合物の種類、粒度範囲およびマーシャル安定度試験に対する基準値等は、通常のアスファルト混合物と同様である。

#### 4. 3. 4 中温化アスファルト混合物の品質・性状の確認

低減温度を決定した後、決定した締固め温度における混合物の所要の品質・性状を確認する。

中温化アスファルト混合物は、製造後一定時間を超えると締固め効果が低下する可能性がある。締固め効果の持続時間は、適用する中温化技術や材料等によって異なるた

め、事前に確認し、運搬距離や運搬時間等を決めるとよい。

製造した中温化アスファルト混合物を乾燥炉などで所定の時間保温・養生し、マーシャル安定度試験用供試体を作製して締固め度を確認した例や実際にダンプトラックで運搬して効果の持続性を確認した例がある（図-4.7 参照）。

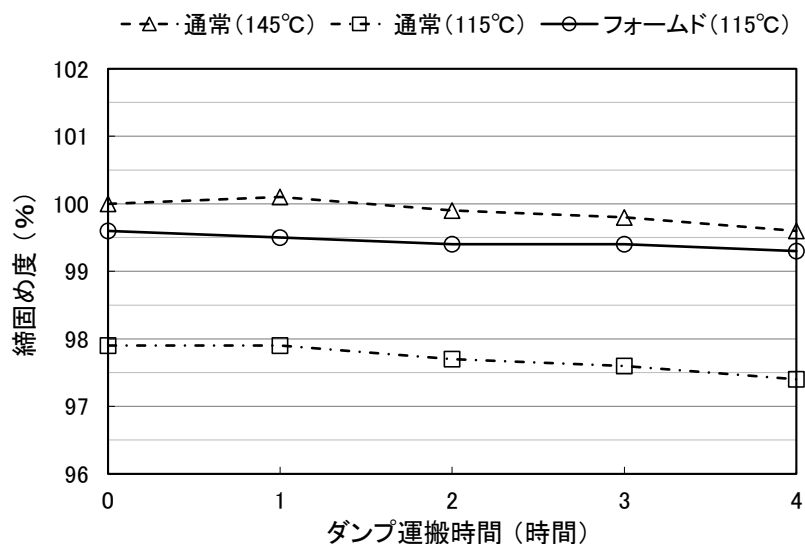


図-4.7 フォームド発生装置を用いて製造した再生アスファルト混合物の締固め持続性の検証例

## 5. 製造, 貯蔵

### 5. 1 概説

中温化アスファルト混合物には、「1.4 中温化技術の体系」の図-1.1 に示したとおり、材料による中温化、装置による中温化、材料と装置の併用による中温化があり、通常の新規・再生アスファルト混合物を製造するアスファルトプラントにおいて、必要に応じて軽微な改造を加えることで製造することができる。

また、中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物と同様に、一般的な加熱貯蔵サイロに貯蔵することができる。

### 5. 2 製造の準備

通常のアスファルト混合物と同様に、アスファルトプラントに装備されている各種の計量器・各部の温度計・アスファルトおよび再生用添加剤の吐出装置、骨材供給設備などの定期点検、整備を行って、設備が正常に稼働することを確認する。

材料によって中温化する場合は、事前に、中温化剤や中温化アスファルトの添加方法、混合時間などを決めておくことよい。

装置によって中温化する場合は、材料と装置の併用によって中温化する場合は、フォーム発生装置の定期点検や始業点検、整備を行い、装置が正常に動作することを確認するとよい。

### 5. 3 材料による中温化

#### 5. 3. 1 中温化剤を用いる場合

##### (1) 中温化アスファルト混合物の製造

中温化アスファルト混合物の製造時に、人力や専用装置で中温化剤をミキサに直接投入し、他の材料と混合して中温化アスファルト混合物を製造する。

##### (2) 中温化アスファルト混合物の貯蔵

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物と同様に、一般的な加熱貯蔵サイロに貯蔵することができる。

また、貯蔵可能時間は、使用する中温化剤や材料等によって異なるため、事前に確認して決めるとよい。

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物より温度が低いため、加熱貯蔵サイロの排出部に付着しやすいので注意が必要である。

### 5. 3. 2 中温化アスファルトを用いる場合

#### (1) 中温化アスファルト混合物の製造

製造メーカーが、自社工場などで製造した中温化アスファルトをローリなどでアスファルトプラントに搬入し、通常のアスファルト混合物と同様に製造する。

#### (2) 中温化アスファルト混合物の貯蔵

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物と同様に、一般的な加熱貯蔵サイロに貯蔵することができる。

また、貯蔵可能時間は、使用する中温化アスファルトや材料等によって異なるため、事前に確認して決めるとよい。

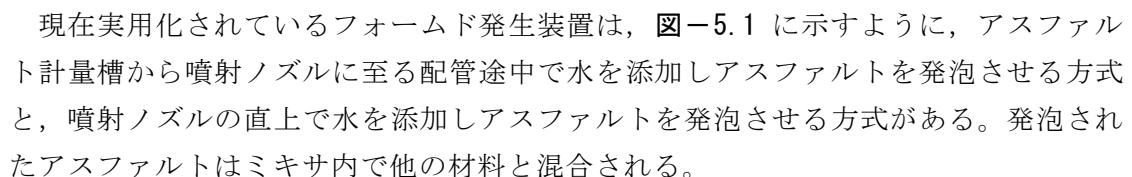
中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物より温度が低いため、加熱貯蔵サイロの排出部に付着しやすいので注意が必要である。

### 5. 4 装置による中温化

#### 5. 4. 1 フォームド発生装置を用いる場合

##### (1) 中温化アスファルト混合物の製造

フォームド発生装置を用いてアスファルトに水を添加し、アスファルト中に泡を発生させ、他の材料と混合して中温化アスファルト混合物を製造する。

現在実用化されているフォームド発生装置は、に示すように、アスファルト計量槽から噴射ノズルに至る配管途中で水を添加しアスファルトを発泡させる方式と、噴射ノズルの直上で水を添加しアスファルトを発泡させる方式がある。発泡されたアスファルトはミキサ内で他の材料と混合される。

設置位置	配管途中	各噴射ノズル直上
設置概念図		
フォームド化概念図		
適用事例		
適用アスファルト	全種類	粘性が高いアスファルトでは、ノズルが閉塞する懸念あり

図-5.1 フォームド発生装置の設置概念<sup>7)</sup>

## (2) 中温化アスファルト混合物の貯蔵

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物と同様に、一般的な加熱貯蔵サイロに貯蔵することができる。

また、貯蔵可能時間は、使用するフォームド発生装置や材料等によって異なるため、事前に確認して決めるとよい。

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物より温度が低いため、加熱貯蔵サイロの排出部に付着しやすいので注意が必要である。

図-5.2 は、通常温度条件 (145℃) で締固めたアスファルト混合物、フォームド発生装置を使用せずに 30℃ 低減して (115℃) 締固めたアスファルト混合物、フォームド発生装置を使用して 30℃ 低減して (115℃) 締固めた中温化アスファルト混合物について、加熱貯蔵サイロでの貯蔵時間と時間経過後の締固め度を確認した一例である。このアスファルトプラントで製造した中温化アスファルト混合物は、加熱貯蔵サイロに 30 時間貯蔵しても通常混合物とほぼ同等の締固め度が得られることが分かる。

