

## 9.7 舗装路面の性能評価法の高度化に関する研究（2）

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）  
 研究期間：平 18～平 22  
 担当チーム：材料地盤研究グループ（新材料）  
 研究担当者：西崎到、新田弘之

### 【要旨】

舗装に対するニーズの多様化とともに、アスファルトも様々な特性を有するものが開発されている。また、舗装の性能規定化が進みつつある一方で、アスファルトの評価手法は従来からの材料評価方法を中心としたままとなっている。このため、多様化するアスファルトに対応した舗装性能に基づく評価方法が必要となっている。本研究では、新たな舗装用バインダ及び表層用混合物の性能評価手法の提案を目的として検討を行っている。

平成 20 年度は、前年度に引き続き新たな舗装用バインダの性能評価手法の開発およびデータの拡充を進め、ポリマー改質アスファルトの常温から低温にかけての性状把握方法の検討、紫外線による供用時の劣化特性、耐水性（水による剥離抵抗性）を評価するための新たな評価試験についての検討を行った。その結果、常温から低温にかけての性状把握のための DSR の適用性、また供用時劣化の評価方法として紫外線照射試験の適用性、耐水性評価手法としてのスライドガラスによる剥離試験の適用性などを把握し、それぞれの特性、試験条件などを見出した。

キーワード：ポリマー改質アスファルト、DSR、低温性状、暴露試験、紫外線照射試験、剥離試験

### 1. はじめに

高耐久舗装や排水性舗装など、舗装に対するニーズが多様化すると共に、様々な性能を有するポリマー改質アスファルトが開発されるなど近年の舗装用アスファルトは多様化している。また、舗装の性能規定化が進みつつある一方で、アスファルトの評価は従来からの材料評価方法を中心としたままとなっている。そこで、多様化するアスファルトに対応した舗装性能に基づく評価方法が必要となっている。

本研究では、多様化する舗装用バインダ及び表層用混合物に対応する性能評価手法の提案を目的として検討を行っている。表-1 にポリマー改質アスファルトに求められる主な性能に対する現在の評価項目と課題を示す。性能評価手法の改良や代替評価手法の開発が必要な項目が多いことが分かる。平成 20 年度は、前年度に引き続きアスファルトバインダーの新たな評価試験方法に関する検討を行った。また、混合物製造時の劣化特性や供用時の劣化特性、耐疲労性、耐水性（水による剥離抵抗性）評価

表-1 ポリマー改質アスファルトの性能評価の現状と課題、検討状況

性能項目		規格値の設定されている試験方法	課題など
耐流動性 (高温性状)		軟化点	
		60℃粘度（平成 18 年廃止）、現在規格なし	代替評価手法が必要→平成 18, 19, せん断試験検討
耐疲労性 (常温性状)		針入度 (25℃)	
		タフネス・テナシティ (25℃)	III 型・H 型でテナシティが廃止、改良または代替評価手法が必要
耐低温ひび割れ性 (低温性状)		伸度 (7, 15℃)	その他、強度・粘弾性指標等の評価手法が必要→平成 20, DSR 条件検討
		フラス脆化点	
劣化特性	混合物製造時	TFOT (163℃)	RIFOT の方がポリマー改質アスファルトに適するとされるが、試験条件の検討が必要→平成 19 検討
	供用時	現在規格なし	新たな評価手法が必要→平成 19, 20, 紫外線照射試験検討
磨耗抵抗性		フラス脆化点	
骨材飛散抵抗性	低温時	曲げ (-20℃)	耐低温ひび割れ性評価への適用性も検討 (平成 19)
		タフネス・テナシティ (25℃)	テナシティの一部廃止、改良または代替手法が必要
	高温時	タフネス・テナシティ (25℃)	テナシティの一部廃止、改良または代替手法が必要
耐水性 (水による剥離抵抗性)		粗骨材の剥離面積率	ポリマー改質アスファルトの分類を目的とする場合、標準骨材等の統一基準が必要→平成 19, 20, スライドガラス検討

注：太字は平成 20 年度実施項目

のための新たな評価試験に関する検討も行った。

なお、本研究は日本改質アスファルト協会との共同研究により実施した。

## 2. 使用材料

各検討には、表-2 に示すバインダを使用した。ストレートアスファルトは2種類とし、PDA(プロパン脱離アスファルト)を含むもの(Si)と含まないもの(Ss)とした。ポリマー改質アスファルトは、これらの2つのストレートアスファルトをそれぞれベースアスファルトにして製造したII型、III型、H型の6種類を使用した。

