

## 4. ポーラスアスファルト混合物への中温化技術の適用検討

Application of warm-mix asphalt technics to porous asphalt paving mixture

技術支援課 課務担当 課長代理 峰岸順一 道路環境支援担当 主任 狭間 博

### 1. はじめに

中温化技術とは、アスファルトの粘度を一時的に低下させる添加剤（中温化剤）の効果やフォームド技術等を用いることで、標準のアスファルト混合物の製造温度を、160℃から130℃へ30℃程度低減できるものである。これによって製造される中温化アスファルト混合物は、標準のアスファルト混合物に比べて製造時の混合温度を下げることでCO<sub>2</sub>の排出量を削減し、地球温暖化の防止に貢献できると考えられている。

中温化アスファルト混合物に用いられる添加剤には、発泡系、粘弾性調整系、滑材系、プレミックスタイプなどがある。添加剤を用いる以外にフォームタイプがあり、専用のフォームド発生装置によりアスファルト中に微量な水を添加し微細泡を大量に発生させることにより、体積を増大させて、アスファルトの見かけの粘度を低下させるものです。

これら中温化技術の特徴として、

- ①混合物製造時のCO<sub>2</sub>排出量の削減
  - ②熱劣化の低減による混合物品質の向上
  - ③施工時の初期わだち掘れの発生を抑制
  - ④寒冷期における施工性の改善
- などが期待されている。

今回は、ポーラスアスファルト混合物への中温化技術の適用検討として、中温化混合物の性状及び中温化混合物から回収したアスファルトの性状に注目し、熱劣化の低減を確認したので報告する。

### 2. 試験内容

標準混合物（中温化技術適用なし）1種類および中温化混合物4種類の計5種類の混合物を対象とし、使用するアスファルト混合物はポーラスアスファルト混合物(13)、アスファルトはポリマー改質アスファルトH型（以下、改質H型と記す）とした。対象としたアスファルト混合物、アスファルト、中温化技術の種類は、表-1に示すとおりである。

表-1 使用した中温化混合物と混合・締固め温度

混合物の種類	中温化技術について	中温化剤の添加方法	中温化剤の添加量	目標混合温度	目標締固め温度
①標準混合物	—	—	—	175±10℃	160±10℃
②中温化混合物 プラントミックス(発泡系)A	外観は白色粉体	骨材をドライミキシングし、ミキサー内にアスファルトを噴射投入直後に中温化剤を投入	アスファルト量の4%	145±5℃	135±5℃
③中温化混合物 プラントミックス(発泡系)B	外観は白色粉体	骨材をドライミキシングし、ミキサー内にアスファルトを噴射投入直後に中温化剤を投入	アスファルト量の20%	145±5℃	135±5℃
④中温化混合物 フォームドタイプ	機械式フォームド発生装置で微細化水蒸気によりアスファルトを発泡させる	—	アスファルトを専用のフォームド発生装置で微細化水蒸気により発泡	145±5℃	135±5℃
⑤中温化混合物 プレミックスタイプ	中温化剤をアスファルトに事前混入	中温化剤事前混入	アスファルト量4.8%	145±5℃	135±5℃

表-2 試験結果一覧

項目	①標準混合物	②中温化混合物 プラントミックス 発泡系A	③中温化混合物 プラントミックス 発泡系B	④中温化混合物 フォームドタイプ	⑤中温化混合物 プレミックスタイプ
密度 g/cm <sup>3</sup>	1.966	1.959	2.059	2.047	2.042
空隙率 %	21.4	21.7	17.7	18.2	18.4
標準混合物を100%とした 場合の密度の比 %	100.0	99.6	104.7	104.1	103.9
安定度 kN	11.6	7.7	7.9	7.9	8.3
標準混合物を100%とした 場合の安定度の比 %	100.0	66.8	68.6	68.1	71.9
フロー値 1/100mm	34.7	36.0	36.3	39.0	35.0
0°C圧裂強度 MPa	2.607	2.214	3.196	2.959	2.937
60°C圧裂強度 MPa	0.162	0.189	0.099	0.144	0.092
圧裂強度比	16.1	11.7	32.4	20.6	32.0
針入度 1/10mm	42	46	48	46	42
軟化点 °C	87.5	82.5	84.0	81.5	86.0
伸度 cm	39	60	58	32	75
引火点 °C	342	350	336	347	358
密度 g/cm <sup>3</sup>	1.044	1.043	1.043	1.044	1.042
標準混合物を100%とした 場合の密度の比 %	100.0	99.9	99.9	100.0	99.8
60°C粘度 Pa·s	10159	6274	5458	7742	6472
薄膜加熱質量変化率 %	-0.154	-0.202	-0.175	-0.073	-0.105
薄膜加熱後の針入度残留 率 %	78.6	73.9	68.8	71.7	76.2
薄膜加熱後の60°C粘度 Pa·s	10715	7387	7435	8312	7102
粘度比 %	1.05	1.18	1.36	1.07	1.10
タフネス N·m	11.8	16.2	17.5	15.5	12.7
テナシティ N·m	9.6	13.2	14.5	11.9	10.2

