

SHRP の評価試験を応用した再生用添加剤添加量の決定手法の提案

沈菊男¹・野村健一郎²・木下 庄次³

¹ Ph.D. 大成ロテック株式会社 技術研究所 (〒365-0027 埼玉県鴻巣市大字上谷 1456)

² 正会員 工博 大成ロテック株式会社 総合技術部 (〒365-0027 埼玉県鴻巣市大字上谷 1456)

³ 工修 大成ロテック株式会社 総合技術部 (〒365-0027 埼玉県鴻巣市大字上谷 1456)

我が国においては、通常、針入度を指標として再生用添加剤量を決定し、再生アスファルト混合物の配合設計を実施している。当該手法は簡便な手法ではあるものの、供用中のアスファルトの劣化や供用性などを十分に考慮しているとは言い難い。本研究では、Strategic Highway Research Program (SHRP)で示されたパフォーマンスグレート (PG) が、混合物製造時および供用中の劣化を考慮した供用性に基づき分類された新アスファルトの仕様であることに着目し、ここで適用されているダイナミックシアレオメータ (DSR)、ペンディングビームレオメータ (BBR) の両試験によって再生アスファルトの性状を評価することで、最適な再生用添加剤量を決定する手法を提案した。

Key Words : DSR, BBR, SHRP, rejuvenator, content, asphalt binder, hot mix recycling

1. はじめに

我が国では、環境保全や資源の有効利用等の観点から、建設発生材の再利用が積極的に進められている。これを背景に、道路建設における発生材の再利用技術も進歩し、道路補修等で発生するアスファルト舗装における発生材（以下、アスファルト発生材という）の再利用率は、95%以上に達している¹⁾。

アスファルト発生材をアスファルト混合物に再生利用する場合、通常、劣化したアスファルトの性状を回復させるために、再生用添加剤を使用する。一般に再生用添加剤の添加量は、再生骨材に含まれるアスファルトの針入度を設計針入度に回復させる量として決定される。なお、この場合の設計針入度は、混合物製造時に受ける劣化を考慮した値とされる²⁾。

本研究では、上記の針入度を指標とした手法に対し、供用中のアスファルトの劣化、ならびに供用性能として耐流動性、疲労ひび割れ抵抗性および低温ひび割れ抵抗性を考慮した SHRP のパフォーマンスグレート (PG)³⁾を応用し、「再生用添加剤量を決定する手法」を検討した。

なお、これらの検討にあたっては、新規アスファルトを室内において強制劣化させ、それを再生骨材に含まれる旧アスファルトとして実験を行った。

表-1 新規ストレートアスファルト 60-80 の性状

	Straight-run 60-80 Pen
Penetration (25 , 1/10mm)	66
Softening Point ()	48
Ductility (15 , cm)	>100
Viscosity (60 , Pa·s)	174

表-2 劣化促進条件

Source	Aged asphalt	Aging process
Straight-run 60-80	Pen 20	RTFO45'+PAV25h
	Pen 30	RTFO45'+PAV15h

2. 試験内容

(1) 試験に用いる試料

a) 旧アスファルト

試験に用いる旧アスファルトは、表-1 に示す新規アスファルト（舗装用ストレートアスファルト 60-80）を、混合物製造時に受ける熱劣化を再現する回転式薄膜加熱試験 (RTFO) と供用中の劣化を再現する加圧劣化試験 (PAV) を組み合わせて強制劣化させ製造したものである⁴⁾。

表-3 再生用添加剤の性状と組成

Dynamic Viscosity (60 , mm ² /s)	Flash Point ()	Ratio of Viscosity	Density (g/cm ³)
202	232	1.37	1.0
Asphaltene	Saturate	Aromatic	Resin
2.0wt%	51.9 wt%	33.2wt%	12.4wt%

表-4 再生用添加剤の添加量

Aged Asphalt	Rejuvenator content (%)			
Pen 20	0.0	6.0	11.6	
Pen 30	0.0	6.0	9.0	14.0

