

5. 中温化混合物の回収アスファルトの性状に関する一検討

Consideration Concerned with Property of Recovered of Asphalt from Warm-mix Mixture

技術支援課 峰岸順一、狹間 博

1. はじめに

東京都では、舗装技術からの CO₂ 排出抑制への対応として混合物製造時の温度を 30℃程度低減できる中温化技術に注目してきた。今回は、中温化混合物から回収したアスファルトの性状が、どのようになっているかに注目して通常混合物との比較を行い検討した。

2. 試験内容

中温化混合物および通常混合物の 9 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密粒度アスファルト混合物(13)、使用するアスファルトはストレートアスファルト 40～60（以下、ストアス 40

～60 と記す）及びポリマー改質アスファルトⅡ型（以下、改質Ⅱ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、中温化剤の種類は、表-1 に示すとおりである。

なお、選定した中温化剤は、NETIS 登録技術から選定した。市場性がある中温化混合物のうち、プラントミックスタイプ（発泡系と粘弾性調整系の二種類）、プレミックスタイプ及びフォームドタイプの計四種類を選定した。ただし、プレミックスタイプについてはストレートアスファルト 40～60 に対する中温化剤が製品化されていないことから、この組合せは除いた。中温化剤の添加量は、メーカー推奨値とした。

表-1 使用したアスファルト混合物、アスファルト、中温化剤の種類

アスファルト混合物	アスファルトの種類	添加剤の有無（種別）		混合物の種類	
密粒度アスファルト混合物 (13)	ストレートアスファルト40～60 (以下ストアス40～60)	無し	通常混合物（1種類）	通常①	ストアス40～60混合物
		有	中温化混合物（3種類）	中温化②	プラントミックス（発砲系）
				中温化③	プラントミックス（粘弾性調整系）
				中温化④	フォームドタイプ
	ポリマー改質アスファルトⅡ型 (以下改質Ⅱ型)	無し	通常混合物（1種類）	通常⑤	改質Ⅱ型混合物
		有	中温化混合物（4種類）	中温化⑥	プラントミックス（発砲系）
				中温化⑦	プラントミックス（粘弾性調整系）
		無し		中温化⑧	プレミックスタイプ
		有		中温化⑨	フォームドタイプ

表-2 目標混合温度と目標締固め温度

混合物名 (13)	中温化技術		アスファルトの種類			
			ストアス 40～60		改質Ⅱ型	
	混合方式	添加剤の種類	目標混合温度	目標締固め温度	目標混合温度	目標締固め温度
密粒度アスファルト混合物(13)	プレミックス	－			143±3℃	133±3℃
	プラントミックス	発泡系	127±3℃	115±3℃	143±3℃	133±3℃
		粘弾性調整系	127±3℃	115±3℃	143±3℃	133±3℃
	フォームド	水蒸気	127±3℃	127±3℃	143±3℃	133±3℃
	通常混合	－	157±3℃	145±3℃	173±3℃	163±3℃

表-3 試験内容

対象	試験名	結果	ストアス		改質Ⅱ型		試料数
			通常混合物 (1種類)	中温化混合物 (3種類)	通常混合物 (1種類)	中温化混合物 (4種類)	
ア ス フ ア ル 混 合 物	アスファルト混合物の密度試験	アスファルト混合物の密度、空隙率、飽和度	○	○	○	○	9
	マーシャル安定度試験	安定度(S)、フロー値(S) S/F	○	○	○	○	9
	アスファルトの回収試験	-	○	○	○	○	9
ア ス フ ア ル ト	針入度試験	針入度	○	○	○	○	9
	軟化点試験	軟化点	○	○	○	○	9
	伸度試験	伸度	○	○	○	○	9
	密度試験	密度	○	○	○	○	9
	高温動粘度試験	動粘度	○	○	○	○	9
	タフネス・ティナシティ試験	タフネス・ティナシティ	-	-	○	○	5

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時の温度を保ちながら実験室に運搬した。各混合物は、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了。中温化混合物は、ストアス、改質アスとも通常温度より 30℃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-2 に示すとおりである。

