

再生パラフィンを添加したアスファルト 混合物の配合設計

三田村文寛¹・五十嵐豊²・米村豊志³・荒井克彦⁴・田上秀一⁵

¹正会員 福井県雪対策 建設技術研究所 主任研究員 (〒918-8108 福井県福井市春日三丁目 303 番)

E-mail : f-mitamura@fklab.fukui.fukui.jp

²株式会社エコックス取締役事業本部長 (〒919-0482 福井県坂井市春江町中庄 43-3-1)

³日広開発株式会社 技術課長 (〒918-8025 福井市江守中町 8-18)

⁴正会員 工博 福井大学大学院教授 工学研究科 (〒910-8507 福井市文京三丁目 9-1)

⁵博(工) 福井大学大学院准教授 工学研究科 (〒910-8507 福井市文京三丁目 9-1)

再生パラフィンを添加したアスファルト混合物は耐流動性が向上する。再生パラフィンは凝固の際の収縮量が大きいので、これを含むアスファルト混合物も収縮し、空隙率や飽和度などの物性が変化する。このため、マーシャル安定度試験に基づく既往の配合設計法の適否を検討する必要がある。再生パラフィンの添加率が大きくなるにつれて、マーシャル安定度試験における骨材間隙率が小さくなることから、この物性変化を考慮した新たな配合設計法を提案する。既往の方法と新たな方法で配合設計を行い、曲げ疲労試験による破壊までの回数と塑性変形輪数で性能比較を行い、新たな配合設計法によるアスファルト混合物の性能が優れていることを示す。

Key Words : plastic flow resistance, mix design, including asphalt mixture, recycled paraffin

1. はじめに

近年の交通車両の大型化と交通量の増加に伴い、道路舗装においては、塑性流動によるわだち掘れ対策が必要となっている。また、資源循環型社会を推進するためには廃棄物の有効利用を図る必要がある。著者らは、電線被覆管に用いられる架橋ポリエチレン廃材を熱分解して得られる再生パラフィンを改質剤として添加したアスファルト混合物（以下では改質アスファルト混合物と称する）を開発・製造し、耐塑性流動性を向上させた舗装材として用いる研究を積み重ねてきた。

改質アスファルト混合物の製造において、従来は同粒度のストレートアスファルト混合物の配合設計方法によりアスファルト量を決定してきた。製造状況からの経験的判断として、再生パラフィンが液状から凝固する際の収縮量はかなり大きい。このため、改質アスファルト混合物もストレートアスファルト混合物より収縮量が大きくなると考えられる。このことから、マーシャル安定度試験における物性である空隙率がストレートアスファルト混合物と比較して小さくなり、飽和度が大きくなるなど、配合設計に影響を及ぼす可能性が高い。近年のアスファルト価格の高騰と石油資源の有効活用的一面から、改質アスファルト混合物の配合設計法を再検討する必要

がある。

本研究は次の検討を行う。1) 再生パラフィンの収縮性の定量的評価、2) 改質アスファルト混合物のマーシャル安定度試験における物性変化の評価、3) 改質アスファルト混合物に対するマーシャル安定度試験に基づく配合設計法¹⁾の適用の妥当性の検討、4) 改質アスファルト混合物に対する新しい配合設計法の提案。既往のマーシャル安定度試験に基づく配合設計結果と新しい配合設計結果を用いて、塑性変形抵抗性と疲労破壊抵抗性についての性能比較・評価を行い、改質アスファルト混合物の配合設計法の確立を図る。

2. 再生パラフィンの物性と収縮性

(1) 再生パラフィンの物性

再生パラフィンは、電線被覆管に用いる架橋ポリエチレンの廃材を直接燃焼して熱分解させることで製造される。再生パラフィンの主な物性を表-1に示す。密度・軟化点・針入度は「舗装調査・試験法便覧(平成19年6月(社)日本道路協会)」により測定した。粘度はひずみ制御式レオメーターにより測定した。再生パラフィンは、ストレートアスファルトと比較して軟化点がかなり高く、針入度は小さい。これらの物性の影響により、改質剤に用い

表-1 再生パラフィンの主な物性

密度(g/cm ³) (15℃)	軟化点(℃)	針入度(1/10 mm) (25℃)	粘度(Pa・S) (150℃)
0.942	111.0	2.1	0.742

表-2 再生パラフィンの収縮率

(単位: mm, mm³)

	平均長さ	長さの収縮率	平均体積	収縮率
縦	112.77	93.0%	39,103.39	81.47%
横	18.62	93.9%		

ると耐流動性が大きくなることが知られている²⁾。

(2) 再生パラフィンの収縮性

再生パラフィンの凝固の際の収縮率を次の方法で求めた。縦 120 mm・横 20 mm・高さ 20 mmの上面開放の型枠に液状の再生パラフィンを流し込み、凝固した後の長さをノギスで計測した。縦長は両端の上下辺の平均、横長は両端と中央の上下辺の平均で求めた。高さは不均一で正確に計測できないため、縦横の収縮率がほぼ同等である実験結果から、どの方向も均一に収縮すると考えて凝固後の体積を求めた。凝固は約 110℃で起こり、凝固後の体積変化はほとんど見られなかった。再生パラフィンの収縮率Cを次式で定義する。

$$C = V_s / V \times 100 \quad (1)$$

ここで、 V_s : 凝固後(常温)の体積、 V : 凝固前(約 150℃)の体積(型枠の体積)である。収縮率の実験結果を表-2に示す。凝固後の体積は凝固前の約 80%になっている。

