

中温化(低炭素)アスファルト舗装の手引き

平成 24 年 4 月

一般社団法人 日本道路建設業協会

目 次

1. 概説	1
1. 1 目的および適用上の留意点	1
1. 2 中温化アスファルト舗装に関する定義	2
1. 3 適用効果	2
1. 4 関連図書	3
2. 施工計画	4
2. 1 概説	4
2. 2 施工計画の立案	4
3. 材料	5
3. 1 概説	5
3. 2 中温化剤	5
3. 2. 1 発泡系	5
3. 2. 2 粘弾性調整系	6
3. 2. 3 滑剤系	6
3. 3 瀝青材料	7
3. 4 骨材	8
3. 5 フィラー	8
4. 配合設計	9
4. 1 概説	9
4. 2 プラントミックスタイプ	9
4. 3 プレミックスタイプ	10
5. 製造および運搬	11
5. 1 概説	11
5. 2 製造の準備	11
5. 3 製造	13
5. 4 貯蔵	14
5. 5 運搬	14

6. 舗設	1 4
6. 1 概説	1 4
6. 2 舗設作業	1 4
6. 3 温度管理	1 4
7. 施工管理	1 5
7. 1 概説	1 5
7. 2 出来形・品質管理	1 5
7. 3 安全管理と環境対策	1 6
7. 4 工事結果の記録, 保存	1 7
8. 今後の展望	1 8
付録	
付録-1 中温化舗装の適用効果を検証した事例	2 0
付録-2 通常加熱混合物の施工性改善を目的とした中温化技術の適用事例	2 4

1. 概説

1. 1 目的および適用上の留意点

中温化アスファルト舗装は、工事で使用する加熱アスファルト混合物の製造・施工温度を低減することができる中温化技術を用いた舗装である。また、中温化アスファルト舗装は、製造温度を低減することにより、所要となる燃料消費量が削減でき二酸化炭素排出量の抑制にもつながることから、低炭素アスファルト舗装とも呼ばれている。

中温化技術は 1990 年代から我が国でも研究開発され、試験施工等を経て現在では実用化されており、2009 年度までの過去 10 年間の中温化技術を用いた舗装の施工実績は、工事件数で 450 件程度（面積：約 300 万 m²）であり、これを混合物製造量に換算すると約 62 万 t と試算される。また、この製造量は国内で製造された過去 10 年間の加熱アスファルト混合物の全製造量に対して 0.1%程度にすぎない状況ではあるが、2010 年 2 月には中温化アスファルト混合物としてグリーン購入法に基づく特定調達品目に追加され、これから本格的な普及段階を迎えようとしている。

一方、全米アスファルト舗装協会（NAPA）によると、WMA（Warm Mix Asphalt：中温化アスファルト混合物）の米国での製造量は 2009 年が 1,300 万 t（全製造比 4%）、2010 年が 4,600 万 t（同 13%）で、2009 年に掲げた「5 年以内に加熱アスファルト混合物製造量の 5 割」という目標を達成できそうな勢いであるとしている¹⁾。

現在、国内における中温化技術にはいくつかの種類があり、中温化の効果が得られるメカニズムの違いから発泡系、粘弾性調整系および滑剤系に分類され、専用の特殊添加剤やフォームドアスファルトが用いられている。また、混合物の製造方法の違いによっても分類され、混合物製造時に特殊添加剤あるいはフォームドアスファルトを用いるプラントミックスタイプと、あらかじめアスファルトと特殊添加剤を改質アスファルト製造工場ですべて均一に混合した中温化混合物用アスファルトを用いるプレミックスタイプとがある。

このように、中温化技術には様々な種類があることなどを踏まえれば、これからの普及展開に当たり、現状における技術に関する基本事項を整理して取りまとめることが必要と考えられた。

このような状況から本図書は、舗装工事に中温化アスファルト舗装を適用する際の参考図書の位置づけを想定して作成したものである。

ただし、中温化技術は今後の技術開発の余地もまだ残されているところもあるので、本図書の運用にあたっては、字句にとらわれることなく、その意図するところを的確に把握した上で柔軟に対応することが重要である。同時に適用に当たっては、当該道路の交通条件、沿道条件、自然条件あるいは施工条件を踏まえ、中温化アスファルト舗装に期待する効果等を勘案して、適用の採否を決めることが重要である。

1. 2 中温化アスファルト舗装に関する定義

本図書においては、中温化アスファルト舗装に関する用語を以下のとおり定義する。

中温化アスファルト舗装（以下、中温化舗装）とは、中温化技術を用いて、新規・再生加熱アスファルト混合物の製造温度を通常よりも 30℃程度低減しても、必要とする品質が確保できる中温化アスファルト混合物（以下、中温化混合物）を表層や基層または加熱アスファルト安定処理路盤層の何れかあるいは複数の層に用いた舗装である。

なお、本図書では製造温度を通常よりも 30℃程度低減した中温化混合物を主体に記述するが、これまでの事例としては、施工あるいは気象等の制約条件によっては 20℃程度を目標とした場合や、30℃を大きく上回る温度低減が図れる特殊添加剤を用いたものもある。

中温化技術とは、後述する 3 章の材料に示されている中温化混合物用特殊添加剤（以下、中温化剤）を添加、あるいはフォームドアスファルトを使用することにより、製造および施工温度を低減することが可能になるアスファルト混合物の製造技術である。

プラントミックスタイプとは、アスファルトプラントにおいて混合物のドライ混合時あるいはウェット混合時に中温化剤を添加するものや、混合物の製造過程でアスファルトをフォームド化して用いるものである。また、プレミックスタイプとは、あらかじめ改質アスファルト製造工場で、アスファルトに中温化剤を添加して均一に混合した中温化混合物用アスファルト（以下、中温化アスファルト）を用いるものである。

加熱アスファルト混合物の製造における通常温度とは、中温化技術を適用しない同種の混合物（通常の加熱アスファルト混合物：以下、通常加熱混合物）の配合設計書における混合温度を参考とした製造温度や事前審査制度における認定書等で示されている製造温度である。ただし、寒冷期においては、通常加熱混合物の製造温度を温暖期より若干高めに設定する対策が取られることがあり、その場合の製造温度も通常温度に含める。

1. 3 適用効果

中温化舗装は、加熱アスファルト混合物の製造温度低減による CO₂ 排出量削減の他に、補修工事における早期交通開放（規制時間短縮）による渋滞緩和あるいは舗設許容時間の延長にともなう日当たり施工量の増加による工期短縮および夏期施工時の初期わだちの抑制等が期待できる。中温化舗装の主な適用効果を通常加熱混合物を用いたアスファルト舗装（以下、通常舗装）と比較すれば、表-1.1 に示すものが挙げられる。

付録に CO₂ 排出量の削減と早期交通開放等の事例を紹介する。

表-1.1 中温化舗装の主な適用効果

項目		社会的な効果	工事条件毎の適用効果	
			新設	補修
混合物製造 関連	CO ₂ 排出量 の削減	地球温暖化防止	○	○
	化石燃料の 消費量削減	資源の枯渇抑制 (延命)	○	○
舗設時関連	環境改善	作業・沿道環境の改善	○	○
	舗設時間の 短縮	工事中の事故低減、 工期短縮	-	○
早期交通開 放関連	沿道の環境 改善	工事、渋滞の騒音暴露 時間の短縮	-	○
	走行環境の 改善	工事渋滞の緩和、通常 交通流の早期回復	-	○
	初期わだち の抑制	安全性の確保(わだち 進行の低減)	-	○

○:通常加熱混合物を用いた施工に比べ適用効果のある項目

なお、通常温度で製造する加熱アスファルト混合物に中温化技術を用いれば、締固め性能が向上することから、寒冷期の施工や加熱アスファルト混合物の急激な温度低下が懸念される橋面舗装や薄層舗装などの施工性改善のために用いられることがある。このような製造温度を低減せずに中温化技術を用いる方法は、本図書で定義する中温化混合物とは異なるものであるが、技術の適用拡大の意味から参考として付録にその事例を紹介する。