各混合物の製造は、実験室に持ち込み直後に行った。実施したアスファルト混合物及び回収アスファルトの試験内容は、表-3 に示すとおりである。

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。

表-4 試験結果一覧

試験結果		ストアス40～60				土木材料仕様書の 新規混合物及びア スファルトの品質	改質Ⅱ型					土木材料仕様書の 新規混合物及びア スファルトの品質
		通常①	中温化②	中温化③	中温化④		通常⑤	中温化⑥	中温化⑦	中温化⑧	中温化⑨	
混合物性状	密度(g/cm ³)	2.395	2.398	2.397	2.401	2.33以上	2.396	2.397	2.395	2.394	2.390	2.33以上
	締固め度(%)	100.0	100.1	100.1	100.3	-	100.1	100.1	100.0	100.0	99.8	-
	空隙率(%)	3.5	3.5	3.9	3.6	3～6	3.5	3.5	3.6	3.6	3.5	3～6
	飽和度(%)	78.2	77.9	76.3	77.6	70～85	78.1	78.1	77.7	77.9	78.0	70～85
	安定度(kN)	12.6	10.2	9.7	10.7	8.0以上	16.2	13.4	11.9	12.4	13.3	10.0以上
	フロー値(1/100cm)	26	25	22	34	20～40	32	34	31	25	24	20～40
	S/F (kN/m)	4862	4132	4324	3181	-	5050	3893	3832	4902	5370	-
回収アス ファルトの性状	針入度(1/10mm)	32	45	51	39	40を超えて60以下	35	35	38	40	36	45～65
	軟化点(℃)	54.5	49.5	48.5	51.0	44.0～52.0	60.5	63.0	60.5	51.0	52.0	57.0～75.0
	伸度(cm)	43	130	87	103	100以上	58	56	69	34	56	50以上
	密度(g/cm ³)	1.052	1.046	1.049	1.047	1.000以上	1.050	1.043	1.043	1.047	1.047	-
	動粘度(mm ² /s)120℃	1653	969	1317	1201	-	2145(130℃)	2761	2973	1586	2973	-
	動粘度(mm ² /s)150℃	340	237	241	264	-	670	609	623	408	620	-
	動粘度(mm ² /s)180℃	107	77	76	89	-	269	200	210	153	223	-
	タフネス(N・m)	-	-	-	-	-	28.5	25.5	24.0	17.0	23.3	12.0以上
	ティナシティ(N・m)	-	-	-	-	-	18.4	18.0	12.5	9.5	13.9	6.0以上

3. 試験結果

(1) 密度、締固め度

各混合物のマーシャル供試体の密度、締固め度の結果は、表-4 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 2.33g/cm³を満足した。

通常混合物の密度を 100 とした時の比率(%)は、図-1 に示すように 99.7～100.2%であり、中温化混

合物の密度は通常混合物とほぼ同等であった。

締固め度は、全中温化混合物とも 99.8～100.3%の範囲で通常混合物と同等な値であった。

(2) 空隙率、飽和度

各混合物の空隙率、飽和度は、表-4 に示すとおりである。空隙率は全中温化混合物とも 3.5～3.9%の範囲で、飽和度は全中温化混合物とも 76.3～78.1%の範囲で通常混合物と同等な値であった。

