

フォームドアスファルトを用いた中温化アスファルト混合物の性能と製造設備

徳 光 克 也・河 村 泰 博・荒 尾 慶 文

アスファルト混合物を中温化する技術には、各種の中温化剤を用いる工法の他に、少量の水をアスファルトに添加し発泡させるフォームドアスファルトを利用した工法があるが、従来の装置では制御が複雑で取り扱いも難しいことから、本格的な普及までには至っていない。一方、欧米ではフォームドアスファルト工法が2000年代当初に導入され、現在では米国での中温化混合物のうち9割近くがフォームドアスファルトを使用している。このフォームドアスファルトの特徴は、従来のものよりフォームド径がきわめて微細（マイクロバブル）であり、泡の持続性が長期にわたることが確認されている。本文は、このマイクロバブル型フォームドアスファルトを用いたアスファルト混合物の性能を検証した結果について述べる。

キーワード：アスファルト舗装，フォームドアスファルト，中温化，マーシャル安定度試験，締固め度，マイクロバブル

1. はじめに

アスファルト舗装の中温化技術は、製造・施工温度を30℃程度低減させても通常の温度で施工したものと同等の性状が得られる技術で、製造時のCO₂排出量や燃料消費量の削減、早期交通開放が可能になるなどの利点がある。また、製造温度を通常の混合物と同じにし、寒冷期や薄層舗装の施工に用い、混合物温度が低下しても所要の締固め度が得られるなどの施工性改善の効果もある。

我が国での中温化技術は1990年代に研究開発がなされ、これまで約62万トンの施工実績がある¹⁾。これは、アスファルト混合物の全製造量の0.1%にすぎないものの、2010年2月に中温化混合物（中温化技術を用いて製造した混合物）は、「グリーン購入法」に基づく特定調達品目に指定され、今後本格的な普及が期待されている。

中温化技術には、粘弾性調整系、滑剤系および発泡系の中温化剤を添加する方法がある。発泡系では中温化剤による方法の他に、アスファルト中に水を特殊な

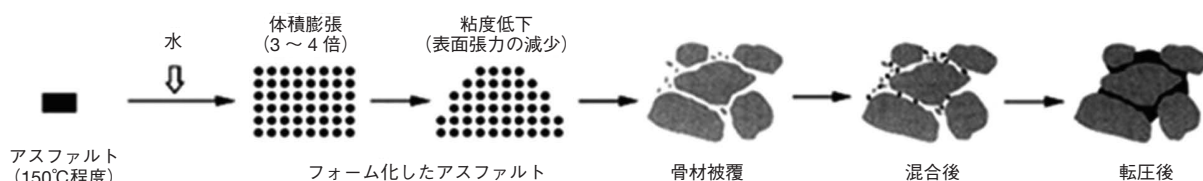
装置により混入し発泡させるフォームドアスファルト（以下、FA）がある。これは水を添加するだけなので、添加するための特殊な装置を設置すれば製造コストは安価であるものの、装置が複雑で取り扱いも難しいため、広くは普及していないのが現状である。

一方、欧米でも中温化混合物の製造が進んでおり、特にFAによるものが2000年代当初から始まり、米国では近年急速に普及し、中温化混合物の内9割近くがFAによるもの²⁾である。米国におけるFAは、フォームド径がきわめて微細（マイクロバブル）であり、泡の寿命が長いことに特徴がある。

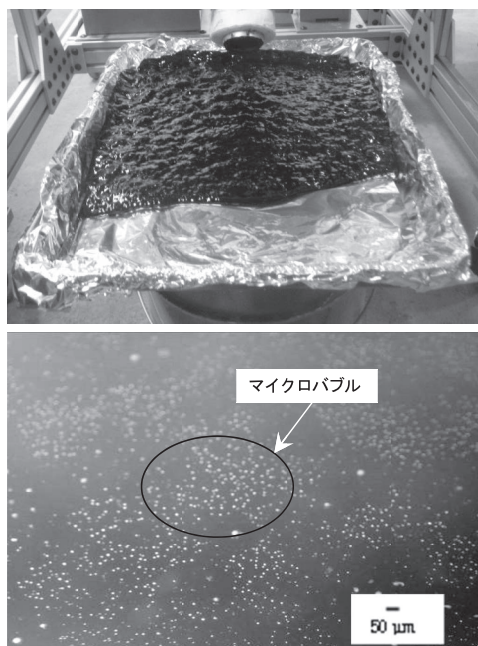
そこで、このマイクロバブル型フォームドアスファルト発生装置を米国より導入し、室内ならびに実機で各種の評価を行った。