1. 4 関連図書

材料の選定や取り扱い、施工に関する事項については、関連する基準類等を遵守するとともに、本図書に示していない詳細については、本文中に参照図書を記載する。

本図書に関連する技術図書には表-1.2 に示すようなものなどがあり、適宜参考にする。

表-1.2 関連図書

図書名	発刊時期	発刊機関
舗装の構造に関する技術基準・同解説	平成13年7月	社団法人 日本道路協会
舗装設計施工指針 (平成18年版)	平成18年2月	
舗装施工便覧 (平成18年版)	平成18年2月	
アスファルト混合所便覧 (平成8年版)	平成8年10月	
舗装設計便覧	平成18年2月	
舗装再生便覧 (平成22年版)	平成22年11月	
舗装調査・試験法便覧	平成19年6月	
舗装性能評価法 ー必須および主要な性能指標の評価方法編ー	平成18年1月	
舗装性能評価法 別冊 ー必要に応じ定める性能評価指標の評価方法編ー	平成20年3月	

2. 施工計画

2. 1 概説

中温化舗装の施工は、基本的には通常の舗装の施工に準じて行われるが、中温化技術の適用で特別に留意すべき事項については十分な配慮が必要であり、所定の品質が得られるよう事前に検討して作業標準を定め、それに基づき施工する。

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ち立案するものであり、中温化混合物の特徴をよく理解したうえで効率的な施工が行えるように計画する。施工計画の立案に際して、確認しておく条件や計画項目および安全確保と環境保全に関しては、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、2-2 施工計画」を参照する。ここでは、中温化舗装の計画立案に当たっての留意事項を以下に示す。

アスファルトプラントにおける中温化混合物の単位時間当たりの製造能力は、通常加熱混合物の製造時とほぼ同じであるが、出荷時には、設定された温度条件で製造するために、燃焼設備の調整やホットビンに貯蔵された加熱骨材の処理等が必要である。特に、1 日のうちで通常加熱混合物と中温化混合物を繰り返して製造する場合や、中温化混合物自体の製造量が少ない場合には、不必要な燃料の消費につながり、期待する CO₂ 排出量の削減効果が得られないこともあるので注意が必要である。例えば、製造温度を低減して CO₂ 排出量の削減を目的とした工事では、少なくとも 100 t 以上の中温化混合物を連続して製造することが望ましい。

中温化技術には数種類の方法があることから、設計図書に示されていないときはその中から選択する必要がある。プラントミックスタイプを用いるときは、中温化剤を添加するタイミング、添加後の混合時間の設定、あるいは添加時の安全作業方法等を確認しておく必要がある。また、発泡系の中温化混合物の中には、発泡の継続時間に制約を受けるものもあるので、施工場所までの運搬距離や運搬時間などに配慮しなければならない場合がある。

所定の出来形・品質を満足する舗装を構築するために使用する機械の選定、施工手順や施工方法などの作業標準については、過去の施工事例を参考にして定める。ただし、経験がないような場合には、試験施工等を行い、その結果をもとにするといよい。

3. 材料

3. 1 概説

中温化混合物に使用する主要材料は、通常加熱混合物と同様の瀝青材料、骨材、フィラー等と中温化技術を適用するための中温化剤である。この中温化剤は得られるメカニズムの違いにより、発泡系、粘弾性調整系および滑剤系に分類され、添加方法には、プラントミックスタイプと事前にアスファルトと均一に混合するプレミックスタイプの2つの方法がある。

なお、今後も新たな中温化技術が開発される可能性があるが、ここでは現状の中温化技術で用いられている材料等を取り上げている。

3. 2 中温化剤

3. 2. 1 発泡系

発泡系の中温化剤は、アスファルトモルタル内に微細泡を発生・分散させるもので、組成の違いからいくつかのものがあり、いずれもプラントミックスタイプである。

発泡系の中温化混合物は、発生・分散させた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、舗設時にはベアリング効果によって締固め性を向上させることができる。舗設後の時間経過にともなって温度が低下すれば微細泡の影響はなくなり、混合物の品質は確保される。

図-3.1 に発泡系の中温化混合物の概念を示す。

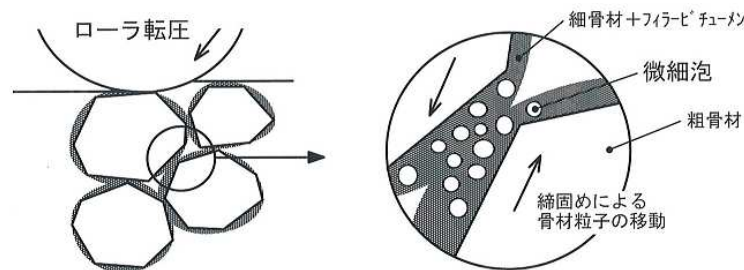


図-3.1 発泡系の中温化混合物の概念

また、発泡系には図-3.2 に示す特殊な装置によってアスファルトを発泡させたフォームドアスファルトがあり、その中温化混合物の混合および締固め特性は中温化剤を用いたものと同様である。

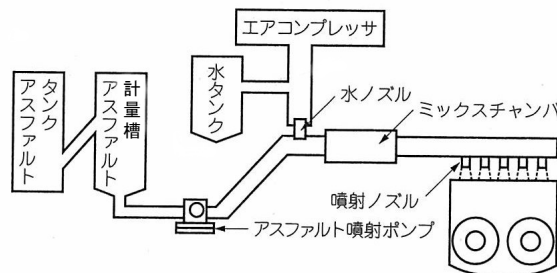


図-3.2 フォームドアスファルト発生装置の概略図

3. 2. 2 粘弾性調整系

粘弾性調整系の中温化剤には、常温においては固体的性状を示し、一定の温度以上になると急激に液体となって骨材を被覆しているアスファルトの表面部分の粘弾性を低下させるもの（粘弾性調整系A）や、アスファルトの組成と分子量分布を調整して、高温域でのアスファルト混合物のコンシステンシを調整するもの（粘弾性調整系B）がある。

添加方法はプラントミックスタイプが多いが、プレミックスタイプとしても使用できるものがある。

粘弾性調整系Aに属する中温化剤は、一定以上の温度で液体として作用し、常温域で固体性状に転換するものであり、混合物の製造温度や施工温度領域の高温域での粘弾性を調整することによって、混合物の製造・施工温度を低下させることを可能とするのが特徴である。粘弾性調整系Bに属する中温化剤は、アスファルトと同様の組成を有し、その特徴は粘弾性調整系Aと同様である。いずれの中温化剤を使用した中温化混合物も、供用温度領域での粘弾性は中温化剤無添加のものと同等になるため、混合物の品質は確保される。

図-3.3、図-3.4に粘弾性調整系の中温化混合物の概念を示す。

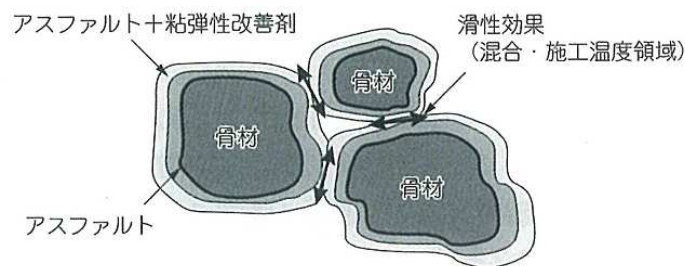


図-3.3 粘弾性調整系Aの中温化混合物の概念

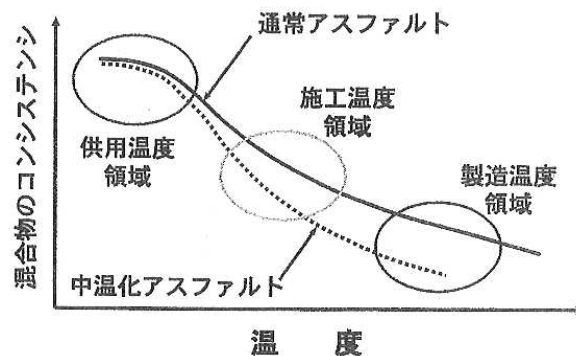


図-3.4 粘弾性調整系Bの中温化混合物の温度とコンシステンシの概念

3. 2. 3 滑剤系

滑剤系（界面活性剤系）の中温化剤は、アスファルトのコンシステンシへの影響が少なく、アスファルト及び骨材界面における潤滑性を高められるものである。

添加方法はプレミックスタイプが多いが、プラントミックスタイプとしても使用できるものがある。

滑剤系の中温化剤の作用・効果は、アスファルト粘度への影響が少なく、中温化剤の融点以上になるとアスファルトに溶解してアスファルトと骨材の界面における潤滑を高め、アスファルト混合物中の骨材間の摩擦抵抗が低減するものである。製造時と施工時の高温域で発現する潤滑効果によって少ないエネルギーで締固め性が得られる。

