

## 2. ポーラスアスファルト混合物の施工時に使用する 付着防止剤の規格値の検討

### Examination of Standard Value of Anti-Adhesion Agent Used for Construction of Porous Asphalt Mixture

技術支援課 峰岸順一、上野慎一郎

#### 1. まえがき

東京都におけるポーラスアスファルト舗装（低騒音舗装、保水性舗装や遮熱性舗装の母体等として用いている）のポットホールによる破損は、運搬に使用するダンプトラックの荷台や施工時に使用する舗設機械及び作業具等に付着防止のために塗布した軽油が一原因であることが究明されている<sup>1)</sup>。この対策として平成17年2月からポーラスアスファルト舗装の運搬及び施工時の建設機械等への付着防止措置として、軽油等の石油系オイル以外の付着防止剤（界面活性剤系、シリコン系、植物油系等）を用いることとしている。ただし、付着防止剤の種類を示しただけで規格値については設定していなかった。本文では、ポーラスアスファルト混合物施工時に使用する付着防止剤の規格値について検討した結果を報告する。

#### 2. 性能評価試験検討のための予備試験

付着防止剤の性能評価試験を設定するに当たり、予備試験として軽油の代わりに付着防止剤を使用することによるポーラスアスファルト混合物へ与える影響を把握した。そして、本試験において予備試験ⅠからⅢで決定した評価試験を用いて現在市販されている付着防止剤の規格値の設定を行った。

付着防止剤の性能評価試験の候補として既報の文献<sup>1)</sup>を参考として付着防止剤が混合物に与える影響を評価するという視点でカンタブロ試験、マーシャル安定度試験、圧裂試験を選定した。

表－1 対象混合物

混合物の種類	使用アスファルト
ポーラスアスファルト混合物(13)	ポリマー改質アスファルトH型
ポーラスアスファルト混合物(5)	高耐久性ポリマー改質アスファルトH型

表－2 混合物の配合

混合物の種類	6号砕石 % (硬質砂岩)	7号砕石 % (硬質砂岩)	細目砂 % (川砂)	石粉 % (石灰岩)	アスファルト %
ポーラスアスファルト混合物(13)	84.2	-	10.8	5.0	4.8
ポーラスアスファルト混合物(5)	-	89.0	6.0	5.0	5.0

#### (1) 予備試験Ⅰ

##### 1) 対象としたポーラスアスファルト混合物

対象混合物は、表－1 に示すように東京都において低騒音舗装として使用している骨材最大粒径13mm、ポリマー改質アスファルトH型使用（一層式低騒音舗装及び二層式低騒音舗装下層用、以下ポーラスアスファルト混合物（13）と記述する）及び骨材最大粒径5mm、高耐久性ポリマー改質アスファルトH型使用（二層式低騒音舗装上層用、以下ポーラスアスファルト混合物（5）と記述する）とした。使用した材料の配合は、表－2 に示すもので、東京都建設局土木材料仕様書に従った。

表-3 使用した付着防止剤

記号	MSDS記載の主な成分	使用方法
a	界面活性剤+水	ストレート
b	ポリエーテル変性ポリシロキサン	水で5倍希釈
c	油脂+界面活性剤+水	水で4倍希釈
d	精製潤滑基油+ポリテトラフロエチレン+界面活性剤+水	水で4倍希釈
e	植物油脂+界面活性剤	水で10倍希釈

表-4 カンタブロ試験の条件

項目	条件	水準
水浸温度(°C)	60	1
水浸時間(日)	0、2、7	3
試験温度(°C)	20	1

## 2) 付着防止剤

使用した付着防止剤は表-3 に示す都内で使用実績のある5種類とした。付着防止剤の原液は、無色又は淡い黄色の透明の液体で、水で希釈すると白濁した液体となるものが多かった。

## 3) カンタブロ試験

カンタブロ試験は、以下のとおり行った。

### ①供試体の作製

・縦 236mm×横 236mm×深さ 171mm の容器に軽油を 0.7 kg/m<sup>2</sup>塗布した。軽油塗布量は、合材ダンプに塗布される最大量を想定したものである<sup>1)</sup>。

