

3. 二層式低騒音舗装の耐久性に関する検討（その3）

Durability of the Two-layer Type Low-noise Pavement (Part3)

技術支援課 課務担当 課長代理 峰岸順一 道路環境支援担当 主任 狭間 博

1. はじめに

東京都では、沿道の騒音対策として平成7年度から骨材最大粒径13mm、厚さ5cmの一層タイプの低騒音舗装（ポリマー改質アスファルトH型使用、目標空隙率は16～22%程度。以下、「現行型」と称す）、また平成17年度からは優先的対策道路区間で原則として、さらなる騒音低減効果を確認した二層タイプの低騒音舗装（以下、「二層式」と称す）を導入してきた。

この二層式は、タイヤ/路面騒音の低減機能層となる表層が二層で構成され、上層は骨材最大粒径5mmで厚さ2cm（高耐久性ポリマー改質アスファルトH型使用）、下層は骨材最大粒径13mmで厚さ5cm（ポリマー改質アスファルトH型使用）となっており、専用のフィニッシャーを用いることにより二層を同時に施工する。上層は5mmという小粒径骨材を使用し、目標空隙率が18～25%程度としていることから、これまでの破損実態調査によると骨材飛散によるものが主であることが分かっている。この現象は、特に降雪時のタイヤチェーン装着車の走行によって加速される。

路面の最上層に小粒径骨材を適用することで騒音低減の効果は発揮されるが、一方骨材飛散等に対する耐

久性や機能の持続性について課題があり、早急にその解決が求められている。

このような状況に対して、近年さらなる高耐久性を有した各種の小粒径用のアスファルトが技術開発されており、今年度は、この小粒径用のアスファルトを用いた混合物について、基本的な強度特性に加えて耐流動性、骨材飛散抵抗性、チェーンに対する抵抗性、疲労破壊抵抗性等の耐久性について検討・評価した結果を報告する。

2. 調査内容

小粒径用のアスファルトを用いた混合物について、基本的な強度特性、耐流動性、骨材飛散抵抗性、チェーンに対する抵抗性、疲労破壊抵抗性等の耐久性について調査を行った。

(1) 対象としたアスファルト混合物

試験対象混合物は、二層式低騒音舗装の上層用ポーラスアスファルト混合物、上層、下層を合わせた二層式ポーラスアスファルト混合物の2種類とした。

試験の対象としたアスファルトは、耐久性を向上したとされる「小粒径用高耐久性ポリマー改質アスファ

表-1 対象としたアスファルト

アスファルト	アスファルトの製造方法	適用する混合物	記号	メーカー推奨温度		
				骨材投入温度℃	アスファルト投入温度℃	転圧温度℃
小粒径用高耐久性 ポリマー改質アスファルトH型		二層式上層用 ポーラスアス ファルト混合 物(5)	A	185	175±3	155±3
			B	185	170～180	150～160
			C	180	175±3	150±3
			D	195	175～185	160～175
高耐久性ポリマー改質アスファルトH型	プラント ミックス		E	185	175±3	150±3
ポリマー改質アスファルトH型			BB	180	175±3	150±3
		二層式下層用 ポーラスアス ファルト混合 物(13)				