2. フォームドアスファルトの概要

マイクロバブル型FA（以下、MB型FA）は、アスファルト混合物製造後もアスファルト内に発生・分散したマイクロバブルの働きによって、転圧時にはバ



図—1 MB型FAの概念図



写真—1 MB型FAの発生状況

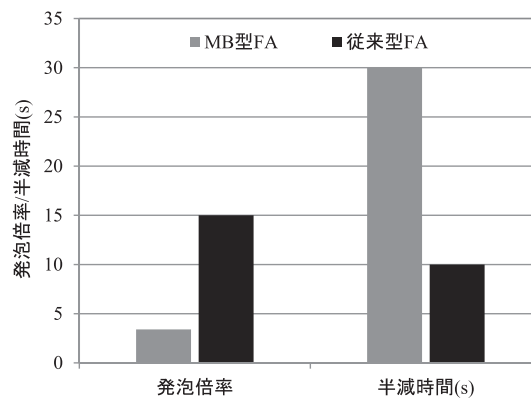
アリング効果により締固め性能が向上する。さらに転圧した時点で泡は消失し、元のアスファルトに戻り、混合物の品質は確保される。MB型FA発生状況を写真—1に、MB型FAの概念図を図—1に示す。

3. MB型FAの性状

MB型FAの室内発生装置の外観を写真—2に示す。MB型FAと従来型装置によるFAの発泡倍率、半減時間を比較した結果を図—2に示す。既往の研究結果から発泡倍率と半減時間は相反する関係があり、発泡倍率が小さいと半減時間は長くなるとされて



写真—2 MB型FA室内発生装置



図—2 発泡倍率と半減時間

いる。導入したMB型FAは従来型に比べ発泡倍率は小さいものの、半減時間は3倍程度長くなっている。この結果から、アスファルト内に寿命の長い微細泡が多く残存していることを確認した。なお、発泡倍率は常温混合方式において体積膨張による混合性改善を評価する指標となるが、中温化技術の場合の重要性は低いと判断している。

4. 低減可能温度の評価

(1) 実験条件

MB型FA室内発生装置を用いて、製造・施工温度を下げた場合の混合物性状をマーシャル安定度試験により検討を行った。実験条件を表—1に示す。

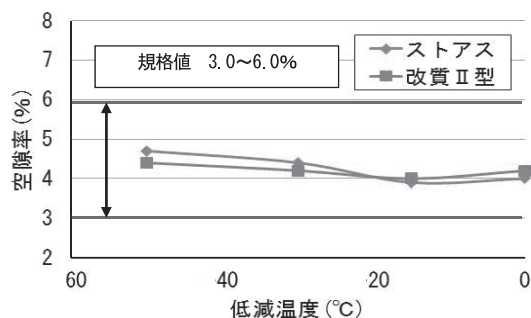
表—1 実験条件

混合物種	密粒度アスコン (13)
アスファルト種	①ストレートアスファルト 60～80 (以下ストアスと表記) ②ポリマー改質アスファルトⅡ型 (以下、改質Ⅱ型と表記)
アスファルト量 (%)	①ストアス: 5.1% (OAC) ②改質Ⅱ型: 5.0% (OAC)
低減温度 (℃)	①0 (標準温度) ②15 ③30 ④50 (ストアスの標準温度: 混合 155℃・締固め 145℃) (改質Ⅱ型の標準温度: 混合 178℃・締固め 163℃)

