

2. 機械式フォームド方式を用いた中温化アスファルト混合物の試験施工による技術検証

Examination of Warm Mix Asphalt Mixture using Mechanical Foamed Method.

技術支援課 ○橋本 喜正、安藤 哲明

1. はじめに

これまで東京都では、加熱アスファルト混合物の締固め性を向上させることで混合物の製造温度を最大30℃程度低減することができ、地球温暖化の一因といわれている CO2 排出量の抑制が見込める中温化技術について平成 22 年度から技術的な検証を行ってきた。

この中温化技術に関しては、主に発泡系、滑剤系、粘弾性調整系といった複数の技術的手法が存在しており、これらの中温化技術を用いた混合物について室内試験により性状の確認を行い、概ね東京都の規格値を満足する混合物を製造可能であることが明らかとなっている¹⁾。

カーボンハーフ等の政策的課題への道路補修工事面からのアプローチとして、この中温化技術の確立及び普及促進は大きな社会的要請である。

本稿では、この中温化技術に関して、混合物の基礎性状、供用性の把握を目的として実施した試験施工による現地および室内での試験結果について得られた知見を報告する。

2. 試験施工および試験概要

(1) 試験施工の概要

試験施工は、主要地方道東京所沢線(青梅街道) 関町南三丁目地内にて、上り・追越し車線を切削オーバーレイにより実施した。

施工時期は、基層が 2020 年 9 月 8 日～10 日、表層が同年 9 月 29 日～10 月 1 日であった。

適用した中温化技術は、機械式フォームド方式によ

る中温化技術で、中温化混合物の製造は機械式フォームドアスファルト発生装置設置の合材プラントにて行った。試験施工で用いた混合物は、表-1 に示す 3 種類である。

区分のうち、「標準」は比較対象で、中温化技術を用いていない通常混合物である。「施工性改善」は、製造温度は標準と同じであるが、フォームド技術を用いて製造した混合物で、施工性改善を図ったものである。

「中温化」は、フォームド技術を用いて、温度を標準より 20℃下げて製造した混合物である。

表-1 試験施工に適用した混合物種類

区分	グラフ名称	層	混合物の種類	中温化製造	製造・施工温度
標準	標準	表層	ポーラスAs混合物(H型, 13)	—	通常温度
		基層	粗粒度As混合物(改質 II 型, 20)		
施工性改善	改善	表層	ポーラスAs混合物(H型, 13)	機械式フォームド	通常温度
		基層	粗粒度As混合物(改質 II 型, 20)		
中温化	中温	表層	ポーラスAs混合物(H型, 13)	機械式フォームド	通常温度 -20℃
		基層	粗粒度As混合物(改質 II 型, 20)		

(2) 現場試験

現場で行った試験項目及び数量を表-2 に示す。

なお、現場試験は施工の 3 か月後に実施し、各試験は外側車輪通過部 (以下 OWP)、内側車輪通過部 (以下 IWP)、中間部 (以下 BWP) の 3 か所で実施した。

表-2 現場試験項目及び数量

試験種類	単位	試験機	数量
現場透水量試験	ml/15s	現場透水量試験機	9 箇所
すべり抵抗試験	BPN	振り子式スキッド レジスタンステスト	9 箇所
	動的摩擦 係数 μ	DFテスト	9 箇所

表-3 室内試験項目及び試験条件

試験名	試験方法	試験条件			
		温度(°C)	養生	載荷周波数 (Hz)	ひずみ (μm)
ホイール トラッキング 試験	舗装調査・試験法便覧 B003ホイールトラッキング試験方法	60	5時間以上	—	—
			24時間以内		
カンタプロ試験	舗装調査・試験法便覧 B010カンタプロ試験方法	20	20時間	—	—
標準マーシャル 安定度試験	舗装調査・試験法便覧 B001マーシャル安定度試験方法	60	30~40分	—	—
水浸マーシャル 安定度試験			水浸48時間	—	—
圧裂試験	舗装調査・試験法便覧 B006圧裂試験方法	20	20時間	—	—
曲げ試験	舗装調査・試験法便覧 B005曲げ試験方法	-10	6時間以上	—	—
曲げ疲労試験	舗装調査・試験法便覧 B018Tアスファルト混合物の 曲げ疲労試験方法	20	2時間以上	5	400
					600
					800