・容器にルーズなポーラスアスファルト混合物を約 10kg を置き、防火用のシートでバットを覆い、165℃の恒温槽に 60 分間静置した。

・養生終了後、容器に入れた混合物のうち、上部の混合物 6kg を除去し、下部の 4kg の混合物と軽油を十分に混合した。

・混合後、3 個のマーシャル供試体を作製した。

### ②試験方法

試験は、表-4 に示す条件で行い、カンタブロ損失率を求めた。

## 4) 予備試験 I の結果

予備試験 I の結果は、図-1 に示すとおりである。

①水浸日数を 7 日としたカンタブロ損失率は、blank と大差なく、目標とした 30~50% に達しなかった。

□ ポーラスアスファルト混合物(13)blank  
 ■ ポーラスアスファルト混合物(13)軽油塗布  
 ▨ ポーラスアスファルト混合物(5)blank  
 ▩ ポーラスアスファルト混合物(5)軽油塗布

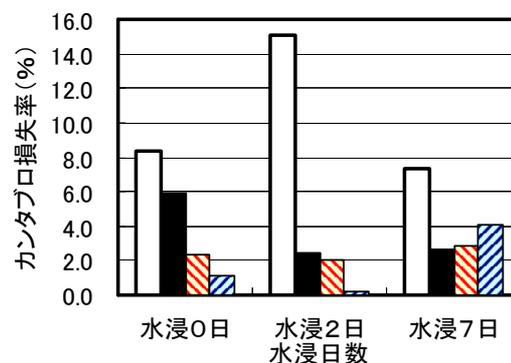


図-1 予備試験 I の結果

②165℃で 60 分養生後の混合物は、白煙を上げ軽油臭が強く、また柔らかく作業性も良いことから、明らかにカットバックされた状態にある。しかし、水浸カンタブロ試験では、その状態を再現することができなかった。

## 5) 試験の方向性

今後の試験の方向性としてとしては、次の①②が考えられたが、①について予備試験 II を行った。

①圧裂試験、マーシャル安定度試験など、他の試験方法を検討する。

②カットバック条件の強化(軽油等の量、塗布時間、温度条件)を検討する。

### (2) 予備試験 II

#### 1) 目的

予備試験 I において、カンタブロ試験では、軽油の影響を再現することができないことを確認した。そこで、軽油の影響を評価できる試験方法を選定することを目的に、予備試験 I と同様に、まず blank と軽油の比較試験を実施した。試験項目は、マーシャル安定度試験(60℃水浸 30 分養生後、試験)、圧裂試験(20℃1 日養生後、試験)とした。供試体と付着防止剤は、予備試験 I と同じものとした。

#### 2) 試験結果

各試験結果を表-5 に示す。軽油の対 blank 残留率の結果から、blank との差が大きく影響が明確に分かる試験として圧裂試験(20℃)を採用することとした。

表－5 予備試験Ⅱの結果

混合物の種類	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	対ブランク安定度残留率(%)	圧裂強度 (Mpa)	対ブランク圧裂強度残留率(%)
ポーラスアスファルト混合物(13)ブランク	8.53	27	－	0.67	－
ポーラスアスファルト混合物(13)軽油塗布	6.08	28	71.3	0.18	26.9
ポーラスアスファルト混合物(5)ブランク	8.24	36	－	0.52	－
ポーラスアスファルト混合物(5)軽油塗布	6.47	21	78.5	0.20	38.5

(3) 予備試験Ⅲ

1) 試験条件

試験条件は、水浸による影響を考慮し、表－6 のとおりとした。なお、ブランクを 100 とした場合の圧裂強度の比を「圧裂強度比」と定義した。

2) 試験結果

以下に、予備試験Ⅲの結果のまとめを示す。

①図－2 に示すブランクに対する軽油の圧裂強度比は、ポーラスアスファルト混合物(13)で 25.2%、ポーラスアスファルト混合物(5)で 34.9%であった。よって、圧裂試験は、軽油による混合物性状の低下を再現できる試験ということが出来る。

②付着防止剤に関しては、 $c > e \geq b \approx d > a$  の順に圧裂強度比が大きくなった。

③c (界面活性剤+水) は、何れの混合物においても圧裂強度比が 100%程度であった。したがって、この付着防止剤は、ポーラスアスファルト混合物に最も影響を与えない材料であると考えられた。

④a (界面活性剤+水) は、圧裂強度比が 80%以下であり、他の付着防止剤と比較して値が小さかった(但し、軽油と比較すると値は 2~3 倍の値である)。

⑤混合物種類の影響は、本試験では大きな差は認められなかった。

(3) 予備試験ⅠからⅢのまとめ

予備試験ⅠからⅢのまとめを以下に示す。

①軽油の影響を再現するための試験として、本検討条件においては圧裂試験(20℃)が有効であることが確認された。圧裂試験の目的は、舗装試験法便覧((社)日本道路協会)において「加熱アスファルト混合物の耐流動性やひび割れ性状の把握」とされており、本検討以外でもポーラスアスファルト混合物