図-3.5 に滑剤系の中温化混合物の概念を示す。

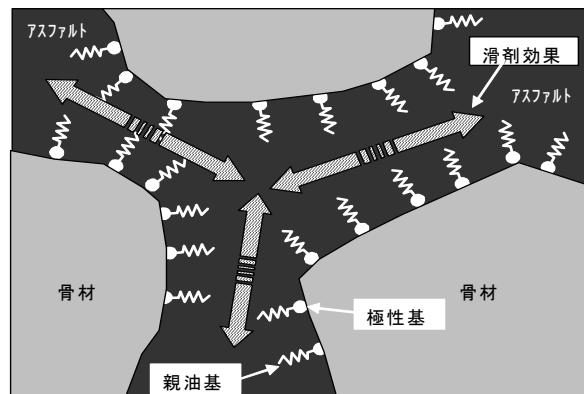


図-3.5 滑剤系の中温化混合物の概念

3. 3 瀝青材料

中温化混合物は、ベースとなる通常加熱混合物の製造温度を 30℃程度低減させた場合に、中温化剤等を使用することによって通常加熱混合物と同等の締固め性が得られ、必要な品質も確保されていることを基本的な考え方としている。このため、プラントミックスタイプの中温化剤を用いて製造する中温化混合物の瀝青材料は、通常の加熱混合物に使用されるものと同じで、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、3-3 舗装用素材」に示される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が使用される。

一方、プレミックスタイプの中温化アスファルトは、中温化剤やポリマーなどを加えて舗装用石油アスファルトの性状を改質した瀝青材料である。

現在では表-3.1 に示すように、一般的なポリマー改質アスファルトおよび舗装用石油アスファルトの標準的性状を満足する中温化アスファルトが使用できるようになってきていることから、使用目的、適用箇所の交通条件、環境条件等に応じて必要な品質の中温化アスファルトを選定するとよい。なお、再生加熱アスファルト混合物に使用する場合は、必要に応じて製造メーカーと協議を行うとよい。

表-3.1 一般的なアスファルトに対応する中温化アスファルト

一般的なアスファルト（標準材料）	中温化アスファルト
舗装用石油アスファルト	舗装用石油アスファルト（中温化）
ポリマー改質アスファルトⅠ型	ポリマー改質アスファルトⅠ型（中温化）
ポリマー改質アスファルトⅡ型	ポリマー改質アスファルトⅡ型（中温化）
ポリマー改質アスファルトⅢ型	ポリマー改質アスファルトⅢ型（中温化）
ポリマー改質アスファルトH型	ポリマー改質アスファルトH型（中温化）

注) 中温化アスファルトは、対応する一般的なアスファルトよりも 30℃程度温度低減できるように開発されたものが多い。

3. 4 骨材

骨材には、砕石、玉砕、砂利、鉄鋼スラグ、砂および再生骨材などがある。

中温化混合物に用いる骨材は通常加熱混合物と何ら変わるものではなく、特別な骨材を使用するものではない。骨材に関する事項は、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、3-3 舗装用素材」および「舗装再生便覧（平成 22 年版）、2-3-2 アスファルトコンクリート再生骨材」に準じるものとする。

なお、中温化技術による混合物製造温度の低減は、骨材の加熱温度を通常より低く設定するため、使用する骨材の含水比の状態には注意する必要がある。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、特に降雨にさらされないように十分な対策を取ることが必要である。

3. 5 フィラー

フィラーには、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を用いる。

3. 4 と同様、中温化混合物に用いるフィラーは通常加熱混合物に用いるものと同じであり、特別なフィラーを使用するものではない。フィラーおよびその他のフィラーに関する事項は、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、3-3 舗装用素材」に準じるものとする。

4. 配合設計

4. 1 概説

中温化混合物は、通常加熱混合物の製造温度を低減した場合でも、中温化剤を添加することなどによって通常加熱混合物と同等の締固め性が得られ、必要な品質が確保されていることが基本となる。

このため、プラントミックスタイプの中温化剤を用いて配合を決めるまでの一般的な手順は、先ずベースとなる通常加熱混合物の配合設計を行い、それで得られた設定アスファルト量において中温化剤の添加量を変化させ、目標温度低減幅を考慮して設定した混合温度および締固め温度で供試体を作製し、同等の密度が得られる中温化剤の添加量を決め、併せて所要の品質が得られることを確認するという流れで行われる。

一方、プレミックスタイプの中温化アスファルトは、通常使用される一般的なアスファルトよりも温度低減が図れることを目的に開発されたバインダであり、これを使用する場合の中温化混合物の配合設計は、メーカーが推奨する混合温度と締固め温度をもとに、通常加熱混合物と同様の手順で行われる。

なお、中温化剤や中温化アスファルトのメーカーによる配合設計手法があれば、それに従うとよい。また、フォームドアスファルトを用いる場合は、プラントミックスタイプの方法に準じて行われるが、詳細は中温化混合物製造者による配合設計手法に従うとよい。

4. 2 プラントミックスタイプ

(1) 配合設計方法

1) プラントミックスタイプの配合設計は、基本的に図-4.1 の手順に従って実施する。

なお、通常加熱混合物の配合設計が既に実施されているような場合には、その設定された配合を基にして中温化剤の添加量を決める作業を行うこととなる。

2) 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は、対象となる混合物に応じて、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、6-3 加熱アスファルト混合物の配合設計」あるいは「舗装施工便覧（平成 18 年版）、7-2 ポーラスアスファルト混合物の配合設計」または「舗装再生便覧（平成 22 年版）、2-5-3 再生加熱アスファルト混合物の配合設計」を参照する。

(2) 設計アスファルト量の設定

1) 通常加熱混合物における設計アスファルト量の設定方法は、対象となる混合物に応じて、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、6-3-3 設計アスファルト量の設定」あるいは「舗装施工便覧（平成 18 年版）、7-2 ポーラスアスファルト混合物の配合設計」または「舗装再生便覧（平成 22 年版）、2-5-3 再生加熱アスファルト混合物の配合設計」に従って実施する。

2) アスファルトプラントにおいて定期試験によって配合が既に定められている混合物やアスファルト混合物事前審査認定混合物に中温化技術を適用するような場合には、既に定められているアスファルト量を設計アスファルト量としてもよい。

(3) 中温化剤添加量の設定

- 1) 中温化剤は、混合温度および締固め温度を目標温度に低減させても通常加熱混合物と同等の密度（通常加熱混合物との密度の比 $100 \pm 0.5\%$ ）が得られ、同時に必要な混合物性状も確保されていることを確認して添加量を設定する。ここで、「通常加熱混合物と同等の密度」とは、厳密に記せば通常加熱混合物との密度比で 100% であるが、マーシャル供試体作製時の密度のバラツキや過去の施工実績等を考慮に入れ、 $100 \pm 0.5\%$ とする。また、「必要な混合物性状」についても、厳密に記せば通常加熱混合物の各混合物性状値（マーシャル安定度、残留安定度、動的安定度等）と同一と見なせる性状値であることが必要となるが、工事関連図書等において規格値が示されている場合には、その規格値を満足すればよいものとする。なお、メーカー推奨値または実績がある場合で通常加熱混合物と同等の締固め性と品質が得られることが確認できているならば、その添加量を基本としてよいものとする。
- 2) 粘弾性調整系の中温化剤の添加量は、アスファルト量の一部として含めることがある。また、発泡系の中温化剤では、アスファルト量には含めない場合がある。
- 3) 中温化剤の添加がアスファルト混合物の理論最大密度に影響するような場合は、それを含めて算出する。
- 4) 中温化混合物によっては、時間経過に伴う混合物性状の確認のために、混合物製造後から現場までの運搬時間等を考慮して、混合物を所定時間養生してから供試体を作製する場合がある。