(3) 室内試験

各区分の物性が同等かを検証するため、試験施工において区分ごとに練り落とし混合物を採取し、表-3に示す試験を実施した。

なお、ホイールトラッキング試験は、練り落とし混合物による試験 (t=50mm) のほか、現場切り取り供試体 (表・基層一体 t=100mm) を用いた試験も実施した。

3. 試験結果

(1) 現場試験結果

1) 現場透水試験 (図-1)

各区分における現場透水量であるが、すべての区分で基準値の 1,000ml/15sec 以上を満足しており、ほぼ同等の値となった。

なお、測定位置による一定の傾向は見られなかった。

2) すべり抵抗試験 (BPN) (図-2)

すべり抵抗試験 (BPN) の測定結果は全ての区分で 50~60 のレベルであった。標準、施工性改善、中温化の順で、わずかにすべり抵抗が低くなる傾向がみられた。

測定位置でみると、OWP と IWP の BPN 値は BWP と比べると、わずかに低くなっている傾向が見受けられた。

3) すべり抵抗試験 (DFT) (図-3~5)

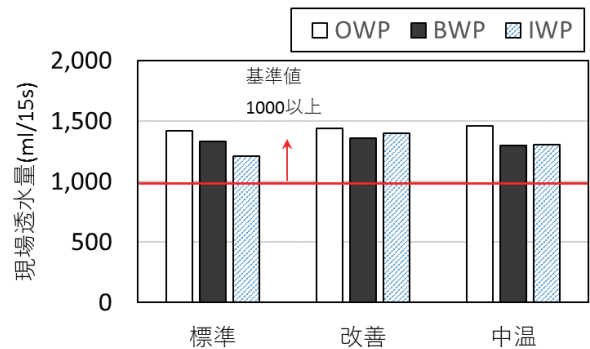


図-1 現場透水試験結果

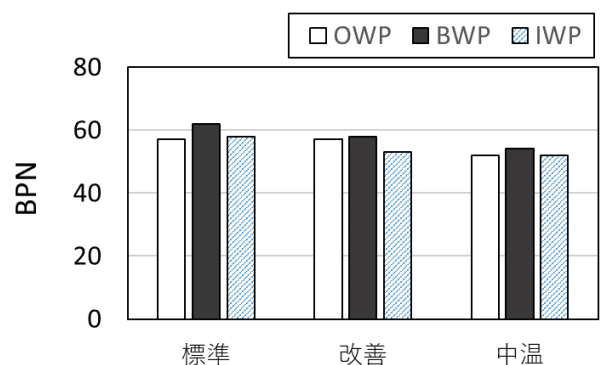


図-2 すべり抵抗試験 (BPN) 結果

すべり抵抗試験 (DFT) の結果であるが、40km/h のすべり抵抗値 (μ 40) を図-3 に、50km/h のすべり抵抗値 (μ 50) を図-4 に、60km/h のすべり抵抗値 (μ 60) を図-5 に示す。

