平 27. 都土木技術支援･人材育成センター年報　ISSN 1884-040X
Annual Report
C.E.S.T.C., TMG 2015

4. 遮熱性舗装のはがれ抵抗性試験(打撃法)の検証

Verification for Flaking Resistance Test of Solar Heat-Blocking Pavement

技術支援課　西岡佑介、峰岸順一

1. まえがき

遮熱性舗装は、路面温度の上昇を抑制するとともに騒音低減効果があることから、都市部で発生している熱帯夜の原因であるヒートアイランド現象対策や騒音対策として、東京都では平成 19 年度からセンターコアエリアを中心に施工されている。

また、平成 26 年 12 月に発表された東京都長期ビジョンにおいて、マラソンコースを含む都道の暑さ対策として、遮熱性舗装および保水性舗装を 2015 年度から 2017 年度までの 3 年間で 30km 整備する予定としており、2020 年のオリンピック・パラリンピックに向けて遮熱性舗装および保水性舗装の環境対策型舗装の整備が非常に重要な取り組みとして位置づけられている。

このような状況の中で、施工した遮熱性舗装が供用後の経年変化により、はがれが目立つ個所が生じている。そこで、平成 26 年度に従来のはがれ抵抗性試験である「ねじり法」に加え、新しい試験としてチェーンラベリング試験機を用いた「打撃法」を基準として追加した[1)]。この試験の追加により、従来の試験では評価できていなかった、走行する車両のタイヤが路面に与える衝撃（打撃）を評価できるようになったものと考えられる。

今回、「打撃法」における試験方法や評価方法について妥当性の検証を行ったので報告する。

2. 試験方法の概要

今回行った試験フローを図-1 に示す。打撃法の試験は、遮熱性舗装の供試体をラベリング試験を用いて行う促進摩耗試験によりチェーンによる打撃を加え、遮熱材のはがれ面積率を測定し、評価するため、温度が一定(20℃)になるように制御された恒温試験室において実施するものである。

本検証では、「打撃法」の試験方法に準じて供試体を作製し、遮熱材・試験条件・はがれ面積率の算出方法を変更した場合の試験結果と標準的な方法による試験結果との比較を行い、試験の妥当性の検証を行ったものである。

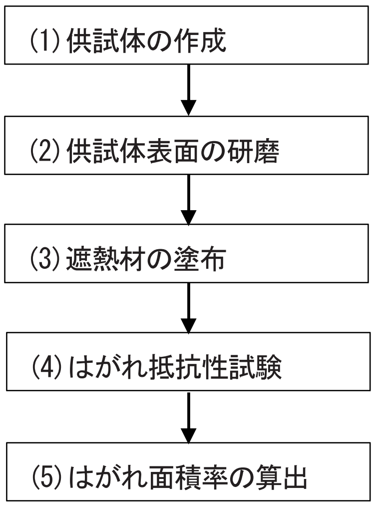


図-1　試験フロー図

(1)　供試体の作成

アスファルト舗装工の表層工の際にプラントから練り落とされた直後に採取したアスファルト混合物を再加熱し、室内で母体アスファルト混合物供試体(長さ 40cm×幅 15cm×厚さ 5cm)を作製した。

また、遮熱材 1 種類に対して 15 個作製することとし、今回は 4 種類の遮熱材を使用するため、計 60 個の供試体を作成した。

(2)　供試体表面の研磨

作製した供試体の表面を現場施工と同程度に研磨を行った。供試体の研磨は、ダイヤモンドカップホイールを取り付けたディスクグラインダ(写真-1)を用いて行った。また、写真-2 に研磨後の供試体の写真を示す。

写真-1　ディスクグラインダー

写真-2　研磨後の供試体

(3)　遮熱材の塗布

今回使用した遮熱材の樹脂の種類を整理した表を表-1 に示す。遮熱材はウレア系樹脂と MMA 系樹脂の計 2 種類の樹脂を表に示すように供試体毎に上下 2 層塗布した。

また、写真-3～6 に遮熱材塗布後の代表的な供試体の状況を示す。

表-1　各遮熱材における樹脂の種類

名称	樹脂の種類	
	1 層目(下)	2 層目(上)
遮熱材 A	ウレア系樹脂 (A 社製)	ウレア系樹脂 (A 社製)
遮熱材 B	MMA 樹脂 (B 社製)	MMA 樹脂 (B 社製)
遮熱材 C	MMA 樹脂 (C 社製)	ウレア系樹脂 (C 社製)
遮熱材 D	ウレア系樹脂 (D 社製)	ウレア系樹脂 (D 社製)