なお、中温化技術は市場性のあるものから選定した。プラントミックスタイプ(発泡系2種類)、フォームドタイプ及びプレミックスタイプの計4種類を選定した。中温化剤の添加量は、メーカー推奨値とした。試験に使用する各アスファルト混合物は、アスファルトプラントからの練り落としとし、各プラントの実験室で供試体を作成した。混合物は、各プラントで出荷実績のあるアスファルト混合物事前審査認定の配合のものを用いた。中温化混合物は、通常温度より30°C低い温度で製造した。プレミックスタイプについてはメーカー推奨温度に準拠した。各混合物の目標混合温度と目標締固め温度の設定値は、表-1に示すとおりである。

室内試験結果から、密度、空隙率、安定度およびフロー値、0°C、60°Cにおける圧裂強度、圧裂強度比(0°C/60°C)の項目についてデータ整理し、中温化技術の有無および種類による性能比較を行った。マーシャル安定度試験の密度、空隙率は、締固め性状

把握の目的で、マーシャル安定度試験の安定度は、基本的な混合物性状把握の目的で、圧裂試験による圧裂強度比は、ひび割れ性状や耐流動性把握の目的で実施した試験であるので、これら試験目的についての考察を加えた。

なお、各試験は、(社)日本道路協会「舗装調査・試験法便覧」に従って行った。

### 3. 試験結果

試験結果一覧は、表-2に示すとおりである。

#### (1) 密度、締固め度

各混合物のマーシャル供試体の密度の結果は、図-1に示すとおりである。全混合物とも東京都建設局土木材料仕様書(以下、土木材料仕様書と記す)の品質1.95g/cm<sup>3</sup>以上を満足した。