表-2 アスファルトの品質

アスファルトの種類	小粒径用高耐久性ポリマー改質アスファルトH型				高耐久性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	性能指標
	記号	A	B	C	D	E	
針入度(25°C) 1/10mm	40	41	38	26	24	46	熱劣化性・耐疲労性
薄膜加熱質量変化率 %	-0.01	-0.02	0.01	-	-0.02	-0.01	
薄膜加熱針入度残留率 %	82.5	92.7	78.9	-	83.3	82.6	
粗骨材のはくり面積率 %	0	-	0	-	0	-	耐水性
Gsinσ kPa	502	583	-	-	-	-	耐流動性・疲労ひび割れ抵抗性
せん断応力 Pa	2,066	1,440	-	-	2,195	-	高温時の耐流動性
曲げひずみ(×10 ⁻³) (-20°C)	-	122	-	-	-	-	
タフネス N・m	-	-	-	-	-	27.6	骨材飛散抵抗性
テナシテイ N・m	-	-	-	-	-	-	
曲げ仕事量 (-20°C) kMPa	-	1136	-	-	1,256	-	
曲げステイフネス (-20°C) MPa	-	68	-	-	55	-	
軟化点 °C	102.5	103.5	102.5	94.0	101.0	92.5	耐流動性
粘度(180°C) mPa・s	-	-	-	820	-	-	
伸度(15°C)	-	-	-	-	-	91	耐低温ひび割れ性
フラス脆化点 °C	-29	-30	-27	-	-26	-	製造時の安全性
引火点 °C	333	326	332	-	323	320	
密度 g/cm ³	1.028	1.020	1.028	1.038	1.028	1.030	理論密度算出に利用

表-3 混合物の基本配合

上層用混合物名		小粒径用高耐久性ポーラスアスファルト混合物(5)			東京都建設局道路管理部二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領の品質	
配合率 (%)		7号砕石	細砂	石粉		
各 性 状 値	通 貨 質 量 百 分 率 (%)	ふるい目のひらき(mm)	粒度特性 (%)			
		13.2	100.0	100		
		4.75	90.3	90~100		
		2.36	15.2	10~25		
		0.6	10.1	-		
		0.3	6.9	-		
		0.015	5.2	-		
		0.075	4.5	3~7		
	最適アスファルト量		4.8	4.5~6.5		
	安定度(kN)		5.80	目標値4.0以上		
	フロー値(1/100mm)		33	-		
	密度(g/cm ³)		1.967	-		
	理論密度(g/cm ³)		2.502	-		
	空隙率(%)		21.4	目標値18~25		
下層用混合物名		ポーラスアスファルト混合物(13)			東京都建設局土木材料仕様書の品質	
配合率 (%)		6号砕石	細砂	石粉		
各 性 状 値	通 貨 質 量 百 分 率 (%)	ふるい目のひらき(mm)	粒度特性 (%)			
		19	100.0	100		
		13.2	97.0	90~100		
		4.75	20.0	11~35		
		2.36	15.5	10~20		
		0.6	13.1	-		
		0.3	9.3	-		
		0.015	5.9	-		
	0.075	4.8	3~7			
	最適アスファルト量		4.8	4.0~6.0		
	安定度(kN)		6.23	4.00以上		
	フロー値(1/100mm)		30	-		
	密度(g/cm ³)		2.023	1.95以上		
	理論密度(g/cm ³)		2.502	-		
空隙率(%)		19.1	目標値16~22			

トH型」をメーカー別に4種類(記号A、B、C、D)、また比較のために従来から二層式低騒音舗装の上層に使用されている「高耐久性ポリマー改質アスファルトH型」を1種類(記号E)の計5種類とした。

表-1に対象としたアスファルトについて示す。また、ホイールトラッキングおよびねじり骨材飛散試験で用いる二層式の下層部のアスファルトは、ポリマー改質アスファルトH型(記号BB)とした。表-2に使用したアスファルトの品質を示す。

(2) 供試体の作成

使用材料の品質及び混合物の配合等について「東京都建設局土木材料仕様書」(以下、「材料仕様書」と称す)及び「二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領(案)」(以下、「要領案」と称す)に準拠するとともに、小粒径アスファルトについては各製品がそれぞれに推奨している仕様や配合設計等に基づいて作製した。表-3に混合物の基本配合を示す。

