

# ポリマー改質アスファルトを用いた 混合物の劣化および疲労特性

前原弘宣<sup>1</sup>・高橋 修<sup>2</sup>・大久保美里<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東亜道路工業株式会社 技術研究所 (〒300-2622 茨城県つくば市要 315-126)

E-mail : h\_maehara@toadoro.co.jp

<sup>2</sup>正会員 博(工) 長岡技術科学大学助教授 環境・建設系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

<sup>3</sup>正会員 株式会社 パスコ道路センター (〒227-0062 神奈川県横浜市青葉区青葉台 2-6-17)

ポリマー改質アスファルトは、主にアスファルト混合物層の耐流動性の向上を目的として広く用いられている。添加されている熱可塑性樹脂によってその物性は、ストレートアスファルトとは大きく異なっている。本研究では、ポリマー改質アスファルトの劣化特性および疲労特性に着目し、促進劣化させたアスファルト混合物に対して各種物性試験と繰返し曲げ試験を行った。この結果、ポリマー改質アスファルトは、ストレートアスファルトと比較して劣化による物性の変化が小さく、疲労特性も優れることが明らかとなった。

**Key Words** : aging, polymer modified asphalt, fatigue life, asphalt mixture

## 1. はじめに

アスファルト混合物層の耐流動性の向上を目的にポリマー改質アスファルトが開発され、わだち掘れが生じやすい重交通路線を中心に広く運用されている。一方で、表層材料に求められる性能として、ひび割れに対する抵抗性も挙げられている。一般に、舗装の構造設計ではアスファルト混合物層下面から生じる疲労ひび割れが着目されているが、実際の現象として舗装表面から生じるひび割れも重要視されている<sup>1)~3)</sup>。このひび割れは、舗装表面の劣化を伴った状態での疲労ひび割れということになる。わが国の疲労ひび割れの検討では、ポリマー改質アスファルトを用いたアスファルト混合物のひび割れ抵抗性に関する研究事例が少なく、さらに劣化を伴った場合にポリマー改質アスファルトを用いた混合物のひび割れ抵抗性がどのように変化するかといった知見は得られていないのが現状である。

表層に使用されるアスファルト混合物は、空気、水分、紫外線等の気象的作用による酸化劣化が進行しやすく<sup>4)</sup>、ひび割れは車輪通過位置を中心に発生・発達することが多い<sup>1)~3)</sup>。本研究ではこの点に着目し、ポリマー改質アスファルトを使用したアスファルト混合物の劣化特性および疲労特性を明らかにすることを目的に検討を行った。

本研究における検討内容のフローを図-1に示す。アスファルト混合物の促進劣化方法および劣化条件は、ストレートアスファルト（以下、ストアス）を用いた混合物

に対して事前試験を行って決定した。その条件に従ってアスファルト混合物に促進劣化を施し、繰返し曲げ試験を行って疲労特性を評価した。そして、繰返し曲げ試験終了後の供試体からアスファルトを回収し、各種物性試験と成分分析試験を実施して、劣化程度と物理特性の関係について検討を加えた。

## 2. 使用材料および試験方法

### (1) 使用材料

本研究で使用したアスファルトは、ストアス 60/80、ポリマー改質Ⅱ型（以下、改質Ⅱ型）、ポリマー改質Ⅲ型（以下、改質Ⅲ型）の3種類とした。混合物タイプは、最大粒径が13mmの密粒度アスファルト混合物とした。使用したアスファルトおよび骨材はそれぞれの規格を満足するものであり、配合は通常のマーシャル設計法に基づいて決定したものである。

### (2) 促進劣化方法

ポリマー改質アスファルトは、ベースとなるストアスの劣化に加えて、添加した熱可塑性樹脂の組成にも変化が生じる。これらの組成変化は、劣化が進行する温度や酸素・紫外線の影響により異なったものになることが知られているため<sup>5)</sup>、アスファルト混合物の劣化を再現するためには、屋外に供試体を暴露するなどの実舗装の劣化状態を再現する方法が望ましい。しかし、本研究では時

間的な制約等から室内での促進劣化方法を採用することとした。室内で劣化を再現する方法には、既往の研究でいくつか提案されている。これらの促進劣化方法は、アスファルト単体を劣化させる方法とアスファルト混合物を劣化させる方法に大別することができる。

アスファルト単体を劣化させる方法には、製造から敷均しまでの劣化状態を再現する回転薄膜加熱試験 (RTFOT) と長期供用における劣化を再現する加圧劣化試験 (PAV) を併用する方法があり、この方法を用いてアスファルトの劣化を検討している事例が多い。しかし、この方法では、アスファルトの劣化に伴ってアスファルトの物性が大きく変化するため、劣化程度によらない均一な締固め状態でのアスファルト混合物を作製することが困難と考えられた。

