

## ◆ 道路特集 ◆

## 多孔質弾性舗装の区画線材料

小林 保\* 安藤和彦\*\*

### 1. はじめに

大都市の一般道路の沿道には自動車騒音が大きな問題となっている場所があり、対策が求められている。高速道路のように出入り制限のある道路では遮音壁を用いることができ、かなりの効果を上げているが、一般道路では沿道との出入りの妨げとなるので遮音壁を用いることは難しい。

このような中で、雨の日の交通安全を目的として開発された排水性舗装が騒音低減効果を持つことがわかって注目されている。多孔質弾性舗装は排水性舗装の表層の碎石をゴム小片に置き換えたものを表層版とした舗装と考えるとわかり易い。排水性舗装の騒音低減効果に加えて、路面の弾性によりタイヤから路面に加えられる衝撃を吸収するので、排水性舗装より更に大きな騒音低減効果が得られる。多孔質弾性舗装は車種や走行速度によって一様ではないが概ね 10dB 程度の騒音低減効果が期待できる<sup>1)</sup>。

多孔質弾性舗装の舗装構成を図-1 に示す。

表層にはゴム小片をウレタン樹脂で練り混ぜ、プレス加工した厚さ 3cm 程度の版を用いる。基層として半たわみ性舗装を用い、接着剤により表層版を基層に固定する。表層版は工場製品であり、

研究段階では人力施工の容易な大きさ 1m×1m を暫定規格としている。

コンクリート舗装やアスファルト舗装の上に従来から施工されている区画線は、JIS K5665 の 1種、2種、3種に区分されている<sup>2)</sup>。この内 3種は 180 °C~200 °C に加熱して溶融施工するので、ゴムを変性させる恐れがあり、多孔質弾性舗装には適用できない。1種は常温施工であり、2種は加熱施工するが 60 °C 程度であり、表層版を変性させる恐れは無い。1種、2種はアクリル樹脂またはアルキド樹脂を主原料とする塗料を用いている。この区画線を多孔質弾性舗装の上に施工すると、区画線が表層版に比べて硬いために表層の変形に追随できず、区画線が割れて剥がれてしまうことが懸念される。また、夜間の視認性を確保するために散布されているガラスピーブーズの早期離脱も危惧される。この報告は、多孔質弾性舗装の上に施工することの可能な区画線の開発を目指として行った検討について記述する。

### 2. 区画線の塗料の試作

表層版が弾性体であること、表層版の結合材がウレタン樹脂であることを考慮して、区画線の塗料の主原料をアクリル樹脂やアルキド樹脂よりも柔らかく、ゴムとなじみの良いウレタン樹脂から選ぶことにした。塗料用としてのウレタン樹脂には、一液で空気中の湿気と反応して硬化する湿気硬化型、混合された 2 液が反応して硬化する二液型、硬化したウレタン樹脂を溶剤に溶かして製造された一液のラッカー型の 3 種類が一般的に使用されている。湿気硬化型は、顔料を樹脂の中に混合して塗料化する時に顔料の水分と反応し、塗料の安定性に問題がある。顔料は無機質の粉であるが、空気中の湿気を吸着しやすい。二液型のウレタン樹脂は塗膜物性は優れているが、現場作業性、ポットライフの問題を抱えている。二液型のウレタン樹脂は 2 液を混合すると化学反応を起こして固まり、一定の時間内に塗装作業を終了しなければならない。これがポットライフの問題である。

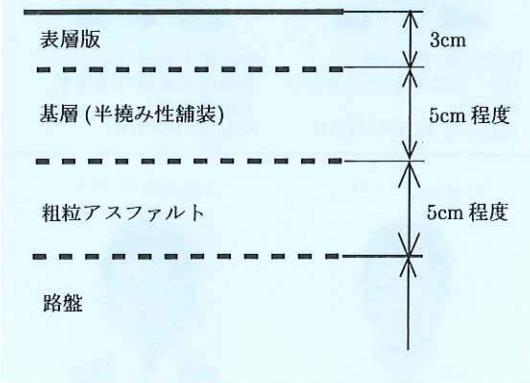


図-1 多孔質弾性舗装の舗装構成

表-1 試作した塗料の配合

成分	含有量%	備考
ウレタン樹脂	16.0	固形分
顔料	34.0	固形分
溶剤	49.4	揮発分
補助剤	0.6	
合計	100.0	

以上の点を考慮し、ラッカーモデルのウレタン樹脂を塗料の主原料として選んだ。

メーカーのカタログによれば、選んだウレタン樹脂の物性値は、揮発分40%、粘度7,000~15,000mPas/20°C、引張強さ450~600kgf/cm<sup>2</sup>(4,420~4,880N/cm<sup>2</sup>)、伸び率(JIS K 5400の8.8に規定する伸び率)350~450%である。このウレタン樹脂に顔料や溶剤などを表-1の配合で添加して区画線の塗料を試作した。