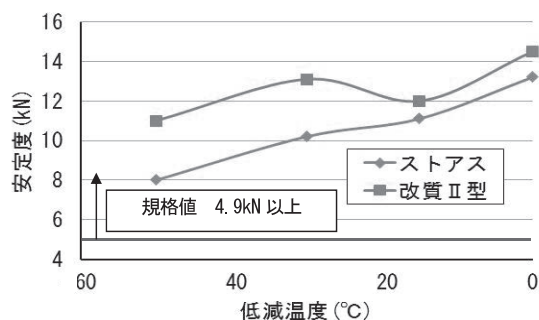
(2) 実験結果

マーシャル安定度試験による低減温度と空隙率の関係および低減温度と安定度の関係をそれぞれ図—3、4に示す。

空隙率は両者とも50℃低減した場合においても、規格値である3.0～6.0%の範囲内にあり、標準温度での加熱混合物との密度の比が $100 \pm 0.5\%$ ¹⁾を満たしていた。混合温度低減の影響は改質Ⅱ型を用いた方



図—3 低減温度と空隙率の関係

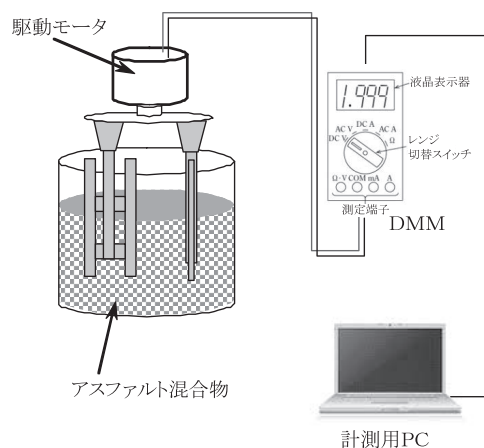


図—4 低減温度と安定度の関係

が若干小さい傾向を示した。安定度においては、両者とも低減温度が大きくなると減少する傾向にあるものの、50℃低減しても規格値の4.9 kNを十分に満足していた。

5. ワークビリティ（施工性）の評価

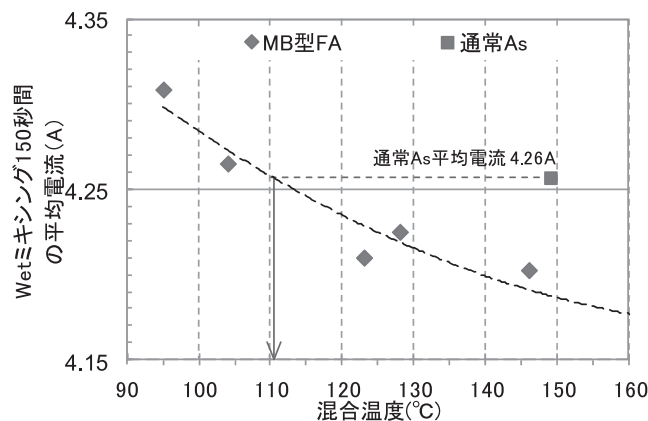
混合時のワークビリティ評価について図—5に示すミキシング負荷測定装置を用いて実験を行った。ここではミキサにかかる電流をミキシング負荷としてアスファルトミキサで混合物を混合したときのウェットミキシング時150秒間のミキサ電流を測定し、ワークビリティを評価するものである。以下の実験では、ストレートアスファルト60～80を用いた密粒度アスコ



図—5 ミキシング負荷測定装置

ン(13)で評価を行っている。

図—6は標準混合温度、30℃減、50℃減および60℃減の混合温度とミキサ電流値を示したものである。この結果からMB型FAは通常アスファルト（以下、通常As）と比較して標準混合温度において低い電流値を示し、149℃の通常Asと同等の電流値を示した混合温度は110℃（39℃減）であった。