一方、アスファルト混合物を劣化させる方法としては、屋外暴露試験による方法や自然環境を人工的に再現するサンシャインウェザーメーターを用いる方法<sup>9)</sup>の他に、アスファルト混合物を加熱・加圧する方法<sup>7)</sup>、締固めを行わない混合物を恒温槽の中で加熱養生する方法、締め固めた混合物を酸素飽和させた恒温槽中で養生する方法<sup>8)</sup>などが行われている。締め固めていない混合物を劣化させる方法は、Superpaveでも採用されているが、促進劣化中にアスファルトや細粒分がダレてバットに付着するとともに、劣化の進行に伴うアスファルトの性状変化にばらつきが生じるため、締固め程度にムラが生じやすいといった問題が指摘された。

本研究では、以上の考察と予備試験に基づいて以下の方法で 2(1)に示した 3 種類のアスファルトを用いて作製したアスファルト混合物供試体に促進劣化を施した。ローラコンパクタでアスファルト混合物を締め固めた後、温度を 120°C に調整した恒温槽内に、型枠に入れたままの状態です定の期間放置して、加熱による劣化を促進させた。恒温槽内に放置する期間は、和田の研究<sup>9)</sup>による屋外暴露期間と針入度の関係を参考に、一般的な国道等の表層の耐用年数と同程度の劣化状態となるよう設定した。予備試験の結果に基づいて 4 日間と 8 日間の 2 パターンとしたが、これらの劣化状態を和田の研究に示されている暴露期間と針入度の関係と比較すると、図-2 に示すように 4 日間の促進劣化は暴露期間で 3 年程度に、8 日間の促進劣化は 6 年程度に相当する。暴露試験では本研究と同様にストアス 60/80 を用いているが、初期の針入度が異なるため、同図では針入度低下の程度を当初の針入度との比で示した針入度低下率 (%) で示している。

恒温槽の温度はあまり高くしない方が好ましく思われたが、槽内の温度をこれ以下とすると、アスファルトの劣化が著しく遅くなるため、最終的に上記温度に決定した。

### (3) 促進劣化後の各種試験方法

#### a) アスファルトの回収方法

促進劣化後のアスファルトに対して各種物性試験を行うためには、アスファルト混合物から劣化したアスファルトを回収する必要がある。アスファルト混合物からアスファルトを回収する方法は、舗装試験法便覧 3-9-7 に示されているものが一般的であるが、この方法ではポリマー改質アスファルトの物性を変えずに回収することは困難であると言われている。これは、溶剤を用いてアスフ

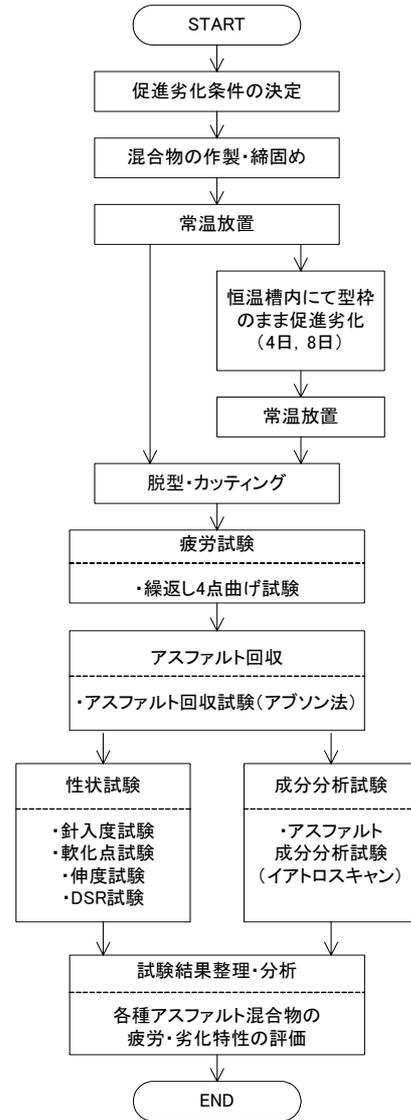


図-1 本研究における検討内容のフロー

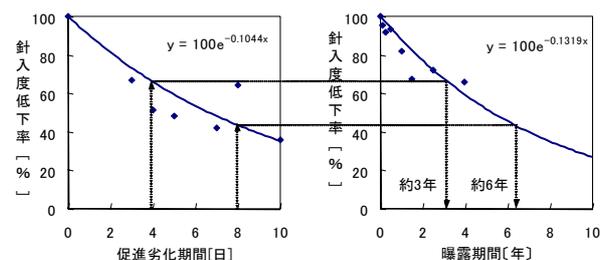


図-2 促進劣化時間と暴露年数の関係

アルトを抽出する過程で、アスファルト中の熱可塑性樹脂の分散状態が変化するためである。

このことを確認するために、物性が既知のポリマー改質アスファルトの回収試験を事前に行い、熱可塑性樹脂の分散状態を顕微鏡により観察すると共に物性試験を行い前後の比較を行った。ここで用いた改質アスファルトは回収前後の分散状態に変化が少なく、ストアスと比較して物性の変化も大きくなかった。そのため、本研究では同試験方法に準拠してアスファルトの回収を行った。

#### b) レオロジー性状試験

回収したアスファルトのレオロジー特性を評価する試験として、ダイナミックシェアレオメーター（以下、DSR）試験を行った。DSR試験はアスファルトの物性を規定するためのSHRPで提案された標準的な試験であり、その試験方法はAASHTO MPI TP5に規定されている。本研究ではこれを参考にして具体的な試験条件を決定した。