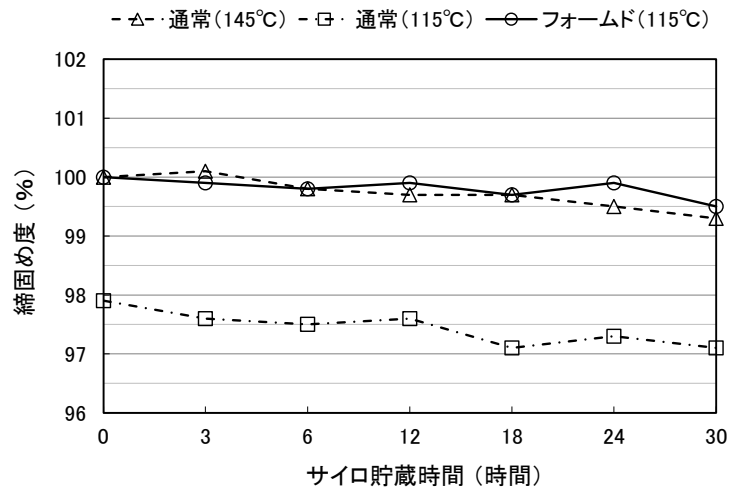


図-5.2 中温化アスファルト混合物の貯蔵時間と締固め度の関係の例

## 5.5 材料と装置の併用による中温化

### 5.5.1 中温化剤とフォームド発生装置を併用する場合

#### (1) 中温化アスファルト混合物の製造

人力や専用装置で中温化剤をミキサに直接投入するとともに、フォームド発生装置を用いてアスファルトに水を添加し、他の材料と混合して中温化アスファルト混合物を製造する。

#### (2) 中温化アスファルト混合物の貯蔵

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物と同様に、一般的な加熱貯蔵サイロに貯蔵することができる。

また、貯蔵可能時間は、使用する中温化剤やフォームド発生装置、材料等によって異なるため、事前に確認して決めるとよい。

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物より温度が低いため、加熱貯蔵サイロの排出部に付着しやすいので注意が必要である。

### 5.5.2 中温化アスファルトとフォームド発生装置を併用する場合

#### (1) 中温化アスファルト混合物の製造

フォームド発生装置を用いて中温化アスファルトに水を添加し、他の材料と混合して中温化アスファルト混合物を製造する。

## **(2) 中温化アスファルト混合物の貯蔵**

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物と同様に、一般的な加熱貯蔵サイロに貯蔵することができる。

また、貯蔵可能時間は、使用する中温化アスファルトやフォームド発生装置、材料等によって異なるため、事前に確認して決めるとよい。

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物より温度が低いため、加熱貯蔵サイロの排出部に付着しやすいので注意が必要である。

## **5. 6 製造上の留意点**

### **5. 6. 1 材料の保管**

#### **(1) アスファルト**

アスファルトプラントで受け入れたアスファルトは、加熱保温機能を有するアスファルトタンクに保管される。もしくは、アスファルト混合物の製造時、アスファルトローリから、直接プラント本体へ送られ、混合物を製造する。

現状では、中温化アスファルト混合物と、中温化しない通常のアスファルト混合物の製造が混在する。このため、アスファルトの温度は、中温化アスファルト混合物と通常のアスファルト混合物を製造する場合で、同等とする場合が多い。

#### **(2) 骨材**

通常、骨材や再生骨材は、アスファルトプラントの設備に応じた方法で受け入れ、ストックヤードやサイロで保管する。中温化アスファルト混合物を製造する場合における骨材の管理も同様である。

骨材の含水比が高いと、加熱に使用する燃料の使用量が増えて CO<sub>2</sub> 排出量が増加したり、特に中温化アスファルト混合物の製造では排気ガスの温度が低く、湿度が高くなるため、バグフィルターへの負担が大きくなることが懸念される。このため、可能な限り骨材の含水比が低い状態を保持しておくことが重要である。

#### **(3) フィラー**

アスファルトプラントに搬入されたフィラーは、防じん装置を有するサイロで保管する。プラント本体へはスクリュフィーダにより送られることが多く、含水比が高まると支障が生じやすいので注意する。

#### **(4) 中温化剤**

中温化剤は、種類によって納入時の荷姿が異なる。防水機能を有する荷姿であっても、雨水等を避けるなどの配慮に加え、製造メーカーから保管方法が示されている場合は、これに従うとよい。



### **(5) 中温化アスファルト**

中温化アスファルトの保管は、「5.6.1(1)アスファルト」と同様である。  
ただし、製造メーカーから保管方法が示されている場合は、これに従うとよい。

### **(6) 水**

フォームド発生装置を使用して中温化アスファルト混合物を製造する場合には、水を添加しアスファルトを発泡させる。水がフォームド装置内やサージタンク内に長期間滞留すると、腐食物質などによってノズルが詰まることがあるため、長期間、フォームド装置を使用しない場合は水を抜くことが望ましい。

また、フォームド装置およびサージタンクを定期的に清掃するとよい。

## **5.6.2 温度管理**

### **(1) 中温化アスファルト混合物を製造する場合**

中温化アスファルト混合物の製造温度は、使用材料の量や温度、ドライヤでの加熱温度や加熱時間などに左右される。特に冬季は、材料ヤードに保管された骨材の温度が低くなるため、ドライヤバーナの開度や骨材のドライヤ滞留時間などを適切に調整して製造することが重要である。

### **(2) 通常のアスファルト混合物と中温化アスファルト混合物を交互に製造する場合**

通常のアスファルト混合物と中温化アスファルト混合物を交互に製造する場合があるが、それぞれの混合物は製造温度が異なる。製造を切り替える際は、都度、ホットビンにある材料を抜き取り、あらためて材料ヤードから骨材を送り、ドライヤで適正温度に加熱してからホットビンに貯蔵する。製造装置の設定温度を変更しても、製造する混合物の温度が所定の温度に安定するまで、相応の時間を要することがある。このような事態を想定し、あらかじめ、混合物の温度が安定するまでに必要となる時間を事前に把握しておくことよい。

## **5.6.3 その他**

### **(1) 中温化剤**

中温化剤の添加量は、中温化アスファルト混合物の品質に大きく影響する。中温化アスファルト混合物の品質・性状を確保するため、中温化剤の計量・管理・記録に関わる手順を作業標準として定めるとよい。また、中温化剤の使用量は適宜記録しておくことよい。

## **(2) フォームド発生装置**

フォームド発生装置が正常に稼働しないと、中温化混合物の品質が変動する。フォームド発生装置、水などの計量装置等の点検項目を定め、日々、週間、月例などに点検するとよい。また、水配管へのアスファルトの逆流の恐れがある場合は、逆止弁などの対策が必要である。

## **(3) CO<sub>2</sub> 排出量**

同じ材料を使用し、同じ配合で、同じ時期に、同じアスファルトプラントで製造した通常のアスファルト混合物と中温化アスファルト混合物の CO<sub>2</sub> 排出量の差は、材料の加熱に用いた燃料使用量の差とみなすことができる。