図—6 混合温度とミキサ電流値

以上の結果よりMB型FAを用いた中温化混合物は、概ね40℃減までは通常As混合物と同等のワーカビリティを確保できることを確認した。

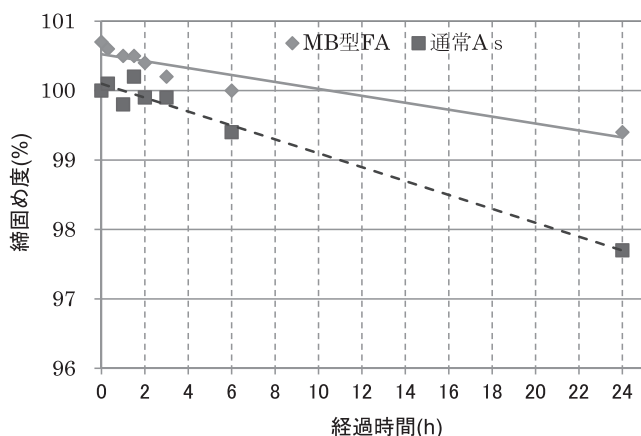
6. FAの持続性とサイロでの貯蔵性

MB型FA内に残存する寿命の長い微細泡によるベアリング効果を確認するため、サイロ貯蔵を想定し混合物を熱風式乾燥炉養生した後にマーシャル供試体を作製し、締固め度と安定度の確認を行った。養生温度125℃、締固め温度115℃、養生時間は一般的なサイロ貯蔵時間を考慮して24時間までとした。比較対象は通常As混合物とし養生温度155℃、締固め温度145℃で同様に行った。なお、乾燥炉養生中はアルミホイルで混合物を覆い直接熱風が当たらないようにした。試験結果を図—7、8に示す。

図—7からMB型FAを用いた中温化混合物の締固め度は24時間養生後でも概ね100 ± 0.5%にあり、MB型FA内の微細泡によるベアリング効果の持続を確認できた。

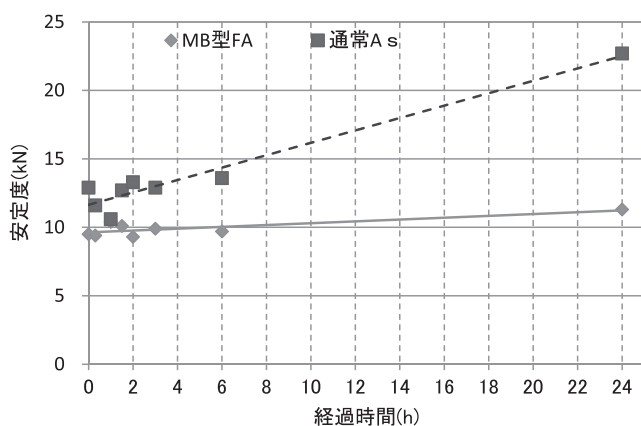
また、図—8より、MB型FAを用いた中温化混合物の安定度に大きな変化はなく24時間養生後でも、混合物製造直後と同等の安定度であり、長期サイロ貯蔵によるアスファルト混合物の劣化の影響を受けにくいことがわかる。

以上の結果より、MB型FAを用いた中温化混合物



基準密度：通常Asの混合直後(養生時間0時間)

図一七 養生時間と締固め度



図一八 養生時間と安定度

は通常 As 混合物より長期にわたるサイロ貯蔵の可能性を見出せた。

7. MB 型 FA 装置の実用化

室内試験レベルでの MB 型 FA の有効性を確認し、実機プラントでも同様の MB 型 FA を製造するための検討を行った。

前述したように、従来の FA 技術を利用したアスファルト混合物の製造では、気泡の持続時間が短い、メンテナンスが難しい等の課題から現在はほとんど使用されていない。今回使用した米国から導入した MB 型 FA 技術は、前述の室内試験結果が示すように、中温化効果の持続時間が長く、メンテナンスが容易なことに特徴がある。

この MB 型 FA 技術は、少品種、大量製造に適した連続練りプラントに対応した技術であるため、我が国へ導入するためには、多品種、少量出荷に対応したバッチ混合式プラントへ適用するためのシステムの開発が必要であった。