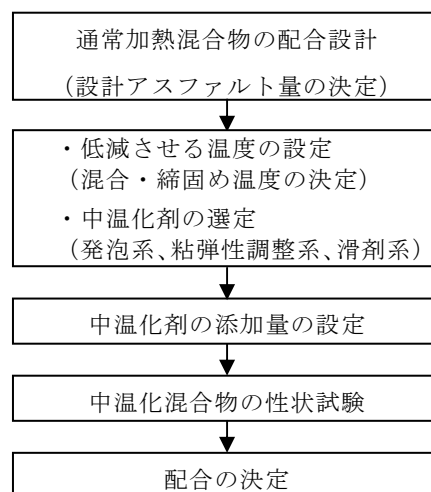


図-4.1 プラントミックスタイプの配合設計手順

4. 3 プレミックスタイプ

(1) 配合設計方法

- 1) プレミックスタイプの配合設計は、設計図書に示される目標低減温度に対応可能な中温化アスファルトを選定して、使用する中温化アスファルトの製造メーカーが推奨する混合温度と締固め温度でマーシャル安定度試験により配合設計を行う。中温化アス

ファルトの物性が対応する一般的なアスファルト（表-3.1 参照）の規格に適合しているならば、通常加熱混合物の配合設計書に従って中温化混合物の配合とする場合もある。

また、通常加熱混合物との締固め特性や混合物性状を比較する場合には、中温化アスファルトのベースとなっている一般的なアスファルトでの配合設計も行う。配合設計の手順は、通常加熱混合物の場合と同様であり、対象となる混合物に応じて、「舗装施工便覧（平成 18 年版），図-6.3.1 配合設計の手順」あるいは「舗装施工便覧（平成 18 年版），図-7.2.1 配合設計の手順」または「舗装再生便覧（平成 22 年版），図-2.5.1 設計針入度への調整を行う方法の配合設計フロー，もしくは図-2.5.4 設計圧裂係数への調整を行う方法の配合設計フロー」に従って行う。

- 2) 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は，対象となる混合物に応じて，「舗装施工便覧（平成 18 年版），6-3 加熱アスファルト混合物の配合設計」あるいは「舗装施工便覧（平成 18 年版），7-2 ポーラスアスファルト混合物の配合設計」または「舗装再生便覧（平成 22 年版），2-5-3 再生加熱アスファルト混合物の配合設計」を参照する。

(2) 設計中温化アスファルト量の設定

中温化混合物における設計中温化アスファルト量の設定は，対象となる混合物に応じて，「舗装施工便覧（平成 18 年版），6-3-3 設計アスファルト量の設定」あるいは「舗装施工便覧（平成 18 年版），7-2 ポーラスアスファルト混合物の配合設計」または「舗装再生便覧（平成 22 年版），2-5-3 再生加熱アスファルト混合物の配合設計」に従って実施する。

5. 製造および運搬

5. 1 概説

中温化混合物は，通常加熱混合物と同様に，適切な温度管理および品質管理のもとで製造し，運搬車で舗設現場に運搬する。

5. 2 製造の準備

中温化混合物製造のための準備は，通常加熱混合物と同様に，一般にはアスファルトプラントの点検，現場配合の仮決定，試験練り，現場配合の決定の手順で行う。

製造の準備にあたり，確認および留意すべき事項は以下のとおりである。

- 1) アスファルトプラントは，計量器，温度計およびアスファルト吐出量など，各設備，装置の機能を定期的に点検し，所定の品質のアスファルト混合物を製造できるようにしておく。また，計量器の点検の際には印字記録装置による計量値の打ち出しを行い，計量器の指示値と印字記録値との整合性を確認しておく。

なお，アスファルトプラントの点検方法や点検項目およびその目標値は，「舗装施工

便覧（平成18年版）、付録-3 アスファルトプラントの定期点検」を参照する。

- 2) 中温化混合物の現場配合は、配合設計の結果にもとづいた試験練りを行って決定する。この時、必要に応じて室内配合から修正を行うことがある。
- 3) 中温化混合物を初めて製造する場合は、骨材の含水比に応じた骨材流量やバーナ開度、混合時間の設定、中温化剤の添加方法、中温化アスファルト使用の場合の搬入方法等を事前に確認しておく必要がある。
 また、中温化混合物は、通常加熱混合物に比べ骨材加熱温度が低いため、目標とする骨材加熱温度や加熱前の骨材含水比によっては、バグフィルタの結露など、プラント設備に影響を与える場合がある。そのため、通常加熱混合物の製造との違いに留意し、事前にプラント設備各所の確認を行うことが望ましい。
- 4) 試験練りにおいては、骨材の配合比やアスファルト量、中温化剤添加量、中温化混合物の製造温度および混合時間の決定などを行う。試験練りのポイントについて以下に示す。
 - ① 使用する中温化混合物の出荷実績がない場合には、試験練り時に比較対象となる通常加熱混合物と中温化混合物の両方をそれぞれの目標温度で製造し、マーシャル供試体の両者間の密度比較による締固め性の確認と、必要に応じた各種の性状試験を実施する。
 - ② 中温化技術の中で、混合物製造から供試体の作製までに一定時間の養生を必要とするものもあるので、それぞれの技術の取扱い要領を確認して作製手順を定める。
- 5) プレミックスタイプの中温化アスファルトを用いる場合は、製品によってその取扱い方法が異なる場合があるので、事前に製造メーカーの取扱い要領などを調べた上で、製造の準備を行う。なお、試験練りは、一般に通常加熱混合物の場合と同様の手順で行う。
- 6) 試験練り時に確認する一般的な項目の例を表-5.1に示す。

表-5.1 試験練り時に確認する項目の例（プラントミックスの場合）

項目	確認方法	目標値等
常温時の骨材含水比	骨材の含水率試験	—
製造時の各設定値	操作盤の指示値を確認	—
骨材加熱温度(ドライ混合)	温度計による測定	—
混合温度	温度計による測定	通常加熱混合物より30℃程度低い温度
混合状態	目視	アスファルトが均一に皮膜していること
アスファルト量	印字記録、抽出試験	—
粒度	抽出・ふるい分け試験	—
マーシャル特性値 (密度、飽和度、安定度など)	舗装調査・試験法便覧 「B001 マーシャル安定度試験方法」	各規格値を満足すること※2
締固め度	舗装調査・試験法便覧 「B001 マーシャル安定度試験方法」	配合設計時との密度の比100±1%程度
動的安定度、残留安定度※1	舗装調査・試験法便覧 「B003 ホイールトラッキング試験方法」 「B001 マーシャル安定度試験方法」	各規格値を満足すること※2

※1：動的安定度、残留安定度の試験は、必要に応じて実施する。

※2：規格値の定められていない混合物性状については、通常加熱混合物と同程度であること。

5. 3 製造

(1) 製造上の留意点

中温化混合物は、通常加熱混合物と同様に、アスファルトプラントにおいて適切な温度管理・品質管理のもとで製造する。温度管理や品質管理の方法や頻度は、通常加熱混合物と同様でよい。ただし、中温化技術は、密粒度アスファルト混合物やポーラスアスファルト混合物、再生加熱アスファルト混合物など、様々な混合物へ適用されるので、それぞれの混合物の製造上の留意点を参考にし、製造手順や品質確認項目を定めておくことが望ましい。

(2) CO₂排出削減効果を確認する場合

中温化混合物の CO₂ 排出削減効果を確認する場合、混合物製造時の CO₂ 排出量は、アスファルトプラントに設置されている流量計等から読み取った製造時の単位時間当たりの燃料消費量を基にして求めることができる。混合物の製造量が少ない場合や骨材の含水比が大きい場合には、コールドフィーダの流し量やドライヤのバーナ開度などが安定しないため、燃料消費量が適切に計測できないことがあるので注意が必要である。

