低炭素アスファルトを用いた中温化技術による低炭素化の取り組み

土佐国道事務所工務課　国土交通技官　竹本　匡吾
土佐国道事務所　建設監督官　福井　佑一郎
株式会社ＮＩＰＰＯ　工事係長　川原　善尚

CO2 を含む温室効果ガスの排出量と吸収量を 2050 年までに均衡させる「カーボンニュートラル」の実現や道路分野の脱炭素政策などを背景に，土佐国道事務所が整備を進める国道 55 号南国安芸道路の舗装工事において，低炭素アスファルトを採用した。本稿では，低炭素アスファルトを用いた中温化技術の概要や適用することによる効果を紹介する。

キーワード　低炭素アスファルト，カーボンニュートラル，道路の脱炭素化，フォームドアスファルト

１．はじめに

国道55号南国安芸道路は高規格道路網を構成する自動車専用道路として整備される高知東部自動車道の一部であり，四国横断自動車道及び阿南安芸自動車道と一体的に機能することにより「四国８の字ネットワーク」を形成する（図-1）。今般，令和７年３月15日に南国安芸道路の高知龍馬空港 IC から香南のいち IC 間（延長 3.5km）が開通し，高知 JCT から芸西西 IC までが高規格道路で繋がった。並行する国道 55 号・県道 364 号の合計で交通量が約 16,500 台/日減少し，また，周辺道路の高知南国道路の交通量が約３割（約 5,300 台/日）増加した。さらに高知 JCT から芸西西 IC の所要時間が約６分短縮した結果であったことから，周辺道路の渋滞緩和に加え，高知県東部地域の交流の促進，救急搬送の支援等に期待できることが確認できた。



図-１　位置図

一方で，道路におけるアスファルト舗装の材料となるアスファルト混合物を製造する際の CO2 排出量は，舗装工事により排出される CO2 全体の約８割を占めている。CO2 をはじめとする温室効果ガスは地球温暖化の一因とされており，道路分野が脱炭素に関わる役割と責任を積極的に果たしていくことが求められている。

こうした中，2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献し，道路の脱炭素化の取り組みを推進するため，「道路分野の脱炭素化政策集」において，道路工事における低炭素アスファルトの合材出荷率 6%（2030 年度目標）が示されるなど，今後，道路建設から管理までのライフサイクル全体における低炭素化に向けた取り組みが重要である。

今回，アスファルト舗装工事における CO2 排出量を抑制する取り組みの一環として実施した，低炭素アスファルトを用いた中温化技術の概要や適用効果を本稿にて紹介する。

２．中温化技術について

(1) 概要

中温化技術は，中温化剤やフォーム発生装置などを用いて，アスファルト混合物の製造温度や施工温度を通常より最大 30℃程度下げても，施工性や品質が確保できる技術である。さらに，製造温度や施工温度低減によりアスファルト舗装工事の CO2 排出量を全体の約２割程度削減することが期待されるものである。

(2) 種類と製造方法

中温化技術の種類には「材料による方法」と「装置による方法」および，「材料と装置の併用による方法」がある。また，製造方法にはミキサへ中温化剤を直接投入する「プラントミックス方式（添加式）」と製品化された低炭素ア

スファルトを使用する「プレミックス方式」や，フォーム ド発生装置などを「アスファルトプラントに設置する方法（装置式）」がある（図-2）。今回の舗装工事においてはフォームド発生装置による低炭素アスファルト混合物を製造した。

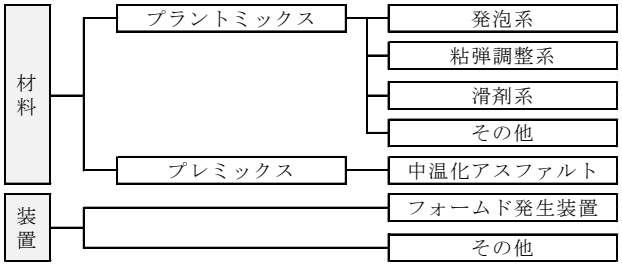


図-2　中温化技術の種類と製造方法

(3) 適用方法と期待される効果

中温化技術の適用方法は「製造・施工温度低減」と「施工性改善」に大別される。適用により期待される効果は表-1 に示すとおりであり，施工性改善における施工性及び品質が確保できるほか，製造温度や施工温度低減による，アスファルト舗装工事の CO2 排出量の削減などが挙げられる。一方，労働環境の改善による作業者の熱環境内における作業の負担軽減や交通開放までの養生時間の短縮，それに伴うアスファルト舗装の日施工量の増大など，期待される効果は多岐に渡る。