また、旧アスファルトの針入度は、20 (25 , 1/10mm, 以下, Pen 20 という)および 30 (25 , 1/10mm, 以下, Pen 30 という)を目標に表-2 に示す劣化条件で製造した。

b) 再生用添加剤

今回使用した再生用添加剤は、プラント再生舗装技術指針に示される「再生用添加剤の品質」を満足するものである。その性状および組成は、表-3 に示すとおりである⁵⁾。

(2) 実験内容

2 種類の旧アスファルトに対し、それぞれ再生用添加剤量を変化させて再生アスファルトを製造し、以下の a) ~ d) に示す実験を行った。

なお、再生用添加剤の添加量は表-4 に示すとおり、

Pen 30 旧アスファルトでは、6.0%、9.0% (再生アスファルトの針入度がストレート 60-80 相当) および、14.0% (再生アスファルトの針入度がストレート 80-100 相当)⁶⁾、Pen 20 旧アスファルトでは、6.0% および 11.6% (再生アスファルトの針入度がストレート 60-80 相当) とした。

a) 再生アスファルトの DSR 試験⁷⁾

再生アスファルトの粘弾性の評価を目的として実施した。

SHRP では、 $|G^*|/\sin \delta$ 1.00kPa (G^* は複数弾性率、 δ は位相角である) と規定しており、これを指標として評価を行った⁸⁾。

b) RTFO による強制劣化後の DSR 試験

製造時に熱劣化を受けた再生混合物の耐流動性の評価を目的に実施した。

SHRP では、 $|G^*|/\sin \delta$ が大きいもののほど耐流動性が大きいことから、RTFO による強制劣化後のアス

ファルトについては、 $|G^*|/\sin \delta$ 2.20kPa と規定しており、これを指標として評価を行った⁸⁾。

c) RTFO と PAV による強制劣化後の DSR 試験

混合物製造時と供用中両者において劣化を受けた再生混合物の疲労ひび割れ抵抗性の評価を目的に実施した。

SHRP では、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ が小さいもののほど疲労ひび割れ抵抗性が大きいことから、RTFO および PAV の両者による強制劣化後のアスファルトについては、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ 5.00MPa と規定しており、これを指標として評価を行った⁸⁾。

d) RTFO と PAV による強制劣化後の BBR 試験⁷⁾

混合物製造時と供用中両者において劣化を受けた再生混合物の低温ひび割れ抵抗性の評価を目的に実施した。

SHRP では、低温で S 値 (クリープスティフネス) が小さいほど収縮による内部応力が小さいことから、S 300MPa と規定している。また、 m ($m = \log S / \log t$) 値が大きいほど応力緩和能力が大きいことから、 m 0.30 と規定しており、これらを指標として評価を行った⁸⁾。

3. 結果

(1) RTFO による強制劣化前後の DSR 試験結果

a) Pen 30 旧アスファルトの場合

RTFO による強制劣化前の再生用添加剤の添加量と $|G^*|/\sin \delta$ の関係を図-1(a) に、RTFO による強制劣化後の再生用添加剤の添加量と $|G^*|/\sin \delta$ の関係を図-1(b) に示す。

図-1(a) より、RTFO による強制劣化前の再生アスファルトについては、試験温度 58 では再生用添加剤の添加量が 17.7% (外挿) 以下、試験温度 64 では再生用添加剤の添加量が 12.2% 以下、試験温度 70 では再生用添加剤の添加量が 4.3% 以下で、SHRP の提案である $|G^*|/\sin \delta$ 1.00kPa を満足することがわかる。

また図-1(b) より、RTFO による強制劣化後については、試験温度 58 では再生用添加剤の添加量が 14.3% 以下 (外挿)、試験温度 64 では再生用添加剤の添加量が 7.0% 以下で、SHRP の提案である $|G^*|/\sin \delta$ 2.20kPa を満足するが、試験温度 70 では、再生用添加剤量に関わらず $|G^*|/\sin \delta$ 2.20kPa を満足しないことがわかる。

このことから、Pen 30 旧アスファルトを舗装用アスファルト 60-80 および 80-100 相当に再生した場合、SHRP の PG で適用可能な上限温度は 58 となる。

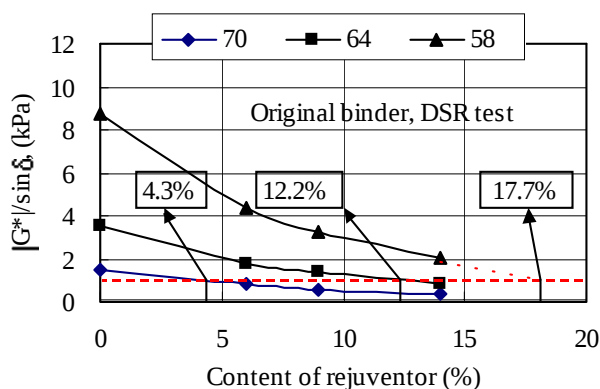


図-1(a) 再生用添加剤量と $|G^*|/\sin\delta$ の関係(Pen 30)