試作した塗料の塗料粘度は、JIS K5400の4.5.2ストーマー粘度計法で測ったKU値が88KU/25°Cである。試作した塗料は常温施工する。

### 3. 試作した塗料の試験

#### 3.1 促進耐候性試験

蛍光灯紫外線と温潤暴露による劣化の促進試験を行った。ASTM-G53に適合する試験機を用いた。温度を50°C、サイクル条件を4時間照射4時間凝結に設定した。試験片はガラスにすきま254μmのアクリケーターで塗布し、温度20°C湿度65%の室内に7日間放置した後、試験に供した。試作したウレタン樹脂塗料と比較するために、従来から用いられているJIS K5665の2種に適合するアルキド樹脂塗料も試験した。塗膜の色について、XYZ表色系のY値を測定した。Y値は塗膜の明るさの程度を表す<sup>3)</sup>。

図-2に経過時間とY値の関係を示す。

約1,000時間までの結果から、ウレタン樹脂塗料は従来から用いられているアルキド樹脂塗料と耐候性が概ね同じであると判断される。舗装がアスファルト舗装であっても多孔質弾性舗装であっても同じ程度の耐候性が要求されるが、図-2から、試作したウレタン樹脂塗料は十分な耐候性があると考えられる。

#### 3.2 引張強さと伸び率

試験はJIS K5400の8.8に準拠して行った。試

験片は温度20°C湿度65%の室内で離型紙に塗布し、温度20°C湿度65%の室内に7日間放置した後、ダンペル2号形に成型した。塗膜厚は約0.13mmである。引張試験は温度5°Cと30°Cの室内で行った。引張速度は5mm/分とした。試作したウレタン樹脂塗料と比較するために、従来から用いられているJIS K5665の1種に適合するアクリル樹脂塗料も試験した。

図-3に測定温度と引張強さの関係を示す。

アクリル樹脂塗料は温度が高くなると著しく引張強さが低下するが、ウレタン樹脂塗料は温度が高くなっても引張強さがあまり低下しない。ウレタン樹脂塗料の引張強さは5°Cにおいてもアクリル樹脂塗料より少し小さいだけである。舗装がアスファルト舗装であっても多孔質弾性舗装であっても同じ程度の引張強さが要求されるが、図-3から試作したウレタン樹脂塗料は十分な引張強さがあると考えられる。