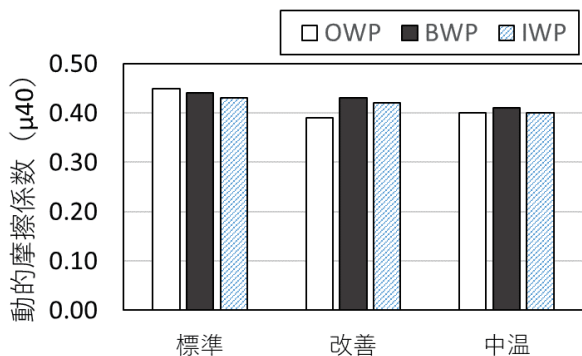


図-3 すべり抵抗試験 (DFT 40km/h) 結果

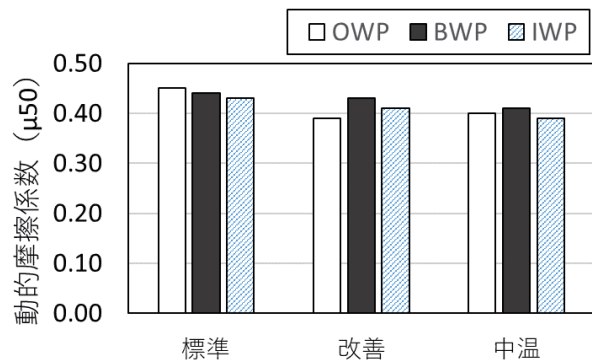


図-4 すべり抵抗試験 (DFT 50km/h) 結果

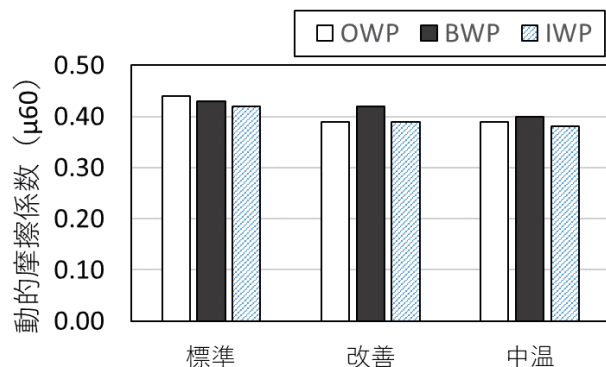


図-5 すべり抵抗試験 (DFT 60km/h) 結果

DFTによる動的摩擦係数は、BPNと同様に、標準、施工性改善、中温化の順で、わずかに低くなる傾向がみられたが、ほぼ同等と考えられるレベルであった。測定速度による違いもほぼみられなかった。

また、測定位置による一定の傾向はみられなかった。

(2) 室内試験結果

1) ホイールトラッキング試験 (t=50mm) (図-6)

試験施工時に、練り落とし合材で作製した供試体を用いて実施したホイールトラッキング試験 (t=50mm) における動的安定度 (DS) の結果を図-6に示す。

DSは、表層・基層ともすべての混合物が基準値の3,000回/mm以上を満足し、6,000回/mmを超える結果

であった。動的安定度は6,000回/mm以上の場合、測定誤差や読み取り誤差を考慮すると1.5倍程度の差がある場合でなければ明確な有意差は得られにくいといわれており²⁾、表層と基層で傾向が異なるものの、中温化は、標準と比較し、耐流動性に大きな差がないと考えられる。

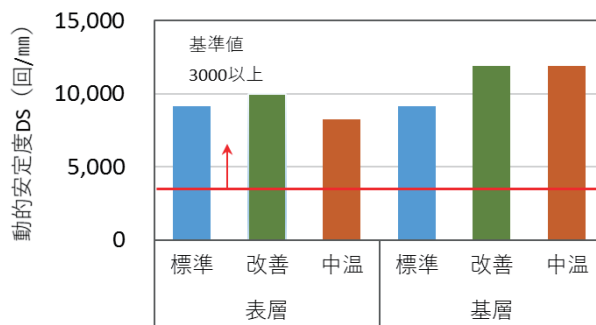


図-6 ホイールトラッキング試験結果
(練り落とし混合物供試体 t=50 mm)

2) ホイールトラッキング試験 (t=100mm) (図-7)

練り落とし合材で作製した供試体での試験のほか、実際に現場で施工された舗装から切り取ったコア供試体(表・基層一体、φ200 mm, t=100mm)を用いた試験も実施した。この採取した供試体を、□300mmの鉄製の型枠の中心に設置し、周りに石膏を流し込んで成形した試験供試体にてホイールトラッキング試験を実施した。