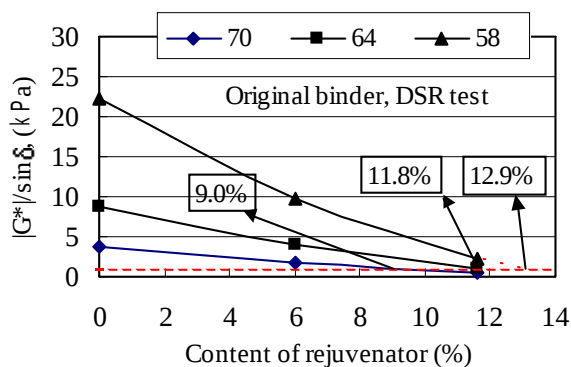


図-2(a) 再生用添加剤量と $|G^*|/\sin\delta$ の関係(Pen 20)

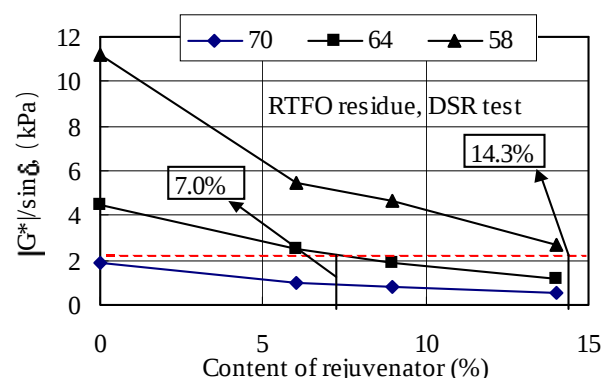


図-1(b) 再生用添加剤量と $|G^*|/\sin\delta$ の関係(Pen 30)

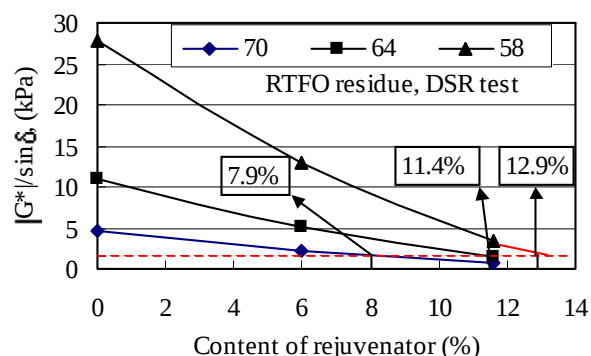


図-2(b) 再生用添加剤量と $|G^*|/\sin\delta$ の関係(Pen 20)

b) Pen 20 旧アスファルトの場合

RTFO による強制劣化前の再生用添加剤の添加量と $|G^*|/\sin\delta$ の関係を図-2(a)に、RTFO による強制劣化後の再生用添加剤の添加量と $|G^*|/\sin\delta$ の関係を図-2(b)に示す。

図-2(a)より、RTFO による強制劣化前の再生アスファルトについては、試験温度 58℃では再生用添加剤の添加量が 12.9%（外挿）以下、試験温度 64℃では再生用添加剤の添加量が 11.8%以下、試験温度 70℃では再生用添加剤の添加量が 9.0%以下で、SHRP の提案である $|G^*|/\sin\delta = 1.00\text{kPa}$ を満足することがわかる。

また、図-2(b)より、RTFO による強制劣化後については、試験温度 58℃では再生用添加剤の添加量が 12.9%以下（外挿）、試験温度 64℃では再生用添加剤の添加量が 11.4%以下、試験温度 70℃では再生用添加剤の添加量が 7.9%以下で、SHRP の提案である $|G^*|/\sin\delta = 2.20\text{kPa}$ を満足することがわかる。

c) Pen 30 旧アスファルトの場合と Pen 20 旧アスファルトの場合の比較

RTFO による強制劣化前後において、Pen 20 と Pen 30 の旧アスファルトを「舗装用アスファルト 60-80

相当」に再生した場合、前者の $|G^*|/\sin\delta$ は、後者の 1/2 倍程度の値を示している。

また、RTFO による強制劣化前後において、Pen 30 の旧アスファルトを「舗装用アスファルト 80-100 相当」に再生した場合と、Pen 20 の旧アスファルトを「舗装用アスファルト 60-80 相当」に再生した場合の $|G^*|/\sin\delta$ が同程度の値を示している。

これらは、Pen 20 の旧アスファルトが Pen 30 の旧アスファルトに比べ、再生用添加剤量の変化に対する $|G^*|/\sin\delta$ の変化の程度が大きい、言い換えると、同一針入度に戻まで回復させる場合、旧アスファルトの劣化の程度が大きいほど、耐流動性に劣ることを示していると考えられる。