したがって、それぞれの混合物を連続製造した際の燃料使用量に、燃料ごとに定められる CO<sub>2</sub> 排出原単位を乗じることで CO<sub>2</sub> 排出量を算出できる。なお、少量で製造した場合は、燃料使用量が安定せず正しく計測できないことに留意する。

表-5.1 は、同じ材料を使用し、同じ配合で、同じ時期に、同じアスファルトプラントで製造した通常のアスファルト混合物と中温化アスファルト混合物の CO<sub>2</sub> 排出量を確認した一例である。

表-5.1 中温化アスファルト混合物のCO<sub>2</sub>排出量試算例

混合物：再生粗粒度アスファルト混合物(20) (再生骨材50%)

28t当たり

名称	単位	通常温度			29°C低減時			増減率	備考	
		数量 (t) ①	原単位 (kg-CO <sub>2</sub> /t) ②	排出量 ③=①×②	数量 (t) ④	原単位 (kg-CO <sub>2</sub> /t) ⑤	排出量 ⑥=④×⑤			
素材	5号砕石	t	4.80	7.98	38.33	4.80	7.98	38.33	—	数量：A工場配合設計書×28t
	6号砕石	t	5.87	7.98	46.85	5.87	7.98	46.85	—	数量：A工場配合設計書×28t
	7号砕石	t	2.13	7.98	17.04	2.13	7.98	17.04	—	数量：A工場配合設計書×28t
	スクリーニングス	t	0.00	7.98	0.00	0.00	7.98	0.00	—	
	粗砂	t	0.40	11.54	4.62	0.40	11.54	4.62	—	数量：A工場配合設計書×28t
	細砂	t	0.13	11.54	1.54	0.13	11.54	1.54	—	数量：A工場配合設計書×28t
	石粉	t	0.00	5.41	0.00	0.00	5.41	0.00	—	
	再生骨材	t	13.34	2.24	29.89	13.34	2.24	29.89	—	数量：A工場配合設計書×28t
	ストレートアスファルト	t	1.32	107.56	141.55	1.32	107.56	141.55	—	数量：A工場配合設計書×28t
	発砲補助剤 (外割添加)	t				0.001	10.00	0.01	微増	数量：A工場配合設計書×28t
計	t	28.00		280	28.00		280	—		
輸送	軽油 砕石輸送 39km	L	28.72	4.19	120.35	28.72	4.19	120.35	—	数量：運搬総質量 [t] × 輸送距離 [km] × 運搬トンキロ当たり燃費消費量0.0575 [L/t/km]
	軽油 粗砂輸送 20km	L	0.46	4.19	1.93	0.46	4.19	1.93	—	
	軽油 細砂輸送 55km	L	0.42	4.19	1.77	0.42	4.19	1.77	—	
	軽油 アスファルト輸送 95km	L	4.25	4.19	17.81	4.25	4.19	17.81	—	数量：運搬総質量 [t] × 輸送距離 [km] × 運搬トンキロ当たり燃費消費量0.034 [L/t/km]
	計		33.86		142	33.86		142	—	
製造	電力	kWh	301.84	0.46	138.85	301.84	0.46	138.85	—	数量：管内工場平均値×28t
	都市ガス	m <sup>3</sup>	193.48	2.19	423.72	141.40	2.19	309.67	-27%	数量：A工場の実測値(2022年10月15日)×28t
	軽油	L	13.44	2.95	39.65	13.44	2.95	39.65	—	数量：管内工場平均値×28t
計				602			488	-19%		
合計(28t)				1,024			910	-11%		
1tあたり				36.57			32.49			

- ※1 「舗装の環境不可低減に関する算定ガイドブック」H26.1 日本道路協会 にある算定例をもとにした。
- ※2 原単位については、「舗装の環境不可低減に関する算定ガイドブック」H26.1 日本道路協会 表-2.1 表-2.3 の値を使用した。
- ※3 都市ガスの原単位は、東京ガス株式会社HPより引用した。
- ※4 素材についてはA工場の配合設計書をもとにした。
- ※5 発砲補助剤の原単位は、成分および工場からの運搬距離を勘案して設定した。
- ※6 輸送については、改良トンキロ法をもとにした。
- ※7 都市ガス使用量は、A工場にて2022年10月15日に計測した消費実績値を使用した。 通常温度164°C、135°C：低減温度29°C
- ※8 電力、軽油の使用量は、管内工場平均値を使用した。
- ※9 その他：オフィスエネルギー等は計算から除外した。

## 6. 運搬・舗設

### 6. 1 概説

中温化アスファルト混合物の運搬および舗設は、通常のアスファルト混合物と同様に行うことができる。ただし、適用する中温化技術に応じた運搬計画や舗設計画が必要になる。

### 6. 2 運搬

中温化アスファルト混合物の運搬は、通常のアスファルト混合物と同様に行う。

ただし、中温化技術の効果が持続する時間は、適用する中温化技術、使用する材料、低減温度等によって異なる。このため、運搬距離や運搬時間は、「4.3.4 中温化アスファルト混合物の品質・性状の確認」を参考に、事前に確認してから決めるとよい。

### 6. 3 舗設作業

中温化アスファルト混合物の舗設作業は、通常のアスファルト混合物と同様である。中温化技術を効果的に活用するためには、中温化アスファルト混合物の特徴を十分に理解し、所要の品質・性状が得られるように舗設することが重要である。

### 6. 4 温度管理

中温化アスファルト混合物の温度管理は、通常のアスファルト混合物と同様に、適切な温度範囲で各作業を行うことが重要である。

中温化アスファルト混合物は、通常のアスファルト混合物に比べ、舗設時の各管理温度の下限値を低く設定できる。ただし、舗設における管理温度は、適用する中温化技術、使用する材料、低減温度等によって異なるので注意が必要である。

#### 6. 4. 1 敷きならし温度

敷きならし温度は、中温化アスファルト混合物の製造温度および転圧温度を確認し、作業の流れで転圧温度が確保できる温度として設定する。

敷きならし温度については、従来、国土交通省土木工事共通仕様書に「…を敷きならしたときの混合物の温度は 110℃以上、…としなければならない。」と記載されていたが、令和5年度の同仕様書には「…を敷きならしたときの混合物の温度は 110℃以上、…としなければならない。ただし、…中温化技術により施工性を改善した混合物を使用する場合、…などは、設計図書に関して監督職員と協議の上、所定の締固

め度が得られる範囲で、混合物の適切な温度を決定するものとする。」と改訂されている。

#### 6. 4. 2 転圧温度

中温化アスファルト混合物の初転圧，二次転圧，仕上げ転圧温度の目標値は，製造温度を考慮し，所要の締固め度が得られる範囲で適切に設定する。

ただし，転圧温度は，適用する中温化技術，使用する材料，低減温度等によって異なるため，事前に確認してから決めるとよい。

転圧温度の設定方法としては，通常のアスファルト混合物を舗設する際の転圧温度から製造時の低減温度を減じた温度とする方法，または，**図-6.1** で縦軸を混合物密度として決定する方法などがある。