表-4 混合物の試験

試験項目	試験対象混合物	求められる結果	評価項目
密度試験	二層式上層用ポーラスアスファルト混合物 二層式ポーラスアスファルト混合物	密度、空隙率	締固め度、空隙率
マーシャル安定度試験	二層式上層用ポーラスアスファルト混合物	安定度、フロー値、S/F	混合物の基本特性
カンタプロ試験	二層式上層用ポーラスアスファルト混合物	0℃、-20℃損失率、損失量低下率	骨材飛散抵抗性
ホイールトラッキング試験	二層式ポーラスアスファルト混合物	動的安定度	耐流動性
ねじり骨材飛散試験	二層式ポーラスアスファルト混合物	骨材飛散率	骨材飛散抵抗性
ラベリング試験	二層式上層用ポーラスアスファルト混合物	摩耗量	耐摩耗性
曲げ疲労試験	二層式上層用ポーラスアスファルト混合物	破壊回数	疲労抵抗性

(3) 試験項目

実施した混合物の試験は、表-4 に示すとおりである。それぞれのアスファルト混合物の基本的な強度特性、耐流動性、骨材飛散抵抗性、チェーンに対する抵抗性、疲労破壊抵抗性等の耐久性を把握することを主眼に選定した。

なお、ここでの各試験は(社)日本道路協会の「舗装調査・試験法便覧」(以下、「便覧」と称す)及び「舗装性能評価法 別冊」(以下、「別冊」と称す)に準拠して行った。

1) マーシャル安定度試験

アスファルト混合物の流動や変形に対する抵抗性を評価するために行うもので、安定度(S)とフロー値(F)が求められる。

供試体は「便覧」に準拠して作製し、形状寸法は円筒状でφ10.16cm×(H)6.35cmとした。

2) ホイールトラッキング試験

アスファルト混合物の耐流動性(わだち掘れ)を評価する指標である動的安定度(DS: Dynamic Stability)を求めるために行うものである。

供試体は平面形状寸法が正方形の(B)30cm×(L)30cmとし、層厚7cmの二層式構造で、上層は厚さ2cm骨材最大粒径5mm、小粒径用高耐久性ポーラスアスファルト混合物4種類と高耐久性ポーラスアスファルト混合物1種類の計5種類とした。下層は厚さ5cm骨材最大粒径13mm、ポリマー改質アスファルト混合物とした。

3) カンタプロ試験

カンタプロ試験は、骨材飛散抵抗性を評価する指標であるカンタプロ損失率を求めるために行う

ものである。

供試体の形状寸法や種類は前述したマーシャル安定度試験と同様であるが、試験温度としては「便覧」を参考に-20℃と0℃の2条件とした。

4) ねじり骨材飛散試験

タイヤのねじりによって舗装路面の骨材が飛散する程度を評価する指標であるねじり骨材飛散率を求めるために行うものである。

供試体についてはホイールトラッキング試験と同様とし、厚さ7cmの二層構造とした。

別冊によると、試験は「タイヤ旋回タイプA」、「タイヤ旋回タイプB」及び「供試体スライドタイプ」の3タイプあるが、採用実績等を考慮して、「タイヤ旋回タイプB」によることとした。また、試験における測定時間は30、60、90、120分とした。

5) ラベリング試験

ラベリング試験は往復チェーン型を用い、温度0℃で行った。タイヤチェーンによるすり減り量により耐摩耗性を評価した。供試体は平面形状寸法が長方形(B)15cm×(L)40cm×(H)5cmとした。

6) 曲げ疲労試験

曲げ疲労試験は、表-5 に示す試験条件で行った。

表-5 曲げ疲労試験の試験条件

項目	試験条件
載荷方法	両端固定2点載荷
スパン	30cm
試験方法	ひずみ制御
試験温度	0℃
載荷周波数	5Hz
載荷波形	サイン波
ひずみ	600μ

表-6 密度試験結果

記号	密度 (g/cm ³)		理論密度 (g/cm ³)		空隙率 (%)			
	単体	2層式	単体	2層式	測定値	目標値	測定値	目標値
					単体		2層式	
A	1.963	2.008	2.505	2.503	21.6	21.5	19.8	20.0
B	1.960	2.007			21.8		19.8	
C	1.974	2.011			21.2		19.7	
D	1.966	2.009			21.5		19.7	
E	1.969	2.010			21.4		19.7	
BB	2.026	—	2.502	—	19.0	19.0	—	19.0