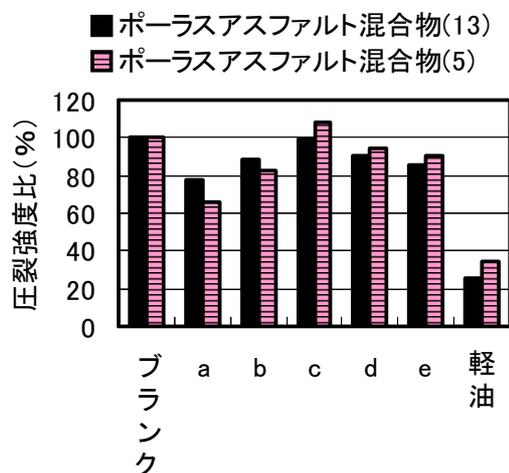
の評価方法として期待できるものである。

②圧裂試験結果から、付着防止剤に軽油を使用すると、ポーラスアスファルト混合物の混合物性状に悪影響を与えることが推測された。また、付着防止剤の種類により、ポーラスアスファルト混合物への影響が異なることが確認された。

③圧裂強度比から、ポーラスアスファルト混合物の混合物性状を低下させない付着防止剤は、以下の順となった。 $c$ (油脂+界面活性剤+水)  $>$   $e$ (植物油脂+界面活性剤)  $\geq$   $b$ (ポリエーテル変性ポリシリコーン)  $\approx$   $d$ (再生潤滑油+ポリテトラフロロエチレン+界面活性剤+水)  $>$   $a$ (界面活性剤+水)

表－6 予備試験Ⅲの試験条件

項目	温度(℃)	養生時間(h)
水浸養生	60	48
気中養生	20	20
圧裂試験	20	－



図－2 予備試験Ⅲの結果

### 3. 付着防止剤の性能評価試験

#### (1) 性能評価試験

付着防止剤の性能評価試験としては、筆者既発表論文<sup>1)</sup>及び予備試験ⅠからⅢをもとに圧裂試験を採用した。

##### 1) 対象混合物

評価対象混合物は、東京都において低騒音舗装として使用している骨材最大粒径 5mm（高耐久性ポリマー改質アスファルト H 型使用、二層式低騒音舗装上層用）及び 13mm（ポリマー改質アスファルト H 型使用、一層式低騒音舗装及び二層式低騒音舗装下層用）のポーラスアスファルト混合物とした。使用した材料の品質及び配合は、表-7、8 に示すもので、東京都建設局土木材料仕様書に従った。

##### 2) 選定した付着防止剤

付着防止剤については、表-9 に示す東京都で最近の使用実績のある 8 種類を選定した。使用した付着防止剤は、製品安全データシート（MSDS）を公表しており、B、C 以外の 6 製品については、エコマークを取得しているものである。付着防止剤の希釈倍率は、メーカー推奨値の下限値とした。各付着防止剤の原液は、透明なものが多く、水で希釈すると乳白色を呈するものが多かった。

また、比較材料として付着防止剤無添加（以下ブランクと記述）と軽油添加についても行った。

##### 3) 供試体の作成方法

供試体の作成手順は、以下のとおり行った。

①約 20cm×25cm×20cm（深さ）の角形容器に、付着防止剤又は軽油を 0.7kg/m<sup>2</sup>塗布する。塗布量は、ダンプ荷台での実測値を参考として設定した<sup>1)</sup>。

②容器にポーラスアスファルト混合物約 10kg を締め固まらないゆるい状態で置き、防火用のシートで

バットを覆い、165℃の恒温槽に 60 分間静置した。

③養生終了後、バットに入れた混合物のうち、上部の混合物 6kg を除去し、下部の 4kg の混合物と塗布した付着防止剤又は軽油を十分に混合した。

④混合後、3 個のマーシャル供試体を作製した。

⑤また、比較のための標準供試体についても、上記手順に準じて、付着防止剤又は軽油を塗布せずにマーシャル供試体を作製した。

##### 4) 試験条件

舗装に水が滞留した場合の影響を考慮し、60℃で 48 時間水浸養生後、20℃で 20 時間気中養生し、試験温度 20℃で圧裂試験を行った。

##### 5) 評価

付着防止剤又は軽油を塗布した場合の圧裂強度を標準供試体の圧裂強度で除した圧裂強度比で評価した。

表-7 使用アスファルトの品質

試験項目	高耐久型ポリマー改質アスファルトH型	ポリマー改質アスファルトH型
針入度(25℃)1/10mm	43	40以上
軟化点℃	96.5	80.0~105.0
伸度(4℃)cm	43	—
伸度(15℃)cm	68	70以上
引火点℃	334	260以上
薄膜加熱質量変化率%	+0.05	0.2以下
薄膜加熱針入度残留率%	85	70以上
60℃粘度 1×10 <sup>4</sup> Pa·s	10.0以上	4.0以上
フラス脆化点℃	-35	—
密度g/cm <sup>3</sup>	1.018	—
曲げひずみmm/mm	266×10 <sup>-3</sup>	—
タフネス N·m	—	24.0以上
テナシティ N·m	—	20.0以上

