

高粘度改質アスファルトの紫外線劣化に関する研究

焼山明生¹・佐々木巖²・山口勝之³・高橋智子⁴

¹正会員 日進化成株式会社 技術研究所開発グループ グループリーダー
(〒336-0027 埼玉県さいたま市南区沼影 1-17-25)
E-mail:yakiyama@nissin-kasei.co.jp

²正会員 修(国際開発) 独立行政法人土木研究所 材料地盤研究グループ新材料チーム 主任研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6)
E-mail:isasaki@pwri.go.jp

³正会員 工修 東海カーボン株式会社 知多研究所 主任研究員
(〒470-2341 愛知県知多郡武豊町字 5 号地 1 番地)
E-mail:kyamaguc@tokaicarbon.co.jp

⁴正会員 日進化成株式会社 営業本部
(〒162-0825 東京都新宿区神楽坂 1-15)
E-mail:tomoko@nissin-kasei.co.jp

排水性舗装の破損形態のひとつとして、骨材飛散が挙げられる。この骨材飛散の要因については、骨材把握力や低温脆性破壊などのバインダ初期性状が重要であるが、本報では、紫外線による高粘度改質アスファルトの劣化の影響に着目した。そこで、紫外線を照射した供試体でカンタプロ試験を実施し、同時に高粘度改質アスファルト単体での紫外線劣化について調査を行った。また、比較対象として、遮光性材料であるカーボンブラックを添加した高粘度改質アスファルトを用いた調査も実施した。その結果、紫外線照射によりカンタプロ損失率は増加するが、カーボンブラックを添加すると紫外線を照射しても骨材飛散が進行しないことわかり、バインダ性状でもカルボニル基の増加やフラス脆化点の上昇が認められた。

Key Words : *polymer modified bitumen, porous asphalt pavement, pop-out damage, oxygen containing functional group, ultraviolet-rays radiation*

1. はじめに

排水性舗装は高速道路や幹線道路を中心に広く普及している開粒度アスファルト混合物である。この排水性舗装は、連続粒度混合物とは異なり骨材の接着面積が小さく、かつ重交通路線への適用が目的であったことより、従来の改質アスファルトよりも耐久性の高い高粘度改質アスファルトが誕生したという経緯がある¹⁾。このように耐久性を重視した高粘度改質アスファルトを用いても、さまざまな要因で破損にいたるケースがある。その排水性舗装の破損形態のひとつに骨材飛散が挙げられ、その要因としては交通荷重ならびに積雪寒冷地における低温脆性破壊などが起因するとされている。これらの問題を解決するために、改質アスファルトメーカーにおいても骨材飛散抵抗性に優れたバインダの開発が行われてきた。このように、高粘度改質アスファルトは様々なニーズに応じて改良がなされ現在に至っている。

一方、筆者らは排水性舗装の骨材飛散要因として、改質アスファルトの紫外線による劣化に着目した研究を行ってきた²⁾。その研究成果によれば、紫外線照射によってカンタプロ損失率が増加することを見出した。

そこで、今回の研究は、骨材飛散の指標として用いられるカンタプロ損失率が紫外線照射によって変化したことに着目し、バインダ単体では紫外線照射によりどのような変化が起こっているかの調査を行った。また、紫外線の影響を検証するために、遮光性材料であるカーボンブラックを添加した高粘度改質アスファルトを試作し比較調査を行った。以降、高粘度改質アスファルトを「高粘度 (白)」と表し、カーボンブラックを添加した高粘度改質アスファルトを「高粘度 (黒)」と表記する。

評価は、まず SBS (スチレン-ブタジエン-スチレン共重合体) にカーボンブラックを事前に混練させた改質材と、カーボンブラック無添加の SBS を用意した。各々の SBS を用いて任意の配合で高粘度改質アスファルトを製造した。そのバインダを用いてカンタプロ供試体を作製し、紫外線照射前後のカンタプロ試験を実施した。

バインダ単体の紫外線劣化は、後述するプレス成膜試料を作製して紫外線照射を行い、各種評価試験を行った。最大粒径 13mm、空隙率 20%の排水性混合物を採用し、高粘度 (白) と高粘度 (黒) のそれぞれを使用した供試体を作製した。これら実験の手順を図-1 に示し、バインダ性状を表-1 に示す。