切り取り供試体によるホイールトラッキング試験の結果を図-7に示す。

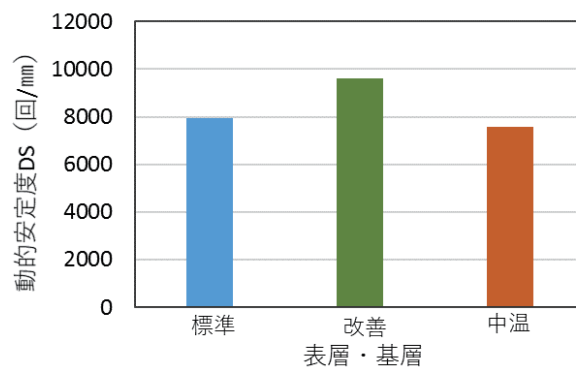


図-7 ホイールトラッキング試験結果
(現場抜き取り供試体 t=100 mm)

標準のホイールトラッキング試験における試験厚さや供試体形状が異なるため参考値ではあるものの、動的安定度は施工性改善がやや高く、中温化と標準につ

いては耐流動性に大きな差がない結果であった。

3) カンタブロ試験 (図-8)

表層のポーラスアスファルト混合物の骨材飛散抵抗性を評価するため、カンタブロ試験を実施した。

損失率は、標準と比較して中温化が14%程度高い値であった。試験結果を個々の値 (n = 3) でみてみると、同じ種類の混合物でも、損失率の最大と最少で差が2.5~3.0%あり、バラツキの大きい試験結果であった。

このことから、中温化の損失率はわずかであるが高い値を示したが、試験のバラツキを考慮すると、標準と中温化は、同程度の骨材飛散抵抗性であると考えられる。

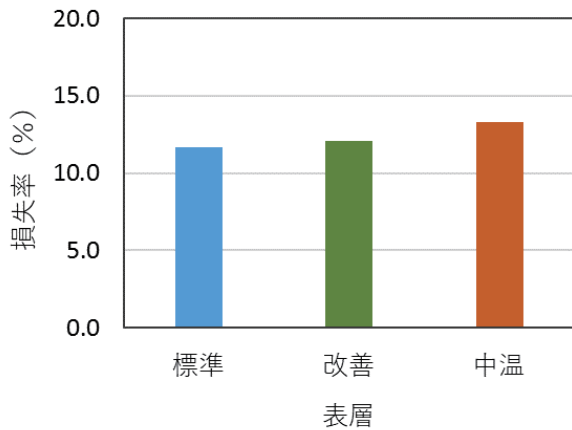


図-8 カンタブロ試験結果

4) マーシャル安定度試験 (図-9, 10, 11)

標準マーシャル安定度の試験を図-9 に、水浸マーシャル試験結果を図-10 に、残留安定度を図-11 に示す。

表層混合物のマーシャル安定度は、すべての混合物で約 5kN と、ほぼ同程度の値であった。ポーラスアスファルト混合物の基準値である 4kN 以上を満足する結果であり、中温化は、標準と同程度の安定度であると考えられる。

基層混合物のマーシャル安定度においても、すべての混合物で約 13~15kN と、ほぼ同程度の値かつ、粗粒度混合物の基準値である 10kN 以上を大きく満足する結果であり、中温化物は、標準と同程度の安定度であると考えられる。