表-2 試験に用いたバインダ

ベースアスファルト	記号	種別	改質材添加率(%)
Si		ストレートアスファルト60/80(PDA)	0.0
	IIi	ポリマー改質アスファルトII型(PDA)	4.6
	IIIi	ポリマー改質アスファルトIII型(PDA)	6.0
	Hi	ポリマー改質アスファルトH型(PDA)	8.0
Ss		ストレートアスファルト60/80	0.0
	IIs	ポリマー改質アスファルトII型	5.0
	IIIs	ポリマー改質アスファルトIII型	6.7
	Hs	ポリマー改質アスファルトH型	8.5

## 3. DSRによる常温から低温での性状評価手法の検討

### 3.1 概要

DSRは、様々な粘弾性物質の性状を測定できる試験機であり、アスファルトにおいても高温域(60℃付近)での測定を中心に測定事例が多く、耐流動性の評価については有効性が確認されている。DSRは測定温度域が非常に広く、0℃以下での測定も可能である装置が多い。アスファルトにおいては、常温から低温にかけては疲労ひび割れや低温ひび割れなどの損傷が発生しやすい温度域でありこれらの温度域での性状把握は重要である。このため、平成20年度は、DSRによりこの温度域での測定条件や測定限界などを明らかにするとともに、他の試験との比較のために、データの蓄積を行った。

### 3.2 試験方法

DSRでは、図-1に示すように、円筒供試体で回転方向に一定周波数で振動を与え、応力やひずみを計測する。本研究では、常温から低温にかけての測定でありアスファルトが粘性特性をあまり持たない領域であるため、応力とひずみを考慮して、基本的に8mmφ×2mmの供試体で測定した。

試験は、線形粘弾性領域で測定する必要があるため、まず、ひずみを0.01~30%に変えて、対象温度域(-10~

20℃)での線形粘弾性領域を確認した。また、供試体の厚さ(Gap)の影響も確認した。これらの検討により、試験条件を求めた。

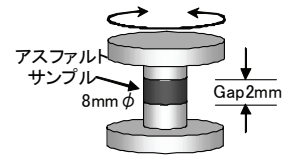


図-1 常温から低温でのDSRアスファルトサンプル

## 3.3 試験結果

ひずみを変化させて線形粘弾性領域を求めた結果、線形限界ひずみは、20℃で2.5%付近、10℃で1.4~2.2%の範囲、0℃で0.9~1.8%の範囲、-10℃で0.5~1.9%の範囲でとなった。これらの結果を考慮して、20~-10℃の共通でのひずみの条件を表-3のように設定した。