供試体は平面形状寸法が長方形(B)4cm×(L)40cm×(H)4cmとした。

4. 試験結果

(1) 密度試験

1) 小粒径用高耐久性ポーラスアスファルト混合物単体

小粒径用高耐久性ポーラスアスファルト混合物単体における密度等基本性状を確認した結果は表-6に示すとおりである。基本性状の確認は、マーシャル安定度試験に用いる供試体各3個とした。

A、B、C、Dおよび比較用Eの密度はそれぞれ1.963、1.960、1.974、1.966、1.969g/cm³が得られた。表中の記号BBとは、ポーラスアスファルト混合物(13)を指す。これは、ホイールトラッキング供試体二層式の密度管理に活用する。ここで得られた密度は、2.026 g/cm³であった。

これらの密度から空隙率を算出すると、A～Eのアスファルトを使用した小粒径用高耐久アスファルト混合物は目標空隙率である21.5%とほぼ同等の性状であった。また、ポーラスアスファルト混合物(13)は、20.0%であった。

ここで算出した密度を、各供試体の締固度管理の基準密度として扱うこととした。各供試体の締固め度は通常扱っている基準密度±1%で、また、空隙率は、表-6の目標値で管理していくものとした。

2) 小粒径用高耐久性ポーラスアスファルト混合物二層式

小粒径用高耐久性ポーラスアスファルト混合物二層式における基本性状を算出した結果を表-6に示す。基本性状の算出は、各単体アスファルト混合物の基

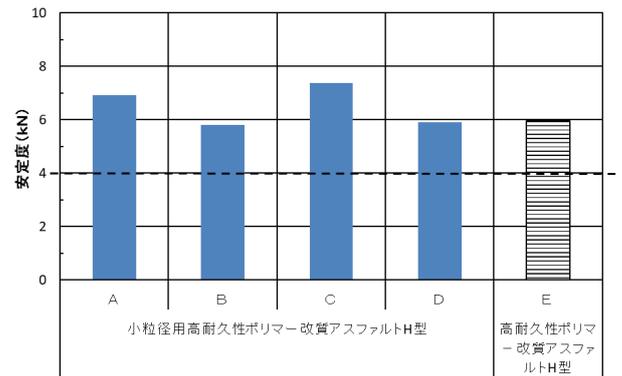


図-1 マーシャル安定度

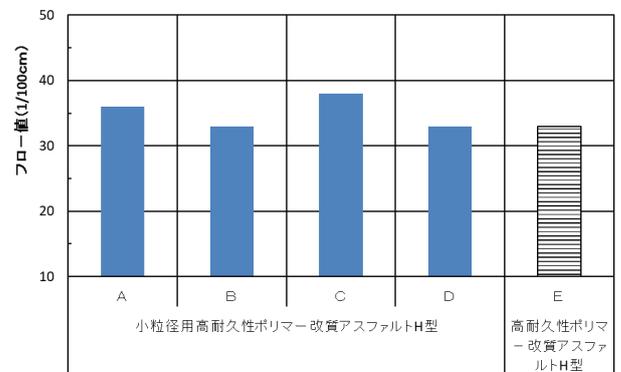


図-2 フロー値

準密度と理論密度を層別厚さ2cm、5cmにより合成した。表-6より、A、B、C、Dおよび比較用Eの密度の算出は、それぞれ2.008、2.007、2.011、2.009、2.010g/cm³であった。これらの密度から空隙率を算出すると、A～Eとも全て20%であった。