表-1　中温化技術の適用方法と期待される効果

適用方法		期待される効果
製造・施工温度低減	混合物製造時	燃料の使用削減によるCO2排出量の低減
		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
	施工時（舗設）	作業者の労働環境の改善
	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CO2排出量削減
		養生時間の短縮による日施工量の増大、規制日数の削減
		夏季や厚層施工時の初期わだち掘れの抑制
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
		広域運搬での品質や施工性の確保

3．アスファルト舗装工事への中温化技術の適用

(1) 低炭素アスファルト混合物の適用経緯

今回の工事への中温化技術の適用は，温度低減による労働環境の改善とアスファルト混合物の施工性改善による品質の確保を目的としている。その二次的効果として，中温化技術の温度低減による CO2 の排出低減が図られた。

(2) 適用した中温化技術

(a) フォームドアスファルト技術

フォームドアスファルト技術とは，アスファルト混合物の製造時において，アスファルトに水を添加することにより，水が気化する際の体積膨張（最大 15 倍程度発泡）を利用して，アスファルトをフォーム ド化（発泡）させる技術である（写真-1）。



写真-1 通常のアスファルトとフォームドアスファルト

フォームドアスファルトは，通常のアスファルトよりも見かけの粘度が低下し混合性が向上するため，製造温度を下げても均一な混合が可能となる。また，施工時にはアスファルト内に残存した微細泡のベアリング的な働きによって転圧時のニーディング作用を効果的に増幅させることができるため（図-3），通常のアスファルトより温度を下げて施工しても，十分な締固め度を確保することができる。さらに，施工後に温度が低下すれば泡はなくなりフォームドアスファルトは元の状態に戻るため，交通開放後の舗装（アスファルト混合物）への影響はない。

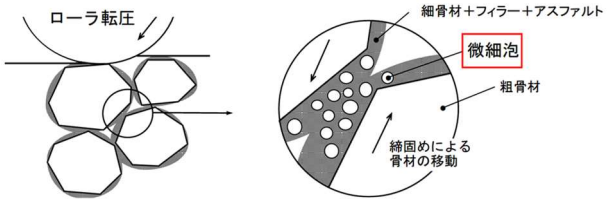


図-3　フォームドアスファルトの締固め効果

(b) 機械式フォームド装置の概要

機械式フォーム ド装置は，アスファルト計量槽からミキサ間の配管内を流れる高温のアスファルトに加圧した水を添加することにより，フォーム ド化する装置である（図-4）。

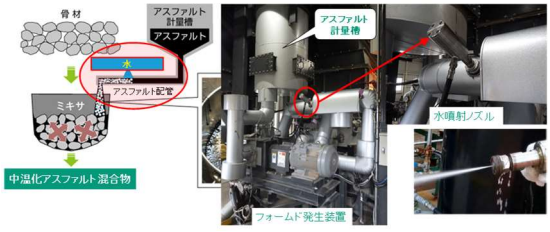
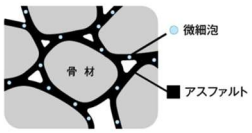
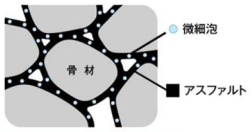


図-4 製造設備（フォーム ド発生装置）

従来のフォームドアスファルトは，発砲した後，泡同士が結合・肥大化しながら消滅していくため，アスファルト中の微細泡の残存量が時間の経過とともに減少し，ベアリング効果が薄れていく傾向が確認された。このため長時間の運搬やサイロ貯蔵，混合物の製造・施工温度を下げた際の施工性やアスファルトの締固めに課題があった。