混合物製造 1 t 当たりの燃料消費量、CO₂ 排出量および CO₂ 排出量削減効果の算出手順の例を以下に示す。

- ① アスファルト混合物製造時に、コールドフィーダの流し量やドライヤのバーナ開度などが安定した時点で、単位時間当たりの燃料消費量とアスファルト混合物製造量を測定する。なお、計測時間は、燃料消費のバラツキを考慮して連続製造において 100 分程度以上が望ましい。単位時間当たりの燃料消費量は、プラント操作盤に備わっている計器などから読み取る。また、燃料消費量の計測時間はストップウォッチ等で計測する。単位時間当たりのアスファルト混合物製造量は印字記録から算出する。
- ② アスファルト混合物の製造 1 t 当たりの燃料消費量(燃費)を算出する。燃費は加熱前の骨材の含水比や温度により変化する²⁾。そのため、通常加熱混合物と中温化混合物の燃費を比較する場合には、加熱前の骨材の含水比や温度が同程度であることが必要である。

$$\text{燃費(L/t)} = \frac{\text{単位時間当たりの燃料使用量(L/h)}}{\text{単位時間当たりのアスファルト混合物製造量(t/h)}}$$

- ③ 燃費と燃料の CO₂ 排出原単位から、アスファルト混合物製造 1 t 当たりの CO₂ 排出量を算出する。使用燃料等の CO₂ 排出原単位は、「舗装性能評価法 別冊一必要に応じて定める性能評価指標の評価方法編一、1-9 CO₂ 排出量低減値」を参照する。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量(kg-CO}_2\text{/t)} = \text{燃費(L/t)} \times \text{燃料の CO}_2 \text{ 排出原単位(kg-CO}_2\text{/L)}$$

- ④ 通常加熱混合物と中温化混合物の製造 1 t 当たりの CO₂ 排出量から CO₂ 排出削減効果を算出する。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出削減効果(\%)} = \frac{\text{通常加熱混合物製造時のCO}_2\text{排出量} - \text{中温化混合物製造時のCO}_2\text{排出量}}{\text{通常加熱混合物製造時のCO}_2\text{排出量}} \times 100$$

なお、中温化混合物の製造開始から終了までの燃料消費量から CO₂ 排出量を算出し、CO₂ 排出削減効果を求めるには、連続して同量の通常加熱混合物を製造する必要がある。また、骨材の含水比は製造時の燃料消費量に影響を及ぼすことから、事前にその含水比にも配慮しておく必要がある。

5. 4 貯蔵

中温化混合物を貯蔵する場合には、一時貯蔵ビンまたは加熱貯蔵サイロを用いる。ただし、中温化技術の種類によっては、貯蔵時間に制約を受けるものもあるので注意する。中温化混合物を貯蔵する場合の詳細については、「アスファルト混合所便覧（平成 8 年版）、4-4 混合物の貯蔵」を参考にするとよい。

5. 5 運搬

中温化混合物の運搬は、通常加熱混合物と同様に、よく清掃した運搬車を用い、品質が変化しないように行う。

中温化混合物の品質を確保するためには、通常加熱混合物と同様に、運搬時の温度低下に対する配慮が大切であり、温度低下が予測される場合は必要な保温対策を講じる。

6. 舗設

6. 1 概説

中温化混合物の舗設は、適用する中温化技術の特徴をよく理解し、所要の締固め度や性能が得られるように十分な管理のもとで行う。

6. 2 舗設作業

中温化混合物の舗設作業に関する一般的な事項は、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、6-4 加熱アスファルト混合物の施工」を参照する。中温化混合物は、通常加熱混合物と同様に、アスファルトフィニッシャによる敷きならしからローラによる転圧終了までの一連の作業を迅速に行って仕上げる必要がある。

6. 3 温度管理

中温化混合物の敷きならしから転圧作業においては、通常加熱混合物の場合と同様に、適切な温度管理のもとで作業することが重要である。各工程における温度管理の目標値は、以下に示す事項を参考にして適切に設定する。

(1) 敷きならし温度

通常加熱混合物の敷きならし温度について、「舗装施工便覧（平成 18 年版）、6-4-4 敷きならし」では、アスファルトの粘度に依存するが、一般に 110℃を下回らないようにすることが示されている。しかし、中温化混合物では、110℃を下回っても敷きならし

可能な場合があるので、特に工事関連図書に明記されているような場合には、事前に発注者等と協議を行って承諾を得ることが望ましい。

(2) 転圧温度

転圧作業は、一般に、初転圧、二次転圧、仕上げ転圧が行われる。それぞれの段階における温度管理の目標値は、中温化混合物の製造温度を考慮し、所要の締固め度が得られる範囲で適切に設定する。この場合、例えば、ローラの締固め作業の中で、二次転圧の終了温度の目安を 70℃程度（一般的な通常加熱混合物の場合は 70℃～90℃）とし、各段階での転圧目標温度を設定するとよい。

7. 施工管理

7. 1 概説

中温化舗装の工事において、受注者は、その完成物が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、写真管理等）を行い、その成果の判定のため発注者が検査を行う。

施工管理および検査は、材料・工法などによらず同様に行われるものであるため、一般事項については「舗装設計施工指針（平成 18 年版）、第 6 章 性能の確認・検査」「舗装施工便覧（平成 18 年版）、第 10 章 施工管理」などを参照する。ここでは、主に施工管理に関し、中温化舗装に特有な項目について説明する。

7. 2 出来形・品質管理

完成時の舗装の出来形・品質が仕様で定められている場合には、受注者は、基準試験や施工各段階における出来形・品質管理を実施する必要がある。また、発注者は、完成時はもちろん施工段階で性能の確認が必要になることもある。

(1) 基準試験

基準試験は、管理や検査に必要な数値をあらかじめ求めておくこと、中温化混合物に用いる素材の品質、混合物の品質を確認することなどのために実施する。これらが設計図書で規定されている場合は、受注者が基準試験を実施し、その結果については発注者が確認・承認する。なお、素材については製造者の試験成績表、配合設計についてはアスファルト混合物事前審査制度に合格していれば、その配合設計書を基準試験に代えて用いることができる。

再生加熱混合物に中温化技術を適用する場合についての基準試験は、「舗装再生便覧（平成 22 年版）、2-9 施工管理」を参照するとよい。

(2) 基準密度

中温化混合物の基準密度は、本図書の「4. 配合設計」で得られた配合をもとに、一般に現場配合により製造した 1～2 日間の混合物から午前、午後各々 3 個の供試体を作製（中温化混合物の配合設計時の締固め温度）し、得られた供試体の密度の平均値とする。

(3) 品質管理

一般に行われる品質管理の他に以下に示す項目について留意が必要である。

1) 温度管理

① 製造時

中温化混合物は、通常加熱混合物の製造温度に比べて 30℃程度温度低減する混合物であることから、通常のプラント設定温度よりも低い温度域での製造となる。このため製造する中温化混合物が目標温度となるように、各段階において設定した温度で十分な管理を行う必要がある。

なお、アスファルトプラントに温度の印字記録装置を有している場合には、そのデータを利用して温度管理を行うとよい。

② 施工時

中温化混合物を舗設する際の各施工段階における温度管理は、通常加熱混合物と同様に行われるものである。一般には、敷きならし温度、初転圧温度、二次転圧温度、仕上げ転圧温度などについて、施工計画で設定した目標値をもとにして舗設時の温度管理を行う。

2) 中温化剤の使用量管理

中温化混合物に使用する中温化剤の使用量管理は、本図書の「4. 配合設計」で得られた配合から実際に使用した量を検収して行う。プレミックスタイプの場合は、アスファルト量の管理はその印字記録を利用するとよい。プラントミックスの場合は、空袋や空箱数量などにより使用量を検収する。

(4) CO₂排出量削減値

中温化混合物のCO₂排出量削減値の算出が求められている場合は、本図書の「5. 3 製造, (2) CO₂排出削減効果を確認する場合」に従う。詳しくは「舗装性能評価法 別冊－必要に応じて定める性能評価指標の評価方法編－, 1-9 CO₂排出量低減値」を参考にするとよい。

(5) 出来形管理

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確認するために行うものであり、基準高、幅、厚さ及び平坦性について行う。出来形管理の項目、頻度、標準的な管理の限界は、「舗装施工便覧（平成18年版）、10-4 出来形管理」等を参考にするとよい。