(2) RTFO と PAV による強制劣化後の DSR 試験結果

Pen 30 旧アスファルトの場合における再生用添加剤の添加量と $|G^*| \cdot \sin\delta$ の関係を図-3に、Pen 20 旧アスファルトの場合における再生用添加剤の添加量と $|G^*| \cdot \sin\delta$ の関係を図-4に示す。

これらの結果より、旧アスファルトを含め、全ての再生用添加剤量で、SHRP の提案である $|G^*| \cdot \sin\delta = 5.00\text{MPa}$ を満足することがわかる。

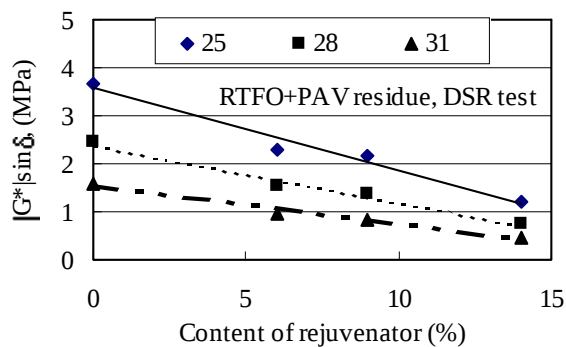


図-3 再生用添加剤量と $|G^*|\sin\delta$ の関係 (Pen 30)

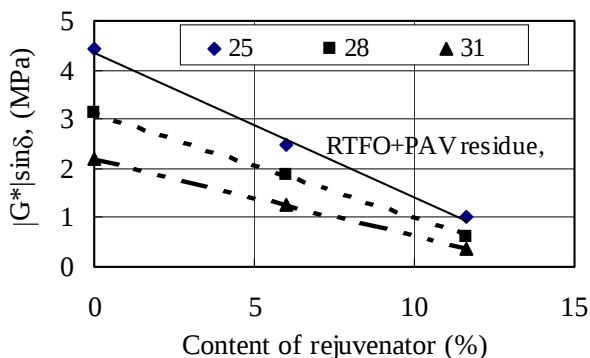


図-4 再生用添加剤量と $|G^*|\sin\delta$ の関係 (Pen 20)

また、Pen 20 と Pen 30 の旧アスファルトを「舗装用アスファルト 60-80 相当」に再生した場合、前者の $|G^*|\sin\delta$ が後者のそれに比べ 1/2 程度の値を示している。

これは、Pen 20 の旧アスファルトの方が Pen30 の旧アスファルトに比べ、再生用添加剤量の変化に対する $|G^*|\sin\delta$ の変化の程度が大きいことを示している。

(3) RTFO と PAV による強制劣化後の BBR 試験結果

a) Pen 30 旧アスファルトの場合

RTFO と PAV による強制劣化後の再生用添加剤の添加量と S 値の関係を図-5(a)に示す。

これより、試験温度が-15 以上であれば、再生用添加剤の添加量に関わらず、試験温度-20 の場合は再生用添加剤の添加量が 16.6%(外挿)以上で、SHRP の提案である S 値 300MPa を満足することがわかる。

また、再生用添加剤の添加量と m 値の関係を図-5(b)に示すが、これより、試験温度-10 以上であれば、再生用添加剤の添加量に関わらず、試験温度-15 では、再生用添加剤量が 6.7%以上、試験温度-20 の場合は、再生用添加剤量が 14.4%(外挿)

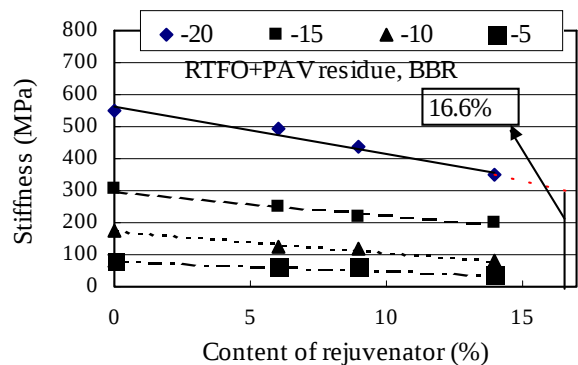


図-5(a) 再生用添加剤量とステイフネスの関係 (Pen 30)