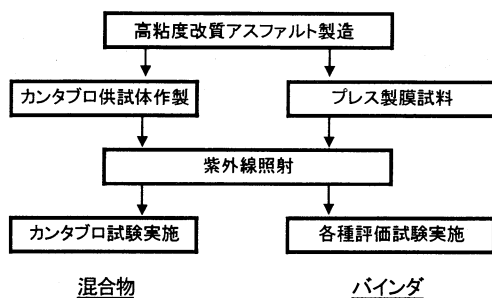


図-1 評価手法フロー

2. 評価方法

(1) 紫外線照射による促進劣化 (UV)

排水性混合物中のアスファルトは薄膜であり、紫外線の作用を再現するためには、試料もまた薄膜でなければならない。そこで、山口らが考案に³⁾よる“プレス成膜試料によるUV劣化試験”を実施した。これは、所定量のアスファルト試料をフッ素樹脂 (PTFE) シートで挟み込み、適宜プレスする事により薄膜に成形し、冷却後PTFEシートの片面を剥がして直接紫外線照射を行うものである。作製条件ならびに紫外線照射条件を表-2に示す。

混合物供試体は、表-2に示す紫外線劣化条件に従い上下面ともに紫外線照射を行った。

(2) カンタプロ試験

カンタプロ試験は、紫外線照射前後の供試体について試験温度0℃および20℃で実施した。試験方法は、舗装試験法便覧別冊⁴⁾に準拠した。

(3) 動的粘弾性試験

動的粘弾性測定には、DSR (dynamic shear rheometer) を用いた。DSRは、液固体の粘弾性を測定するためのもので、樹脂などの研究開発用途に用いられてきたものである。今回の評価には、材料が粘性的傾向にあるか弾性的傾向にあるかを示す損失正接 ($\tan\delta$) による評価を行った。測定条件としては、試験温度を20℃とし、角速度10rad/sec、0.2%歪とした。

(4) フラース脆化点試験

アスファルトの脆性破壊を評価する手法であることより、排水性混合物の低温時の骨材飛散の観察にはもっとも適した試験方法のひとつであるために今回の調査項目に採用した。試験方法は、舗装試験法便覧⁵⁾に準拠した。

(5) FT-IR (フーリエ変換式赤外線分光光度計) 試験

アスファルト材料の酸化劣化の指標となる酸素含有官能基の挙動を調べるために、FT-IR分析を行った。分析装置に(株)パーキンエルマージャパン製Spectrum Oneを用い、0.03g/mlクロロホルム試料溶液について、KBr液体用セル、0.1mmスペーサの条件で測定を行った。評価には、1600cm⁻¹

表-1 試料性状

		高粘度(白)	高粘度(黒)	品質規格
針入度	1/10mm	74	79	40以上
軟化点	℃	104.0	99.0	80.0以上
60℃粘度	1 × 10 ⁴ Pa・s	10.0+	10.0+	2.00以上
伸度(4℃)	cm	87	64	-

表-2 紫外線劣化試験条件

項目	条件
使用機器	アトラス社製SUNTEST XLS+
ランプ	キセノンランプ
照射強度	78W/m ² (300~400nm)
ブラックスタンダード温度	60℃
供試体膜厚	100 μm
紫外線照射時間 (プレス製膜試料)	24、48、96
紫外線照射時間 (カンタプロ供試体)	供試体上下面共に48時間ずつ

付近の内部参照吸光度に対する、1700cm⁻¹付近に現れるカルボニル伸縮振動に起因する吸光度の比R_{C=O}を用いた。尚、スペクトルのバックグラウンドは1825 cm⁻¹~550cm⁻¹とした。

3. 試験結果

(1) 紫外線照射によるカンタプロ損失率の変化

紫外線照射前後でのカンタプロ損失率の変化を図-2に示す。これによると、高粘度(白)を用いた場合、試験温度によらず紫外線照射後にカンタプロ損失率は増加することが判明した。また、カーボンブラックの添加により、損失率の変化は小さくなった。紫外線照射により骨材飛散が増加し、かつ遮光性材料の有無で差異が生じたことより、カンタプロ損失率より観察される骨材飛散は、紫外線が一因であると考えられる。

(2) 紫外線照射によるバイнда性状変化

前項にて紫外線の影響によりカンタプロ損失率が増加することが確認された。そこで、紫外線がバイнда性状に及ぼす影響について確認を行った。評価は動的粘弾性での損失正接 ($\tan\delta$) およびフラース脆化点を採用した。