3. 既往の配合設計法の適否

(1) 既往の配合設計法による設計アスファルト量

再生パラフィンの収縮性により、改質アスファルト混合物のマーシャル安定度試験における空隙率や飽和度などの物性が変化し、配合設計に影響を及ぼす可能性が高いので、既往のマーシャル安定度試験による配合設計法の適否を検討する。改質アスファルト混合物がストレートアスファルト混合物と異なる点は、再生パラフィンをアスファルトに添加することのみなので、配合設計では、設計アスファルト量の決定方法のみを検討する。

既往の配合設計法は、マーシャル安定度試験において密度、安定度、フロー値を測定し、空隙率、飽和度を計算する。この結果を用いて、密度を除く 4 つの物性の基準値を満足するアスファルト量の範囲(以下では共通範囲と称する)を求め、その中央値を供試体の設計アスファルト量とする。以下に示す既往の配合設計法による結果は、上述の方法に準じて行った。粒度は密粒度とし、最大粒径 13 mm(以下では密粒度アスファルト混合物(13)

と称する)と最大粒径 20 mm(以下では密粒度アスファルト混合物(20)と称する)で行った。アスファルトと再生パラフィンの混合は液状で行い、再生パラフィンの添加率を、ストレートアスファルトに対して 0, 2, 4, 6, 8 重量%とした。ただし、アスファルト混合物の配合における、ストレートアスファルトと再生パラフィンを合わせた重量比率は一定となるようにした。表-1に示すように、混合温度 150℃の再生パラフィンの粘度は新規材料のパラフィン(0.01 Pa・S)と比較して大きく、ストレートアスファルトの一般的な粘度範囲内であるため、改質アスファルトの粘度変化はほとんどない。そのことを過去の実験でも確認している³⁾。このため、供試体作製における突き固めは、使用したストレートアスファルトの温度-粘度曲線により再生パラフィンの全ての添加率について、約 140℃で行った。通常はアスファルト量を 0.5%きざみで変えて配合設計試験を行うが、物性変化の詳細な検討を行うため、本論文では 0.3%きざみで試験を行った。したがって、配合設計試験を行うアスファルト量は、密粒度アスファルト混合物(13)では 4.9, 5.2, 5.5, 5.8, 6.1%の 5 ケース、密粒度アスファルト混合物(20)では 4.8, 5.1, 5.4, 5.7, 6.0%の 5 ケースとした。密粒度アスファルト混合物(13)と(20)において、再生パラフィンの添加量ごとに、アスファルト量の変化と密度、安定度、フロー値、空隙率、飽和度の関係を求めた結果を図-1~5に示す。これらの図で、各物性の基準値の適合範囲を網かけで示している。

(2) マーシャル安定度試験における物性の変化

マーシャル安定度試験における各物性の変化を基準値と比較して検討した結果を以下に示す。

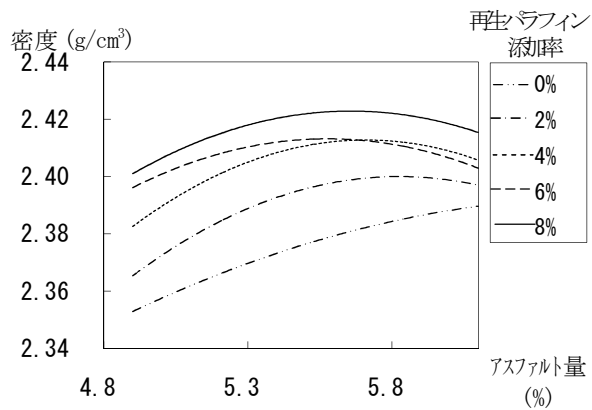
(a) 密度は、密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに、再生パラフィンの添加率が大きくなるのに応じて大きくなる。

(b) 安定度は、密粒度アスファルト混合物(20)に一部例外があるが、密度と同様に、再生パラフィンの添加率が大きくなるのに応じて概ね大きくなり、全ての添加率で基準値を満足する。

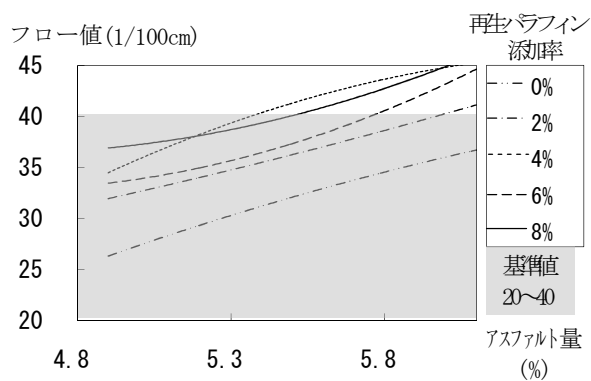
(c) フロー値は、安定度とほぼ同様の傾向を示し、密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに、再生パラフィンの添加率が大きくなるのに応じて概ね大きくなり、上方に基準値を外れていく。

(d) 空隙率は、密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに、再生パラフィンの添加率が大きくなるのに応じて小さくなり、下方に基準値を外れていく。