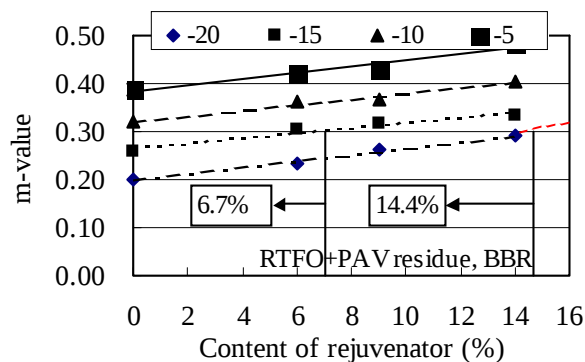


図-5(b) 再生用添加剤量と m 値の関係 (Pen 30)

以上で、SHRP の提案である m 0.30 を満足することがわかる。

b) Pen 20 旧アスファルトの場合

RTFO と PAV による強制劣化後の再生用添加剤の添加量と S 値（クリープステイフネス）の関係を図-6(a)に示す。

これより、試験温度が-10 以上であれば、再生用添加剤の添加量に関わらず、試験温度-15 の場合は、再生用添加剤の添加量が 6.3%以上で、試験温度-20 の場合は、再生用添加剤の添加量が 13.6%(外挿)以上で、SHRP の提案である S 300MPa を満足することがわかる。

また、再生用添加剤の添加量と m 値の関係を図-6(b)に示すが、これより、試験温度-5 以上であれば、再生用添加剤の添加量に関わらず、試験温度-10 では 3.5%以上の再生用添加剤量で、試験温度-15 では 8.7%以上の再生用添加剤量で、試験温度-20 の場合は、再生用添加剤量が 13.9%以上(外挿)で、SHRP の提案である m 0.30 を満足することがわかる。

c) Pen 30 旧アスファルトの場合と Pen20 旧アスファルトの場合の比較

Pen 20 と Pen 30 の旧アスファルトを「舗装用アスファルト 60-80 相当」に再生した場合、両者の S

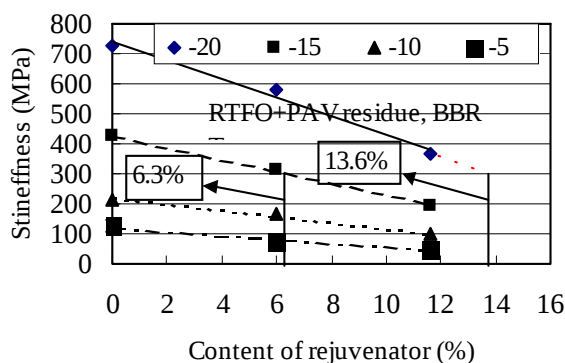


図-6(a) 再生用添加剤量とステイフネスの関係 (Pen 20)

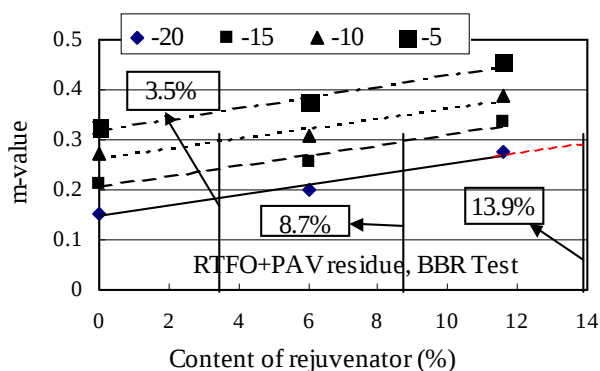


図-6(b) 再生用添加剤量とm 値の関係 (Pen 20)

表-5 再生用添加剤量と各バイнда性状の相関式 (Pen 30)

Items	T*	Functions	R ^{2**}
DSR (PAV residue) Y: G* sin δ (kPa) X: Content (%)	25	Y = -171X + 3577	0.97
	28	Y = -119X + 3391	0.99
	31	Y = -81X + 1557	0.98
BBR (PAV residue) Y: Stiffness (MPa) X: Content (%)	-20	Y = -15.0X + 563	0.98
	-15	Y = -7.6X + 299	0.95
	-10	Y = -6.5X + 172	0.99
	-5	Y = -2.9X + 81	0.96
BBR (PAV residue) Y: m-value X: Content (%)	-20	Y = 0.0065X + 0.20	0.99
	-15	Y = 0.0054X + 0.26	0.97
	-10	Y = 0.0059X + 0.32	0.98
	-5	Y = 0.0064X + 0.38	0.93