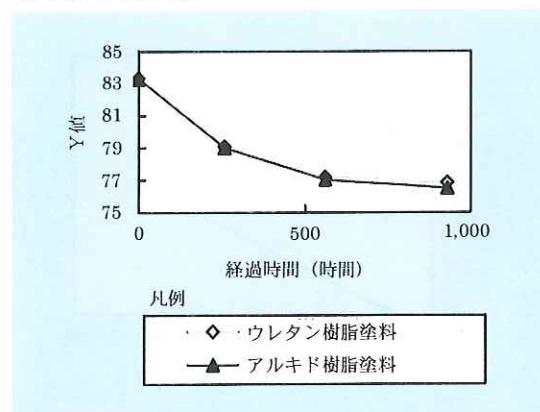


図-2 経過時間とY値の関係

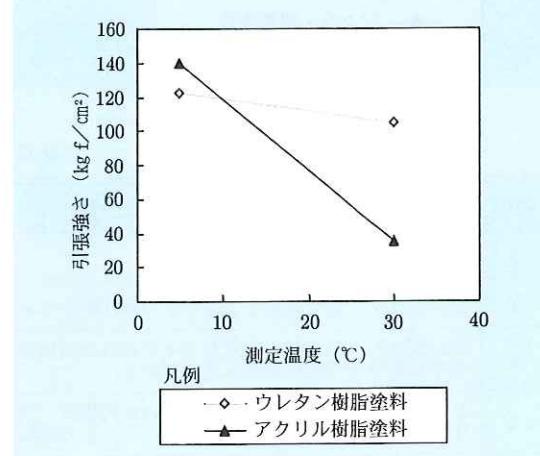


図-3 測定温度と引張強さの関係

図-4 に測定温度と伸び率の関係を示す。

アクリル樹脂塗料もウレタン樹脂塗料も温度が高くなると伸び率は増加するが、同じ温度ではウレタン樹脂塗料の伸び率が大きい。区画線の塗料が多孔質弹性舗装の表層版の変形に追随するために、従来から用いられている区画線塗料よりも大きな伸び率が必要である。試作したウレタン樹脂塗料の伸び率がアクリル樹脂塗料に比べてかなり大きいことから、十分な伸び率がある可能性が期待できたので、次の落球試験を計画した。

### 3.3 落球試験

塗料が表層版の変形にどの程度追随できるかを、更に検討するために落球試験を行った。表層版に鋼球を自然落下させて衝突させると、表層版が変形し塗料が変形に追随できなければ、塗膜には次第に割れ、剥がれが生じていく。この割れ、剥がれの状態を評価するものである。

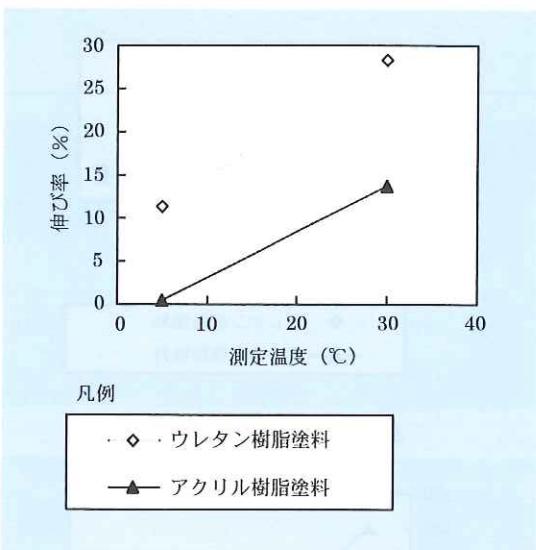


図-4 測定温度と伸び率の関係

表-2 評価の基準

落球試験機を写真-1 に示す。

アルミニウムの管の上端部に鋼球を保持および落下させるスナップ装置を設置し、管の下端に供試体を置き、1m の高さから鋼球を供試体に落下させた。鋼球は、JIS B1501(玉軸受用鋼球)に規定する呼び直径 63.5mm、質量  $1 \pm 0.05\text{kg}$  の鋼球を使用した。供試体をコンクリート床上に設置し、その上に落球試験機をおいて試験した。

供試体は表層版にすきま  $254\mu\text{m}$  のアプリケーターで塗布し、温度  $20^\circ\text{C}$  湿度 65% の室内に 7 日間放置した後、試験に供した。試作したウレタン樹脂塗料と比較するために、従来から用いられている JIS K5665 の 1 種に適合するアクリル樹脂塗料のうち、代表的な製品 2 種類(製品 A、製品 B)も併せて試験した。

評価は、割れ、剥がれの状態を表-2 の基準で 5 段階評価した。ひび割れと剥がれの評価は、鋼球の落下中心を中心とする直径 60mm の円内で行い、この円の面積に対する剥がれた面積の比(%)を剥がれの割合とした。