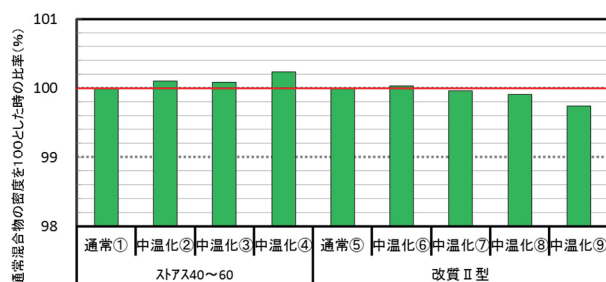


図-1 密度

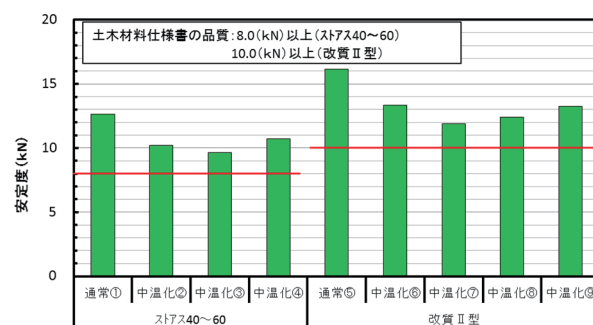


図-4 マーシャル安定度

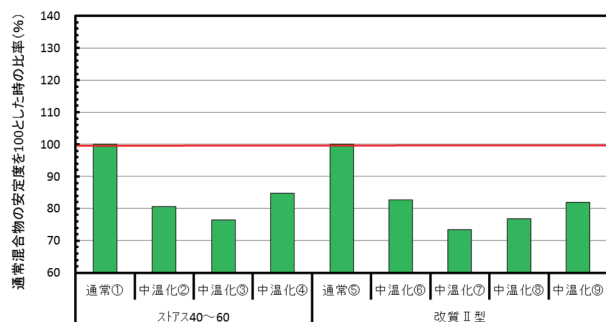


図-2 マーシャル安定度

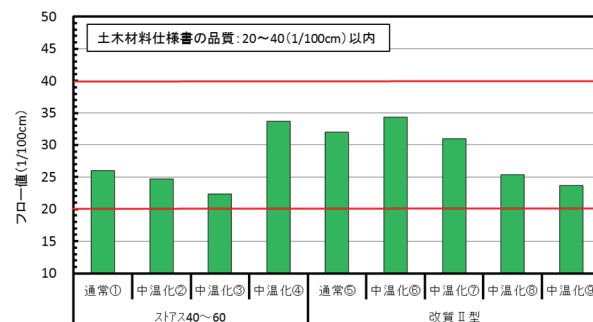


図-5 フロー値

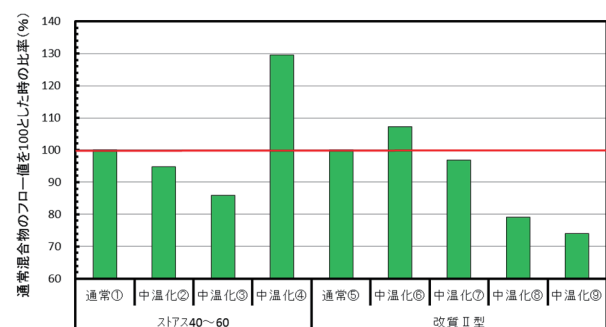


図-3 フロー値

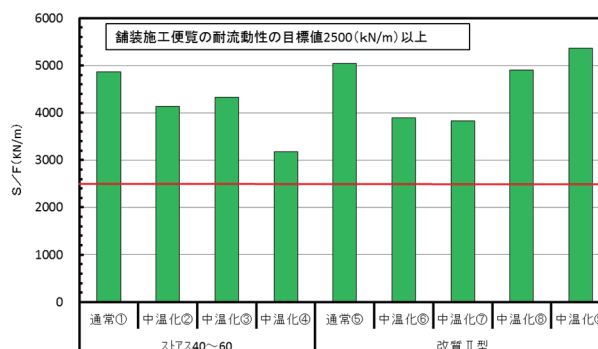


図-6 S/F

(3) マーシャル安定度試験

図-2 に示すように中温化混合物のマーシャル安定度は通常混合物に比べてストアス 40~60 で 76.4~84.7%、改質Ⅱ型で 73.5~82.7%と、低い傾向にあった。

図-3 に示すように中温化混合物のフロー値は通常混合物に比べてストアス 40~60 で 85.9~129.5%、改質Ⅱ型で 74.0~107.3%と、各中温化剤の種類でばらつくが、土木材料仕様書の品質は満足した（図-4、-5 参照）。