動的粘弾性の試験結果を図-3に示す。損失正接は動的粘弾性試験により得られる粘性項と弾性項との比であり、値が大きいほど粘性傾向を示す。これらのことを踏まえて損失正接の変化を観察すると、紫外線照射によりバイ

ンダは弾性傾向が強くなり、カンタブロ試験による骨材飛散は起こりやすくなると予想される。しかし、この試験結果では、粘弾性状に大きな違いは認められなかった。

そこで、別の観点からバインダ性状変化を観察するために、同じ試料を用いてフラース脆化点を実施した。その結果を図-4に示す。この結果から、紫外線の影響により変化が生じ、遮光性材料の添加によりその変化は抑制されることがわかった。

粘弾性状よりもフラース脆化点の試験結果との関連が見られた理由として、骨材飛散は、劣化に伴うバインダの破断伸びの低下といった強度指標が深くかかわっていることが挙げられる。

(3) 紫外線照射によるカルボニル基吸光度の変化

バインダ劣化が、化学的にはどのような挙動を示しているかを確認するために、FT-IRを用いてカルボニル基の変化を観察した。カルボニル基は有機材料が酸素と結合することにより生成されることから、この変化を観察することにより、バインダの劣化状態を観察することが可能である。そこで、カルボニルの生成量を吸光度比で観察し、その結果を図-5に示す。この結果によれば、紫外線照射初期にカルボニル基の生成が大きい傾向にあり、その後は、照射時間によってカルボニル基の生成量が緩やかに増加することが判明した。また、遮光性材料の添加によりその変化は抑制されることがわかった。

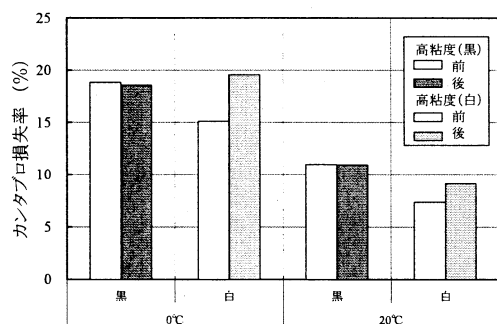


図-2 紫外線照射によるカンタブロ損失率の変化

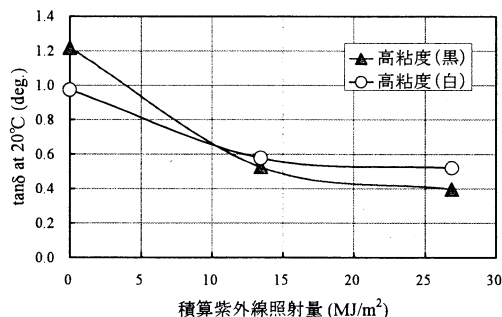


図-3 紫外線照射による損失正接の変化

(4) カルボニル吸光度とフラース脆化点の関係

改質アスファルトのバインダ物性の変化がカルボニル基の変化となんらかの関係があり、改質アスファルトの評価指標として適用できるのではないかと考えた。そこで、カルボニル基の変化とフラース脆化点の関係について観察を行った。その結果を図-6に示す。この結果よりカルボニル基の生成量とフラース脆化点に相関が認められた。このことにより、紫外線劣化によるバインダ中のカルボニル基の増加がバインダ性状にも影響を及ぼしていると考えられる。材料によりその傾向は異なるであろうが、カルボニル基の生成量が一つの指標になり得るといえる。