*単位: , **n=4

値および m 値はほぼ同程度の値を示している。

(4) 再生用添加剤量とバイнда性状の相関式

再生用添加剤の添加量と各バイнда性状 (RTFO と PAV による強制劣化後の $|G^*| \cdot \sin \delta$, m, S 値) の相関式を, 表-5 および表-6 に示す。

表-6 再生用添加剤量と各バイнда性状の相関式 (Pen 20)

Items	T*	Functions	R ^{2**}
DSR (PAV residue) Y: G* sin δ (kPa) X: Content (%)	25	Y = -295X + 4359	1.00
	28	Y = -216X + 3146	1.00
	31	Y = -156X + 2185	1.00
BBR (PAV residue) Y: Stiffness (MPa) X: Content (%)	-20	Y = -31.0X + 740	0.99
	-15	Y = -19.7X + 427	1.00
	-10	Y = -10.1X + 220	0.98
	-5	Y = -6.8X + 122	0.98
BBR (PAV residue) Y: m-value X: Content (%)	-20	Y = 0.01X + 0.15	0.98
	-15	Y = 0.01X + 0.21	0.97
	-10	Y = 0.01X + 0.27	0.94
	-5	Y = 0.01X + 0.32	0.98

*単位: , **n=3

これらは, 再生用添加剤の添加量と各バイнда性状は直線関係にあり, さらに相関係数 (R^2) が全て 0.90 以上であることを示しており, 再生用添加剤量の決定に, 両者の関係を利用することが可能と考えられる。

4. 再生用添加剤添加量決定方法の提案

(1) 再生用添加剤決定法の概要

上記の結果を踏まえ, 以下に示す手順による再生用添加剤の決定法を提案する。

気候条件を考慮し, 再生アスファルトの目標 PG を選定する。

再生アスファルトの RTFO による強制劣化前後の DSR 試験, および RTFO と PAV による強制劣化後の BBR 試験を実施し, 再生用添加剤量と再生アスファルトの各性状の関係を把握する。