残留安定度は、基層の中温化混合物の残留安定度が若干低いものの、表層・基層すべての混合物が基準値の75%を上回っており、概ね同等と判断できる結果であった。

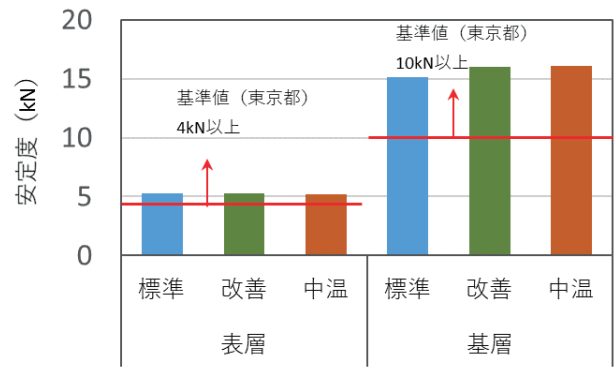


図-9 マーシャル安定度試験結果

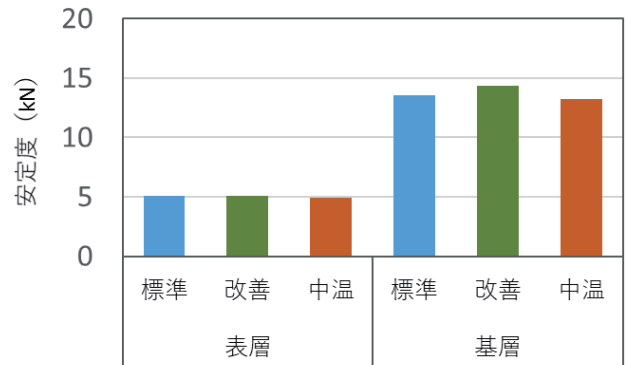


図-10 水浸マーシャル安定度試験結果

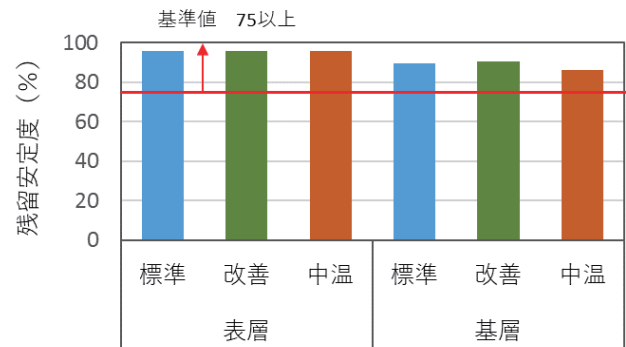


図-11 残留安定度結果

5) 圧裂試験 (図-12)

表層混合物の圧裂強度は、0.8~1.0MPa の範囲内にあり、差がわずかであることから、標準と中温化は、耐流動性やひび割れ抵抗性が同程度であると考えられる。

基層の圧裂強度は、標準と施工性改善でほぼ同等であるが、中温化は約17%低い結果であった。中温化でわずかに低い傾向がみられるが、表層混合物においてはここまでの低下率となっていないため、この点については一般的な傾向があるかについて今後の検討が必要と考えられる。

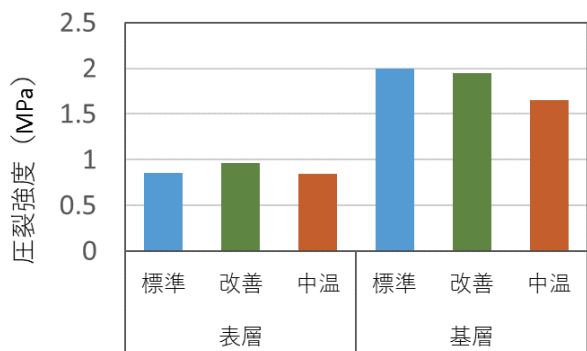


図-12 圧裂試験結果

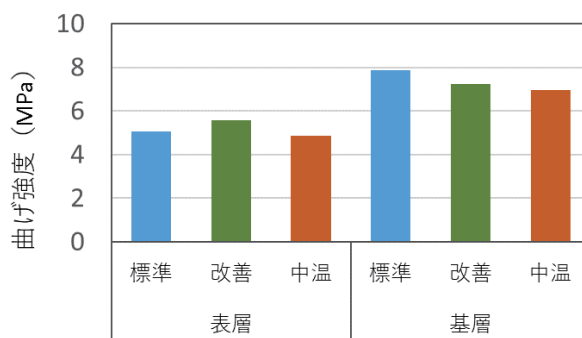


図-13 曲げ試験結果 (曲げ強度)

6) 曲げ試験 (図-13, 14)

曲げ試験による曲げ強度の試験結果を図-13に、曲げひずみの結果を図-14に示す。

曲げ強度であるが、表層混合物はすべての混合物で5MPa前後の値を示しており、中温化技術の適用による影響は大きく見られない。

一方基層混合物は、標準と比較して施工性改善および中温化がやや低くなる結果であった。表層混合物においてはここまでの低下率となっていないため、この点については一般的な傾向があるかについて今後の検討が必要と考えられる。