図-6 に示すように中温化混合物の安定度/フロー値 = S/F は 2,500kN/m 以上であり、耐流動性についての目標値（（社）日本道路協会「舗装施工便

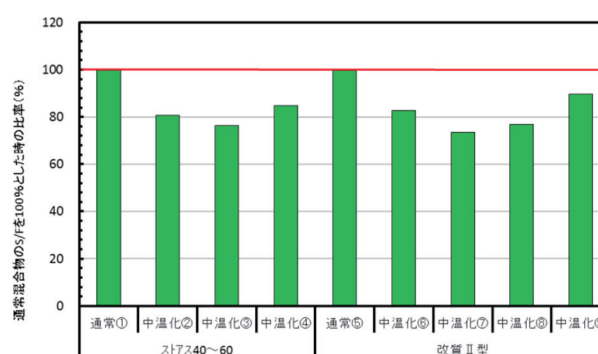


図-7 S/F

覧」（以下、舗装施工便覧と記す）を満たした。

図-7 に示すように通常混合物 と中温化混合物

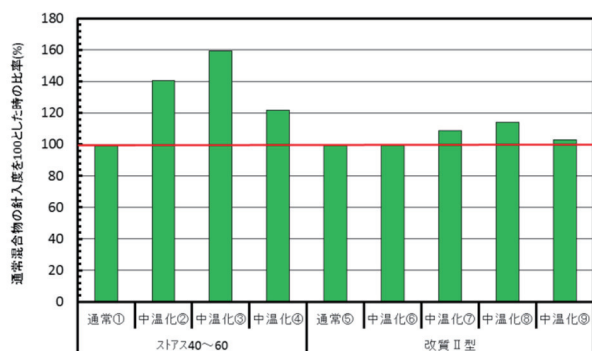


図-8 針入度

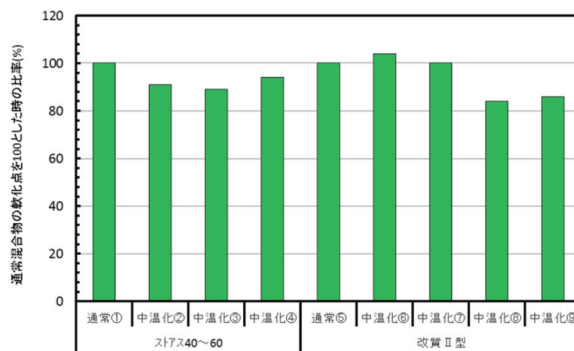


図-10 軟化点

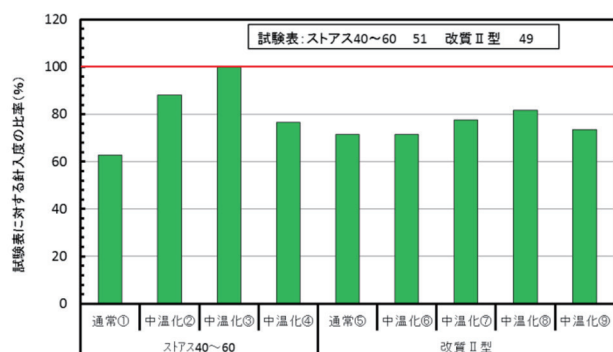


図-9 針入度

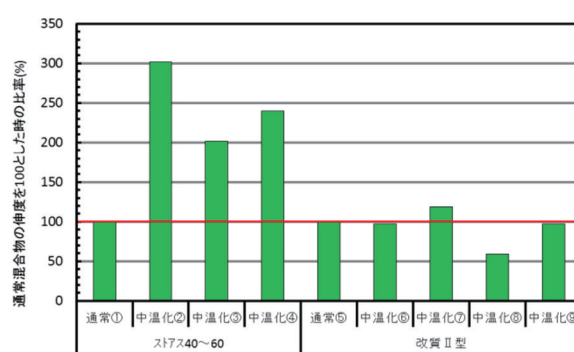


図-11 伸度

の比較では、ストアス 40～60、改質Ⅱ型の S/F は通常混合物に対して 73.5～89.7%と小さくなった。

(4) 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-4 参照）は以下のとおりである。

1) 針入度

針入度は、ストアス 40～60、改質Ⅱ型を用いた場合も通常混合物よりも高い傾向であった（図-8）。ストアス 40～60 では、中温化④のフォームタイプが針入度の変化が小さかった。

また、試験表に示されたオリジナルな針入度の値に対する比、通常混合物に対する針入度比も大きかった（図-9）。これらのことから中温化混合物は混合時の加熱劣化が抑制される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-10）。これは針入度の場合と同様に中温化混合物の混合時の加熱劣化が抑制されている傾向を示してい