試験装置の外観を図-3に示す。DSR試験装置にはひずみ制御タイプと応力制御タイプがあるが、本試験に用いた装置は応力制御のものである。試料を挟む試験治具は図-4のようになっており、一般に直径には8mmのものとして25mmのものが使用されるが、本試験では25mmのものをを使用した。治具間の試料厚は1mmとし、与えるひずみは1%とした。載荷周波数は10rad/secとし、温度を変化させる試験（5℃～100℃の中で試験値が得られる範囲）に加え、アスファルトの劣化による性状変化を多様な視点から検討するため、試験温度を25℃一定とし載荷周波数を0.1～100rad/secの範囲で変化させる試験も併せて行った。

#### c) その他アスファルトの物理試験

レオロジー性状試験に加えて、アスファルトの物理試験としてここでは針入度試験、軟化点試験、および伸度試験を実施した。試験はそれぞれ舗装試験法便覧 3-5-1、3-5-2、3-5-3に準拠した方法で行った。

#### d) 組成分析試験

促進劣化後におけるアスファルトの組成成分の変化を把握するため、アスファルトの組成分析を行った。アスファルトの組成分析は舗装試験法便覧 3-5-15に示されているカラムクロマトグラフィーによる方法が一般的であるが、同試験法は試験の手順が複雑で熟練を要するため、本研究では自動検出装置を備えたイアトロスキャンを用いた。

イアトロスキャンは薄層クロマトの検出に水素炎イオン化検出器を用いた自動検出装置であり、アスファルトを各種溶剤によりクロマロッド上に展開したものを測定装置にセットすると、測定装置が自動的に定量試験を行う。クロマロッドへのアスファルト溶液の展開は、事前の確認試験により安定した結果が得られる手順・条件を決定した。展開用溶媒等は標準的なものから変更していないが、アスファルトを溶解する溶媒として蒸発が早く溶解液のスポットが安定するジクロロメタンを用い、ク

ロマロッドの状態が変化すると誤差が大きくなることが確認されたため、展開を恒温・恒湿の槽内で行うこととした。

イアトロスキャンの概念は図-5に示すとおりである。イアトロスキャンの分析結果は舗装試験法便覧の手法と同様に、アスファルテン、レジン、芳香族分、飽和分の4成分の分離結果が出力される。

#### e) アスファルト混合物の疲労試験

アスファルト混合物の疲労特性を評価する疲労試験に



図-3 試験に用いたDSR試験装置

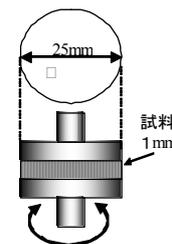


図-4 DSR試験の載荷治具

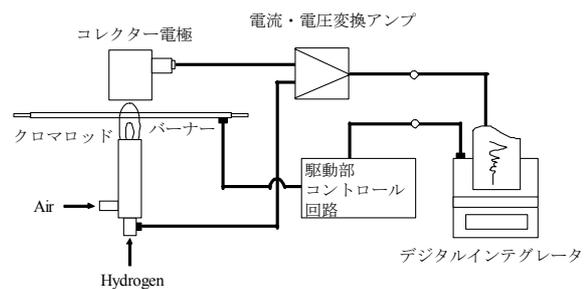


図-5 イアトロスキャンの概念図

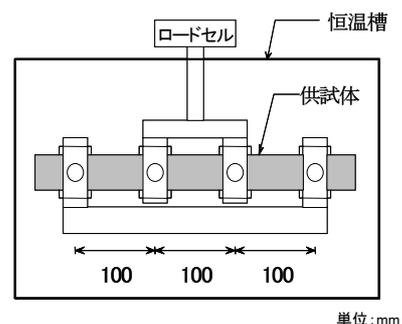


図-6 載荷部の概念図

は、2点支持2点载荷方式の繰返し曲げ試験装置を用いた。2点支持2点载荷方式は、载荷部が図-6に示すように供試体を4点で支持し、中央の2点の支持点が上下に動き供試体に変形を与える構造となっている。繰返し载荷の制御はひずみ制御方式であり、载荷周波数は5Hzとした。

### 3. 促進劣化によるアスファルトの物性値の変化

前章で示したアスファルトの物性試験を回収したアスファルトについて行った結果を以下に示す。本文中には促進劣化を行っていない結果を「新規」と表記している。

#### (1) 針入度試験の結果

針入度試験はアスファルトのコンシステンシーを評価する試験である。促進劣化後の針入度試験の結果を図-7に示す。通常、アスファルトの劣化が進行すると針入度は低下するが、アスファルトの種類により針入度の低下の程度は大きく異なっていた。