また，適用する中温化技術によっては初転圧温度が 110℃を下回ることがある。突固め温度を変化させてマーシャル安定度試験用供試体を作製し，110℃以下の温度で作製した供試体の密度が基準値を満足することを確認したうえで，発注者と協議するとよい。

初転圧温度については，従来，「国土交通省土木施工管理基準及び規格値」に，舗設現場におけるアスファルト舗装の必須項目として「温度測定（初転圧前）110℃以上」と記載されていたが，令和5年度の同基準及び規格値には「温度測定（初転圧前）110℃以上，ただし，…中温化技術により施工性を改善した混合物を使用する場合，…などは，所定の締固め度が得られる範囲で，適切な温度を設定」と改訂された。

**図-6.1** は，試験施工を行って，初転圧温度を確認した例である。フォームド発生装置の製造メーカーが異なる3プラントで中温化アスファルト混合物を製造し，これらを敷きならしたのち，温度を変化させて転圧を行った。切取コアを採取し，所定の締固め度を得た温度をそれぞれのアスファルトプラントで製造する中温化アスファルト混合物の初転圧温度の下限值としている。

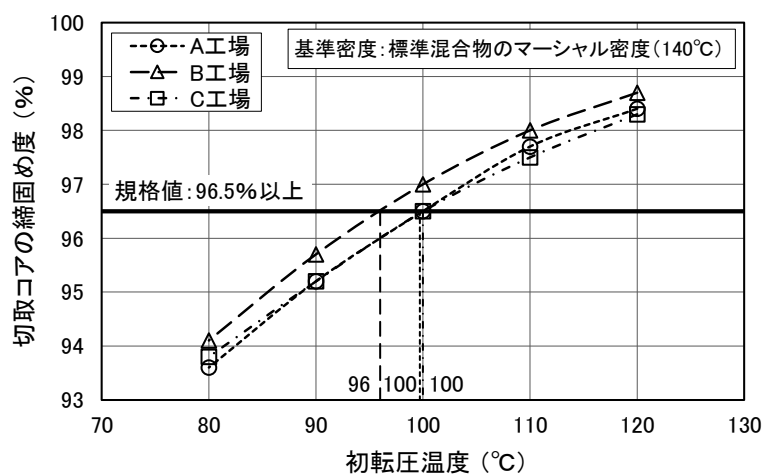


図-6.1 切取コアの締固め度と初転圧温度の関係

## 7. 施工管理

### 7. 1 概説

中温化アスファルト混合物に関する施工管理は、通常のアスファルト混合物の場合と同様である。

受注者は、設計図書の基準を満たすように施工管理（工程管理、出来形管理、品質管理、写真管理など）し、成果品の判定にあたって発注者が検査を行う。

一般的な事項に関しては、「表-1.2 参考となる技術図書」を参照するとよい。

### 7. 2 出来形・品質管理

受注者は、仕様書に基づいて基準試験や施工の各段階における出来形・品質管理基準を満たす必要がある。中温化アスファルト混合物を使用する場合も、発注者が求める仕様を満たす必要があるが、仕様書や設計図書に中温化アスファルト混合物の取り扱いが記載されていない場合は、施工計画段階から発注者との打合わせを実施するとともに、事前に試験施工を行ったり、施工段階で確認したりするとよい。

#### 7. 2. 1 基準試験

中温化技術を適用するアスファルト混合物の基準試験は、通常のアスファルト混合物と同様である。

低減温度を決定した後、決定した締固め温度における中温化アスファルト混合物の品質・性状を確認する。

#### 7. 2. 2 基準密度

中温化アスファルト混合物の基準密度は、通常のアスファルト混合物と同様である。混合物の出荷時に製造した1～2日間の混合物から午前、午後各々3個のマーシャル供試体を作製し、得られた密度の平均値とする。また、小規模工事では、実情に合わせて管理する。ただし、このときのマーシャル供試体の作製および突き固め温度は、設定した温度とする。

また、アスファルト混合物事前審査制度において認定された混合物を使用する場合の基準密度は、事前審査アスファルト混合物総括表に示された密度とする。

#### 7. 2. 3 品質管理

中温化アスファルト混合物の品質管理の項目と頻度は、通常のアスファルト混合物

と同様である。

### **(1) 温度管理**

中温化アスファルト混合物の製造時の温度管理は、「5.6.2 温度管理」を参照して行う。舗設時の温度管理は、「7.4 工事結果の記録, 保存」を参照し、中温化アスファルト混合物の温度特性を考慮し、通常のアスファルト混合物の管理内容を参考に行う。

なお、アスファルトプラントに、混合温度の記録が可能な印字記録装置が装備されている場合は、そのデータを活用するとよい。

### **(2) 締固め管理**

中温化アスファルト混合物の締固め管理は、通常のアスファルト混合物と同様である。

## **7. 2. 4 出来形管理**

中温化アスファルト混合物の出来形管理は、通常のアスファルト混合物と同様である。出来形管理は、出来形が設計図書に示されている値を満足しているかどうかを確認するために行うもので、基準高、幅、厚さおよび平坦性について行う。

## **7. 3 安全管理と環境対策**

中温化アスファルト混合物の安全管理と環境対策は、通常のアスファルト混合物と同様である。

交通規制を伴う補修工事に、中温化アスファルト混合物を使用した場合は、通常のアスファルト混合物を使用した場合に比べ、早期の交通開放が可能になる。

## **7. 4 工事結果の記録, 保存**

中温化アスファルト混合物を用いた舗装工事では、施工時の気温、各温度管理データ、施工機械の編成、転圧回数等をできるだけ詳細に記録、保存しておくことよい。

工事での記録は、中温化技術の更なる発展に向けて必要不可欠であり、詳細な情報の蓄積が重要である。中温化アスファルト混合物を用いた舗装工事の記録様式の例を表-7.1に示す。

表-7.1 中温化アスファルト混合物を用いた舗装工事の記録様式の例

工事名(民間工事)								路線名(場所)					
コリンズ(工事実績情報)番号								コリンズ(工事実績情報)の技術情報について 中温化技術の記載有無		有 ・ 無			
交通量区分等								不明 または 対象外(空港:ヤード等)					
発注者 (民間工事では元発注者)													
施工位置 (箇所等)													
中温化技術の種類		材料・装置 ( )						中温化剤/中温化As種類					
出荷合材工場名													
骨材平均含水比 (%)		4号	5号	6号	7号	( )	( )	粗砂	細砂	SC	ファイラー	R( )	R( )
中温化混合物の適用層		上層路盤		基層		中間層		レベリング層		表層			
設計平均厚さ(cm)													
施工面積(m <sup>2</sup> )													
施工年月日(期間等)													
混合物の種類	粒度:粒径												
	アスファルト												
混合物搬入量:持帰込(t)													
プラント 設定温度等 (°C)	A s 保管												
	骨材加熱												
	ホットビン 混合												
確認温度 (°C)	到着	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	敷きならし	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
転圧方法:初期	機械/回数												
管理温度幅(°C)		~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
転圧方法:二次	機械/回数												
管理温度幅(°C)		~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
転圧方法:仕上	機械/回数												
管理温度幅(°C)		~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
(特記事項)													
製造時の燃料使用量とCO2排出量 (中温化混合物と同等の通常加熱混合物の比較)													
燃料種類		重油	LSA重油	都市ガス	LPガス	その他 ( )							
中温化混合物製造量(t)													
使用燃料量 (・またはm <sup>3</sup> )													
平均燃費 (t/・またはm <sup>3</sup> )													
CO2排出総量 (kg)													
単位CO2排出量(kg/t)													
対比可能な混合物種類													
上記の単位CO2排出量(kg/t)													
単位CO2排出量低減値(kg/t)													
(天候等の概要:詳細記録引用箇所等)													