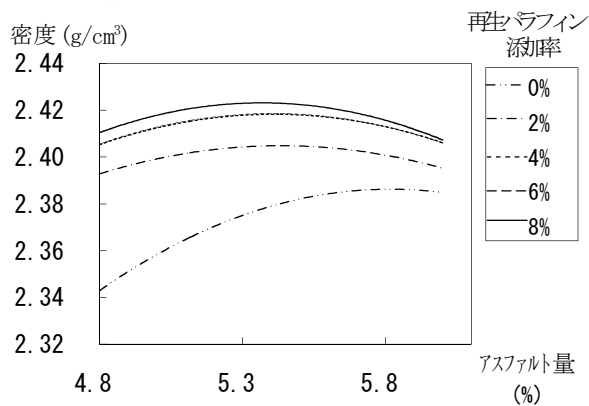
(e) 飽和度は、密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに、再生パラフィンの添加率が大きくなるのに応じて上方に基準値を外れていく。



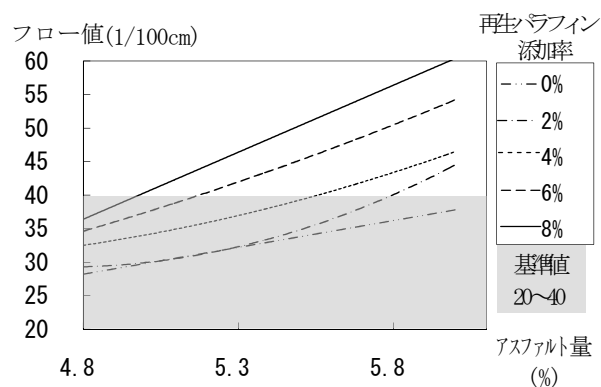
(a) 密粒度アスファルト混合物(13)



(a) 密粒度アスファルト混合物(13)

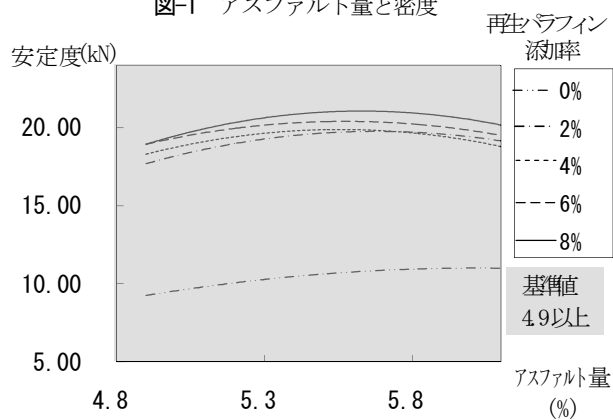


(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

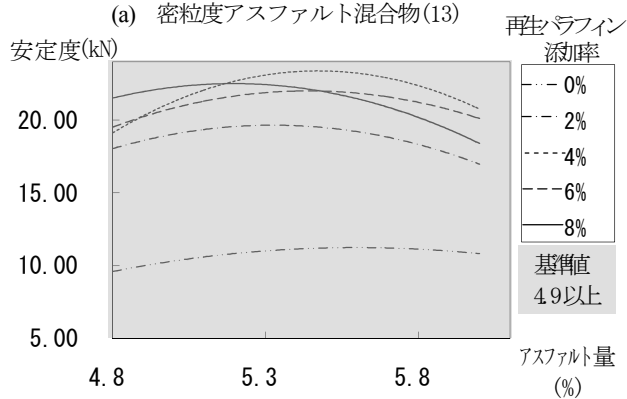


(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

図-1 アスファルト量と密度

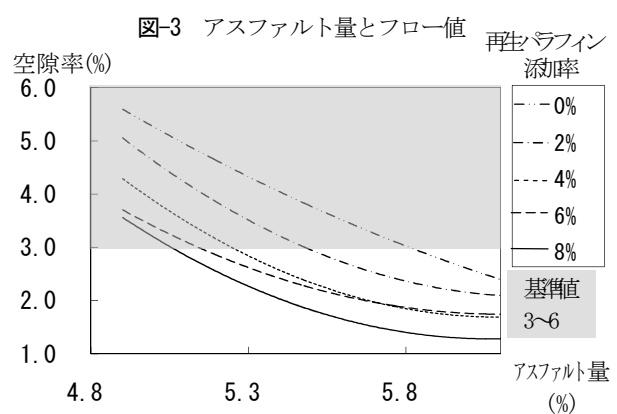


(a) 密粒度アスファルト混合物(13)

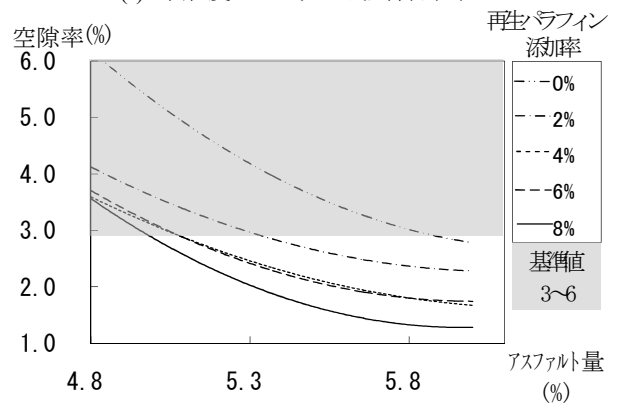


(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

図-2 アスファルト量と安定度

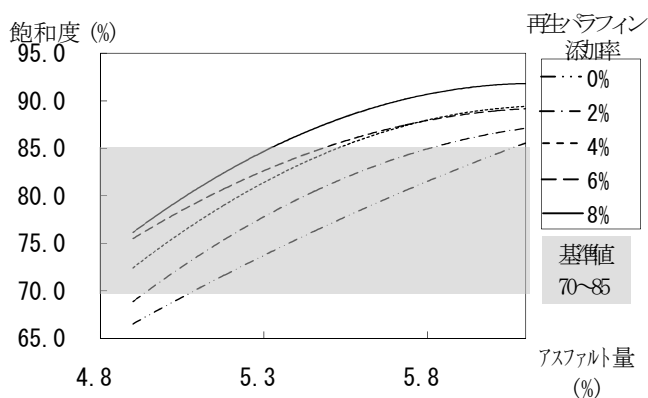


(a) 密粒度アスファルト混合物(13)