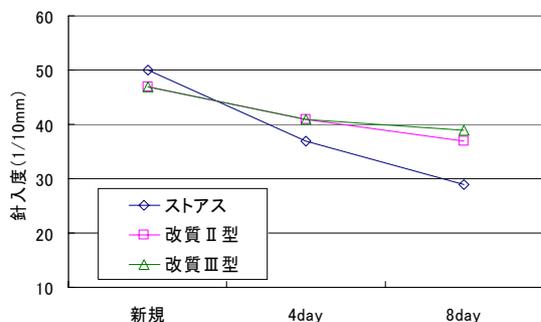


図-7 針入度試験結果

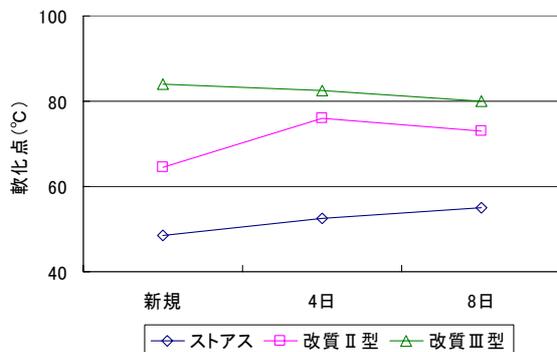


図-8 軟化点試験結果

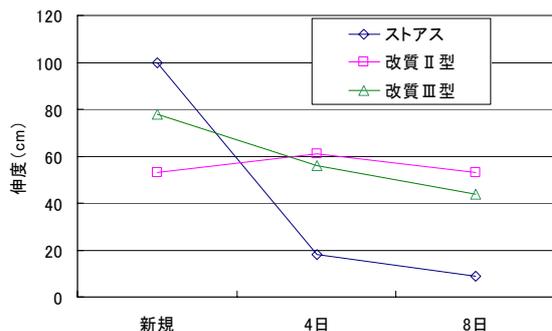


図-9 伸度試験結果

ストアスの針入度は促進劣化によって大きく低下しているのに対し、改質Ⅱ型およびⅢ型の針入度の低下は小さく、新規から両者の差異はほとんど認められない。これらのことから、ポリマー改質アスファルトはストアスと比較して劣化に伴う針入度の変化が小さい材料であると評価できる。

#### (2) 軟化点試験の結果

軟化点試験は針入度試験と同様、アスファルトのコンシステンシーを評価する試験である。促進劣化後の軟化点試験の結果を図-8に示す。ストアスでは劣化するに従い軟化点が上昇しているのに対して、ポリマー改質アスファルトでは改質Ⅱ型で初期に上昇が見られるものの、劣化の進行に従って徐々に低下する傾向を示している。

#### (3) 伸度試験の結果

伸度試験は各種アスファルトの品質やアスファルト混合物から回収したアスファルトの劣化程度を判定するための試験である。一般にストアスの場合、伸度が20を下回るとひび割れが生じやすくなるといわれている<sup>10)</sup>。伸度試験の結果を図-9に示す。ストアスは当初100以上であった伸度が劣化初期に急激に低下し、促進劣化4日後には20を下回っている。一方、ポリマー改質アスファルトはストアスと比較して伸度の変化が少なく、8日後においても40以上の値を維持している。

軟化点と同様に改質Ⅱ型では新規の伸度が最も小さく一定した傾向が得られていないが、ポリマー改質アスファルトはストアスと比較して劣化に伴う物性の変化は小さく、劣化しにくい材料と評価できる。

#### (4) 組成分析試験

組成分析試験では、回収したアスファルトを5本のクロマトに展開し試験を行い、試験結果として得られた各成分の平均値を試験結果とした。劣化に伴う組成の変化を図-10～図-12に示す。既往の研究より、ストアスの劣化に伴う組成成分変化の傾向として、劣化が進行するに従いアスファルテンやレジンが増加し、芳香族分や飽和分が減少することが知られている<sup>4),5)</sup>。

ストアスの劣化は特にアスファルテンの増加に顕著に顕れる場合が多いが、イアトロスキヤンを用いた組成分析結果では劣化に伴うアスファルテンの変化は全く見られない。これは、従来のカラムクロマトグラフィーによる方法とイアトロスキヤンの組成分析特性が異なるためであると考えられる。アスファルテンとレジンを加えた割合に着目すると、既往の研究と比較的一致する傾向を示すことから、イアトロスキヤンを用いる場合、劣化の判定はアスファルテンとレジンの和、もしくはレジンの割合に着目することで把握することができる。