写真-3　遮熱材 A の供試体

写真-4　遮熱材 B の供試体

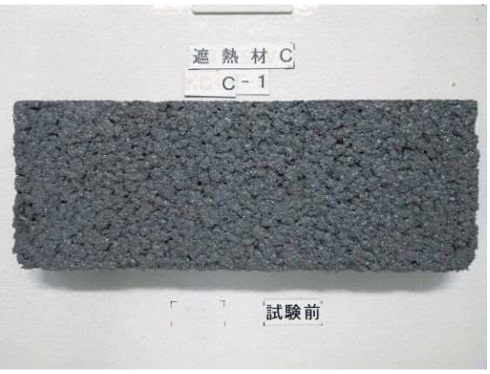


写真-5　遮熱材 C の供試体

写真-6　遮熱材 D の供試体

(4)　はがれ抵抗性試験

はがれ抵抗性試験は、舗装調査・試験法便覧（日本道路協会）のラベリング試験方法（往復チェーン型）に用いる試験機を使用して実施した。使用したラベリング試験機およびクロスチェーンを写真-7 および写真-8、試験条件を表-2 に示す。

試験温度は 20℃、試験時間は 180 秒が現行のはがれ抵抗性試験の基本条件であるが、今回は温度および時間による試験結果の比較を行うため、温度条件は 5℃、20℃、40℃とし、時間条件は 60 秒、120 秒、180 秒とした。

写真-7　ラベリング試験機

写真-8　クロスチェーン

表-2　試験条件

項目	条件
試験温度	5℃、20℃、40℃
養生時間	5 時間
試験時間	60 秒、120 秒、180 秒
チェーンの種類	クロスチェーン
チェーンの数量	10 こま×12 本
車輪数量	1 輪
車輪回転数	200 回/分
供試体回転数	66 往復/分
チェーン取り付けボルトと供試体上面の間隔	10cm

(5)　はがれ面積率の算出

(4)の試験終了後、供試体表面の残留物を取り除き、はがれ面積率の算出を行った。

はがれ面積率の算出は、従来の評価方法であるメッシュ法（以降、メッシュ法 A と記す）に加えて、メッシュ法で換算係数を細分した評価方法（以降、メッシュ法 B と記す）および、ピクセル法による計 3 種類の方法で評価を行い、結果の比較を行った。以下にメッシュ法およびピクセル法によるはがれ面積率の算出方法について示す。

1)　メッシュ法

①試験後の供試体上に、1 辺 5mm のメッシュを印刷した透明なフィルムを載せる。

②メッシュ内のはがれ状況を表-3 および表-4 に示す目視評価による区分に従い、フィルムに直接印をつける（写真-9）。ここでメッシュ法 B では、メッシュ内のはがれの割合が 50%以上におけるはがれの割合を算出する際の換算係数を細分している。また、はがれの割合を評価するための目視評価用標本写真の例（はがれ面積率が 70～80%程度）を写真-10 に示す。

③フィルムにつけた各印のメッシュ数をカウントし、それぞれの印の換算係数を乗じた値を算出して合計する。

④解析対象メッシュ数と③で求めた値の比をはがれ面積率とする。ここで、解析メッシュ数は750メッシュ（供試体の評価範囲が長さ 375mm×幅50mm、1メッシュの大きさが5mm×5mm）とした。

表-3　目視評価による区分（メッシュ法A）

メッシュ内のはがれの割合	印	換算係数
50%以上	丸	1.0
50～25%	斜線	0.5
25～1%	点	0.25
0%	無し	0

表-4　目視評価による区分（メッシュ法B）

メッシュ内のはがれの割合	印	換算係数
75%以上	塗りつぶし	1.0
75～50%	丸	0.75
50～25%	斜線	0.5
25～1%	点	0.25
0%	無し	0