表-8 混合物の配合

混合物の種類	6号碎石 (%)	整粒碎石 8~5 (%)	砕砂 (%)	細目砂 (%)	石粉 (%)	アスファルト (%)	基準密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)
ポーラスアスファルト混合物(13)	86.0	—	5.0	4.0	5.0	4.8	1.987	20.5
ポーラスアスファルト混合物(5)	—	89.0	6.0	—	5.0	5.1	1.889	24.2

表-9 付着防止剤

記号	分類	MSDS記載の主な成分	エコマーク 認証	水による 希釈倍率	原液の色	希釈した 場合の色
A	植物油系、界面活性剤系	植物油、油溶性溶剤	○	2倍	薄い黄色	乳白色
B	シリコン系	ポリエーテル変性ポリシロキサン	-	5倍	透明	透明
C	塩化ポリシロキサン化合物	塩化ポリシロキサン	-	4倍	乳白色	乳白色
D	植物油系、界面活性剤系	グリセリントリ脂肪酸エステル	○	10倍	薄い黄色	乳白色
E	植物油系、界面活性剤系	天然油脂、ポリオキシエチレンジアルキルエステル	○	7倍	薄い茶色	乳白色
F	植物油系	α-リモネン、グリコールエーテル系溶剤	○	3倍	薄い黄色	透明
G	植物油系	植物油、脂肪酸ポリエチレングリコール	○	5倍	薄い茶色	乳白色
H	植物油系	脂肪酸エステル、潤滑油添加剤	○	5倍	薄い黄色	乳白色