7. 3 安全管理と環境対策

中温化舗装の工事においても、現場内や一般車両および歩行者に対する安全対策など、施工における安全管理は通常の舗装工事と同様に重要である。特に、交通規制を伴う補修工事で早期交通開放を目的とするような場合は、時間に追われることが多いので安全管理には十分留意する必要がある。

また、環境対策も重要な項目であり、騒音、振動、建設廃棄物など、沿道環境や自然環境に及ぼす影響を予測し適切な対策を行うことが必要である。

安全管理と環境対策に関する詳細な事項については「舗装施工便覧(平成18年版), 10-6 安全管理と環境対策」を参照する。

7. 4 工事結果の記録, 保存

中温化舗装工事終了後, 適切な様式により工事記録を保存することが望ましい。

工事結果の記録は, 中温化舗装の技術改善に役立つばかりでなく, 意図した機能等の維持管理計画のための基礎資料となるものである。

中温化舗装の工事内容, 施工時の外気温、敷きならし温度, 転圧温度等の温度データ, 使用した骨材の含水比, 施工機械の編成, 転圧回数等をできるだけ詳細に記録しておくといよい。中温化舗装工事の記録様式の例を表-7.1に示す。

表-7.1 中温化舗装工事の記録様式例

工事名						
発注者						
施工年月日						
施工場所				路線名		
交通量区分						
中温化剤の種類						
混合物の種類						
製造数量	t		t		t	
低減温度	℃		℃		℃	
気象条件	外気温 ℃					
製造条件	骨材加熱温度		アスファルト加熱温度		混合温度	
	℃		℃		℃	
骨材含水比	○砕石	○砕石	○砕石	粗目砂	細目砂	砕砂
	%	%	%	%	%	%
施工方法	機種		回数	管理温度		
敷きならし				～		
初転圧				～		
二次転圧				～		
仕上げ転圧				～		
舗装断面						
	通常加熱アスファルト混合物			中温化アスファルト混合物		
燃料使用量	ℓ			ℓ		
製造数量	t			t		
製造燃費	ℓ/t			ℓ/t		
CO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /t			kg-CO ₂ /t		
CO ₂ 排出量低減値	-			%		
特記事項	燃料の種類および排出原単位					
所見						

8. 今後の展望

近年、舗装分野では、環境の改善や負荷軽減に寄与する技術開発が進められてきており、中温化技術もそのひとつに挙げられる。

本技術の実道における試験施工は 10 数年前から行われ、各種用途へ幅広く適用しながら技術的にも着実に進歩を遂げてきてはいるものの、舗装工事全体からみた実績は少なく、しかも地球温暖化抑制という CO₂ 削減の観点からの適用は限られていた。

このような現状にはあるが、前述のように 2010 年 2 月には、中温化アスファルト混合物としてグリーン購入法に基づく「環境物品等の調達推進に関する基本方針」に定める特定調達品目に追加され、広範な適用が期待できる状況になってきている。

特に、環境面からの適用を考えれば、舗装分野における CO₂ 排出量の抑制に関し、アスファルト混合物製造時での削減が図れる中温化技術が有効であることは確かである。そして、より一層 CO₂ を削減していくためには、各種の混合物に幅広く適用するとともに、早期に実現するための普及段階における方策が必要となろう。

ここでは、低炭素社会を目指すという方向から、中温化技術の適用拡大や普及に向けての今後の展望について以下に述べる。

グリーン購入法に基づく特定調達品目の中温化アスファルト混合物において、当面、再生加熱アスファルト混合物およびポーラスアスファルト混合物は、まだ実績が少ないため適用外とされている。現在、国土交通省の各地方整備局におかれては、再生加熱アスファルト混合物やポーラスアスファルト混合物への適用に関する検証を試行工事の中で取り組まれており、その追跡調査等を踏まえた成果を基に、特定調達品目における制限を解除して頂けるように、働きかけていく所存である。特に、再生加熱アスファルト混合物は、我が国における加熱アスファルト混合物の製造量に占める割合が多く、CO₂ 排出総量の削減に大きく影響するので、当該混合物への適用検討をお願いしていきたい。

また、現在では一部の地域を除いて、アスファルト混合物事前審査制度が活用されている。この制度は、アスファルトプラントから出荷する加熱アスファルト混合物に関して、従来の舗装工事ごと、混合物ごとに行われていた配合設計などを含む基準試験や試験練りなどが省略できる制度である。この制度に中温化アスファルト混合物を導入して頂くための環境の整備に努めていく所存である。

付 録

付録－１ 中温化舗装の適用効果を検証した事例

- (1) CO₂排出量の削減
- (2) 早期交通開放
- (3) 供用性調査結果

付録－２ 通常加熱混合物の施工性改善を目的とした中温化技術の適用事例

- (1) 橋面舗装への適用事例
- (2) 薄層舗装への適用事例
- (3) ポーラスアスファルト舗装への適用事例

本図書の付録等を取りまとめるに当たり、多くの文献を引用させていただいた関係機関・各位にはご了解を願うとともに深く謝意を表します。

付録－1 中温化舗装の適用効果を検証した事例

(1) CO₂ 排出量の削減

ここでは、アスファルトプラントにおける中温化混合物製造時の CO₂ 削減の検証事例について紹介する。

はじめの事例は、切削オーバーレイ工事 (t=5cm) において、通常加熱混合物と、それよりも 30℃低減させた中温化混合物を使用し、アスファルトプラントにおける燃料使用量から CO₂ 排出量を算出して削減効果を検討したものである。付表－1.1³⁾ に示すように、中温化混合物は通常加熱混合物に比べて、製造時の CO₂ 排出量が 14.6%削減できたことが確認されている。

付表－1.1 合材製造における CO₂ 排出量の結果 (一部加筆修正)

合材種類	施工場所	施工日	燃料使用量 (ℓ)	CO ₂ 排出量 (t)	合材製造量 (t)	合材t当たりのCO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /t)	
						測定値	平均
従来合材 (通常加熱混合物)	道瀬	2.26 AM	1,395	3.143	145	21.7	22.5
		3.24 AM	1,650	3.717	160	23.2	
	中里	3.1 AM	1,379	3.107	137	22.7	
	計			4,424	9,967	442	—
中温化合材 (中温化混合物)	道瀬	2.26 PM	1,512	3.406	185	18.4	19.2 (-14.6%)
		3.24 PM	1,064	2.397	120	20.0	
	中里	3.1 PM	1,201	2.706	140	19.3	
	計			3,777	8,509	445	—

次の事例は、切削オーバーレイ工事 (t=5cm, 一部 5cm×4層) において、通常加熱混合物とそれよりも 30℃と 50℃低減させた中温化混合物を使用して検討しており、付表－1.2⁴⁾ に示すように、CO₂ 排出量は 30℃低減の場合で 20.1%、50℃低減の場合で 32.0%の削減効果があったとしている。

付表－1.2 重油使用量および CO₂ 排出量の削減率 (一部加筆)

条件	混合温度 (℃)	製造数量 (t)	重油使用量 (ℓ/t)	CO ₂ 排出量 (kg-C/t)	CO ₂ 削減率 (%)	備考
1	160	443	7.5	5.52	0.0	通常加熱混合物
2	130	243	6.0	4.41	20.1	中温化混合物
3	110	63	5.1	3.75	32.0	

注) 骨材含水比:4.4%, 重油CO₂排出原単位:0.7357 (kg-C/ℓ)

さらに、もう一つの事例は、切削オーバーレイ (t=表層 5cm) 工事において試験工区を設けて、表層に製造温度を 30℃低減した再生骨材配合率 30%の中温化混合物を舗装し、通常加熱混合物とのアスファルトプラントにおける燃料使用量および使用材料の原単位を比較することにより、CO₂ 排出量の削減効果を検討した事例である。付表－1.3⁵⁾ に示すように、通常加熱混合物を用いた比較工区に比べて混合物 1t 当たり 3.7kg-CO₂/t 低減し、約 18%削減できたとしている。