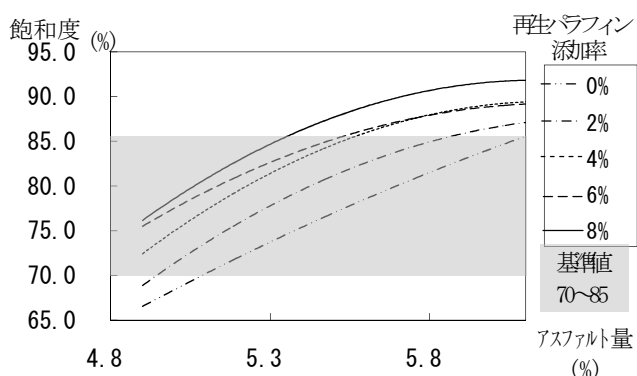


(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

図-4 アスファルト量と空隙率



(a) 密粒度アスファルト混合物(13)



(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

図-5 アスファルト量と飽和度

以上の結果、基準値が設定されていない密度と、基準値を常に満足する安定度を除く他の物性は、再生パラフィンの添加率が大きくなるほど基準値を外れていき、アスファルト量が大きくなるほど基準値から外れる度合いが大きくなることが分かる。

(3) 再生パラフィンの収縮性が改質アスファルト混合物の物性に及ぼす影響

マーシャル安定度試験における各物性の変化から、再生パラフィンの収縮性が改質アスファルト混合物の物性に及ぼす影響を検討した結果を以下に示す。

(a) 再生パラフィンの密度は一般にアスファルトより小さいため、改質アスファルト混合物の密度は、再生パラフィンの添加率が大きくなるに応じて小さくなると考えられる。しかし、前述のように、密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに逆に密度が大きくなっており、図-6で示すように体積は小さくなっている(図-6で密粒度アスファルト混合物(13)のアスファルト量5.5%、密粒度アスファルト混合物(20)のアスファルト量5.4%)。これは、再生パラフィンの凝固の際の収縮により、改質アスファルト混合物が収縮してストレートアスファルト混合物より緻密になっていることを示し、改質アスファルト混合

物の供試体の作製過程における収縮が大きいことが原因と考えられる。改質アスファルト混合物の空隙率が小さくなり、飽和度が大きくなったのは、上述の密度を用いて計算されるためであり、同じ原因によるものと考えられる。

(b) アスファルト混合物の収縮により緻密性を増すことで、改質アスファルト混合物の安定度とフロー値が大きくなったと考えられる。以上の結果、再生パラフィンの収縮性が改質アスファルト混合物を収縮させて、その物性を変化させる原因を明らかにした。

(4) 既往の配合設計に及ぼす影響

マーシャル安定度試験における全ての基準値を満足す

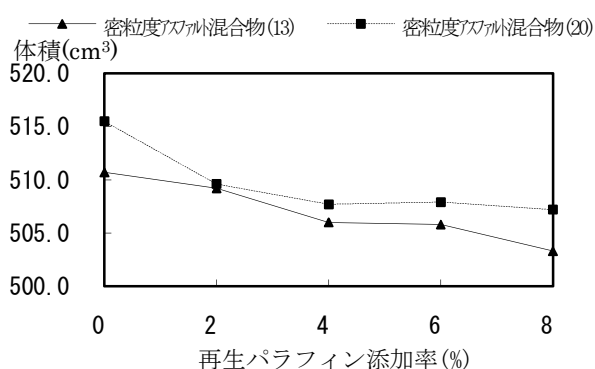
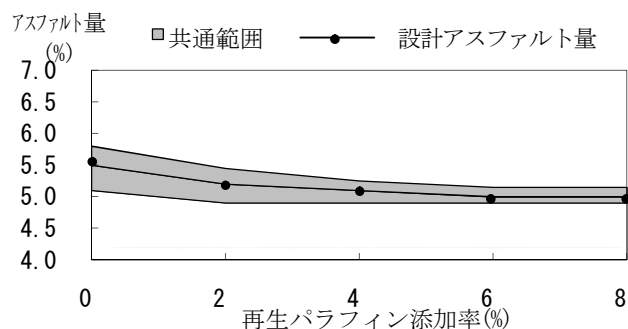
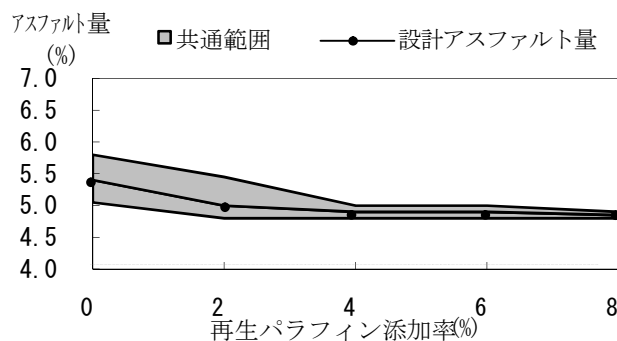