鋼球の落下回数と塗膜の評価の関係を表-3 に、また落球回数 50 回における割れおよび剥がれの

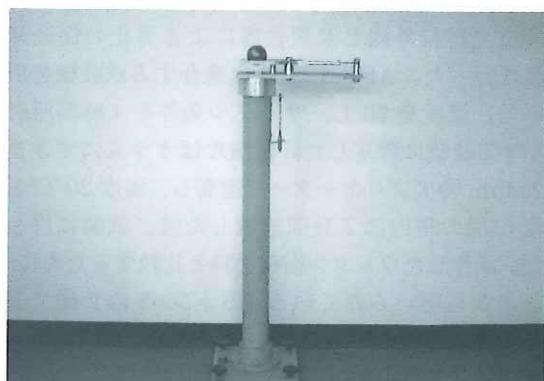


写真-1 落球試験機

評点	割 れ	剥がれ
5	ひび割れがない	剥がれがない
4	ひび割れが一部で発生しておりその割れがランダムである	剥がれの割合が 3% 以下
3	ひび割れが一部で発生しておりその割れが円周状・法線状である、あるいは、ひび割れが中程度でその割れがランダムである。	剥がれの割合が 3~5%
2	ひび割れの数が中程度で、その割れが円周状・法線状が大部分であり、一部剥がれが発生、あるいは、ひび割れの数が多いが、その割れが、ランダムであり一部剥がれが発生	剥がれの割合が 15~30%
1	ひび割れの数が多く、剥がれが進行	30% 以上

表-3 鋼球の落下回数と塗膜の評価

鋼球の落下回数	ウレタン樹脂塗料		アクリル樹脂塗料			
	割れ	剥がれ	製品A		製品B	
			割れ	剥がれ	割れ	剥がれ
5	5	5	2	4	2	4
10	5	5	2	4	2	3
30	5	5	1	3	1	2
50	5	5	1	2	1	1

状況を写真-2に示す。

アクリル樹脂塗料は落下回数5回から塗膜の異常が観察されるが、ウレタン樹脂塗料は50回の落下でも異常なく、表層版の変形に追随できると判断される。

### 3.4 実用化試験

以上の結果から、ウレタン樹脂塗料(配合は表-1)を多孔質弹性舗装に適する区画線材料と判断した。ただし、ウレタン樹脂塗装では、エアスプレーで試験施工を行ったとき、糸引き現象が生じ区画線としての品質性能が従来品と比べて劣ることが判明した。また区画線の施工では、一般的に施工性の良いローラー施工が用いられる。そこで、ウレタン樹脂塗料の実用化を踏まえ、上記試験で行われたエアスプレー施工での糸引き防止を考慮した塗料組成のほか、ローラー施工に用いる塗料組成について検討を行った。

これにより、表-1で示した基本組成を変更し調整したものが、表-4である。

次に、これらの組成を用いた区画線を多孔質弹性舗装の供試体上に塗布し試作品を作成した。さらに試作品の実用的な耐久性を調査するため、実際の車輪を通過させて、区画線の耐久性及び反射輝度を調査するラベリング試験を行った。

ラベリング試験条件を表-5に示す。

試作品は表-1に示された基本となる組成のほか、表-4の組成および施工方法により試作したもの用いた。実験状況を写真-3に示す。

#### 3.4.1 耐久性

耐久性試験結果は、図-5のとおりである。ここでは、試作品の耐久性について白色度で示した。

白色度と摩耗度には相関があり、摩耗が大きいと

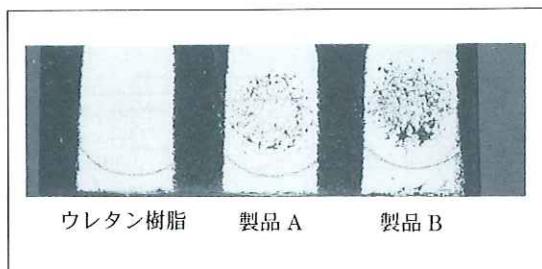


写真-2 塗膜状況 (50回落下時)

表-4 施工性を考慮した組成の変更

成分	含有量%		備考
	ローラー式	スプレー式	
ウレタン樹脂	9.7	5.5	固形分
顔料	37.7	21.6	固形分
溶剤	52.2	72.7	揮発分
補助剤	0.4	0.2	
合計	100.0	100.0	

表-5 ラベリング試験条件

項目	条件
タイヤ回転数	33回/分
慣らし回転	1分(33回)
テーブル速度	0km/h(固定)
タイヤ速度	9.9km/h
タイヤ種類	小型乗用車用ラジアルタイヤ
輪荷重	74kgf/輪(725N/輪)
タイヤ空気圧	2.0kgf/cm <sup>2</sup> (20N/cm <sup>2</sup> )
供試体表面状態	湿潤状態(散水)
通過回(輪)数	最大10,000回、塗膜に不具合が発生した時点で中止