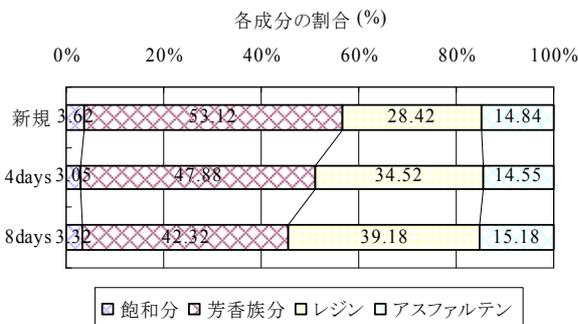


図-10 ストアスの組成分析の結果

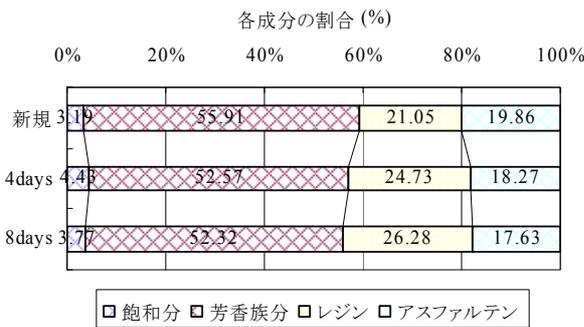


図-11 改質II型の組成分析の結果

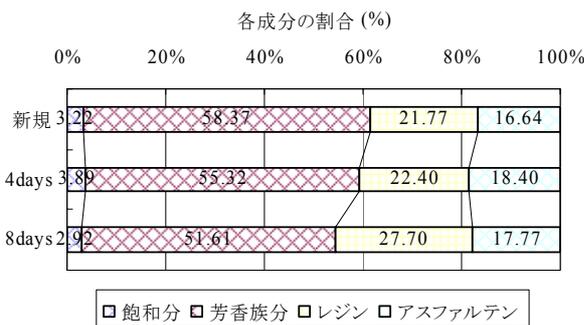


図-12 改質III型の組成分析の結果

一方、ポリマー改質アスファルトの分析結果は、ストアスと比較してアスファルテンが多く、アスファルテンとレジンの和は逆に少ないなど、組成の構成が大きく異なっている。

また、劣化の進行に伴いレジン分が明確な増加を示しているものの、アスファルテンの変化は改質II型では減少し、改質III型では増減するなど、一定の傾向を示していない。劣化に伴う平均的な成分の変化は、ポリマー改質アスファルトのほうがストアスと比べて少ないことから、ポリマー改質アスファルトは劣化に伴う成分の変化が少ないといえる。

しかし、ポリマー改質アスファルトの組成分析の結果は、ストアスと比較してばらつきが大きい傾向であることから、試験誤差が大きいものと考えられる。したがって、各成分の分類比率は参考程度の取扱いとしたい。

### (5) DSR 試験によるレオロジー性状試験の結果

DSR 試験はアスファルトのレオロジー性状を評価する試験として Superpave で採用された試験であり、アスファルト混合物が供用により受ける動的な作用とそれにより生じる損傷の評価に用いられている。DSR 装置で治具間に挟んだアスファルトに振動する応力を与えると、試料に生じるひずみは  $\delta$  だけ位相が進んで発生する。この位相のずれは材料の粘弾性的性質に応じて変化するため、この位相のずれに着目してレオロジー性状を評価することができる。一般にアスファルトのレオロジー性状は複素弾性率  $G^*$  (Pa) や損失正接  $\tan \delta$  で整理されるが、Superpave では  $|G^*| \sin \delta$  が疲労ひび割れに、 $|G^*| \sin \delta$  がわだち掘れの発生に関連が深いとして、規格値を示している。Performance-Grade の規格では、回転薄膜加熱試験後のアスファルトに対し  $|G^*| \sin \delta$  を、さらに加圧劣化試験を行なったアスファルトに対して  $|G^*| \sin \delta$  をグレード毎に示された温度条件で算出するようになっている。本研究では、上記の知見を勘案した上でアスファルトの温度や載荷速度に対する応答性を調べるため、25mm の試験治具を用いて DSR 装置の計測可能な範囲で試験を行った。

#### a) 劣化に伴う温度応答性の変化

新規の  $|G^*|$  の温度に伴う変化を図-13に示す。新規の温度変化に対する  $|G^*|$  は、ストアスが最も大きく変化し、改質II型、改質III型の順で小さくなっている。低温ではストアスの  $|G^*|$  が最も大きい、高温になるに従いポリマー改質アスファルトの  $|G^*|$  が大きくなる。