これらを解決するために開発したものが新たなフォームドアスファルト混合物（以下，ＥＣＯフォームド）である。ＥＣＯフォームドは，フォームド発生装置で添加する水に発泡補助剤を混合することにより微細泡を多量に発生させ，さらに泡同士の結合・肥大化を防ぎ，アスファルト中に微細泡を多量かつ長時間残存させるためベアリング効果が向上し，さらに長時間にわたり効果を発揮する（表-2）。これにより，従来のフォームドアスファルトに比べて混合物の製造・施工温度を下げた際の施工性や締固め度，長時間の運搬やサイロ貯蔵時間を可能とした。

表-2 ＥＣＯフォームドの概念

種　別	添加剤	発泡状況	施工時
従来型	水		
ECO フォームド	水 発泡補助剤		

微細泡が多数残存 ⇒ ベアリング効果の向上

(c) 製造工程

ＥＣＯフォームドの製造工程を図-5 に示す。

ミキサによる混合時間は，低炭素アスファルト混合物の混合性を向上させるべく，通常のアスファルト混合物に比べてドライミキシング（骨材とフィラーの混合）およびウエットミキシング（アスファルトを加え混合）を５秒長くした。

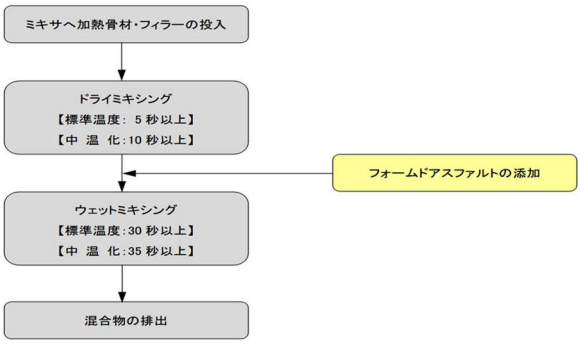


図-5 ＥＣＯフォームドの製造工程

d) 適用可能な混合物

ＥＣＯフォームドは，新規および再生アスファルト混合物への適用が可能であり，粘度が高いポリマー改質Ｈ型のフォームド化も可能である（写真-2）。また，ＥＣＯフォームドの適用可能な混合物を表-3 に示す。



写真-2　ポリマー改質Ｈ型（ポーラスアスファルト）

表-3 ＥＣＯフォームドの適用可能な混合物

混合物種　別	アスファルト種別	粒度区分※		
		連続粒度	開粒度	安定処理
新規	ストレートアスファルト	○	○	○
	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Ｈ型	－	○	－
再生	ストレートアスファルト	○	－	○

※. 連続粒度：密粒度混合物、粗粒度混合物、細粒度混合物
開　粒　度：開粒度混合物、透水性混合物、ポーラス混合物
安定処理：アスファルト安定処理

(3) 試験練りによるＥＣＯフォームドの品質確認

本工事への使用に先立ち，㈱南四国アスコン高知工場においてＥＣＯフォームドの試験練りを実施した。

対象混合物は表-4 に示すとおりであり，実機練り混合物の製造温度を低下させた低炭素アスファルト混合物を用いて，最適締固め温度から 20℃低減したマーシャル供試体を作製して通常のアスファルト混合物（温度低減なし，最適温度での締固め）との締固め度および動的安定度（耐流動性）を比較した。

表-4 試験練り実施混合物

混合物種別	アスファルト種別
再生粗粒度アスファルト混合物(20)	ストレートアスファルト
再生密粒度アスファルト混合物(20)	〃
再生密粒度アスファルト混合物(13)	〃
再生アスファルト安定処理混合物	〃
ポーラスアスファルト混合物	ポリマー改質Ｈ型
密粒度ギャップアスファルト混合物	ポリマー改質Ⅱ型

締固め度および動的安定度の結果を表-5 に示す。なお，通常のアスファルト混合物の値は表の（　）内に示す。

ＥＣＯフォームドを適用した低炭素アスファルト混合物（20℃低減）の締固め度は，通常のアスファルト混合物の 99.6%～99.8%を確保した。また，動的安定度（耐流動性）は通常のアスファルト混合物と概ね同程度であり，ＥＣＯフォームドを適用した低炭素アスファルト混合物