写真-9　はがれ箇所のマーキング状況

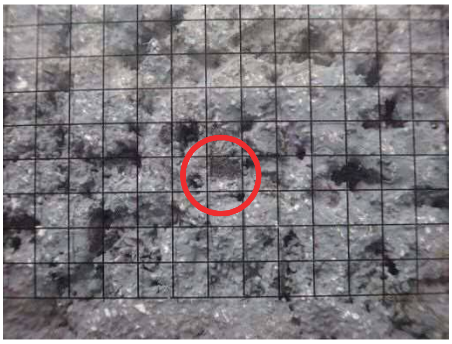


写真-10　目視評価用標本写真（70～80%程度）

2)　ピクセル法

①試験後の供試体をデジタルカメラにて真上から撮影する。撮影の際は供試体の上に長さ 365mm×幅 50mm の範囲を切り抜いた色紙を置く。

②撮影した写真データを画像処理ソフトにより解析対象部分よりも若干大きめにトリミングする。

③画像処理ソフトにより解析対象面積以外の部分を黄色、はがれた箇所を緑色で着色する。

④画像ソフトを用いて全体ピクセル数、黄色のピクセル数、緑色のピクセル数をカウントする。

⑤下式によりはがれ面積率を算出する。

$$\text{はがれ面積率(\%)} = \frac{\text{はがれた箇所のピクセル数}}{\text{解析対象面積のピクセル数}} \times 100$$

ここで、解析対象面積のピクセル数=全体ピクセル数−黄色のピクセル数である。

図-2に画像処理を行い、解析対象面積以外とはがれ箇所を着色した状況を示す。

図-2　ピクセル法による画像処理状況
（左：画像処理前、右：画像処理後）

3.　試験結果および考察

(1)　試験時間による違い

試験時間の違いによる試験結果のばらつきの比較を行うために、各試験条件下においてメッシュ法により求めたはがれ面積率の変動係数を算出した。試験温度毎に試験時間とはがれ面積率の変動係数の関係を表したグラフを図-3～5 に示す。

グラフより、試験時間の増加に伴い変動係数が概ね減少する傾向を示しており、また、試験時間 180 秒の変動係数が、遮熱材ごとの差が小さいことが分かる。

変動係数が小さいほど相対的なばらつきが小さいことを表しているため、試験条件としては現行の試験時間である 180 秒で問題ないものと考えられる。

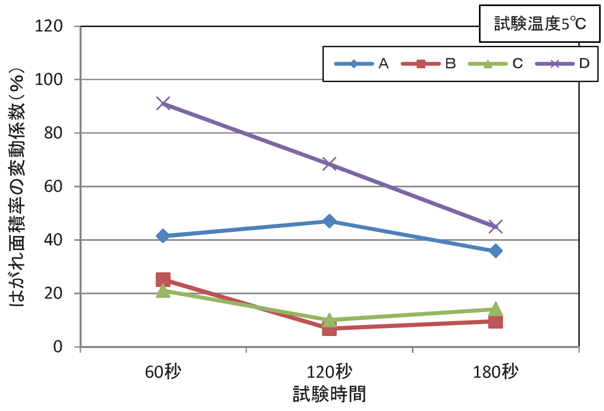


図-3　試験時間とはがれ面積率の変動係数の関係
(試験温度 5℃)

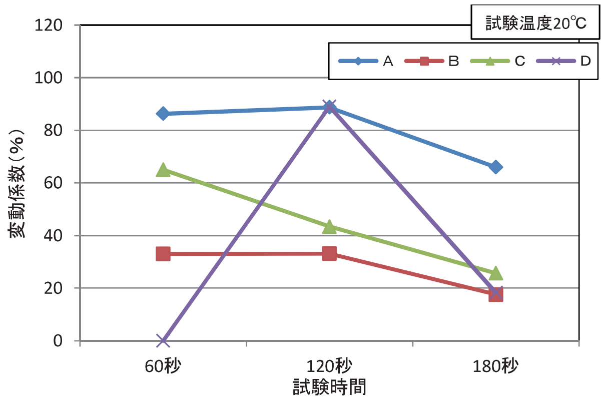


図-4　試験時間とはがれ面積率の変動係数の関係
(試験温度 20℃)

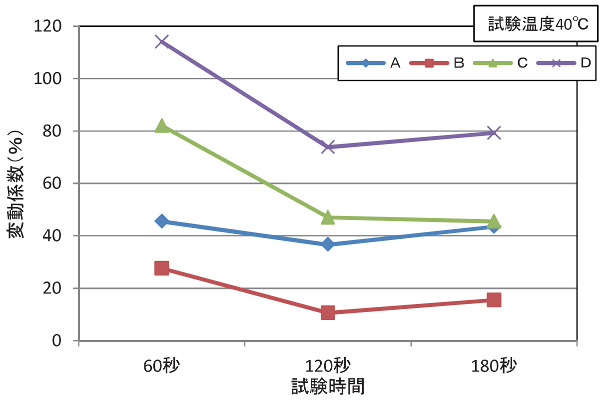


図-5　試験時間とはがれ面積率の変動係数の関係
(試験温度 40℃)