また、新規の損失正接の温度に伴う変化を図-14に示す。

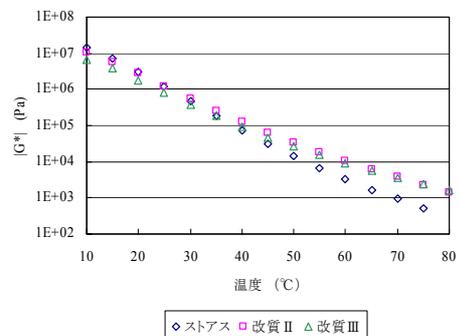


図-13 新規の複素弾性率  $|G^*|$  の変化

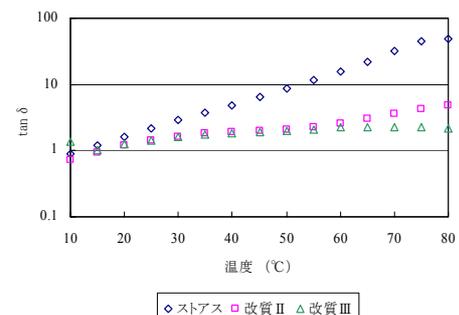


図-14 新規の損失正接  $\tan \delta$  の変化

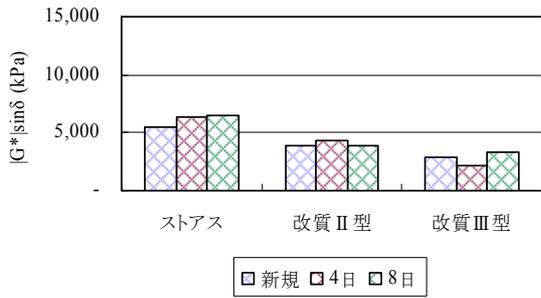


図-15 15°Cにおける $|G^*| \sin \delta$

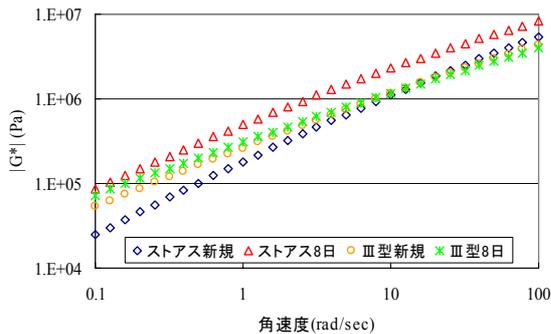


図-16 周波数に対する $|G^*|$ の変化

損失正接は評価材料が弾性的か粘性的か判断する目安であり、この値が小さいほど弾性的な性質を有している。

ストアスは温度が高くなるほど粘性的な性質が強くなるが、ポリマー改質アスファルトは変化が少ない。特に改質Ⅲ型は60°C以上の温度においても大きな変化は見られない。

次に Superpave で疲労ひび割れと関連が深いとしている $|G^*| \sin \delta$ の劣化に伴う変化の一例として、15°Cにおける $|G^*| \sin \delta$ の変化を図-15に示す。

$|G^*| \sin \delta$ は値が大きくなるに従いひび割れが生じやすくなるといわれており、Superpave ではその上限値がグレードに応じた試験温度に対して5,000kPa以下でなければならない。

この例ではストアスは全ての条件において上記規格を満足しない結果となっている。また、ストアスは劣化に伴い $|G^*| \sin \delta$ が一様に大きくなっているのに対して、ポリマー改質アスファルトでは一定の傾向を示していない。

Superpave に従うと、ストアスより改質Ⅱ型のほうが、改質Ⅱ型より改質Ⅲ型のほうが疲労ひび割れに対する抵抗性が高い材料であると評価できる。

#### b) 劣化に伴う载荷速度応答性の変化

载荷速度を変化させた場合のアスファルトの劣化に伴うレオロジー性状の変化を把握するため、载荷する角速度を0.1~100(rad/sec)の範囲で変化させ試験を行った。試験温度は25°Cとした。

劣化に伴うストアスと改質Ⅲ型の $|G^*|$ の変化を図-16に示す。

ストアスは劣化に伴い $|G^*|$ が大きくなるが、载荷速度が低い領域の変化が特に大きくなっている。改質Ⅲ型はストアスと比較して载荷速度の影響が小さく、同様に劣化による変化も小さい。

#### (6) アスファルトの試験に対するまとめ

以上においてアスファルトの劣化に伴う各種物性試験の結果を示したが、これらの試験結果より得られた知見をまとめると以下のとおりである。

①針入度および伸度の試験結果は、アスファルトの劣化に伴い比較的一様な変化を示し、劣化に伴う物性の変化を把握し易い。ストアスとポリマー改質アスファルトを比較すると、これらの物性値の変化は明らかにポリマー改質アスファルトのほうが少ない。

②イアトロスキヤンによる組成分析の結果より、劣化に伴うアスファルトの組成の変化は、ストアスよりもポリマー改質アスファルトのほうが小さかった。一方、イアトロスキヤンの分析結果は、カラムクロマトグラフィーによる試験結果と劣化による成分の変化傾向が異なるとともに、ポリマー改質アスファルトの分析を行うためには、試験手順等の見直しが必要と考えられる。

③DSRの試験結果より、ポリマー改質アスファルトはストアスと比べて試験温度の変化や载荷速度の変化に対する各物性値の変動が少なく、劣化に伴う物性値の変化も少ない。また、Superpaveの疲労ひび割れの指標による評価では、ポリマー改質アスファルトのほうがストアスよりも優れ、改質Ⅱ型よりも改質Ⅲ型のほうがより優れているという評価が得られた。

#### 4. 促進劣化による混合物の疲労特性の変化

劣化に伴う疲労特性の変化を把握することを目的とした、繰返し曲げ試験の結果を以下に示す。繰返し曲げ試験の温度は15°C、0°C、-10°Cとし、ひずみレベルは3段階に変化させて行った。試験を行うひずみレベルの下限値は2~3日で試験が終了するように設定した。破壊回数及び破壊応力は図-17に示すように定義した。