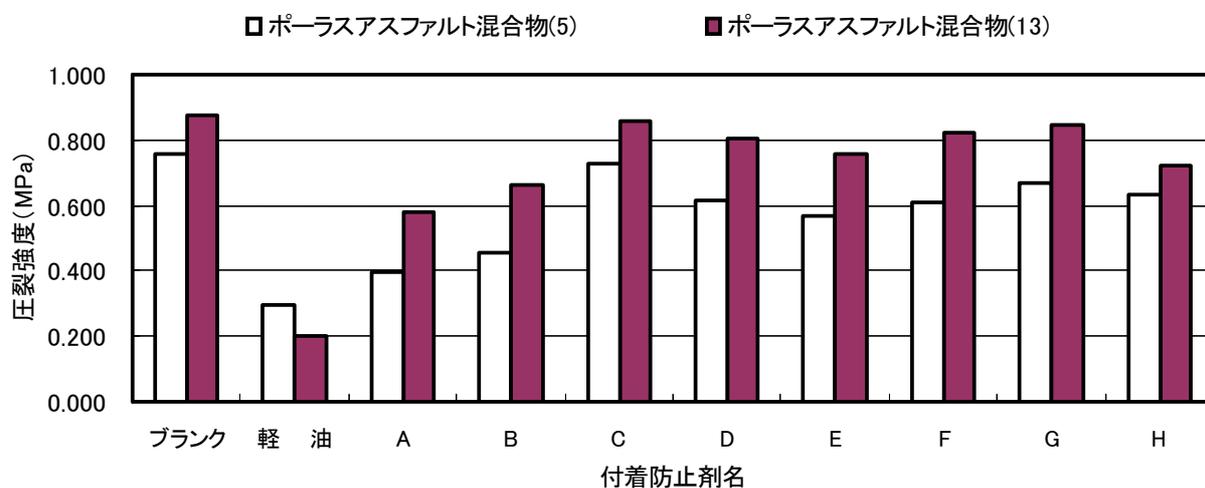


図-3 圧裂強度

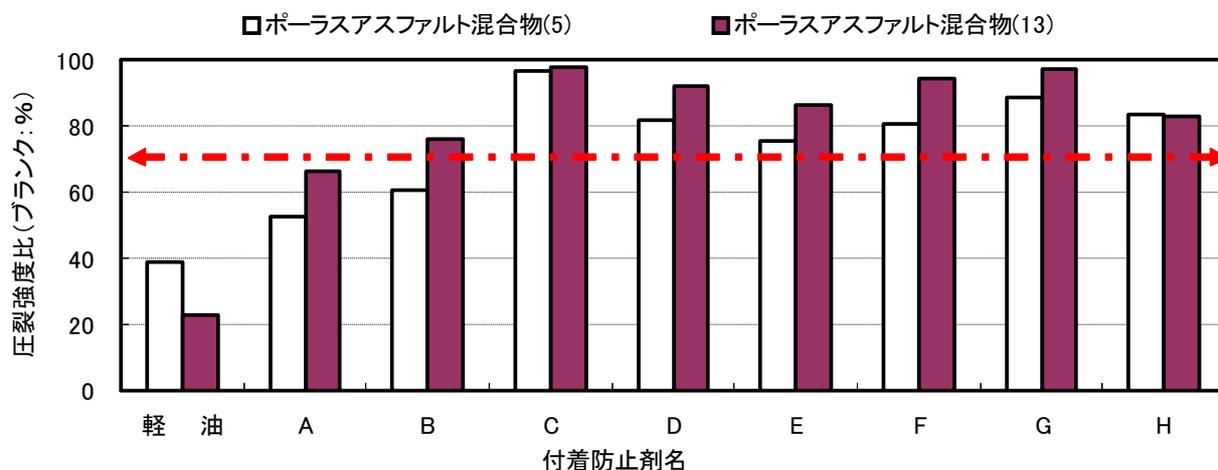


図-4 圧裂強度比

表-10 付着防止剤の価格比較

記号	分類	荷姿	単価 円/m <sup>2</sup>
A	植物油系、 界面活性剤系	18L缶	315
B	シリコン系	15kg缶、 200kgドラム缶	457
C	塩化ポリシロキ サン化合物	17L缶	88
D	植物油系、 界面活性剤系	16kg缶	48
E	植物油系、 界面活性剤系	16kg缶、 180kgドラム缶	75
F	植物油系	16kg缶、 160kgドラム缶	146
G	植物油系	16kg缶、 180kgドラム缶	88
H	植物油系	18L缶、 200Lドラム缶	88

## (2) 性能評価試験結果

圧裂強度及び圧裂強度比を図-3、4に示す。性能評価試験結果は、以下に示すとおりである。

①標準供試体と軽油塗布供試体との圧裂強度比は、ポーラスアスファルト混合物 5mm で約 40%、ポーラスアスファルト混合物 13mm で約 20%と、圧裂強度は大きく低下した。

②付着防止剤による圧裂強度の低下は、ポーラスアスファルト混合物 5mm が多く受ける傾向であった。

③ポーラスアスファルト混合物 5mm 及び 13mm 供試体とも付着防止剤の種類により圧裂強度比に差が見られた。付着防止剤 C、D、F、G、H 塗布の場合は、70%以上の圧裂強度比であり、圧裂強度の低下が最も少ないのは、Cであった。

④ポーラスアスファルト混合物 5mm 及び 13mm 供試体

とも付着防止剤 A、B は、圧裂強度比が約 50~75%とやや低下が大きかった。

## 4. 付着防止剤の経済性比較

希釈して 0.7kg/m<sup>2</sup> 散布した場合の単価は、表-10に示すとおりである。価格は、平成 22 年 2 月現在のものである。A、B は 315 円及び 457 円と他と比較し割り高である。D は 48 円で最も安い。C、E、G、H は約 75~90 円である。

## 5. まとめ

ポーラスアスファルト混合物の運搬に当たり、軽油を付着防止剤として散布した場合、ポリマー改質アスファルト H 型を使用した混合物も、高耐久型ポリマー改質アスファルト H 型を使用した混合物も、底部 7cm 程度を混合した混合物の圧裂強度は付着防止剤のないブランク状態の 50%以下に低下することが確認できた。

市販の付着防止剤を使用すると、圧裂強度は付着防止剤のないブランク状態の 70%程度確保できることがわかった。

上記室内試験結果及び使用後の供用実態から判断して、付着防止剤の規格値としてポーラスアスファルト混合物 (5) 及び (13) について圧裂強度比 70%以上と設定した。

## 6. おわりに

各種付着防止剤が使用されており、材料の種類が異なるため付着防止剤そのものの規格値を設定することはできない。このため、施工時の混入の影響を評価するものとして混合物強度による規格値の設定を行った。今後、供用後の破損実態調査等から規格値の見直しを行っていく予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 峰岸順一：低騒音舗装の油によるポットホールの原因究明と抑制対策の検討、土木学会舗装工学論文集 第 8 巻、2003 年 12 月