(2)　試験温度による違い

試験時間毎の試験温度とはがれ面積率の関係を表したグラフを図-6～8 に示す。グラフのはがれ面積率は各遮熱材の平均値を表している。

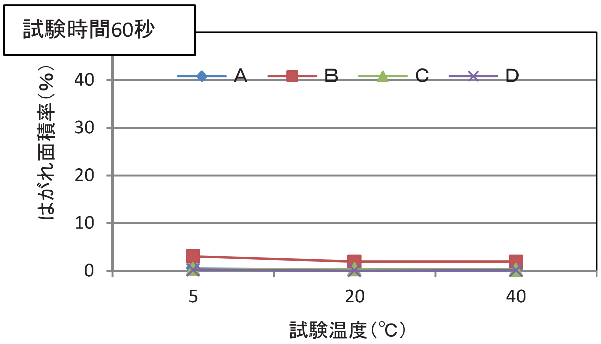
グラフより、遮熱材Ａ・Ｃ・Ｄについては、試験温度が増加してもはがれ面積率の大きな増減は見られないが、遮熱材Ｂについては試験温度 20℃および 40℃に比べ 5℃のはがれ面積率が若干大きくなった。

この原因として、遮熱材Ｂは上下層ともに MMA 系樹脂を使用しており、この MMA 系樹脂の靭性が低温状態によって低下し、はがれ面積率が大きくなったものと考えられる。

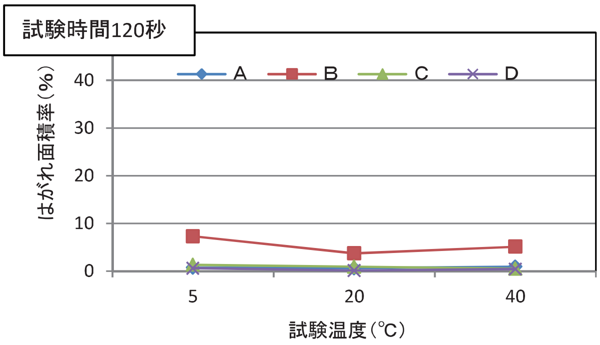
また、遮熱材Ｂの試験温度 20℃と 40℃のはがれ面積率を比べると、40℃の方が若干大きくなっている。この原因としては、供試体の温度上昇によって MMA 系樹脂だけでなく、母体アスコンの性状も変化したことが影響していると思われる。

以上より、各遮熱材のはがれ面積率に対する試験温度の影響は、ウレア系樹脂に比べ MMA 系樹脂の方が影響を受けやすいと推察される。しかし、遮熱材の種類を問わず、試験温度による差は 5℃～40℃の範囲では数%であり、温度による影響の程度は小さい。

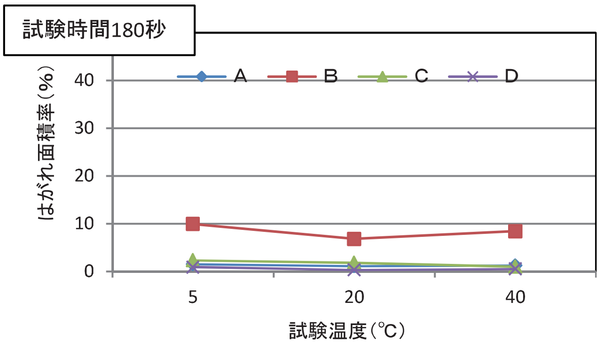
したがって、試験温度については、現行の試験温度である 20℃と設定しても問題ないものと考えられる。



図−6　試験温度とはがれ面積率の関係
(試験時間 60 秒)



図−7　試験温度とはがれ面積率の関係
(試験温度 120 秒)