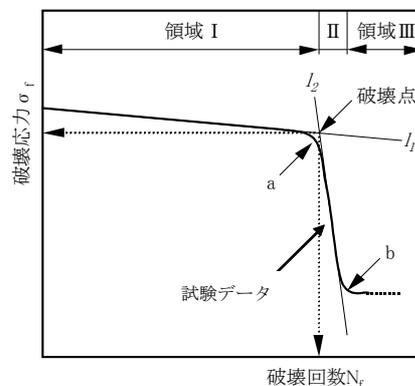


図-17 破壊回数と破壊応力の定義

試験温度 15°C, ひずみレベル 400 $\mu$ における試験結果を図-18に, 試験温度-10°C, ひずみレベル 300 $\mu$ における試験結果を図-19にそれぞれ示す. 縦軸は破壊回数を示すが, ストアスの新規の結果を1.0としたときの比率で示している. 15°Cの疲労試験結果では, ストアスは劣化が進行するに従い疲労破壊回数も低下しているが, ポリマー改質アスファルトでは, 4日促進劣化した状態の疲労破壊回数が新規よりも大きく, 8日劣化後は再び小さくなっている. ストアスとポリマー改質アスファルトを比較すると, ストアスよりもポリマー改質アスファルトのほうが破壊回数は大きく, そのなかでも改質Ⅲ型は新規の4倍, 4日劣化後では10倍以上の結果となっている. 一方, -10°Cの疲労試験結果では, 新規のストアスと比較して改質Ⅲ型は疲労破壊回数が大きい, 改質Ⅱ型では逆に小さくなっている. また, いずれのアスファルトでも劣化に伴い破壊回数は小さくなっており, 15°Cとは全く異なった傾向となっている.

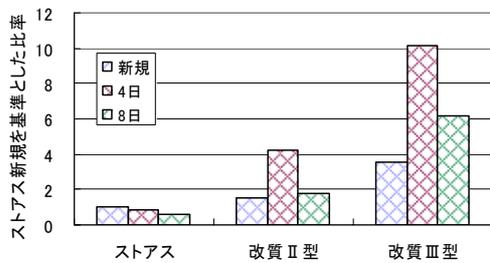


図-18 試験温度 15°C, ひずみ 400 $\mu$ における疲労特性

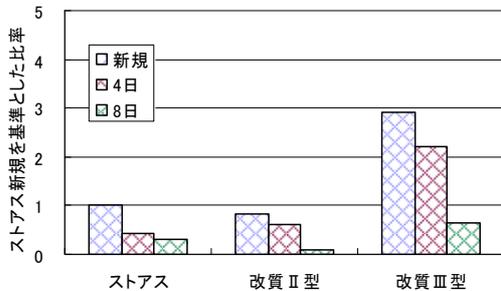


図-19 試験温度-10°C, ひずみ 300 $\mu$ における疲労特性

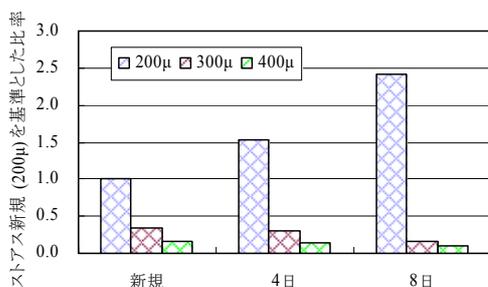


図-20 ストアス 15°Cの繰返し曲げ試験の結果

ストアスは劣化が進むに従い疲労破壊回数が低下するため, 劣化に伴う疲労特性の変化を針入度や $G^*\sin\delta$ を調べることで把握することができる可能性があるが, ポリマー改質アスファルトでは劣化に伴う疲労特性の変化は, 今回実施した物性試験の結果からでは説明できない. このことに対する特徴的な例として, ストアスの 15°Cにおける繰返し曲げ試験の結果を図-20に示す. この例では, ひずみが 200 $\mu$ と 400 $\mu$ で劣化に伴う疲労破壊回数の傾向が異なっている. 200 $\mu$ では, 劣化が進むにつれて疲労破壊回数が大きくなっているが, 400 $\mu$ では劣化が進むにつれて疲労破壊回数が小さくなっている. このように, ひずみ速度が異なると試験結果が大きく異なるなど, 疲労特性は劣化の進行や試験条件の変化に伴うアスファルトの力学的な性質の変化の影響を大きく受けていると考えられる.

以上の結果より得られる知見を整理すると, 以下のようによまとめられる.

①一般的な舗装の供用条件に近い 15°Cにおけるポリマー改質アスファルトの疲労特性は, ストアスよりも全体的に優れており, 特に改質Ⅲ型の疲労特性が優れている. また, 劣化による疲労特性の低下も小さい.

低温度下の疲労特性はストアスと比較して, 改質Ⅱ型は同程度もしくは若干低くなっているが, 改質Ⅲ型では大幅に優れている.

②疲労破壊抵抗性は劣化が進むにつれて必ずしも低下せず, ポリマー改質アスファルトでは劣化によってむしろ向上する場合があった. また, 劣化に伴う疲労特性の変化が与えたひずみ量により逆の傾向を示す場合があった.

これらのことから, ポリマー改質アスファルトはストアスと比較して疲労特性に優れており, 劣化に伴う疲労特性の変化も小さいと評価できる. しかし, ストアスを含めたアスファルト混合物の疲労特性は, 劣化の程度, 温度変化, 载荷速度の変化などによりアスファルトの力学的な性質が変化するとそれに伴い変化するが, 疲労特性の変化のしかたに一定の傾向を読み取ることは困難であった.