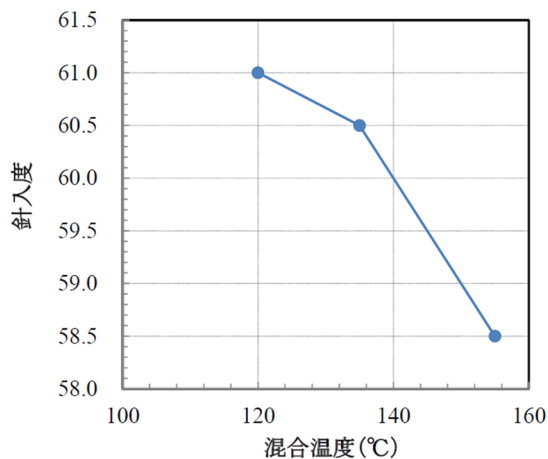
## 付録

- 付録－1 製造時の温度低減に伴うアスファルトの熱劣化の抑制
- 付録－2 作業者の労働環境の改善
- 付録－3 交通開放に至るまでの時間短縮による一般車両からの CO<sub>2</sub> 排出量削減
- 付録－4 早期交通開放
- 付録－5 供用性調査結果
- 付録－6 橋面舗装や薄層舗装への適用事例
- 付録－7 広域運搬での品質や施工性を確保

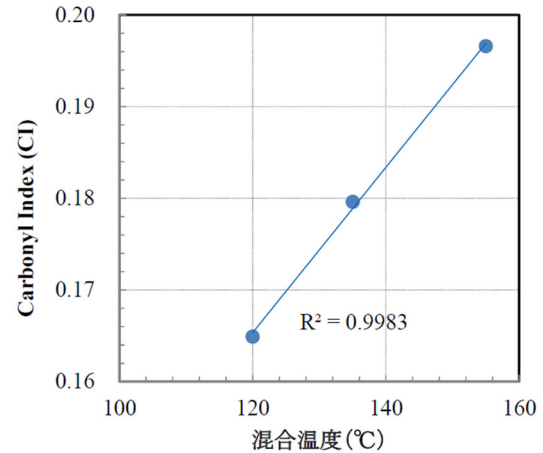
## 付録-1 製造時の温度低減に伴うアスファルトの熱劣化の抑制

ストレートアスファルト 60/80 を用いた密粒度アスファルト混合物(13)について、混合温度を変化させた混合物から回収したアスファルトの針入度および FT-IR 分析による Carbonyl Index (CI) を測定した事例を付図-1.1<sup>8)</sup>および付図-1.2<sup>8)</sup>に示す。

回収アスファルトは、混合温度が低いほど針入度が高くなり熱劣化が抑制されるとともに、CI が小さくなり酸化劣化が抑制されている。



付図-1.1 混合温度による針入度の変化<sup>8)</sup>

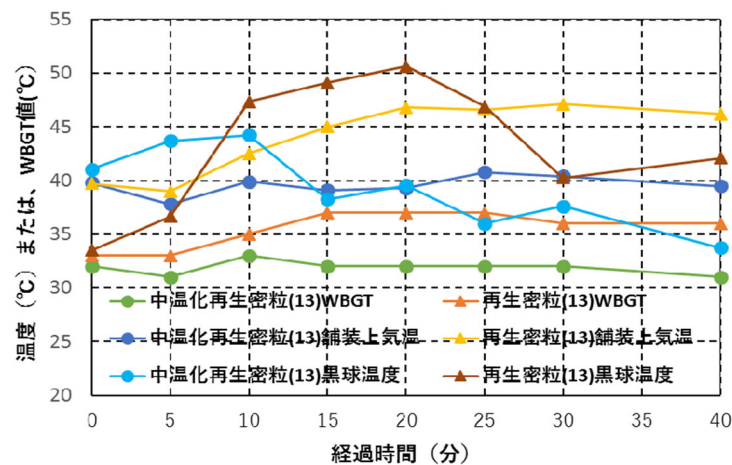


付図-1.2 混合温度によるCIの変化<sup>8)</sup>

## 付録-2 作業者の労働環境の改善

165℃で製造した再生密粒度アスファルト混合物(13)と 144℃で製造した再生中温化密粒度アスファルト混合物(13)について、施工時に黒球付き WBGT 計をレーキ作業員に携帯させて、WBGT 値および温度を測定した事例を付図-2.1<sup>9)</sup>に示す。

製造温度を約 20℃低減した再生中温化密粒度アスファルト混合物(13)は、再生密粒度アスファルト混合物(13)に比べて、WBGT 値が最大約 5℃低減し、舗装上温度が最大約 8℃低減しており、夏季の作業環境が緩和されている。

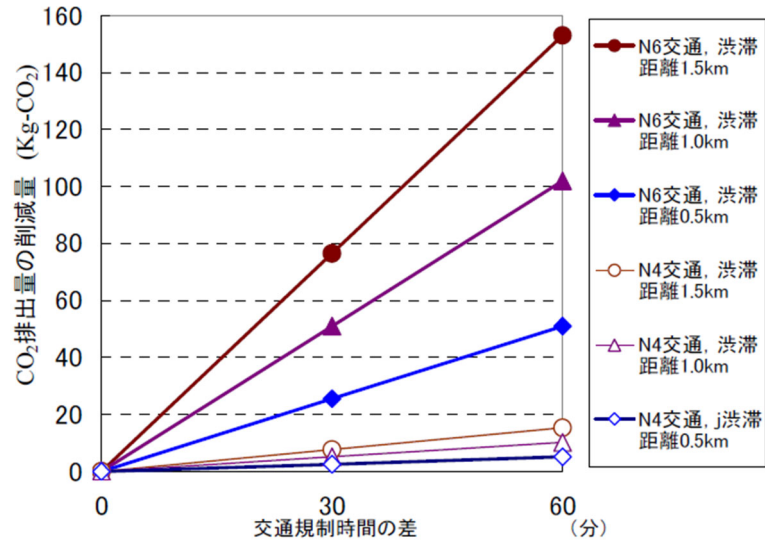


付図-2.1 レーキ作業員 WBGT 値他測定結果<sup>9)</sup>

### 付録-3 交通開放に至るまでの時間短縮による一般車両からのCO<sub>2</sub>排出量削減

交通規制による渋滞発生時の自動車の交通速度を10km/h、交通規制解放後の自動車の交通速度を40km/hとして、交通規制時間の短縮による自動車から排出されるCO<sub>2</sub>削減量を試算した事例を付図-3.1<sup>10)</sup>に示す。

試算結果では、N<sub>6</sub>交通道路で渋滞距離が1.5kmの場合、交通規制時間を60分短縮することで、153kg-CO<sub>2</sub>のCO<sub>2</sub>排出量削減効果が得られている。