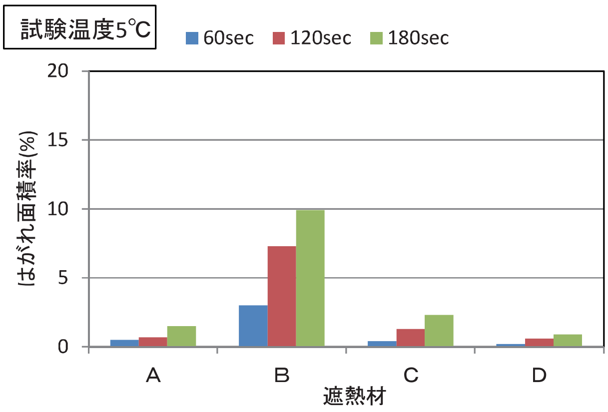
図−8　試験温度とはがれ面積率の関係
(試験温度 180 秒)

(3)　遮熱材による違い

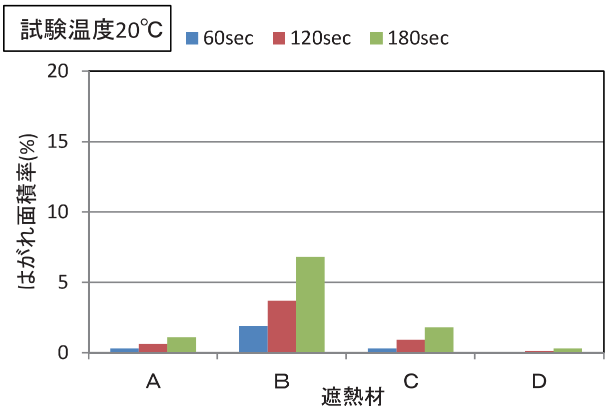
遮熱材の種類によるはがれ面積率を試験温度毎に比較したグラフを図-9～11 に示す。ここではがれ面積率はメッシュ法Ａにより算出した各遮熱材の平均値を表している。

グラフより、すべての試験温度条件において、遮熱材Ｂが他の遮熱材に比べて大きなはがれ面積率を示した。

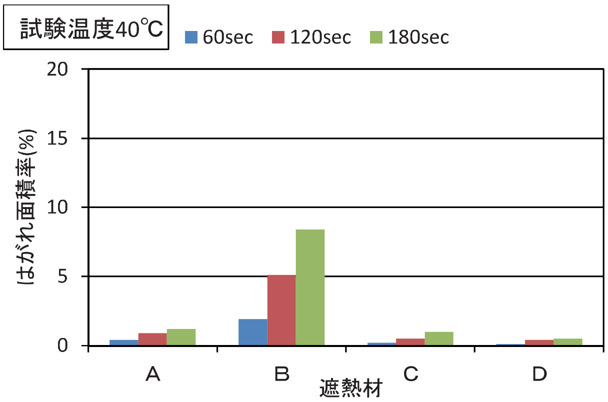
遮熱材ＡおよびＤは上下層にウレア系樹脂を、遮熱材Ｂは上下層に MMA 系樹脂を、遮熱材Ｃは下層に MMA 系樹脂、上層にウレア系樹脂を使用していることから、MMA 系樹脂はウレア系樹脂に比べ打撃に対するはがれ抵抗性が小さいと考えられる。



図−9　遮熱材別はがれ面積率(試験温度 5℃)



図−10　遮熱材別はがれ面積率(試験温度 20℃)



図−11　遮熱材別はがれ面積率(試験温度 40℃)

(4)　はがれ面積率の評価による違い

メッシュ法により算出したはがれ面積率（メッシュ法Aおよびメッシュ法B）とピクセル法により算出したはがれ面積率を比較した表を表–5 に、グラフを図-12 および図-13 に示す。

表およびグラフより、ピクセル法により算出したはがれ面積率は、供試体 No.13 を除き、メッシュ法で算出したはがれ面積率よりも小さい値となった。

ピクセル法は 5mm 四方のマスごとにはがれを評価するメッシュ法とは異なり、画像上ではがれた部分のみをピクセル単位で評価するため、メッシュ法よりもはがれ面積率の算出精度は高いものと考えられる。

しかし、画像処理等に必要な解析時間は、メッシュ法が 1 供試体につき約 30～40 分であるが、ピクセル法による評価は 1 供試体につき約 1 時間であり、ピクセル法の方が長い解析時間を要する。また、ピクセル法には画像処理、画像解析に専用のソフトが必要となる。