ここでの算出結果を各供試体の締固め度管理の基準密度とした。各供試体の締固め度は、通常扱っている基準密度±1%で、また、空隙率は目標値で管理

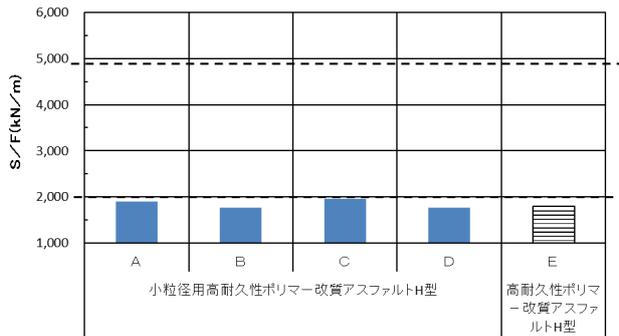


図-3 S/F

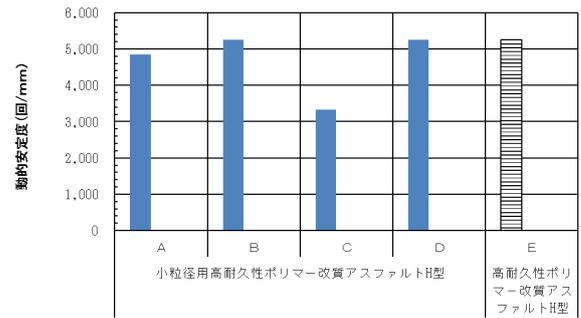


図-4 動的安定度

していくものとした。

(2) マーシャル安定度試験

試験により求められた安定度(S)及びフロー値(F)は図-1、2に示すとおりであり、この両者から求められた安定度/フロー値(S/F)は図-3に示すとおりである。

安定度は同じ種類の混合物においてもややばらつきがみられるが、A～Eで明確な違いは見られなかった。

なお、安定度についてはA～Eともに「土木材料仕様書」で品質が4kN以上となっているが、すべての混合物がこれを満足していた。

フロー値はA～Eとも33～38(1/100mm)の値を示し「要領案」の品質20～40(1/100cm)の範囲であった。

安定度とフロー値から求められるS/Fは、1,760～1,960(kN/m)であった。なお、S/Fは「便覧」において、参考値として2,000～4,900kN/m(ただし、アスファルト混合物の種類については特に記述がない)であれば耐流動と耐摩耗に問題がない指標として示されているが、この範囲よりやや低い値であった。今回検討した小粒径の混合物への、この参考値の適用については今後の課題であると考えている。

(3) ホイールトラッキング試験

動的安定度(DS)は図-4に示すとおりである。動的安定度について「材料仕様書」や「要領案」で3,000回/mm以上と品質が示されているが、今回対象とした供試体はすべてこの品質を満たしており、耐流動性は確認できた。