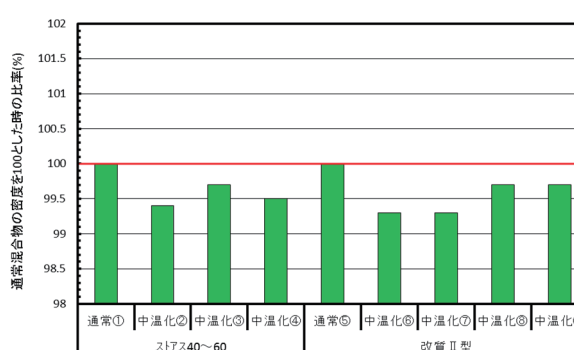


図-12 密度

ると考えられた。

3) 伸度

伸度は、ストアス 40～60 の場合通常混合物より大きく、改質Ⅱ型を用いた混合物では通常混合物と同程度であった（図-11）。

4) 密度

密度は、ストアス 40～60、改質Ⅱ型とも通常混合物に対する比（図-12）が、最大で 99.7%であり混合物製造時にほとんど変化していないといえる。

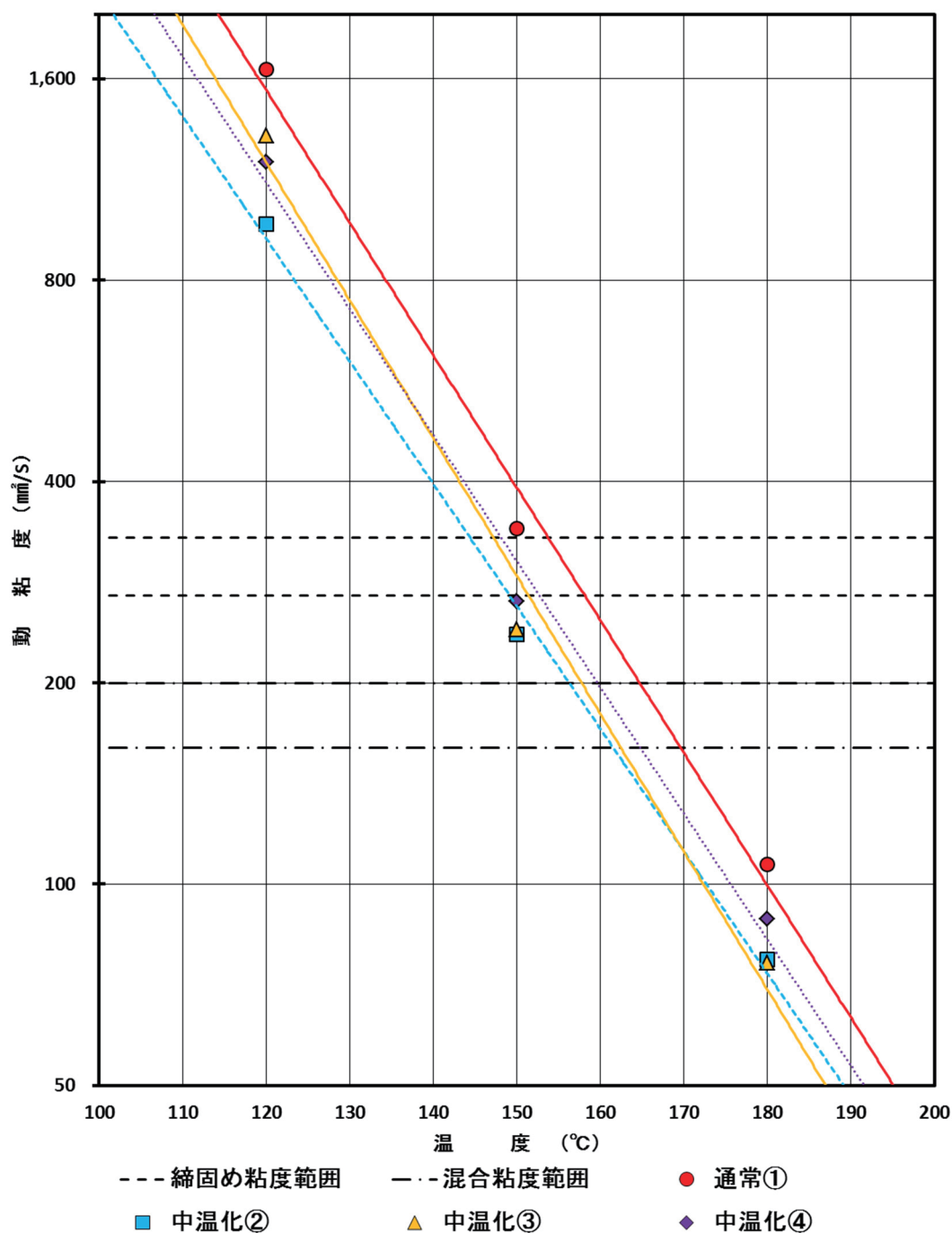


図-13 温度と動粘度の関係（ストアス 40～60）

5) 動粘度

動粘度は、図-13 に示すようにストアス 40～60 を用いた場合通常混合物より低く、舗装施工便覧では、アスファルト安定度試験用供試体作製時の混合温度、締固め温度は、アスファルトの動粘度が $180 \pm 20 \text{ mm}^2/\text{s}$ 及び $300 \pm 30 \text{ mm}^2/\text{s}$ になるときの温度とされている。アスファルトの動粘度からの締固め温度範