表-3 常温から低温での共通試験条件

項目	条件
プレート径	8mm
プレート間GAP	2mm
測定ひずみ	0.1%
測定周波数	10rad/s
測定温度	20~-10℃

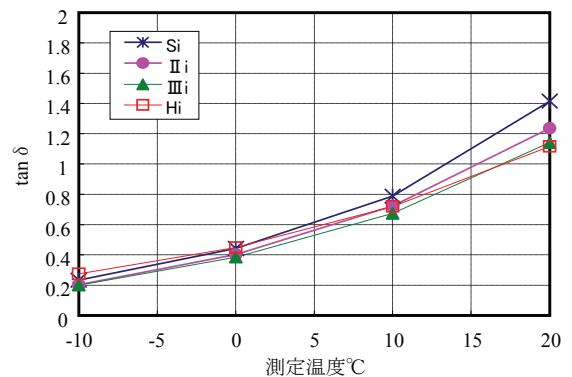


図-2 低温域DSRの損失正接tanδの結果の例

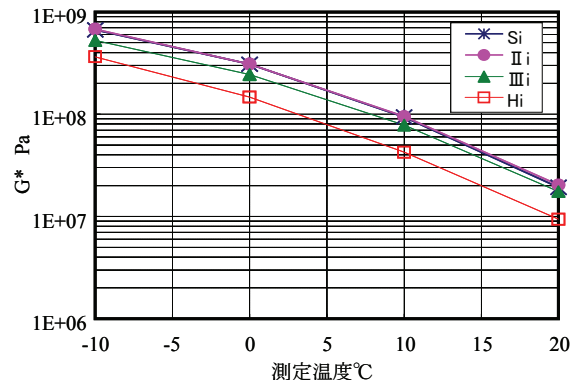


図-3 低温域DSRの複素弾性率G\*の結果の例

設定した条件で、各アスファルトの性状を測定した。Si をベースにしたアスファルトでの測定例を図-2、3 に示す。DSR は、動的粘弾性を測定するもので、複素弾性率  $G^*$  が得られるほか、粘性・弾性の程度を把握できる損失正接  $\tan \delta$  も同時に得られる。改質材添加率が高い Hi では、低温において  $G^*$  が小さいなど、低温での特性が現れている。なお、供試体の厚さ (Gap) を 0.5、1.0、2.0mm として Gap の影響の検討も行ったが、大きな影響は見られなかった。

#### 4. 供用時の劣化特性評価手法の検討

##### 4.1 概要

アスファルトには、混合物製造時の加熱劣化の他に、酸素や紫外線等による供用時の劣化が考えられる。平成 20 年度は、前年度に引き続き紫外線による供用劣化特性評価として暴露試験を実施するとともに、室内において紫外線照射試験<sup>12)3)</sup>を行い、屋外と室内の比較を行った。

##### 4.2 試験方法

暴露試験の方法は、以下のように行った。RTFOT (163°C75min) で加熱劣化させた試料を用い、ステンレス板の上に直径 14mm、厚さ 0.1mm の薄膜暴露供試体(写真-1) を加熱プレスにより製作し、平成 19 年 11 月 9 日よりつくばの屋外暴露場にて暴露を行っている。暴露供試体は南向きに設置し、雨水等が表面に留まることを防ぐために 5° の傾斜角度を付けた。暴露状況を写真-2 に示す。



写真-1 薄膜暴露供試体

写真-2 暴露状況

室内紫外線照射試験の方法については、供試体は暴露試験と全く同じものを用いた。紫外線照射は、UV テスターを用い、紫外線強度 120MJ (300~400nm、照射時間約 48 時間、60°C)、240MJ (300~400nm、照射時間約 96 時間、60°C) で行った。

そのほか、既存の供用性劣化試験として、加圧劣化試験 (PAV 試験: 舗装調査・試験法便覧 A059) も実施した。

上記の試験で得られた供試体は少量であるため、DSR や赤外吸光度測定など少量のサンプルで測定可能な項目

について測定した。

赤外吸光度測定では、フーリエ変換式赤外分光分析 (FT-IR) を用い、これにより得られるカルボニル指数で評価した。FT-IR は 0.03g/mL のアスファルト試料クロロホルム溶液について計測し、式(1)で定義するカルボニル指数 CI で評価した<sup>3)4)5)</sup>。これは、劣化の影響を受けないとされる C=C 伸縮振動に帰属する波数 1602.63cm<sup>-1</sup> のピークを内部基準とし、この吸光度に対する 1701.27cm<sup>-1</sup> にアスファルトの酸化によって現れるカルボニル基伸縮振動に起因する吸光度の比である。CI が大きい程、酸化の度合いが大きいことを意味している。

$$CI = \frac{\log(I^*_{1701.27} / I_{1701.27})}{\log(I^*_{1602.63} / I_{1602.63})} \quad (1)$$

ここに、CI : カルボニル指数

$I_n$  :  $ncm^{-1}$  のピークスペクトルの透過率 (Transmissivity %)

$I^*_n$  :  $ncm^{-1}$  におけるバックグラウンド (クロロホルム) の透過率 (Transmissivity %)

##### 4.3 試験結果

暴露を 44 週まで行った結果を図-4、5 に示す。従来試験との比較のために、PAV 試験での結果も合わせて示している。暴露期間が進むごとにどの供試体においても CI は増加しており、また暴露 2 週目にはすでに PAV での値を大きく上回る結果を示した。CI で見える限り、PAV では紫外線による供用劣化はうまく再現できていない可能性が見られた。