に品質低下がないことを確認した。

表-5 試験練り結果

混合物種別	ＥＣＯフォームド		
	密度 (g/cm^3)	締固め度 (%)	動的安定度 (回/mm)
再生粗粒度アスファルト混合物(20)	2.361 (2.368)	99.7	－
再生密粒度アスファルト混合物(20)	2.347 (2.352)	99.8	－
再生密粒度アスファルト混合物(13)	2.347 (2.352)	99.8	－
再生アスファルト安定処理混合物	2.364 (2.374)	99.6	－
ポーラスアスファルト混合物	2.022 (2.031)	99.6	6342 (6183)
密粒度ギャップアスファルト混合物	2.351 (2.358)	99.7	10700 (11900)

(4) 本施工へのＥＣＯフォームドの適用

a) 中温化技術を適用した工事

国道 55 号南国安芸道路(高知龍馬空港 IC～香南のいち IC) のアスファルト舗装工事のうち, 中温化技術を採用した工事は「令和5-6年度南国安芸道路物部地区舗装工事」と「令和 5-6 年度南国安芸道路西野地区舗装工事」の２工事である。

b) 現場における施工管理

低炭素アスファルト混合物の締固め温度は、製造温度の低減にともない，最適締固め温度から 10℃低減して転圧管理を実施したが，現場切り取りコアの締固め度は採取したすべての箇所において規格値(=96%)を満足し，施工品質が確保されていることを確認した。

c) 施工性および仕上がり面

製造，施工の温度低減を目的としたストレートアスファルトおよび改質Ⅱ型アスファルトを使用する混合物において，施工性や仕上がり面の状況は通常温度で施工する混合物と遜色ないものであった。冬期に施工したポーラスアスファルト混合物においては，施工性や仕上がり面のキメが温暖な時期の施工におけるものとほぼ同等のものとなった（写真-3)。また，交通開放までの養生時間の短縮，日当たり施工量を増やすことができた。



写真-3　本アスファルト舗装工事での仕上がり面

d) CO_2 排出削減量の算出

CO_2 排出削減量は，舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブックに基づき図-6 に示す計算書により算出した。物部地区および西野地区における低炭素アスファルト混合物の使用数量と CO_2 排出削減量を表-6 に示す。



図-6　CO2 排出削減量の計算書（抜粋）

表-6　低炭素アスファルト混合物使用数量と CO_2 削減量

工事場所	混合物種別	使用数量 (トン)	CO_2削減量※ (kg-CO_2)
物部地区	再生As安定	1,403	1,838
	再生粗粒	281	368
	再生密粒(13)	36	47
	再生密粒(20)	707	926
	改質密粒ギャップ	247	281
西野地区	再生As安定	2,738	3,586
	再生密粒(13)	272	356
	再生密粒(20)	1,390	1,821
	改質密粒ギャップ	568	647
合計		7,642	9,870

※最適締固め温度から 10℃低減した場合の CO_2 削減量

当該工事における全体の CO_2 削減量は 9,870kg であり，年間 1 世帯あたりの電力消費量から排出される CO2(=約 2,000kg)の 4.5 年分相当の削減効果であった。

4．まとめ

今回, 低炭素アスファルトを用いた中温化技術により，労働環境の改善と，通常混合物と同程度の品質・施工性が確保できたほか，約 10t の CO2 排出量が削減でき，低炭素化に向けた取り組みとして有効な方法を示せたと考える。

本稿が，カーボンニュートラルの実現に向けて，今後の道路ライフサイクル全体の低炭素化ならびに低炭素型材料の導入促進の一助となれば幸いである。

参考文献

1)（公社）日本道路協会：舗装性能評価法 別冊，平成 20 年 3 月

2)（一社）日本道路建設業協会・(一社）日本アスファルト合材協会：低炭素（中温化）アスファルト舗装の手引き概要

3)㈱ＮＩＰＰＯ：ＥＣＯフォームド技術資料

4)（公社）日本道路協会：舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブック，平成 26 年 1 月

5)国土交通省：道路分野の脱炭素化政策集 Ver1.0, 令和 6 年 12 月