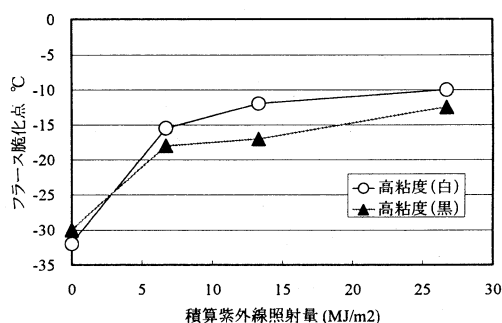


図-4 紫外線照射によるフラース脆化点の変化

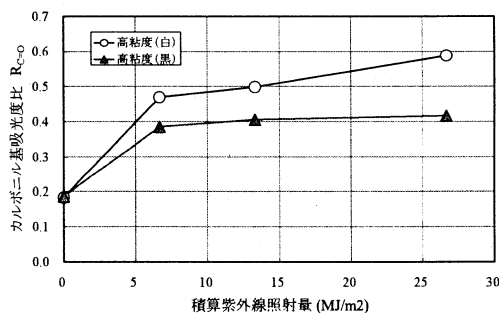


図-5 紫外線照射によるカルボニル基の生成

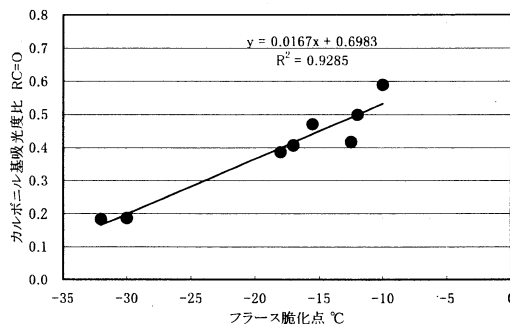


図-6 カルボニル基生成量とフラース脆化点の関係

4. まとめ

高粘度改質アスファルトを用いた排水性舗装用混合物は、紫外線の影響によりカンタブロ損失率が増大することが確認された。これは、紫外線により高粘度改質アスファルトのカルボニル基が増加していることに起因しており、フラース脆化点の変化との相関も認められた。紫外線の影響が大きいことは、比較対象として用いた遮光性材料であるカーボンブラックを添加した高粘度改質アスファルトでは劣化が抑制されたことから確認できた。

今回の調査は、高粘度改質アスファルトを用いた排水性混合物に主眼を置き骨材飛散抵抗性との関連について調べたが、この現象はすべての有機材料に共通しており、ストレートアスファルトなどにも適用される。すなわち、アスファルト材料を用いた舗装の耐久性を考える上で紫外線の影響は無視できず、紫外線対策を考慮することにより、さらに高い耐久性の舗装が提供できるものといえる。

今回の調査で採用したカーボンブラックなどの遮光性材料の適用は、紫外線対策の手法として有効な一つの方法ではないかと考えられる。これは、ゴムや樹脂などの高分子材料の分野において広く用いられているカーボン

ブラックが、改質アスファルトに使用されている改質材に作用し耐劣化性が向上しているものと思われる。

参考文献

- 1) 村山雅人, 伊藤達也, 羽入昭吉, 菅野宏: 高粘度改質アスファルトの開発経緯と研究開発の現状, 改質アスファルト No21 pp8~19, 2003.
- 2) 佐々木徹, 山口勝之, 焼山明生: 排水性舗装の骨材飛散の要因に関する一検討 -改質アスファルトの紫外線劣化-, 土木学会第60回年次学術講演会, 5-125, 2005.
- 3) 山口勝之, 佐々木徹, 明嵐政司: アスファルト材料の紫外線劣化とカーボンブラック添加効果, 土木学会舗装工学論文集 第8巻, pp251-260, 2003.
- 4) (社)日本道路協会: 舗装試験法便覧別冊 (暫定試験方法), pp4-13, 1998.
- 5) (社)日本道路協会: 舗装試験法便覧, pp418-426, 2002.
- 6) 明嵐政司, 佐々木徹, 焼山明生: アスファルトの劣化に関する一考察, (社)石油学会 第31回石油・石油化学討論会, pp311, 2001.

RESEARCH ON THE ULTRAVIOLET RAYS DETERIORATION OF THE HIGH VISCOSITY MODIFIED BITUMEN.

Akio YAKIYAMA, Iwao SASAKI, Katsuyuki YAMAGUCHI and Tomoko TAKAHASHI

Aggregate pop-out is one of the major damages of porous asphalt pavement. As for the causes of pop-out damage, initial performance of modified binders such as shear strength and brittleness at low temperature must be an important factor, but the author focus on the deterioration of modified binders due to ultra-violet rays (UV) in this study. The results of Cantabro-loss after UV irradiation showed that accelerated UV aging induced the aggregate pop-out damage of porous asphalt mixtures. Binder properties after UV irradiation also showed the increase of Fraas Breaking Point and oxygen containing functional group. Furthermore, it was confirmed that there is a good correlation between the increase of oxygen containing functional group and Fraas Breaking Point.