各性状試験において, SHRP の規定値〔2.の(2)参照〕を満足する添加量の範囲を求める。

各性状において SHRP の規定値を満足する再生用添加剤量の共通範囲を求める。

共通範囲の中央値を, 再生用添加剤量として決定する。なお, 共通範囲が存在しない場合は, 再生用添加剤の再選定を検討する。

(2) 適用例

a) PG の選定

再生アスファルト混合物を適用する箇所の夏の最高路面温度が 60 程度, 冬の最低路面温度が

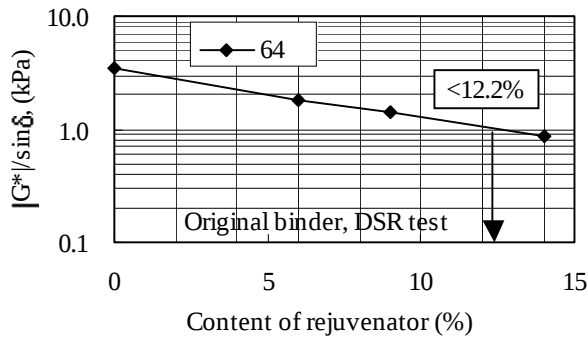


図-7 再生用添加剤量と $|G^*|/\sin \delta$ の関係（再生アスファルト）

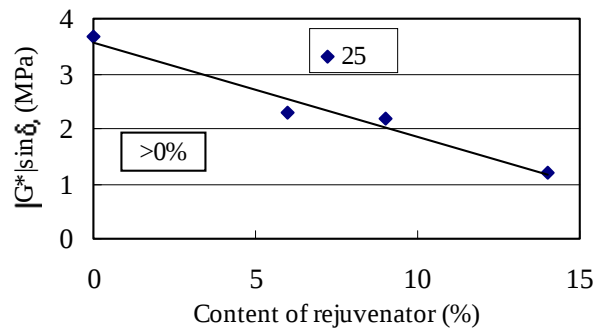


図-9 再生用添加剤量と $|G^*| \cdot \sin \delta$ の関係

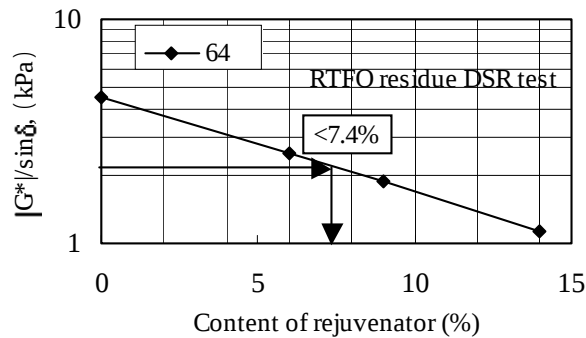


図-8 再生用添加剤量と $|G^*|/\sin \delta$ の関係（RTFO 後）

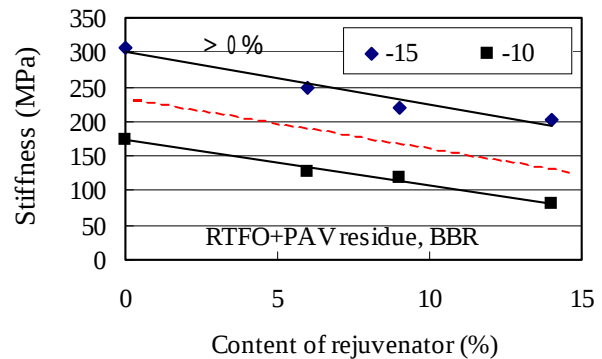


図-10 再生用添加剤量とステイフネスの関係

-20 程度になるケースを想定する。

この場合、再生アスファルトの PG は、PG(64,22)と選定し、再生用添加剤量を求める。

ここでは、前述の再生アスファルト（Pen 30 旧アスファルト）のデータを用いて説明を行うこととする。

RTFO による強制劣化前の DSR 試験

再生用添加剤量を変化させて製造した再生アスファルトの DSR 試験を試験温度 64 で実施する。

図-7 に示すように、再生用添加剤量と $|G^*|/\sin \delta$ の関係図を作成し、 $|G^*|/\sin \delta$ が 1.00kPa 以上を示す再生用添加剤量を求める。

RTFO による強制劣化後の DSR 試験

再生アスファルトを RTFO により強制劣化させ、試験温度 64 で DSR 試験を実施する。

図-8 に示すように、再生用添加剤量と $|G^*|/\sin \delta$ の関係図を作成し、 $|G^*|/\sin \delta$ が 2.20kPa 以上を示す再生用添加剤量を求める。

RTFO と PAV による強制劣化後の DSR 試験

再生アスファルトを RTFO と PAV により強制劣化させ、試験温度 25 で DSR 試験を実施する。

図-9 に示すように、再生用添加剤量と $|G^*| \cdot \sin \delta$ の関係図を作成し、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ が 5.00MPa 以下を示す再生用添加剤量を求める。

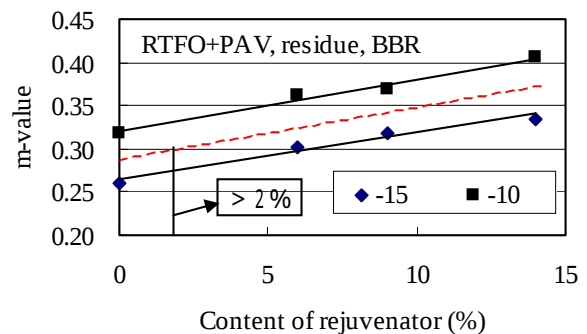


図-11 再生用添加剤量と m 値の関係

RTFO と PAV による強制劣化後の BBR 試験

再生アスファルトを RTFO と PAV により強制劣化させ、試験温度 -12（時間 - 温度換算則により供用最低温度の +10 で試験⁷⁾）で BBR 試験を実施する。

図-10 に示すように、再生用添加剤量と S 値の関係図、図-11 に示すように、再生用添加剤量と m 値の関係図を作成する。

図-10 から S が 300MPa 以下を示す再生用添加剤量を、図-11 から m 値が 0.30 以上を示す再生用添加剤量を求める。

b) 再生用添加剤量の決定

PG(64,22)を満足する各試験結果（図-7～図-11）、における再生用添加剤量、その共通範囲および中央

値である再生用添加剤量を表-7 に示す。

5. まとめ

以上，本研究の成果を以下にまとめる。

(1)再生用添加剤量とバインダの性状の関係

再生アスファルトの RTFO による強制劣化前後の DSR 試験では，旧アスファルトの劣化の程度が大きいほど，再生用添加剤量の変化に対する $|G^*|/\sin \delta$ の変化の程度が大きい傾向を示した。

RTFO および PAV により強制劣化させた再生アスファルトでの DSR 試験では，旧アスファルトの劣化の程度が大きいほど，再生用添加剤量の変化に対する $|G^*| \cdot \sin \delta$ の変化の程度が大きい傾向を示した。

RTFO および PAV により強制劣化させた再生アスファルトでの BBR 試験では，旧アスファルトの劣化の程度が異なっても，再生用添加剤量の変化に対し，ほぼ同程度の S 値と m 値の変化を示した。