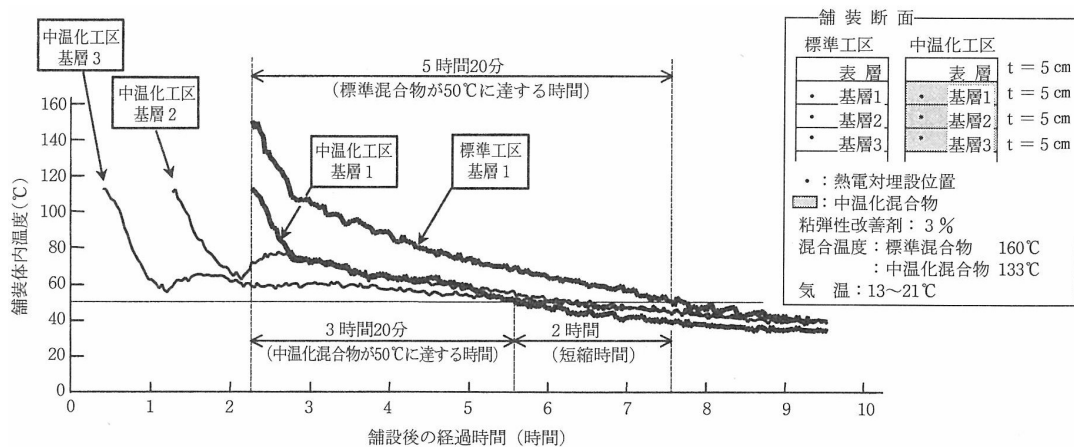
付図-3.1 交通規制時間の差によるCO<sub>2</sub>排出量<sup>10)</sup>

#### 付録－4 早期交通開放

交通規制を伴う補修工事では、中温化混合物を用いることで、通常よりも混合物温度が低いことから交通開放までの規制時間の短縮が可能になる。また、規制時間を同じにすれば日施工量を増やせるので、工期の短縮も図れることもある。これらの規制時間や工期の短縮は、補修工事における交通渋滞の緩和にもつながり、交通車両の排気ガスや騒音等の沿道環境の改善にも寄与する結果となる。

ここでは、試験舗装と空港滑走路において中温化混合物の早期交通開放の検討事例について紹介する。

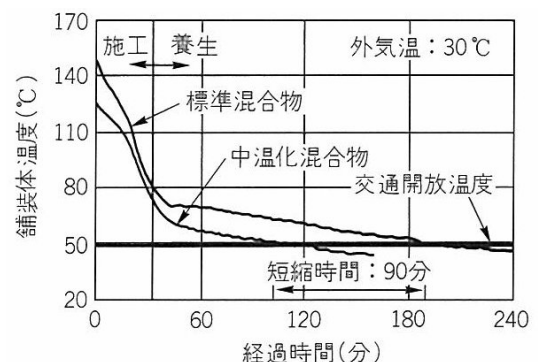
はじめの事例は、付図－4.1<sup>11)</sup>の舗装断面に示す基層3層と表層1層を同日施工し、舗装体の内部温度を熱電対で測定して、その経時変化から交通開放時期を検討したしたものである。通常加熱混合物の標準工区の温度低下に比べ、それより30℃低減して製造した中温化混合物の工区は内部温度の降下が早く、交通開放温度（舗装表面温度が50℃以下）になるまでの時間が2時間程度短縮されている。



付図－4.1 各工区の舗装後の舗装体内部温度の経時変化

また、次の事例の表層厚5cmのオーバーレイの試験舗装においても、付図－4.2<sup>12)</sup>に示すように、通常加熱混合物の標準混合物よりも30℃低減して製造した中温化混合物の工区の方が交通開放温度までの時間がおおむね90分程度短縮されている。

この他にも、早期交通開放への適用効果を検討した事例<sup>13), 14), 15)</sup>が公表されている。その中には、中温化混合物と通常加熱混合物との温度差が20℃程度の場合では、時間差が約30分であったとの報告<sup>15)</sup>もある。

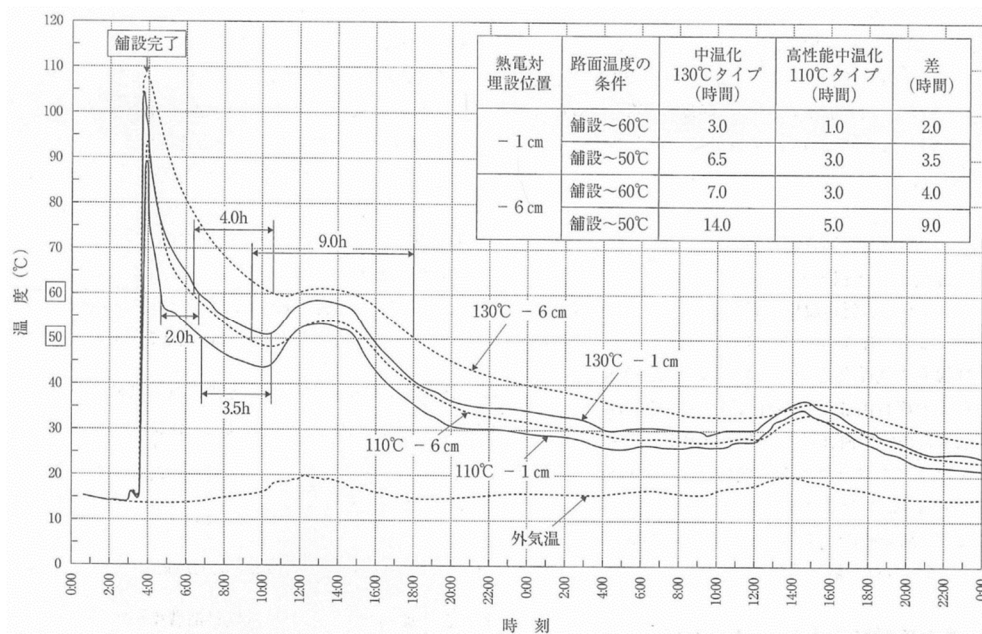


付図－4.2 各混合物の舗装体内部温度の経時変化

このように交通開放までの規制時間の短縮効果にはかなり幅がある。要因としては、混合物の温度低下が舗装時の気象や表・基層施工厚の条件、あるいは製造時の設定温

度の違いなどに影響されることが考えられる。しかし、同一の気象条件と施工条件下においては、これまでの調査から、少なくとも 30 分程度の時間短縮効果があるといえる。

空港滑走路の補修工事の事例は、全層 42cm の帯状厚層打換えと平均厚 16cm の全面切削オーバーレイに中温化混合物を適用したものであり、夜間の厳しい時間制約のもとで舗設し、翌朝からの早期開放を目的とした工事である。本工事では、シックリフト工法による 30℃低減の大粒径アスコンの他に、表・基層にも 30℃および 50℃低減の 2 種類の中温化混合物が用いられている。特に荷重条件が厳しい航空機のタイヤが接触する走行部や滑走路端部には、付図-4.3<sup>16)</sup>に示すように、50℃低減した中温化混合物を用いて、これと散水冷却を組み合わせることで供用開始時の舗装表面の温度を 50℃以下にすることができたとしている。