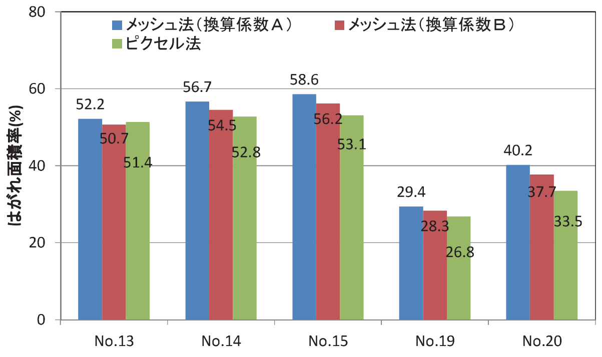
今回の結果では、ピクセル法とメッシュ法（Aおよび B）の結果を比較すると、最大で 7%程度しか差が無いことから、上述した多くの解析時間を要することや解析ソフトの必要性を考慮すると、メッシュ法による評価を行っても算出精度としては問題ないものと考えられる。

また、メッシュ法 A と B を比較すると、メッシュ法 B による算出結果の方が全体的に小さい値となっており、平均で 1.8%、最大で 3%程度差が生じている。メッシュ法 B は、50%以上はがれている箇所を細かく評価しているため、メッシュ法 A と比べて算出精度が高く、ピクセル法の結果に近い値となったことが考えられる。

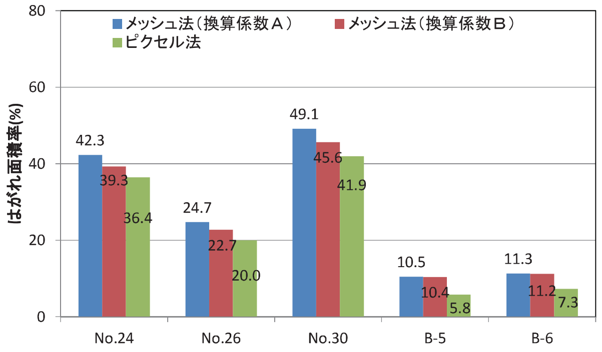
しかし、換算係数を細分することにより解析時間がメッシュ法 B の方がメッシュ法 A よりも長い時間必要となることに加え、上記のとおり算出結果が平均で 1.8%程度しか差が無いことから、現行のメッシュ法 A の評価方法をそのまま用いてもはがれ面積の評価方法としては問題ないものと考えられる。

表–5　評価方法によるはがれ面積率の比較

供試体番号	はがれ面積率(%)		
	メッシュ法A	メッシュ法B	ピクセル法
No. 13	52.2	50.7	51.4
No. 14	56.7	54.5	52.8
No. 15	58.6	56.2	53.1
No. 19	29.4	28.3	26.8
No. 20	40.2	37.7	33.5
No. 24	42.3	39.3	36.4
No. 26	24.7	22.7	20.0
No. 30	49.1	45.6	41.9
B−5	10.5	10.4	5.8
B−6	11.3	11.2	7.3



図–12　評価法別はがれ面積率の関係（その 1）



図–13　評価法別はがれ面積率の関係（その 2）

4.　まとめ

「打撃法」の試験方法および評価方法について、検証を行った結果、以下の知見が得られた。

① 試験時間については、現行の 180 秒で問題ないと考えられる。

② 試験温度については、現行の試験温度である 20℃と設定しても問題ないと考えられる。また、各遮熱材のはがれ面積率に対する試験温度の影響は、ウレア系樹脂に比べ MMA 系樹脂の方が影響を受けやすいと推察される。

③　はがれ面積の評価方法については、現行のメッシュ法Ａの評価方法をそのまま用いてもはがれ面積の評価方法としては問題ないと考えられる。

また、遮熱材の種類によるはがれ抵抗性の違いについて検証を行った結果、MMA 系樹脂はウレア系樹脂に比べ打撃に対するはがれ抵抗性が小さいと考えられる

5.　あとがき

本検証により、遮熱性舗装のはがれ抵抗性試験（打撃法）の試験条件や評価方法の妥当性が確認できた。今後は、紫外線によるはがれ抵抗性への影響を検討していく予定である。

参　考　文　献

1）上野慎一郎、橋本喜正、峰岸順一(2014)：遮熱性舗装のはがれ抵抗性に関する評価法の設定、平成 26 都土木技術支援・人材育成センター年報,31-42