## 5. まとめ

本研究により得られたアスファルトの特性と混合物特性に関する知見を, 総合的に取りまとめると以下のとおりである.

①各種の物性試験や組成分析結果から, ポリマー改質アスファルトはストアスと比較して, 一定の促進劣化を施したときの物性の変化が小さい. また, DSR 試験結果より, ポリマー改質アスファルトはストアスと比較して疲労ひび割れに対する抵抗性が優れているという評価が得られ, DSR 試験の各種出力値も劣化による値の変化が小

さかった。これらより、ポリマー改質アスファルトはストアスと比較して、劣化しにくい材料であると評価できる。

②ポリマー改質アスファルトを用いた混合物はストアスを用いたものよりも通常の温度域では疲労破壊抵抗性に優れており、劣化による性能の低下も小さい。一方、低温条件では、ストアスよりも改質Ⅱ型を用いた混合物の疲労破壊回数が小さくなる例も見られるなど、劣化の程度、温度変化、載荷速度の変化などによってアスファルトの力学的な性質が変化すると、混合物の疲労特性も大きく変化することがわかった。本研究で行った各種物性試験の結果と疲労特性の比較を試みたが明確な関係を見いだすことはできなかった。

③本研究では、ストアスの劣化特性から促進劣化の条件を設定したが、ポリマー改質アスファルトは劣化の進行が遅いため、劣化に伴うアスファルトの物性や混合物の疲労特性の変化が明確に現れる劣化状態に至っていないと考えられる。ポリマー改質アスファルトの劣化特性や劣化に伴う物性の変化をより明確にするためには、さらに劣化を進行させて同様の評価を行う必要がある。

④DSR試験の試験条件と評価方法は Superpave の基準を参考にしたが、繰返し曲げ試験の結果がアスファルトの特性の変化に応じて変化していたことを考慮すると、試験条件や評価手法を更に検討して試験データを蓄積することにより、DSR試験によって混合物の疲労特性を高い信頼性で評価できるものと考えられる。

⑤本研究では、ストアスとポリマー改質アスファルトを用いた混合物の疲労特性を示したが、実際に舗装表面から生じるひび割れとの関連については検討を行っていない。本研究で得られた知見から表層材料のひび割れ抵抗性を評価するためには、疲労特性に関する更なる検討が

必要であると同時に舗装表面に生じるひび割れレベルやひび割れ速度について検討を行う必要がある。

#### 参考文献

- 1) E.Freitas , P.pereira , L.Pricado-Santos : Assessment of Top-Down Cracking Causes in Asphalt Pavements , ISBN 972-8692-03-X, pp.555-564, 2003.
- 2) L.A.Myers , R.Roque : Top-Down Crack Propagation in Bituminous Pavement and Implications For Pavement Management , AAPT , Vol.71 , pp.651-676 , 2002.
- 3) 松野三郎, 内田喜太郎: ひび割れ抵抗性能, アスファルト, Vol.44-No.208, pp.28-37, 2001.
- 4) 笠原 靖, 植村 正, 牛島幸司郎: 供用中におけるアスファルトの老化の研究, 石油学会誌, 第 18 卷 第 1 号, pp.30-33, 1975.
- 5) 笠原 靖: アスファルトの物性と劣化特性, 石油学会誌, 第 20 卷 第 8 号, pp.14-19, 1977.
- 6) j.aurstad , g.lange , e.o.andersen : aging of asphalt airfield pavements in Norway - a field and laboratory study , BCRA, Vol.5,pp.1005-1013, 1998.
- 7) 木村慎, 池田拓哉: アスファルト混合物の促進劣化手法の検討, 土木学会学術講演会, 第 54 卷, pp. 416-418, 1999.
- 8) 野村健一郎, 丸山暉彦, 高橋光彦: アスファルトの劣化促進方法に関する研究, 土木学会舗装工学論文集, 第 1 巻, pp.223-230, 1996.
- 9) 和田広海: 再生アスファルト混合物の長期供用性に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 2004.
- 10) 谷口豊明, 堀浩明, 小熊誠: 舗装用アスファルトの熱劣化に関する一考察, 道路建設, No.474, pp.50-60, 1987.

## A STUDY ON AGING AND FATIGUE CHARACTERISTICS OF POLYMER MODIFIED ASPHALT MIXTURES

Hironobu MAEHARA, Osamu TAKAHASHI and Misato OHKUBO

Polymer modified asphalts have been widely used to prevent premature rutting on a hot mix asphalt (HMA) layer. Physical properties of polymer modified HMA mixtures are not same as ordinary HMA mixtures using a straight asphalt, and are predominantly dependent on the added thermoplastic high polymer. This paper discusses fatigue characteristics of polymer modified HMA mixtures with taking aging effects into account. Not only cyclic bending test of HMA mixtures but also various binder tests were carried out with aged samples. Based on the results, this study quantitatively indicates that a property change by aging on polymer modified binder is smaller than that on straight asphalt, and fatigue frailer potential of the polymer modified HMA mixtures is lower than that of non-modified HMA mixtures.