屋外暴露試験と室内紫外線照射試験の結果を図-6、7 に示す。まず屋外暴露を見ると、2~4 週間で CI は急激に増大し、その後は緩やかに増加している。室内での紫外線照射では、横軸が時間となっていないが、RTFOT を紫外線照射前 (0 時間)、120MJ、240MJ をそれぞれの照射時間としてもグラフのイメージが変わることはなく、照射時間が長くなるほど、CI は増大している。図-6、7 を比較すると、同じ程度の CI になるところがあり、これを利用して、目的とする暴露期間に応じた室内紫外線照射試験の条件が見出せる可能性が見られた。

ただし、室内紫外線照射においては、120MJ で Ss が最大だが 240MJ では最小となり、また、暴露試験の 44 週と 240MJ を比べると II<sub>s</sub> だけが、CI の順序が異なっており、評価方法の作成には、これらの原因を含めて検討しなければならない。

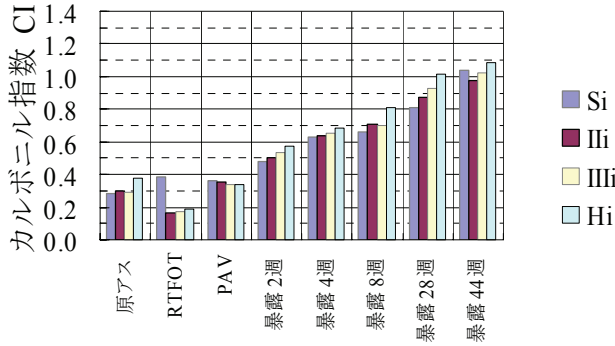


図4 室内試験 (PAV) と暴露試験の比較 (Si ベース)

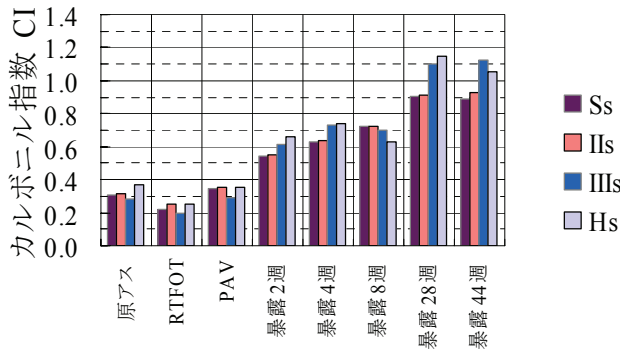


図5 室内試験 (PAV) と暴露試験の比較(Ss ベース)

## 5. 耐水性 (水による剥離抵抗性) 評価手法の検討

### 5.1 概要

ポリマー改質アスファルトの耐水性 (水による骨材との剥離抵抗性) の評価項目として、粗骨材の剥離面積率が規定されている。この試験は、アスファルト混合物に使用する骨材を選定するためのものであり、骨材によ

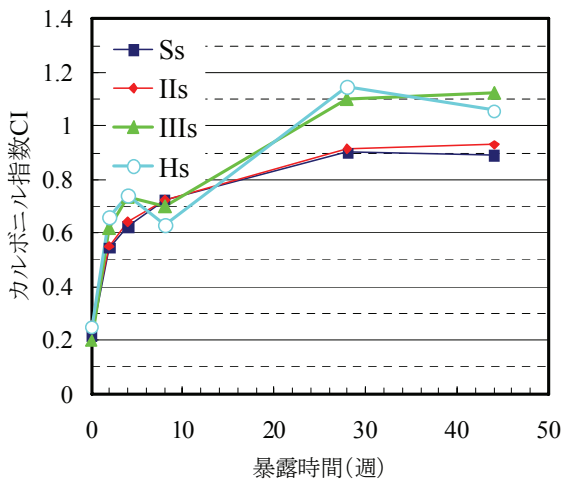
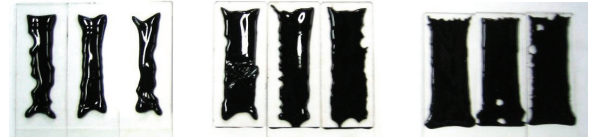


図6 屋外暴露試験の結果

て異なる値が得られる。バインダ自体の剥離抵抗性評価を目的とする場合には、骨材の材質を統一するなどしてバインダだけの特性値がえられることが必要となっている。そこで、本研究ではバインダの分類を目的とした剥離抵抗性評価手法として、前年度に引き続きスライドガラスを用いた剥離試験を検討した。スライドガラスによる剥離試験の様子を写真-3に示す。



A (69.4%) B (42.2%) C (27.8%)