再生用添加剤の添加量と各バインダ性状は直線関係にあり，相関係数 (R^2) が全て 0.90 以上となっており，再生用添加剤の決定に，両者の関係を利用することが可能と判断できた。

(2)再生用添加剤量の決定法の提案

再生用添加剤量とバインダ性状の関係を検討した結果より，以下に示す再生用添加剤量の決定法を提案する。

気候条件を考慮し，再生アスファルトの目標 PG を選定する。

再生用添加剤量と再生アスファルトの性状の関係を再生アスファルトの RTFO による強制劣化前後の DSR 試験，および RTFO と PAV による強制劣化後の BBR 試験により把握する。

各性状試験にて，SHRP の規定値〔2.の(2)参照〕を満足する再生用添加剤の添加量の範囲を求める。

SHRP の規定値を満足する再生用添加剤量の共通範囲を求める。

共通範囲の中央値を，再生用添加剤量として決定する。なお，共通範囲が存在しない場合は，再生用添加剤の再選定を検討する。

6. おわりに

SHRP における Performance Grade (PG) を参考に，

表-7 SHRP 仕様で決めた再生用添加剤量，(%)

SHRP Tests and Specifications	Content
DSR(Original), T=64 , $G^*/\sin \delta$, Fig.7	<12.2
DSR (RTFO), T=64 , $G^*/\sin \delta$, Fig.8	<7.4
DSR(RTFO+PAV), T=25 , $G^*\sin \delta$, Fig.9	>0
BBR(RTFO+PAV), T=-12 , Stiffness, Fig.10	>0
BBR(RTFO+PAV)@T=-12 , m, Fig.11	>2.0
Common region (共通範囲)	2 ~ 7.4
Central value (中央値)	4.7

混合物製造時のアスファルトの劣化に加え，供用中のアスファルトの劣化を考慮し，供用性能として耐流動性，疲労ひび割れ抵抗性および低温ひび割れ抵抗性を評価する「再生用添加剤量の決定法」を提案した。

当該手法は，我が国で通常実施している「針入度に着目した再生用添加剤の決定法」に比べると煩雑ではあるが，供用性能まで考慮している点で有効な手法であると考えられる。今後は，両手法で求めた再生用添加剤量により，曲げ試験や応力緩和性状試験等の混合物性状試験を実施し，より適した再生用添加剤量の決定手法を確立したいと考えている。

参考文献

- 1) Teruhiko Maruyama, Takeshi Nakamura, Mitsuhiro Takahashi: An Estimation of an Outdoor Exposure Test for Recycled Asphalt Mixture, Proceedings of 1st China-Japan workshop on Pavement Technology, Shanghai, pp.223-234, 2001.
- 2) 日本道路協会：プラント再生舗装技術指針，1993。
- 3) SHRP-A-379: The SUPERPAVE Mix Design System Manual of Specifications, Test Methods, and Practices, 1994.
- 4) 坂本浩行，新田弘之，佐々木蔵，遠西智次，塚越徹：舗装用アスファルトの劣化方法に関する検討，土木学会第49回年次学術講演会，V-35，pp.70-71，1994.
- 5) 高橋修，八谷好高：組成が異なる再生用添加剤を用いた再生アスファルト混合物の特性，土木学会・舗装工学論文集，第5巻，pp.23-30，2000.
- 6) Junan Shen, Michito Konno and Mitsuhiro Takahashi: Evaluation of recycled asphalt by SHRP binder specification, Journal of Pavement Engineering, JSCE, Vol.6, pp.54-60, 2001.
- 7) 日本道路協会：舗装試験法便覧別冊，1996。
- 8) D. A. Anderson, T. W. Kennedy: Development of SHRP Specifications, Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol.62, pp.481-507, 1993.

PERFORMANCE-BASED APPROACH FOR DETERMINING OPTIMUM REJUVENATOR CONTENT IN HOT MIX RECYCLING

Junan SHEN, Kenichiro NOMURA and Syouji KINOSHITA

The rejuvenator content is usually determined in Japan by penetration criterion in hot mix asphalt recycling. However, it is difficult to consider the aging and performance-related properties of the recycled asphalts for the conventional method. In the study, a comprehensive approach to determine the optimum rejuvenator content is proposed based on Strategic Highway Research Program (SHRP) specification, i.e., Performance-related Grade (PG), in which the aging and performance-related properties are considered through Dynamic Shear Rheometer (DSR) and Bending Beam Rheometer (BBR) tests.