(1) MB 型 FA 技術の特徴

MB 型 FA 技術の特徴は以下のとおりである。

- ① 定常的に流れているアスファルトに強制ミキシングすることなく所定の量の水を混入し FA を製造する。
- ② 上記①の方法で製造することにより、マイクロバブルを有する FA が製造され、中温化効果の持続時間が長い。
- ③ アスファルトと水を定常的に吐出する連続練りプラントに適している。

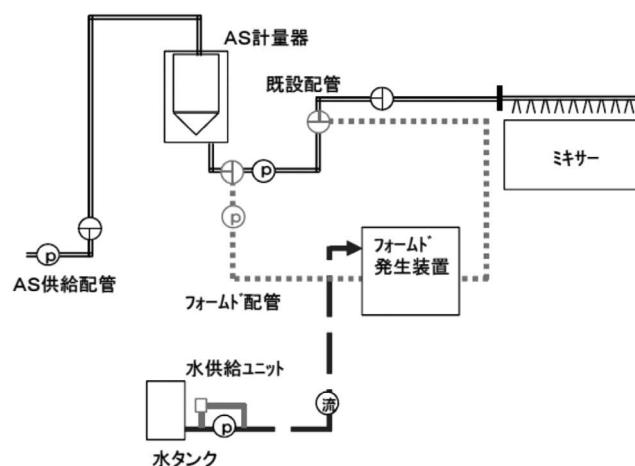
(2) バッチプラントに対応した MB 型 FA システムの開発

連続練りシステム用の FA 発生装置(米国製)をバッチ混合方式に適用するため以下の技術を開発した。

- ① バッチ (0.5 ～ 3.0 t) ごとに MB 型 FA を吐出するため、適量の水をアスファルトに連動して混合する技術
 - ② 混合物の種類、バッチ製造重量ごとに異なるアスファルト量に対応して水を供給する技術
 - ③ マイクロバブルを壊さずに骨材に散布する技術
 - ④ アスファルトと水の混合タイムラグを無くす技術
- 完成したバッチ式 MB 型 FA 装置の概略図を図一 9 に、装置の設置状況を写真一 3 ～ 5 に示す。

主な改良点は以下のとおりである。

- ① アスファルト計量器より専用ポンプによりフォーム発生装置にアスファルトを供給する。
・アスファルトポンプの容量、配管径の検討により MB 型 FA を壊さない吐出圧力を設定した。
- ② センサーとタイマーを使用した制御方法によりアスファルトが FA 装置に達した時点で水の添加を開始するシステムとした。
- ③ 混合重量、合材種ごとのアスファルト量に応じてア



図一 九 バッチ式 MB 型 FA 装置概略図



写真一3 FA 発生装置



写真一4 水制御装置



写真一5 水タンクと水ポンプ

スファルト吐出時間を算出し、水の添加量はアスファルト量により制御するシステムとした。

- ④ MB 型 FA システムを既設アスファルトプラントの製造システムに組み入れ通常の混合物と同様の製造能力を確保した。

・吐出時間は、15 秒以内とし製造サイクルに影響しないように設定した。

以上の改良により室内試験と同様の MB 型 FA の製造(写真一6)が可能となり、一般の混合物と同様に FA 混合物の製造が可能となった。



写真一6 FA の発泡状況

8. おわりに

MB 型 FA 技術を導入したことにより、従来の FA 技術よりも優れた性能の FA を製造できるようになり、室内試験では 40℃ 程度製造温度を低減させても、施工性や施工後の品質は通常の混合物と差がないことが確認できた。また、サイロにおける貯蔵性も良好であり、長期にわたる貯蔵の可能性も見出せた。

実機における FA も良好であったことから、今後は実施工等で供用性の確認を実施し、再生混合物への適用も視野に入れ、全国展開を図りたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 中温化(低炭素)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 平成 24 年 4 月
- 2) Phase IV NCAT Pavement Test Track Findings Draft Report 2012.10

【筆者紹介】

徳光 克也(とくみつ かつや)
日本道路㈱
生産技術本部 技術研究所
主任研究員



河村 泰博(かわむら やすひろ)
日本道路㈱
生産技術本部 機械部



荒尾 慶文(あらお よしふみ)
日本道路㈱
生産技術本部 技術部
副部長