( )内は剥離面積率

写真-3 スライドガラスによる剥離試験の様子

### 5.2 試験方法

スライドガラスによる剥離抵抗性評価は、次の手順で行った。

- (1) 試料を加熱溶融させ、洗浄したスライドガラス上に0.7~0.8g程度量りとする。
- (2) 加熱したスパチュラ等を使用し、スライドガラス上の試料を全体に広げ、試料が所定の質量となるように調整し、供試体とする。
- (3) 1時間放置し、室温まで放冷する。
- (4) 恒温水槽を  $80 \pm 1^\circ\text{C}$  に保ち、その中へ供試体を30分間水浸させる。
- (5) 30分後、水中から供試体を静かに引き上げ、直ちに室温の水が入った平らな容器に移す。
- (6) 約1時間後、容器から供試体を取り出し、乾いた布

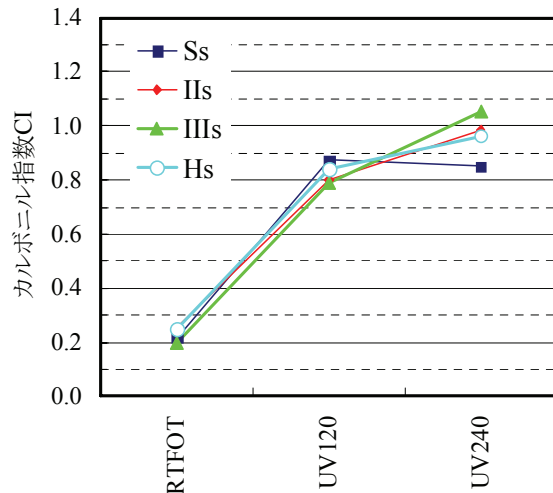


図7 室内紫外線照射試験の結果

で供試体の水分を拭き取る。

- (7) 供試体をコピー機にセットし、その上に白紙を置いて印刷する。
- (8) 印刷された用紙をスキャナーで読み込み、パソコンに取り込む。
- (9) 画像処理ソフト等により試験前後の試料面積の着色を行う。
- (10) 面積計算ソフト等により着色箇所の面積を求め、式(2)により剥離面積率を算出する。

$$\text{剥離面積率 (\%)} = \left( 1 - \frac{\text{試験後の着色面積}}{\text{試験前の着色面積}} \right) \times 100 \quad (2)$$

検討内容としては、スライドガラス前処理方法の検討を行うとともに、スライドガラスによる剥離試験の結果と従前の剥離抵抗性試験（舗装調査・試験法便覧 A017）との比較検討を行い、スライドガラスによる剥離試験の確立を目指した。

試験には、表-2のアスファルトに加えて、市販の剥離防止剤2種（防止剤A、防止剤B）をストレートアスファルト（Si、Ss）に混ぜたものも使用した。また、粗骨材を用いた静的剥離試験では、一般的な碎石に加えて、試験で差が得られやすいように剥離率の高い碎石も用いた。スライドガラスは、製造者の異なる3種類（1, 2, 3）を使用した。

### 5.3 試験結果

スライドガラスの前処理方法の検討としては、前年度までに、中性洗剤での洗浄、トルエン+アセトンでの洗浄を検討してきたが、一部の試料で試験に不具合が出たため、さらに改善を進めた。具体的には、ガラス表面の被膜を除去するためにトルエン+アセトン洗浄前にガラス表面をバーナーで加熱することにした。その結果、改善が見られたため、以後この方法で前処理を行うこととした。

続いて、スライドガラスの剥離状況と碎石での剥離の関係性を把握した。スライドガラスと碎石での静的剥離試験結果の関係を図-8に示す。凡例で1, 2, 3は、異なるスライドガラスを示している。全体的な傾向として、スライドガラスでの剥離率が高いものは、碎石での剥離率も高くなる傾向が見られた。しかし、剥離防止剤Bにおいては、碎石では剥離率が小さく、剥離防止効果が認められるのに、スライドガラスでは大きな剥離率を示しており、碎石との結果に大きな違いが出た。また、ポリマー改質アスファルトⅢ型では、碎石での剥離率は小さい