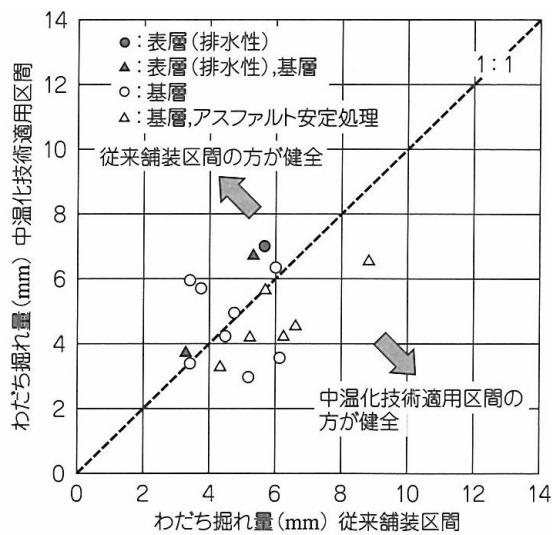
付図-4.3 内部温度の降下状況

## 付録－5 供用性調査結果

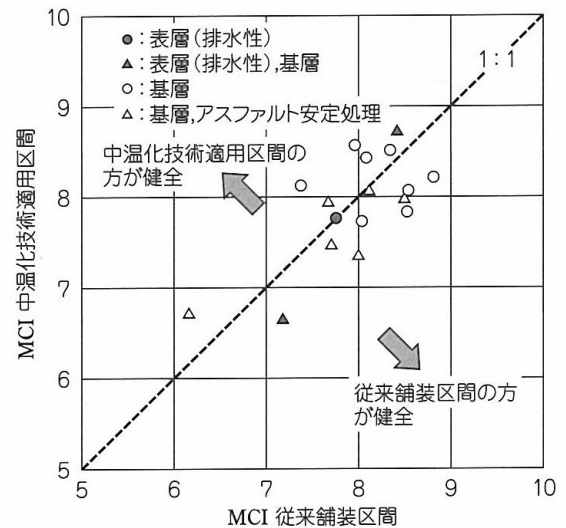
国土交通省関東地方整備局管内の直轄国道で施工された中温化舗装（製造温度を30℃程度低減）の耐久性について、施工後2ヶ月～10年程度経過した路面性状データを用いて、取りまとめ調査<sup>17)</sup>が行われた。この調査は中温化舗装と、同じ路線の近隣で同時期に施工された通常舗装における路面性状値の区間平均値によって比較・検討されている。なお、調査区間における中温化混合物は、表層に適用された区間が2箇所、基層に適用された区間が8箇所、アスファルト安定処理に適用された区間が3箇所となっている。

取りまとめられた結果の一部を付図－5.1と付図－5.2に示す。中温化舗装（中温化技術適用区間）は、わだち掘れ量、MCIともに、従来の通常舗装（従来舗装区間）とほぼ同等と評価されており、現時点では耐久性に対する懸念は少ないとしている。

なお、MCI（Maintenance Control Index：維持管理指数）は、路面のひび割れ率とわだち掘れ量および平たん性から計算<sup>18)</sup>される指数である。



付図－5.1 わだち掘れ量の比較

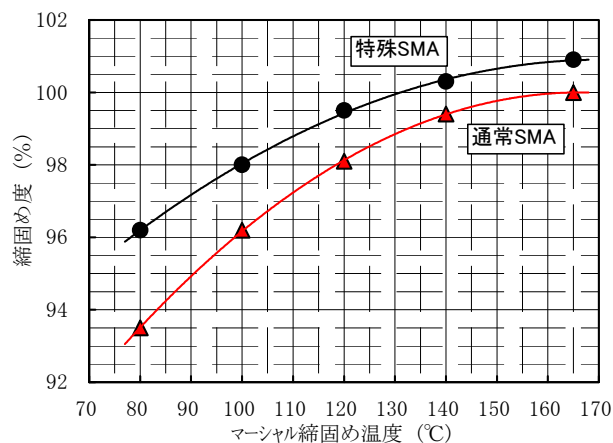


付図－5.2 MCIの比較

## 付録－6 橋面舗装や薄層舗装への適用事例

### (1) 橋面舗装への適用事例

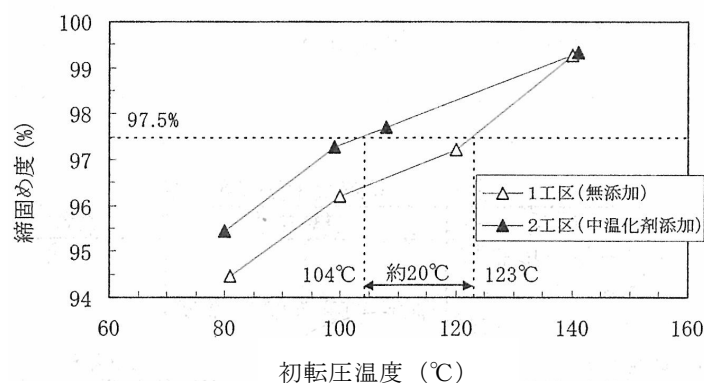
この事例は、橋面舗装の防水層を兼ねたレベリング層に用いる砕石マスティックアスファルト混合物（以下、SMA）に中温化技術を適用したものである。寒冷期の施工で、かつ施工厚が 35mm における所要の締固め度の確保と舗設時間の拡大を目的としている。中温化技術を適用した SMA（以下、特殊 SMA）は、通常の SMA と同等の締固め度を得るための締固め温度が付図－6.1<sup>19)</sup>に示すように 20℃程度低減できる。試験施工の結果、外気温が 2℃程度の厳寒期であったが全てのコアで 98%（目標の締固め度：97.5%）以上の締固め度が得られている<sup>20)</sup>。



付図－6.1 各 SMA の締固め温度と締固め度の関係

### (2) 薄層舗装への適用事例

この事例は、コンポジット舗装の中間層（ $t=20\text{mm}$ ）に特殊 SMA を用いたものであり、薄層による急激な混合物温度の低下に伴う締固め不足の対策としている。中温化剤添加の特殊 SMA は、付図－6.2 に示すように、初転圧温度が無添加の通常の SMA に比べて約 20℃低下した場合でも、不透水となる締固め度（97.5%）が確保できるとして、トンネル内のコンポジット舗装に用いられ、施工幅員が約 8m と広く、厳しい条件であったが、締固め度の平均が 98.7%と良好な結果を得ている<sup>21)</sup>。



付図－6.2 初転圧温度と締固め度の関係

## 付録-7 広域運搬での品質や施工性を確保

再生密粒度アスファルト混合物(13)と改質密粒度アスファルト混合物(13)について、従来技術とフォームドアスファルトを適用した場合で運搬時間を変え、舗設を行った事例を付表-7.1<sup>22)</sup>に示す。