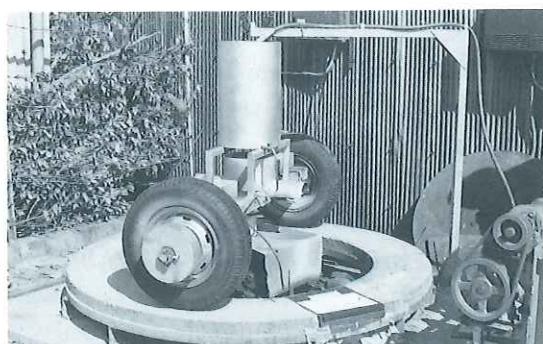


写真-3 ラベリング試験状況

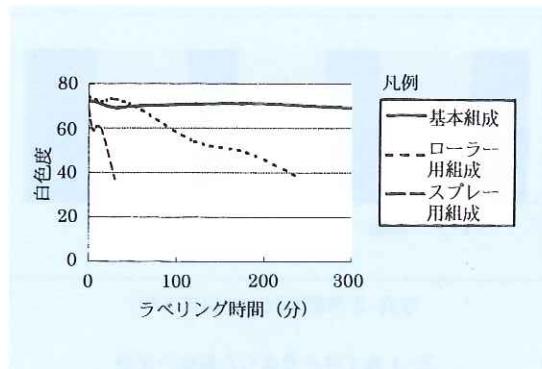


図-5 耐久性試験結果

判断される白色度 40 付近をラベリング終了の目安として試験を行った。

糸引き現象を防止する目的で組成の変更を行ったスプレー塗装用塗料は、白色度の低下が著しく耐久性に乏しい。ラベリング時間 30 分で白色度は 40 以下になった。ローラー塗装用塗料は、スプレー用塗料ほどの低下はないものの、約 230 分で白色度 40 になった。

### 3.4.2 反射輝度

ラベリング試験では、ガラスピーブの固着性をみるために、ガラスピーブによる反射輝度の測定も併せて行った。

反射輝度は、図-6 に示すような、実際の道路における運転者の視認状態を模擬した試験機 (Mirolux7 ; 東芝パロティーニ (社) 製) により計測した。

反射輝度  $R(\text{mcd}/\text{lx}/\text{m}^2)$  は、区画線に照射する光の量  $D(\text{照度} ; \text{lx})$  と受光部に入射する光の量  $F(\text{輝度} ; \text{mcd}/\text{m}^2)$  から下記式にしたがって求められる。計測上は、機器により自動計算される。

$$R = \frac{\pi \cdot F}{D \cdot \cos E} \quad (1)$$

反射輝度計測結果は、図-7 に示すとおりである。

白色度と同様、基本組成の区画線は、ラベリング後も高い輝度値を維持しており、ガラスピーブの固着性が良い。一方ローラー塗装用塗料は、基本組成の塗料に比べて、輝度の低下が著しい。さらにスプレー塗装用塗料においては、初期段階においてすでに輝度値は小さく、ガラスピーブの固着性能が他の塗料と比べてかなり劣っている。

試作したローラー塗装用塗料およびスプレー塗装用塗料の性能が悪かった理由は、塗膜中の顔料濃

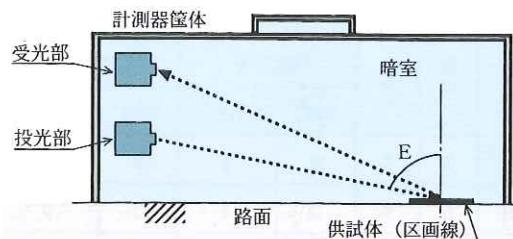


図-6 反射輝度測定原理

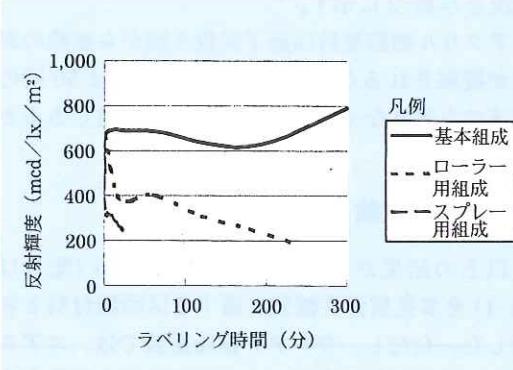


図-7 反射輝度計測結果

度が高すぎたため、表層版の変形に追随するのに必要な樹脂分が不足したためと考えられる。表層版の変形に追随でき、ローラーやスプレーによる施工において作業性が確保できる塗料を得るために、更に顔料濃度、溶剤組成を検討することが課題として残された。