図-6 再生パラフィン添加率と体積



(a) 密粒度アスファルト混合物(13)



(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

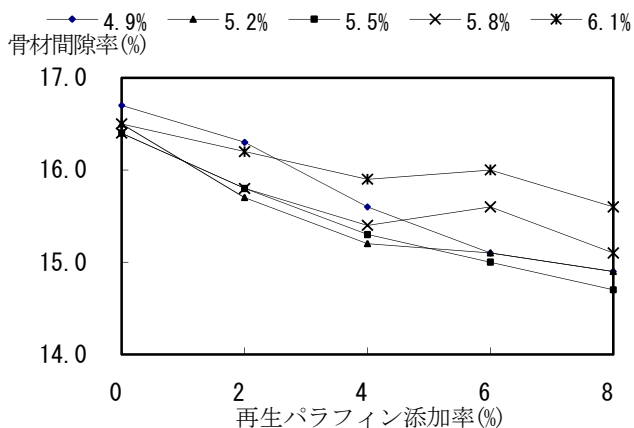
図-7 再生パラフィン添加率と共通範囲・設計アスファルト量

る「共通範囲」と、共通範囲の中央値である設計アスファルト量の再生パラフィン添加率による変化を図-7に示す。前述した各物性の変化のため、密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに再生パラフィン添加率が大きくなると共通範囲は狭くなり、設計アスファルト量は徐々に小さくなる。この傾向は密粒度アスファルト混合物(20)で顕著であり、アスファルト量が適切であるかどうかの懸念がある。マーシャル安定度試験の供試体では認められなかったが、後述のホイールトラッキング試験の供試体では、再生パラフィン添加率が6%以上になると、供試体の設置・撤去時に角部から少量の2mm角程度の小さな破片が落ちる状態となり、アスファルト量の不足が実際に観察された。既往のマーシャル安定度試験による方法は、改質アスファルト混合物の配合設計方法として適していない可能性があり、新しい配合設計方法による設計アスファルト量の決定方法を以下で検討する。

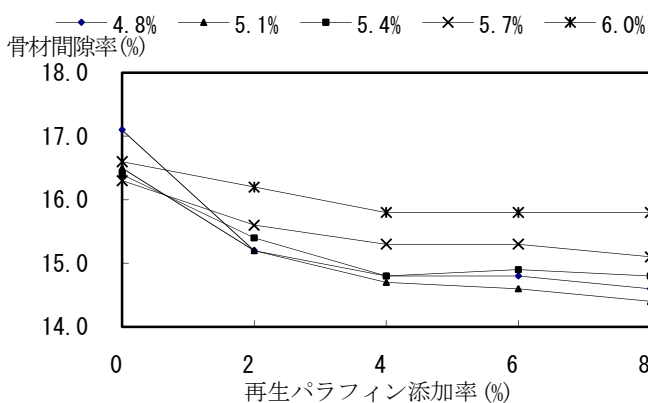
4. 新しい配合設計方法

(1) 再生パラフィンの添加率と骨材間隙率

前述のマーシャル安定度試験の結果を用いて、再生パ



(a) 密粒度アスファルト混合物(13)



(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

図-8 再生パラフィン添加率と骨材間隙率

ラフィン添加率と骨材間隙率の関係を図-8に示す。密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに、再生パラフィン添加率が大きくなると骨材間隙率が小さくなることから、この物性変化に着目した配合設計方法を以下で検討する。

(2) アスファルト量決定の表面積説と新しい配合設計方法

アスファルト量の決定方法の一つに、骨材の表面積に基づいて求めたアスファルト膜厚からアスファルト量を求める考え方⁴⁾がある。マーシャル安定度試験により求めたストレートアスファルト混合物の設計アスファルト量をA(重量%)とすると、アスファルト膜厚 μ (mm)は次式で表される。

$$\mu = A / (S \cdot \gamma_a) \quad (2)$$

ここで、S：全骨材の単位重量あたりの表面積(m^2/kg)、 γ_a ：アスファルトの比重である。

改質アスファルト混合物の骨材間隙がストレートアスファルト混合物の骨材間隙に対してXの比率で収縮すると仮定すると、改質アスファルト混合物の骨材間隙率 $V_{map}(\%)$ 、空隙率 $V_{vp}(\%)$ 、ストレートアスファルト混合物の骨材間隙率 $V_{mas}(\%)$ 、空隙率 $V_{vs}(\%)$ は次式で表わされる。

$$X = V_{map} / V_{mas} \quad (3)$$

$$V_{map} = V_{vp} + (W_{ap} \times D_{mp}) / D_{ap} \quad (4)$$

$$V_{vp} = (1 - D_{mp} / D_{tp}) \times 100 \quad (6)$$

$$V_{mas} = V_{vp} + (W_{as} \times D_{ms}) / D_{as} \quad (5)$$

$$V_{vs} = (1 - D_{ms} / D_{ts}) \times 100 \quad (7)$$

ここで、 W_{ap} ：改質アスファルトの配合率(%), D_{mp} ：改質アスファルト混合物の密度(g/cm^3), D_{ap} ：改質アスファルトのみの密度(g/cm^3), D_{ms} ：ストレートアスファルト混合物の密度(g/cm^3), D_{tp} ：改質アスファルト混合物の理論最大密度(g/cm^3), W_{as} ：ストレートアスファルトの配合率(%), D_{as} ：ストレートアスファルトのみの密度(g/cm^3), D_{ts} ：ストレートアスファルト混合物の理論最大密度(g/cm^3)である。Xは体積に関する比率であるから、改質アスファルト混合物における骨材の平均間隔はストレートアスファルト混合物に対して $X^{1/3}$ の比率で小さくなると考えられる。アスファルト混合物におけるアスファルトは骨材の接合剤である。骨材間隔が小さくなれば、接合する界面間の長さが短くなる。界面間の長さが短くなると、骨材ごとに必要なアスファルト膜厚も小さくなると考えられる。そこで改質アスファルトで必要となるアスファルト膜厚 $\mu X^{1/3}(10^{-3} \text{ mm})$ は次式で表されると仮定する。