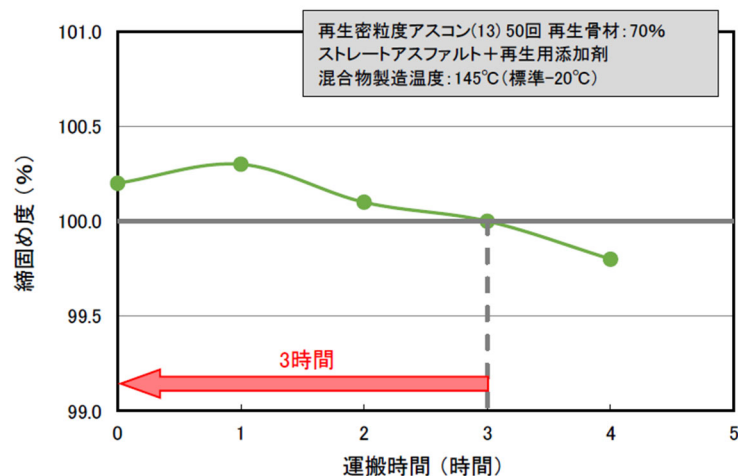
フォームドアスファルトを適用した混合物は、従来技術に比べ1時間以上長く運搬しているが、従来技術と同等の締固め度が得られている。

付表-7.1 試験施工結果<sup>22)</sup>

項目	技術種別	出荷温度	運搬時間	初期転圧温度	締固め度
再生密粒(13)	従来技術	165±10℃	49分	139℃	97.7%
	フォームドAs		3時間7分	124℃	97.7%
改質密粒(13)	従来技術	178±10℃	2時間13分	160℃	97.9%
	フォームドAs		3時間24分	150℃	98.0%

フォームドアスファルトを適用した再生密粒度アスファルト混合物(13)について、通常よりも20℃低い145℃で製造し、時間経過と締固め度の関係をマーシャル供試体の密度で評価した事例を付図-7.1に示す。

フォームドアスファルトを適用した再生密粒度アスファルト混合物(13)は、製造後3時間後まで締固め度100%を確保でき、製造後4時間後においても締固め度99.8%を確保できている。



付図-7.1 時間経過（運搬時間）と締固め度の関係<sup>23)</sup>



#### 【参考文献】

- 1) 早坂信太郎, 松並貴志, 野村悠介: 機械式フォームド装置による中温化混合物の適用, 第 35 回日本道路会議, 2023. 11
- 2) 菅原紀明, 山崎健作, 人見信男: アスファルト混合物の締固め性向上による広域運搬技術の適用検証: 第 35 回日本道路会議 2023. 11
- 3) 加藤正浩, 村山雅人; 界面活性剤系中温化剤の開発とその性能評価, 第 28 回日本道路会議, 2009. 10
- 4) 安藤政治, 亀山修一, 門田誠也, 向後憲一; フォームドアスファルト技術と添加剤を併用した再生中温化アスファルト混合物に関する研究, 第 25 回舗装工学講演会, 2020. 12
- 5) 末原俊史; 発泡補助剤を併用したフォームドアスファルト技術の再生混合物への適用事例, アスファルト合材, 第 141 号, pp. 36-42, 2022. 1
- 6) 江向俊文, 齋藤啓大, 河合真邦: 微細泡に改良したフォームドアスファルトによる再生アスファルト混合物の検討, 道路建設 No. 740, pp. 50-56, 2013. 9
- 7) 越健太郎; アスファルト混合物の持続安定的な供給に関する研究 (東京都市大学大学院工学研究科博士論文, 2019. 3)
- 8) 新田弘之, 西崎到, 川上篤史: アスファルト混合物の製造・施工温度低減による性状改善効果, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, V-423, pp. 845-846, 2012. 9
- 9) 佐澤昌樹, 小川勉: 中温化合材による夏季施工時の作業環境緩和について, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会講演概要集, V-272, 2019. 9
- 10) 川上篤史, 新田弘之, 加納孝志, 久保和幸: 加熱アスファルト混合物製造に係る CO<sub>2</sub> 排出量とその影響要因について, 土木学会舗装工学論文集 第 14 巻, pp. 67-75, 2009. 12
- 11) 市岡孝夫, 森嶋洋幸, 小林良太: 粘弾性状を改善したアスファルト混合物の開発と中温化技術への応用, 道路建設 No. 643, pp. 30-35, 2001. 8
- 12) 海老澤秀治, 坂本康文, 佐々木雅之, 五傳木一: ケミカルフォームドアスファルトを用いた中温化技術, 舗装 Vol. 35 No. 10, pp. 19-24, 2000. 10
- 13) 吉中保, 根本信行: 環境保全を指向したアスファルト舗装技術に関する研究, 土木学会第 2 回舗装工学講演会講演論文集, pp. 239-248, 1997. 12
- 14) 寺田剛: 中温化技術の現状, 舗装 Vol. 36 No. 11, pp. 9-14, 2001. 11
- 15) 鈴木秀輔, 加納孝志, 西沢典夫: 中温化混合物の性状と適用例, 舗装 Vol. 34 No. 5, pp. 9-12, 1999. 5
- 16) 池上啓一, 松谷明典: 大粒径中温化アスコンを使用した滑走路改良について, 第 46 回北海道開発局技術研究発表論文集, 港-37, 2003. 2
- 17) 東拓生: 中温化技術を適用したアスファルト舗装の性能, 舗装 Vol. 45 No. 3, pp. 7-11, 2011. 3
- 18) (社)日本道路協会: 舗装設計施工指針 (平成 18 年版), p. 38, 2006. 2
- 19) 荒川和正, 小野聖久, 菅原紀明: 中温化技術を応用した SMA の橋面防水層への適用について, 第 24 回日本道路会議論文集 舗装部門, pp. 72-73, 2001. 10
- 20) 松下俊司, 若松隆, 植松祥示: 中温化技術を応用した SMA の橋面防水層への適用評価, 第 25

回日本道路会議論文集 舗装部門, 09166, 2003.10

- 21) 谷井敬春, 竹内康二, 森嶋洋幸: 中温化技術を応用した薄層 SMA の施工事例, 第 24 回日本道路会議論文集 舗装部門, pp.74-75, 2001.10
- 22) 菅原紀明, 山崎健作, 人見信男: アスファルト混合物の締固め性向上による広域運搬技術の適用検証, 第 35 回日本道路会議一般論文, 3060, 2023.11
- 23) 文常準, 末原俊史, 丹野一郎: 発泡補助剤を併用したフォームドアスファルト混合物の開発, 第 35 回日本道路会議一般論文, 3P07, 2023.11

## 低炭素（中温化）アスファルト舗装の手引き

---

一般社団法人 日本道路建設業協会

技術委員会

技術及び施工管理部会

部会長 山岸 宏

検討WG

WG長 山岸 宏

WG委員 上地 俊孝

〃 齊藤 一之

〃 神下 竜三

〃 野口 純也

〃 藤田 浩成

〃 加納 孝志

〃 塚本 真也

〃 遠藤 桂

〃 藤井 政人

〃 谷口 博

〃 水口 弘明

〃 多々良哲弘

一般社団法人 日本アスファルト合材協会

WG委員 山本 富業

〃 江向 俊文

〃 五傳木一

---

令和 6年 5月 24日 発行

発行

一般社団法人 日本道路建設業協会

一般社団法人 日本アスファルト合材協会

〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-5-1

東京建設会館