が、スライドガラスでは、種類によって値が大きく異なっており、ガラス種類により評価が大きく異なることを示した。

これらの結果より、剥離評価方法の作成には、今後さらに検討が必要であると考えられた。

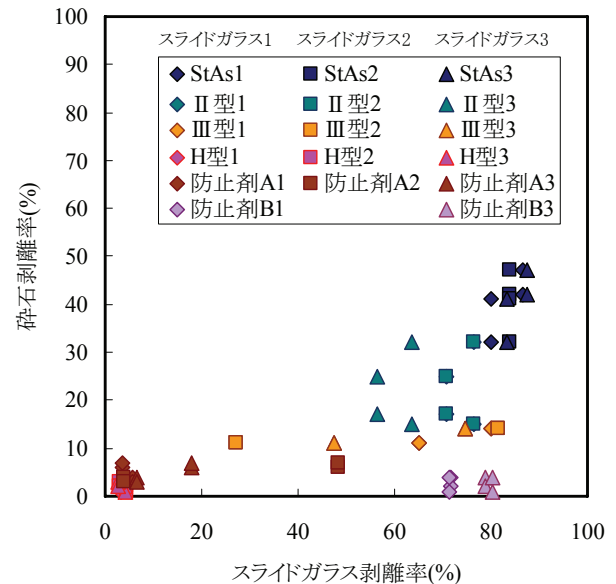


図-8 スライドガラスと碎石の静的剥離試験結果の関係

### 6. まとめ

平成20年度に得られた結果は、次のとおりであった。

- ・ 常温から低温にかけて性状評価手法として、DSRの試験条件を検討した。線形粘弾性領域となるひずみ量を検討した結果、20～-10℃の範囲で、限界値は0.5～2.5%程度であり、共通のひずみ量として0.1%を選択することにした。
- ・ 紫外線による供用時の劣化特性を把握するために、屋外暴露試験を実施し、さらにこの劣化を再現する室内試験の検討を行った。その結果、屋外暴露試験ではカルボニル指数が2～4週までに急増し、従来供用性劣化を評価する試験であるPAV試験の値を大きく上回った。室内における紫外線照射試験を実施し、屋外暴露試験の結果と比較した結果、カルボニル指数の増加傾向が似ており、任意の屋外暴露期間に対応する照射条件も求められる可能性があることが分かった。ただし、一部の供試体では、屋外と室内の結果に違いが見られるので、原因を究明し改善を図る必要がある。
- ・ 耐水性（水による剥離抵抗性）評価手法として、スライドガラスによる剥離試験を検討した。その結果、大まかな傾向として、碎石で行う通常の静的剥離試

験と同じような傾向が見られた。しかし、一部の剥離防止剤では碎石での結果と大きく異なるため、全く評価が行えず、またスライドガラスの種類によつてのばらつきも非常に大きかった。実用には、今後さらなる改善が必要であることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 山口勝之、佐々木巖、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、舗装工学論文集、

Vol.8, pp.251-260, 2003.

- 2) 田中邦則、鈴木勲、梶谷行男：舗装用アスファルトの熱劣化による性状変化、平成2年度東京都土木技術研究所年報、pp177-184, 1991.
- 3) 佐々木巖、寺田剛、明嵐政司：赤外線吸光分析による舗装用アスファルトの劣化度評価、平成15年度土木学会全国大会第58回年次学術講演会講演概要集、pp.1433-1434, 2003.

## A STUDY ON PERFORMANCE EVALUATION METHOD FOR PAVEMENT (2)

**Abstract** : With diversification of the needs for the pavement, the asphalt having various characteristics is developed. The evaluation of the pavement is becoming an evaluation based on the performance. On the other hand, the evaluation of asphalt is a materials evaluation. Therefore, the method of evaluating asphalt based on the pavement performance is needed. Proposal of new performance evaluation methods for pavement binder and mixture for surface course of pavement is the subject of this study. In FY 2008, it researched for the development of new methods as follows. The evaluation method of low temp crack resistances (low temperature property), aging properties by the ultra violet, and resistances to water (resistant stripping) were studied. As a result, the applicability of DSR(Dynamic Shear Rheometer) as the method of evaluating properties of the low temperature was found. The applicability of the ultraviolet rays irradiation examination to the method of evaluating deterioration was found. The applicability of the stripping asphalt test with the slide glass as the water-proof evaluation method was found.

**Key words** : polymer-modified asphalt, DSR, exposure test, ultraviolet, low temperature property, stripping asphalt test using slide glass