$$\mu X^{1/3} = A_p / (S \cdot \gamma_{ap}) \quad (8)$$

ここで、 A_p ：改質アスファルトの設計アスファルト量(重量%)、 γ_{ap} ：改質アスファルトの比重である。式(8)に式(2)を代入して、改質アスファルトの設計アスファルト量は次式で計算される。

$$\begin{aligned} A_p &= \mu X^{1/3} \cdot S \cdot \gamma_{ap} \\ &= A X^{1/3} \cdot \gamma_{ap} / \gamma_a \end{aligned} \quad (9)$$

式(9)は、改質アスファルトの設計アスファルト量が、マーシャル安定度試験による従来の方法で求めたストレートアスファルト混合物の設計アスファルト量 A に、同じくマーシャル安定度試験結果から求めた骨材間隙の収縮比率の三乗根 $X^{1/3}$ と改質アスファルトのストレートアスファルトに対する比重の比率を乗じて得られることを示す。

(3) 提案する配合設計方法による設計アスファルト量

式(9)により求めた設計アスファルト量を表-3 に示す。また、式(9)による設計アスファルト量と、マーシャル安定度試験による従来の方法による設計アスファルト量の比較を表-4 示す。密粒度アスファルト混合物(13)と(20)ともに、式(9)による設計アスファルト量が従来の方法より大きい。再生パラフィン添加率が大きくなるほど、その差は大きくなることが分かる。

5. 提案する配合設計方法の性能評価

(1) 塑性変形輪数

以下では、いくつかのアスファルト混合物の性能を、式(9)による方法と従来の方法で求めた設計アスファルト量について比較することにより、式(9)による方法の妥当性を検討する。比較する性能は、「舗装の構造に関する技術基準(平成13年6月29日付け国土交通省都市・地域整備局長、同道路局長通達)」における必須項目である塑性変形輪数及び疲労破壊輪数である。平坦性については改質アスファルトの過去の施工実績からみて問題がないので省略する。

表-3 設計アスファルト量
(a) 密粒度アスファルト混合物(13)

再生パラフィン添加率(%)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0
As量55%時の骨材間隙率(%)	16.4	15.8	15.3	15.0	14.7
添加率0.0%に対する比(A)	—	0.963	0.933	0.915	0.896
(A)の三乗根	—	0.988	0.977	0.971	0.964
再生パラフィン添加AsのストレートAsに対する比重の比	—	0.999	0.998	0.995	0.995
設計アスファルト量(%)	5.5	5.4	5.3	5.3	5.3

(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

再生パラフィン添加率(%)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0
As量55%時の骨材間隙率(%)	16.4	15.4	14.8	14.9	14.8
添加率0.0%に対する比(A)	—	0.939	0.902	0.909	0.902
(A)の三乗根	—	0.979	0.966	0.971	0.966
再生パラフィン添加AsのストレートAsに対する比重の比	—	0.999	0.998	0.995	0.995
設計アスファルト量(%)	5.4	5.2	5.2	5.2	5.2

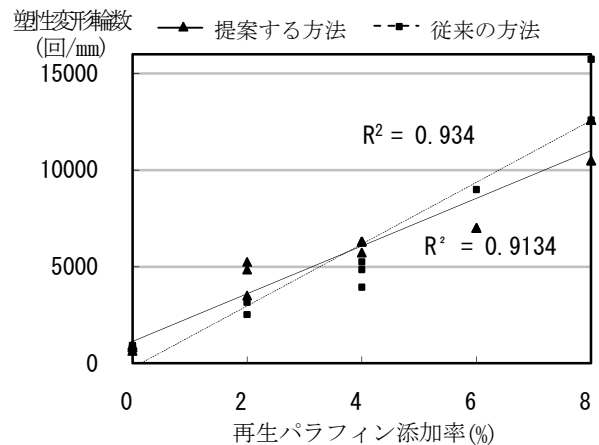
表-4 設計アスファルト量の比較

(a) 密粒度アスファルト混合物(13)

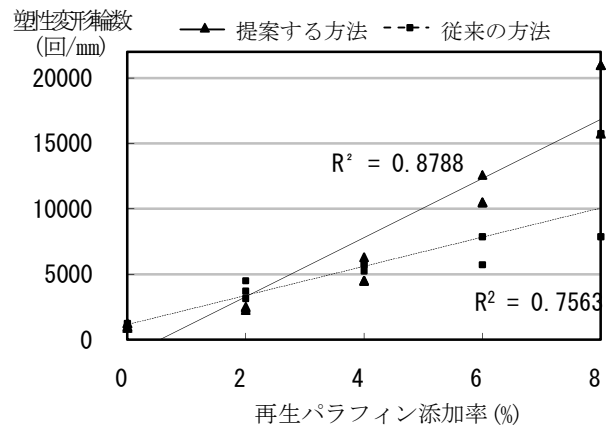
再生パラフィン添加率(%)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0
今回提案の配合設計方法による方法(%)	5.5	5.4	5.3	5.3	5.3
マーシャル安定度試験による方法(%)	5.5	5.2	5.1	5.0	5.0