## 4. プライマーの検討

区画線の塗料の JIS K5665 の 1 種と 2 種の一般的な施工は、プライマーを使用せず、路面に直接塗装している。JIS K5665 の 3 種の一般的な施工は、ゴム系樹脂を溶剤に溶解したプライマーを下塗りして施工する方法が採られている。それで、JIS K5665 の 1 種に適合するアクリル樹脂塗料を施工する前にプライマーを下塗りしておけば、アクリル樹脂塗料も多孔質弹性舗装の表層版の変形に追随できるかもしれないと思った。

プライマーとして、従来から JIS K5665 の 3 種の施工に用いられている SBR ゴムプライマーと塩ゴム樹脂プライマーの他に、ウレタン樹脂に溶剤を加えて試作したプライマーを試験した。ウレ

表-6 鋼球の落下回数と塗膜の評価

プライマーの種類	鋼球の落下回数30回の評価	
	割れ	剥がれ
SBR樹脂プライマー	2	3
塩ゴム樹脂プライマー	4	4
ウレタン樹脂プライマー	5	5
プライマー無し	1	3

タン樹脂プライマーのウレタン樹脂と溶剤の割合は、不揮発分が10.5%となるように調整した。ウレタン樹脂プライマーは常温施工する。試験方法は落球試験である。供試体は表層版にエアレススプレーでプライマーを塗布し、60分放置した後、すきま254μmのアプリケーターでアクリル樹脂塗料を塗布し、温度20°C湿度65%の室内に7日間放置した後、試験した。

鋼球の落下回数30回の時の塗膜の評価を表-6に示す。表-6には比較のために、プライマーを用いないアクリル樹脂塗料の供試体も記入した。

SBR樹脂プライマーも塩ゴム樹脂プライマーも落下回数30回で異常が観察されるが、ウレタン樹脂プライマーは異常は観察されない。プライマー無しの供試体は、SBR樹脂プライマーや塩ゴム樹脂プライマーよりも更に激しい異常が観察される。従って、ウレタン樹脂プライマーを下塗りしてからアクリル樹脂塗料を施工すれば、アクリル樹脂塗料も多孔質弹性舗装の表層版の変形にかなりの程度に追随できることを判断される。

## 5. おわりに

多孔質弹性舗装はアスファルト舗装やコンクリート舗装とは、異なる全く新しい考え方にもとづく舗装であるので、実用化のためには検討すべき課題が数多くある。区画線の問題もその一つである。アクリル樹脂やアルキド樹脂よりも柔らかいウレタン樹脂を主原料とした区画線を試作し、その性能を試験した。耐候性や引張強さはアクリル樹脂やアルキド樹脂を主原料とした区画線と概ね同じで、多孔質弹性舗装の表層版の変形に追随できることを確認できた。また、ウレタン樹脂を主原料としたプライマーを試作し、その上にアクリル樹脂塗料を施工すれば、表層版の変形にかなりの程度に追随できることを確認できた。しかし、

試作したウレタン樹脂塗料は、普通に使用されるローラーやスプレーによる施工において作業性が劣り、改良が必要である。

今後、多孔質弹性舗装の試験舗装の上にウレタン樹脂塗料で区画線を施工し、施工性について検討するとともに車輌荷重に対する耐久性について検討する予定である。夜間の視認性を確保するために散布されているガラスピーブの固着性についても、試験施工において検討する予定である。

多孔質弹性舗装は騒音低減効果が大きいので、実用化を目指して検討を急ぎたい。

## 参考文献

- 1) 大西博文、南里吉輝：多孔質弹性舗装の開発、音響学会講演論文集、1997.9
- 2) (社) 全国道路標識標示業協会：路面標示ハンドブック、1983.7.15
- 3) 大山正：色彩心理学入門、中央公論社、1994.1

小林 保\*



関西国際空港(株)  
(前 道路部総合交通安全  
研究官)  
Tamotsu KOBAYASHI

安藤和彦\*\*



建設省土木研究所道路部  
交通安全研究室  
主任研究員  
Kazuhiko ANDO