付表-1.3 混合物製造におけるCO₂排出量の計算結果

項 目		比較工区	試験工区
		中温化剤なし	中温化剤あり
出荷温度(製造温度)		168℃	143℃
A重油使用量	ℓ/t	7.7	6.3
A重油の原単位	kg-CO ₂ /ℓ	2.71	
中温化剤の原単位 ^{※1}	kg-CO ₂ /t	538	
中温化剤の使用量	kg/t	0	1.3
中温化剤によるCO ₂ 増加分 ^{※2}	kg/t	-	0.085
CO ₂ 排出量	kg/t	20.9	17.2

注) ※1 改質Ⅱ型の原単位は472.62kg-CO₂/tとした

※2 改質Ⅱ型との原単位の差分より算出した。

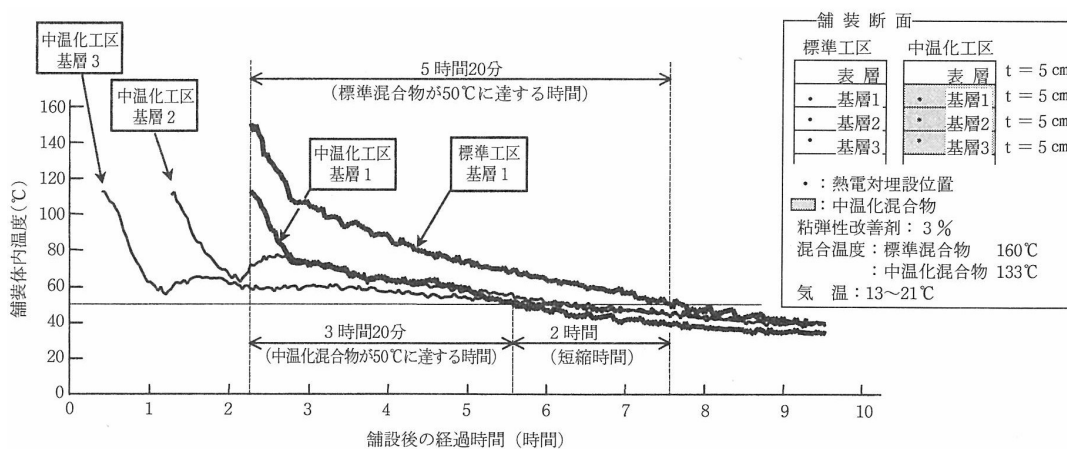
なお、何れの工事においても、通常加熱混合物と中温化混合物を使用した箇所ともに同程度の締固め度が得られている。

(2) 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-1.14)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。



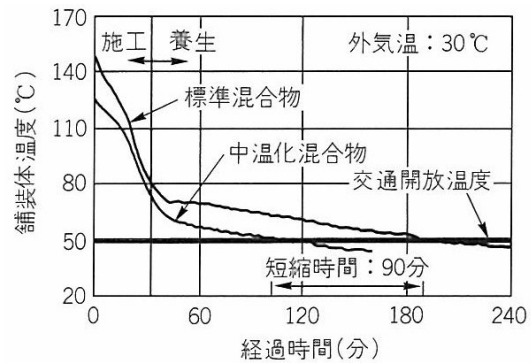
付図-1.1 各工区の舗装後の舗装体内部温度の経時変化

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-1.2⁶⁾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。

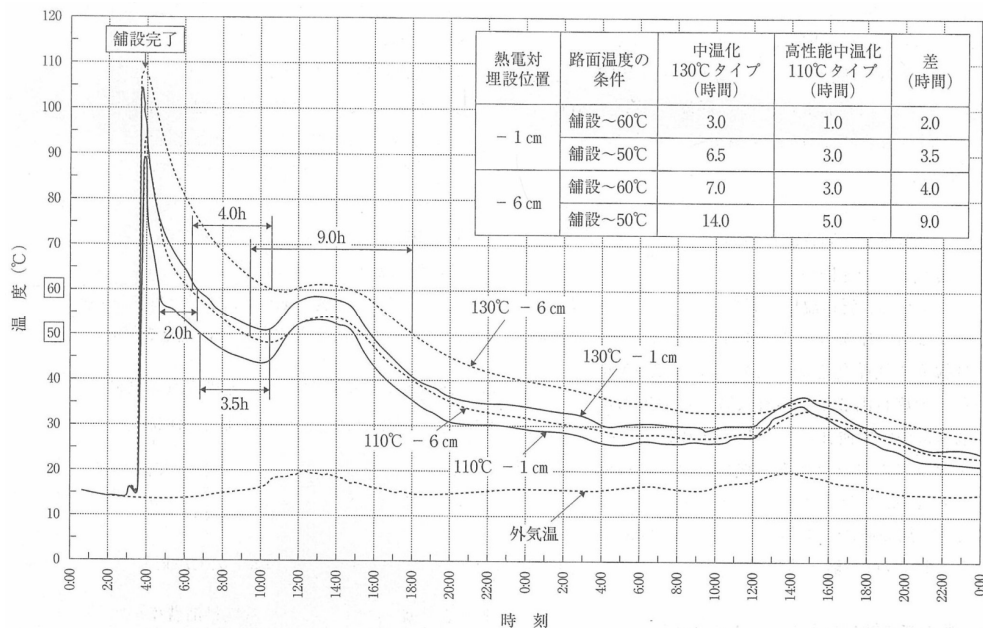
この他にも、早期交通開放への適用効果を検討した事例 7), 8), 9) が公表されている。その中には、中温化混合物と通常加熱混合物との温度差が 20℃程度の場合では、時間差が約 30 分であったとの報告⁹⁾もある。

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設時の気象や表・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-1.3¹⁰⁾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-1.2 各混合物の舗装体内部温度の経時変化



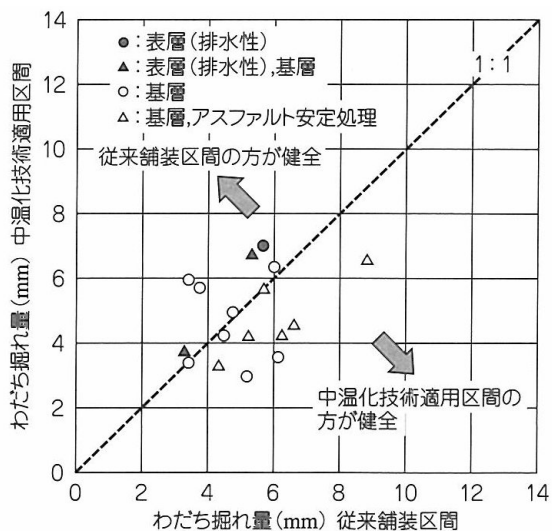
付図-1.3 内部温度の降下状況

(3) 供用性調査結果

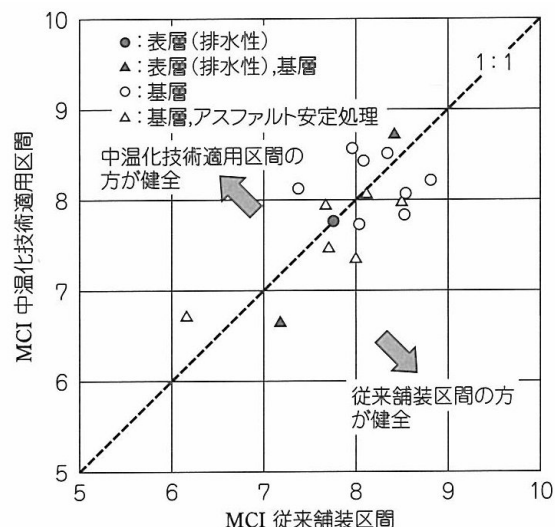
国土交通省関東地方整備局管内の直轄国道で施工された中温化舗装（製造温度を 30℃程度低減）の耐久性について、施工後 2 ヶ月～10 年程度経過した路面性状データを用いて、取りまとめ調査¹¹⁾が行われた。この調査は中温化舗装と、同じ路線の近隣で同時期に施工された通常舗装における路面性状値の区間平均値によって比較・検討されている。なお、調査区間における中温化混合物は、表層に適用された区間が 2 箇所、基層に適用された区間が 8 箇所、アスファルト安定処理に適用された区間が 3 箇所となっている。

取りまとめられた結果の一部を付図-1.4 と付図-1.5 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坦性から計算¹²⁾される指数である。