曲げひずみであるが、表層は $17\sim 20 \times 10^{-3}$ 程度であり、標準と中温化は同程度の結果であった。

基層についても $3\sim 4 \times 10^{-3}$ 程度であり、標準と中温化は同程度の結果であった。

7) 曲げ疲労試験 (図-15)

表層混合物では、標準と中温化を比べると、 400μ のひずみの条件では中温化が最も破壊時の回数が多いが、 600μ 、 800μ の条件下では逆に、標準混合物が最も多い結果であった。

基層混合物では、全てのひずみにおいてほぼ同程度の値となったが、破壊時の回数は標準が全て低くなる結果となった。

このように、試験条件のひずみの増加に伴う混合物の破壊回数の傾向は、一様ではなくバラツキがみられた。破壊位置の判別が難しかったことが、試験結果にバラツキが生じた一因と考えられるが、バラツキも考慮して評価すると、中温化は、標準と同程度の疲労抵抗性を有していると推察される。

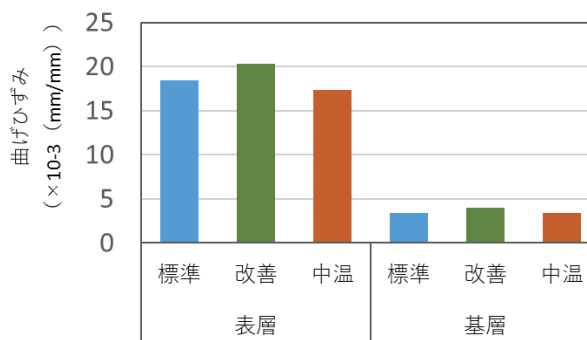


図-14 曲げ試験結果 (曲げひずみ)

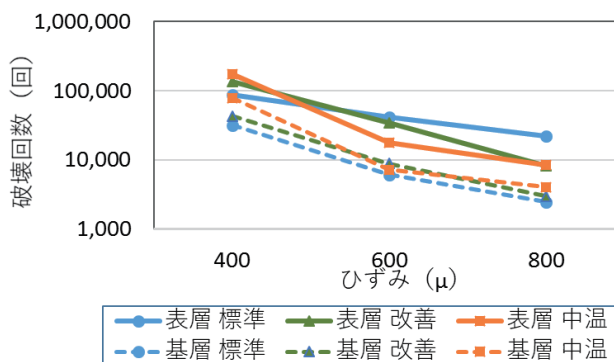


図-15 曲げ疲労試験結果

4. おわりに

本検討では、バージン合材を用いた機械式フォームドタイプの検証を行ったが、一部今後のデータの蓄積による検証が必要な部分もあるものの、中温化、施工性改善ともに標準混合物と品質上大きな差異はなく、都の品質基準値のある試験については全て基準値を満足していた。

このため、今回検証を行ったバージン合材を用いた機械式フォームド方式による混合物は、全体としては標準混合物と概ね同等の品質が確保でき、標準的な適

用が見込める混合物であると考えられる。引き続き、現場の路面性状追跡調査により供用性を把握していくとともに、本成果を踏まえ運用面で効率化が期待できるアスファルト事前審査制度の審査対象混合物としての適用に向けて検討を継続していく必要があるものと考えている。

また、今後使用ボリュームの多い再生混合物についても同様に試験施工による品質の検証が必要と考える。

本成果が、今後の中温化技術の普及拡大の一助となれば幸いである。

なお、本件は、東京都と日本アスファルト合材協会の共同研究にて行った成果をとりまとめたものである。

謝辞：道路管理部保全課及び第四建設事務所には試験施工の実施に際し多大な協力を頂いた。感謝を申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) 橋本、関根（2019）：中温化混合物の適用性に関する調査報告，令元 都土木技術支援・人材育成センター年報、47-56
- 2) 公社）日本道路協会：B003 ホイールトラッキング試験方法，舗装調査・試験法便覧（平成31年版），[3] - 44-64