囲、混合温度範囲共に、約 10°C 低くなっていた。改質Ⅱ型も温度と動粘度の関係は、図-14 に示すように同様な傾向であった。

6) タフネス・テナシティ

表-4 に示すように改質Ⅱ型のタフネス・テナシティは、通常混合物に比べて低下傾向にあるが土木材料仕様書の品質を満足していた。

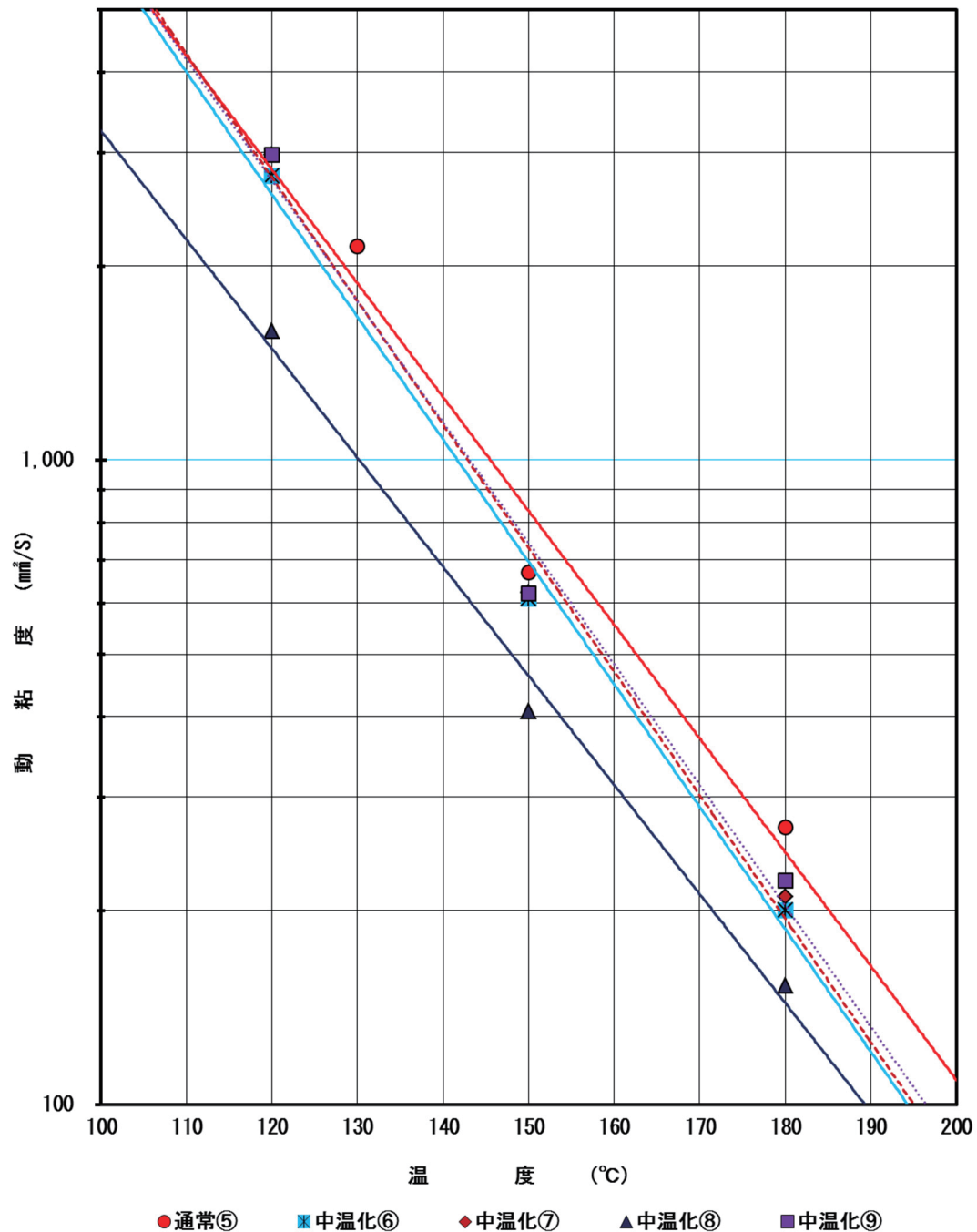


図-14 温度と動粘度の関係（改質Ⅱ型）

4. まとめ

中温化混合物の混合物性状は、土木材料仕様書の品質を満たすが、通常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。動粘度は、ストアス40～60を用いた場合通常混合物より低く、舗装施工

便覧のアスファルトの動粘度から求めた締固め温度範囲、混合温度範囲共に、約10℃低くなっていたことから、動粘度からも中温化技術の効果が確認できた。今後も継続して、アスファルトの品質の面から中温化技術の有用性について検証していく予定である。