付図-1.4 わだち掘れ量の比較

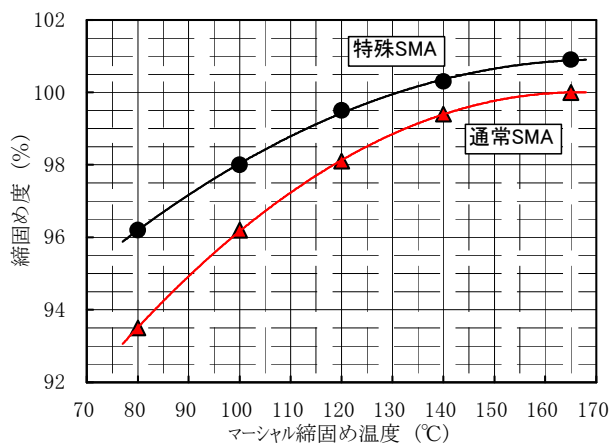


付図-1.5 MCI の比較

付録—2 通常加熱混合物の施工性改善を目的とした中温化技術の適用事例

(1) 橋面舗装への適用事例

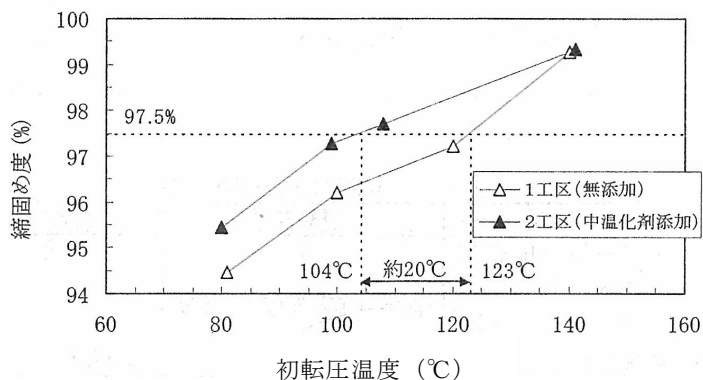
この事例は、橋面舗装の防水層を兼ねたレベリング層に用いる砕石マスチックアスファルト混合物（以下、SMA）に中温化技術を適用したものである。寒冷期の施工で、かつ施工厚が 35mm における所要の締固め度の確保と舗設時間の拡大を目的としている。中温化技術を適用した SMA（以下、特殊 SMA）は、通常の SMA と同等の締固め度を得るための締固め温度が付図—2.1¹³⁾に示すように 20℃程度低減できる。試験施工の結果、外気温が 2℃程度の厳寒期であったが全てのコアで 98%（目標の締固め度：97.5%）以上の締固め度が得られている¹⁴⁾。



付図—2.1 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

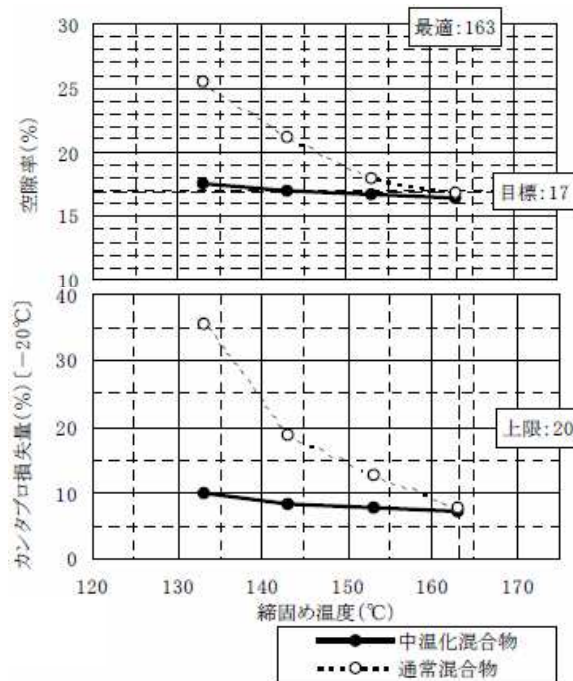
この事例は、コンポジット舗装の中間層 (t=20mm) に特殊 SMA を用いたものであり、薄層による急激な混合物温度の低下に伴う締固め不足の対策としている。中温化剤添加の特殊 SMA は、付図—2.2 に示すように、初転圧温度が無添加の通常の SMA に比べて約 20℃低下した場合でも、不透水となる締固め度 (97.5%) が確保できるとして、トンネル内のコンポジット舗装に用いられ、施工幅員が約 8m と広く、厳しい条件であったが、締固め度の平均が 98.7%と良好な結果を得ている¹⁵⁾。



付図—2.2 初転圧温度と締固め度の関係

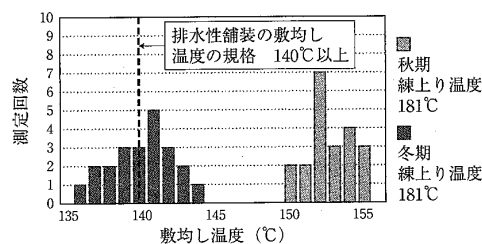
(3) ポーラスアスファルト舗装への適用事例

はじめの事例は、ポーラスアスファルト混合物（以下、ポーラス混合物）の製造に中温化技術を適用したものであり、寒冷期の工事において所要の品質確保を目的としている。中温化剤を添加したポーラス混合物（図中、中温化混合物）は、付図-2.3に示すように、通常のポーラス混合物（図中、通常混合物）に比べて、最適締固め温度より約30℃低下しても混合物性状にほぼ変化が見られないとして、外気温が5℃を下回る寒冷期の工事で用いられ、施工後1年を経過しても良好な状態を保っている¹⁶⁾。



付図-2.3 締固め温度を変化させた混合物性状（一部修正）

次の事例は、冬期での温度管理が難しいとされるポーラス混合物に中温化技術を適用し、品質確保について検討を行ったものである。寒冷期施工においては、付図-2.4に示すように、品質確保のための敷きならし温度の規格値（140℃以上）を確保できない場合があったが、中温化技術を適用すればポーラス混合物の締固め性が向上され、初転圧温度が130℃程度以上で所要の品質が確保できたとしている。この検討を踏まえて中温化技術を適用した「排水性舗装の寒冷期施工（案）」（北海道開発局道路建設課事務連絡）が作成されている¹⁷⁾。



付図-2.4 敷きならし温度の比較

【参考文献】

- 1) 内田精一：第 56 回 NAPA 年次総会出席報告，道路建設 No.725，pp.56-57，2011.5
- 2) 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 CO₂ 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
- 3) 志賀勝宏，秋田文生：CO₂ 削減等を目的とした中温化合材による試験施工の調査結果，第 23 回日本道路会議一般論文集(C)，P.154，1999.10
- 4) 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
- 5) 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 回日本道路会議論文集 舗装部門，32016，2009.10
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 寺田剛：中温化技術の現状，舗装 Vol.36 No.11，pp.9-14，2001.11
- 9) 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
- 10) 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
- 11) 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
- 12) (社)日本道路協会：舗装設計施工指針（平成 18 年版），p.38，2006.2
- 13) 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
- 14) 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
- 15) 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
- 16) 草西巧，草野滋伸，口分田渉：寒冷期における高機能舗装の施工対策について，第 25 回日本道路会議論文集 舗装部門，09024，2003.10
- 17) 田高 淳：(独)土木研究所寒地土木研究所における積雪寒冷地の舗装技術に関する研究，アスファルト Vol.50 No.221，pp.7-9，2007.4

中温化（低炭素）アスファルト舗装の手引き

技術委員会

中温化アスファルト舗装推進小委員会

委員長 小寺 浩

技術及び施工管理部会

部会長 根本 信行

副部会長 野村 健一郎

検討WG WG長 井原 務

WG委員 鈴木 徹

〃 水野 渉(H22年度まで)

〃 三根 和人

〃 下野 祥一

〃 吉野 敏弘

〃 加納 孝志

〃 伊藤 春彦

〃 野田 悦郎(H22年度まで)

〃 遠藤 桂

〃 対馬 英夫

〃 市岡 孝夫

〃 金子 和雄

平成24年4月2日 発行

発行 一般社団法人 日本道路建設業協会
〒104-0032 東京都中央区八丁堀2-5-1
東京建設会館