標準混合物の密度を100とした時の比率(%)は、図-1に示すように99.6~104.7%であり、中温化混合物の密度は標準混合物とほぼ同等であった。標準

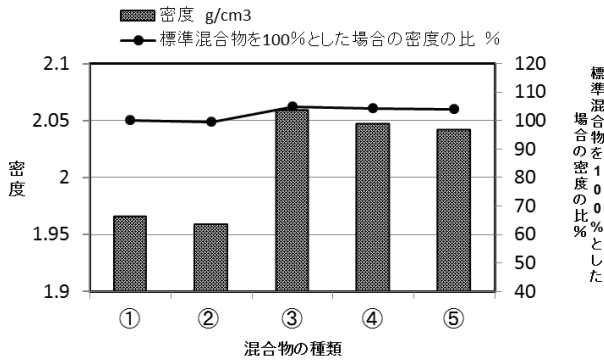


図-1 密度

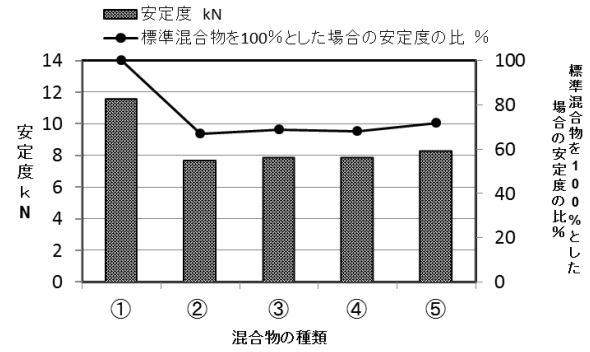


図-3 マーシャル安定度

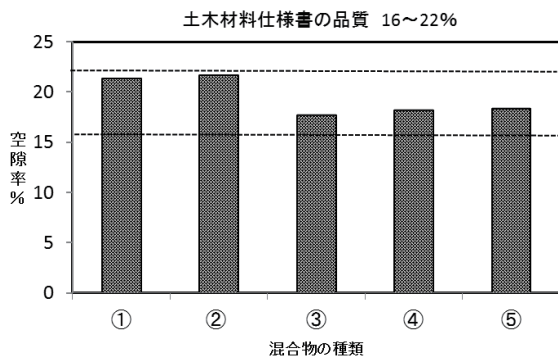


図-2 空隙率

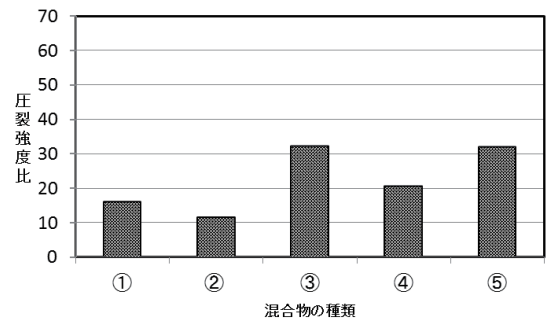


図-4 圧裂強度比

混合物に対する締固め度は、全中温化混合物とも99.6～104.7%の範囲で標準混合物よりやや高い傾向であった。

#### (2) 空隙率

空隙率は図-2 に示すように、全中温化混合物とも17.7～21.7%の範囲で、土木材料仕様書の品質16～22%を満足した。中温化混合物は標準混合物よりやや空隙率が小さい傾向であった。

#### (3) マーシャル安定度試験

図-3 に示すように中温化混合物のマーシャル安定度は標準混合物の11.6kN 比べて7.7～8.3kN と66.8～71.9%の値を示した。これは、標準混合物の出荷プラントの事前審査時の安定度が現場配合で5.7kN であり、今回の測定値11.6kN は、やや大きな値であったことに起因する。そして、土木材料仕様書の品質4kN 以上は十分満足したことから、中温化混合物の安定度の値は問題のないレベルであった。

また、中温化混合物のフロー値は35.0～39.0 (1/100cm) であり、標準混合物34.7 (1/100cm) と

ほぼ同等であった。フロー値については、平成17年度版の土木材料仕様書から品質が削除されているが、平成17年以前の旧品質の20～40 (1/100cm) を満足していた。

※フロー値は、測定が困難な場合があったため、平成17年版で削除

#### (4) 圧裂試験結果

アスファルト混合物の感温性を示すと考えられる0℃と60℃の圧裂強度比(0℃における圧裂強度/60℃の圧裂強度)と路面性状の間には相関があり、圧裂強度比が大きい(感温性大)ものはわだち掘れが大きく、圧裂強度比が小さい(感温性小)ものは、ひび割れが発生しやすいとされている((社)日本道路協会「舗装調査・試験法便覧」)。図-4 に示すように中温化混合物は、標準混合物の16.4と比較して11.7～32.4の範囲でありほぼ同等の値であった。