(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

再生パラフィン添加率(%)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0
今回提案の配合設計方法による方法(%)	5.4	5.2	5.2	5.2	5.2
マーシャル安定度試験による方法(%)	5.4	5.0	4.9	4.9	4.85



(a) 密粒度アスファルト混合物(13)



(b) 密粒度アスファルト混合物(20)

図-9 塑性変形輪数の比較

塑性変形輪数は「舗装調査・試験法便覧(平成19年6月(社)日本道路協会)」のホイールトラッキング試験方法により求めた。改質アスファルト混合物の粒度は密粒度とし、最大粒径13mmと20mmで行った。再生パラフィン添加率も前述の配合設計と同様に、再生パラフィンの添加量を、ストレートアスファルトに対して0, 2, 4, 6, 8%とした。試験結果を図-9に示す。

密粒度アスファルト混合物(13)においては、式(9)による方法、従来の方法ともに、再生パラフィン添加率が大きくなるにつれて、塑性変形輪数が直線的に大きくなることが分かる。また、式(9)による方法と従来の方法の、再生パラフィンの添加率と塑性変形輪数の関係における分散は同程度である。

密粒度アスファルト混合物(20)においては、密粒度アスファルト混合物(13)と同様に塑性変形輪数は大きくなり、式(9)による方法で求めたアスファルト混合物の性能が高いことが分かる。

密粒度アスファルト混合物(13)では、再生パラフィンの添加率が4%以下で、式(9)による方法で求めたアスファルト混合物の性能が高くなる。また、式(9)による方法で求めたアスファルト混合物は再生パラフィンの添加率に対する塑性変形輪数の増加割合が大きく、分散は小さくなる。塑性変形輪数は、密粒度アスファルト混合物(13)では配合設計方法の違いによる差はみられないが、密粒度アスファルト混合物(20)では、式(9)による方法で求めたアスファルト混合物の性能が優れている。

(2) 疲労破壊輪数

疲労破壊輪数は「舗装調査・試験法便覧(平成19年6月(社)日本道路協会)」のアスファルト混合物の曲げ疲労試験方法に準じて行った。上述の試験と異なる点は、1) 供試体の両端を完全に固定し、中央部の荷重点は固定をしなかったこと、2) 上向き一方向で0.5kNまたは0.7kNの荷重制御で繰返し载荷を行ったことである。著者が行った過去の実験^{3),5)}で、フラス脆化点試験・ポリマー改質アスファルトの曲げ試験(舗装調査・試験法便覧)の結果による改質アスファルトの低温域での脆性は、ストレートアスファルトとほぼ同じで温度により再生パラフィンの添加率と疲労破壊抵抗性の関係に影響を及ぼすとは考えられないため、試験は常温(28.8~29.5℃)で行った。供試体は密粒度の最大粒径13mmとし、供試体の長さ400mm、高さ40mm、幅40mmとした。最大粒径20mmは、供試体寸法に対して大きいため、試験結果のばらつきが大きくなると予想されたからである。再生パラフィン添加量は、ストレートアスファルトに対して0, 2, 4, 6, 8%とした。繰返し载荷で求める破壊までの回数により性能評価を行った結果を図-10に示す。0.5kN繰返し载荷

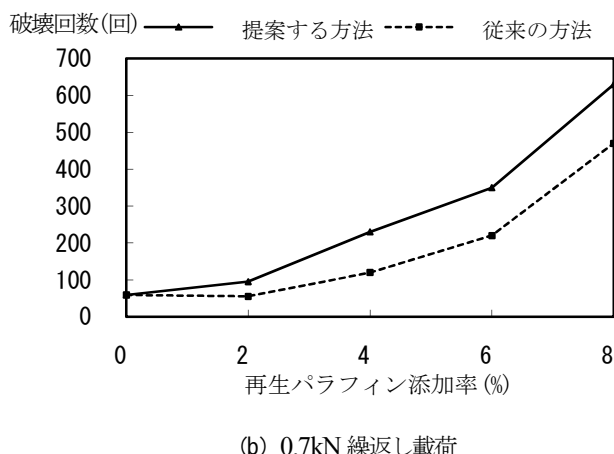
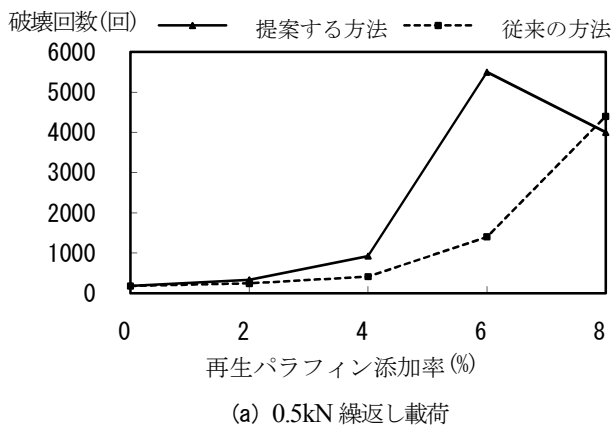


図-10 破壊までの回数の比較

及び0.7kN繰返し载荷ともに、0.5kN繰返し载荷の再生パラフィン添加率8%のみ従来の方法のアスファルト混合物の破壊までの回数が大きいが、その他は式(9)による方法で求めたアスファルト混合物の破壊までの回数が大きいが分かる。また、式(9)による方法と従来の方法ともに、再生パラフィンの添加率が大きくなるにつれてアスファルト混合物の破壊までの回数は大きくなることが分かる。疲労破壊輪数は式(9)による方法で求めたアスファルト混合物の性能が優れている。

6. 結論

再生パラフィンを改質剤として添加したアスファルト混合物の性能を効果的に発現できる配合設計方法を検討した。本論文では、マーシャル安定度試験で求めたアスファルト量を骨材間隙率で修正する方法を提案した。本論文で提案した方法と、従来のマーシャル安定度試験による方法により配合設計した改質アスファルト混合物の性能を、塑性変形輪数及び疲労破壊輪数で比較した結果、本論文で提案した方法が、より優れた性能を発現させることを明らかにした。得られた主な知見は次のとおりである。

(a) マーシャル安定度試験による従来の配合設計方法で

は、密粒度アスファルト混合物(13)及び(20)ともに、再生パラフィン添加率の増加に応じて、全ての物性の基準値を満足する共通範囲が狭くなり、設計アスファルト量が少なくなる。

- (b) 再生パラフィンの収縮性のために、再生パラフィン添加率の増加に応じて、改質アスファルト混合物の骨材間隙率は小さくなる。この物性変化を考慮して、従来のマーシャル安定度試験で求まるストレートアスファルト混合物の設計アスファルト量に、骨材間隙率の減少割合の三乗根を乗じて、再生パラフィンを添加した改質アスファルト混合物の設計アスファルト量を決定する配合設計方法を提案した。再生パラフィンの混合温度である 150℃での改質アスファルトの粘性はストレートアスファルトとほぼ同じであるため、再生パラフィン混合がアスファルトのリサイクルに及ぼす影響はないと考えられる⁹⁾。
- (c) 改質アスファルト混合物の塑性変形輪数は、再生パラフィン添加率に対して直線的に大きくなる。
- (d) 本論文で提案した方法と、従来のマーシャル安定度試験による方法で配合設計した改質アスファルト混合物の塑性変形輪数は、密粒度アスファルト混合物(13)では同等の性能であるが、密粒度アスファルト混合物(20)では、本論文で提案した方法の性能が優れている。
- (e) 本論文で提案した方法と、従来のマーシャル安定度試験による方法で配合設計した改質アスファルト混合物の繰返し載荷で求まる破壊までの回数により評価を行った疲労破壊輪数は、本論文で提案した方法の性能が優れている。

以上の結果をまとめると、塑性変形輪数は再生パラフィン添加率に対して直線的に大きくなり、密粒度アスファルト混合物(13)、(20)ともにアスファルトに対して再生パラフィンを 4 重量%以上添加することで塑性変形輪数 5,000 回/mmを超える。耐流動性の一般的性能として、塑

性変形輪数 3,000 回/mm以上が必要である。アスファルト工場での実際の混合での性能低下も予想されるので、耐流動性を満足する実用上の改質アスファルト舗装材として、再生パラフィン添加率 4 重量%以上が必要と判断される。

疲労破壊輪数は再生パラフィン添加率に応じて増加する。改質アスファルト混合物の疲労破壊抵抗性能はストレートアスファルト混合物以上であることは明らかにしたが、再生パラフィン添加率と疲労抵抗性能の関係については、温度を変えた曲げ疲労試験や、ひずみ制御による曲げ疲労試験により、今後確認する必要がある。

謝辞：本研究を進めるに当たり多大の御協力をいただいた福井大学町原秀夫氏、北陸研開発株式会社、北川ヒューテック株式会社の関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 舗装施工便覧(平成 18 年版)：(社) 日本道路協会，1987.
- 2) 篠原久雄：廃ブラックスと廃タイヤゴムの舗装材料への再利用に関する研究，福井県雪対策・建設技術研究所年報，第 13 号，pp.80-84，1999.
- 3) 三田村文寛他：ワックス状改質剤を用いた改質アスファルト混合物の性質と実用化，福井県雪対策・建設技術研究所年報，第 18 号，pp.64-71，2005
- 4) 舗装技術の質疑応答第 3 巻：建設図書，pp.112，1977
- 5) 三田村文寛他：排水性舗装の基層用アスファルト混合物の高機能化，福井県雪対策・建設技術研究所年報，第 19 号，pp.111-116，2006
- 6) 三田村文寛他：改質アスファルト混合物のリサイクル研究，福井県雪対策・建設技術研究所年報，第 18 号，pp.76-80，2005

MIX DESIGN PROCEDURE FOR ASPHALT MIXTURE INCLUDING RECYCLED PARAFFIN

Fumihito MITAMURA, Yutaka IGARASHI, Toyoshi YONEMURA
Katsuhiko ARAI, Syuichi TANOUE

Asphalt mixture including recycled paraffin is known to have higher plastic flow resistance. Because the paraffin shrinks considerably at solidification, asphalt mixture added the paraffin also shrinks, resulting in the change in material properties such as porosity, degree of saturation, etc. Such changes require the reexamination of conventional mix design procedure based on the Martial stability test. Since the aggregate porosity decreases with the increase in the including ratio of paraffin, this paper proposes a new mix design procedure which considers the change in material properties. By performing the fleural fatigue test and the method at wheel tracking test, and by comparing the performance of asphalt mixtures designed by the proposed procedure and by the conventional procedure respectively, it is clarified that the proposed procedure gives better results.