#### (5) 回収アスファルトの性状

混合物の製造・締固め温度を30℃低減させた中温化混合物から回収したアスファルトの試験結果(表

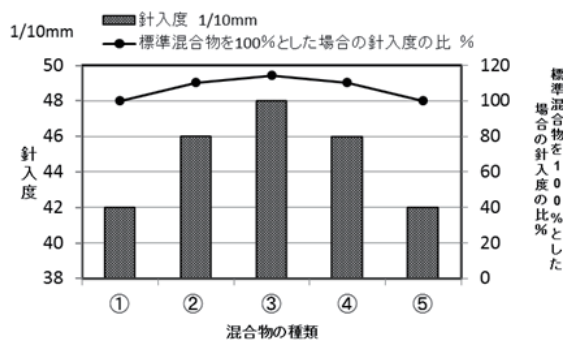


図-5 針入度

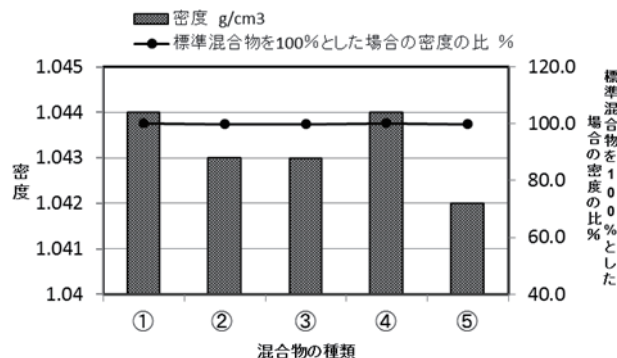


図-8 密度

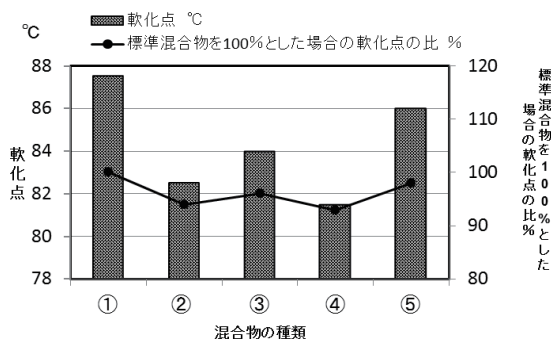


図-6 軟化点

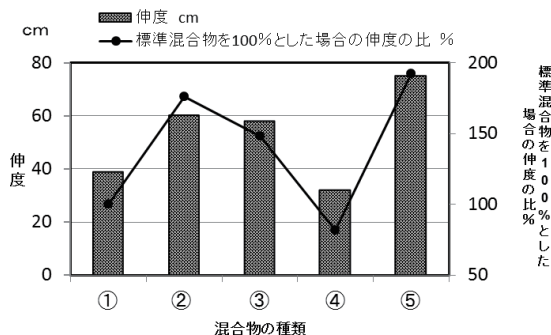


図-7 伸度

-2 参照) は以下のとおりである。

### 1) 針入度

回収アスファルトの針入度は、中温化混合物が通常混合物よりも高い傾向であった(図-5)。このことから、⑤プレミックスタイプを除く中温化混合物は混合時の温度が低下することによるアスファルトの熱劣化が抑制され針入度が高い傾向にあると考えられた。

### 2) 軟化点

軟化点は、通常混合物よりも低い傾向にあった(図

-6)。これは針入度の場合と同様に中温化混合物の混合時の熱劣化が抑制されて軟化点がやや低い傾向を示していると考えられた。

### 3) 伸度

中温化混合物の伸度は、図-7に示すように④フォームドタイプ以外は、58~75cmであり標準混合物(39cm)より大きく延性が高かった。フォームドタイプ(32cm)が標準混合物と同程度であった。

### 4) 引火点

中温化混合物の引火点は336~350°Cと標準混合物342°Cと同程度であった。

### 5) 密度

密度は、標準混合物に対する比(図-8)が、99.8~100%と混合物製造時にほとんど変化していないといえる。

### 6) 60°C粘度

中温化混合物の回収アスファルトの60°C粘度は、標準混合物より低い傾向であり、④フォームドタイプが中温化混合物の中では大きい値を示した。

### 7) 薄膜加熱質量変化率

標準混合物に対する薄膜加熱質量変化率は、④フォームドタイプが47.4%と変化率が小さく熱劣化の影響が少なかった。

### 8) 薄膜加熱後の針入度残留率

薄膜加熱後の針入度残留率は68.8~76.2%、標準混合物の78.6%とほぼ同程度であり、中温化技術との差は少なかった。

### 9) 薄膜加熱後の60°C粘度

60°C粘度は、回収直後に比べて薄膜加熱後の値が大きくなっていた、これは薄膜加熱時に中温化技術

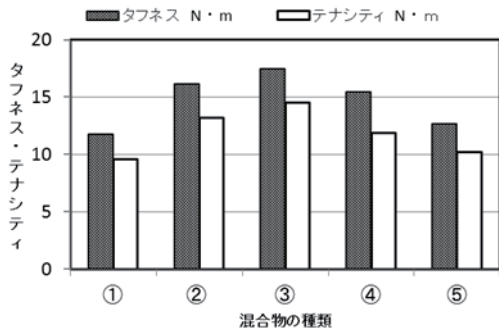


図-7 タフネス・テナシティ

の機能が失われて標準のアスファルトの粘度に近づいたものといえる。

#### 10) 粘度比

回収アスファルトの薄膜加熱試験前後の60℃粘度比と供用中におけるひび割れ率の関係が示されており、粘度比が大きいほどひび割れ率は大きくなる。過去の土木材料仕様書のセミブローンアスファルトの品質規格には、粘度比 5.0 以下があったが、この値と比較して今回の値は、1.05~1.36 と小さい値である。通常混合物、中温化混合物とも大きな差は見られない。

※なお、セミブローンアスファルトは、現在製造されていないため土木材料仕様書の品質規格はない。

#### 11) タフネス・テナシティ

試験結果は、図-7に示すとおりである。中温化混合物のタフネス・テナシティは、通常混合物より高い傾向であった。アスファルトの把握力、粘着力に問題はないといえる。

#### 4. まとめ

ポーラスアスファルト混合物の中温化混合物性状は、土木材料仕様書の品質を満たすが、標準混合物と比較すると、やや低い値を示す項目もあった。

回収アスファルトの針入度、軟化点から中温化混合物は、混合物の加熱劣化が抑制される傾向であった。他のアスファルト性状は標準混合物と同等であった。混合物性状、回収アスファルトの性状から判断すると、ポーラスアスファルト混合物へ中温化技術を適用することは可能であると考えられる。

今後は、試験施工等を行い中温化技術の有用性について検証していく予定である。

なお、CO<sub>2</sub> 排出量低減値については、(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 26.1 発刊を参照ください。