(4) カンタブロ試験

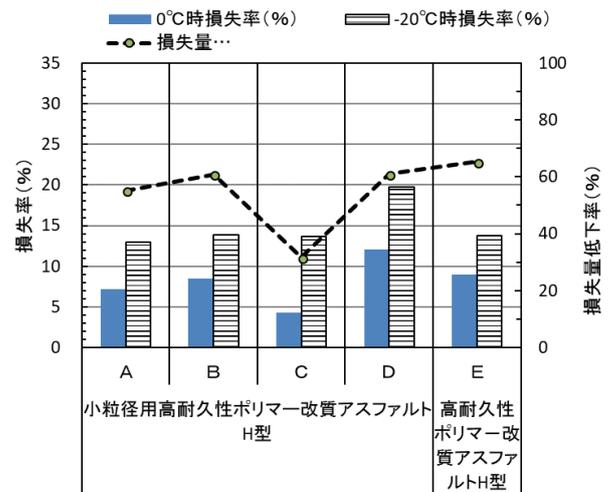


図-5 カンタブロ損失率

試験結果は、図-5に示すとおりである。

1) 温度条件0°C

A～Eの損失率は12%以下の結果であった。

2) 温度条件-20°C

A～Eの損失率は20%以下の結果であった。A～Eの中では、Dが-20°Cの損失率が19.7%と大きな値であった。

3) 損失量低下率

A～Eの損失量低下率は、31～65%であった。Cが最も損失量低下率が小さい傾向であった。

(5) ねじり骨材飛散試験

A～Eのねじり骨材飛散試験の結果は、図-6に示すとおりである。A～Eのアスファルト混合物で、試験条件時間120分を継続できた。120分時のねじり骨材飛散率は、3%以下と良好であった。アスファルトの種類でねじり骨材飛散率の差異は見られなか

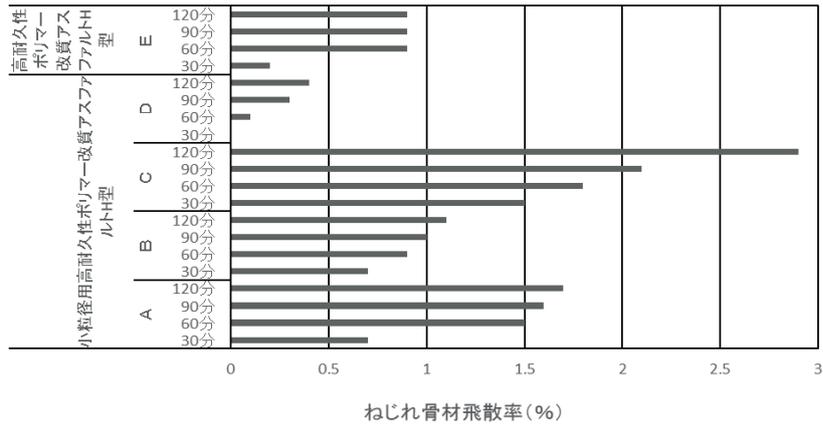


図-6 ねじれ骨材飛散率

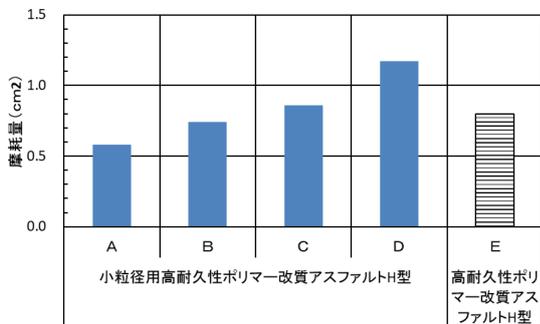


図-7 ラベリング試験 摩耗量

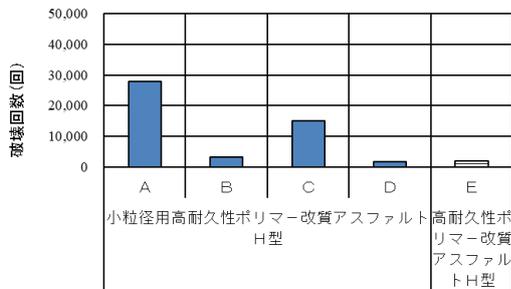


図-8 曲げ疲労試験 破壊回数

た。

(6) ラベリング試験

A～Eのラベリング試験の結果は、図-7に示すとおりである。Aが最も摩耗量が少なく0.58cm²であった。A、Bが比較のEより摩耗量が小さく、チェーンに対する摩耗抵抗性が高い結果となった。

(7) 曲げ疲労試験

A～Eの曲げ疲労試験の結果は、図-8に示すとおりである。Aが最も破壊回数が28,000回と比較のE

表-8 総合評価

	A	B	C	D	E
マーシャル安定度	4	1	5	2	3
動的安定度	2	5	1	5	5
カンタプロ損卒率(-20℃)	5	2	3	1	4
カンタプロ損卒率(0℃)	4	3	5	1	2
ねじり骨材飛散率(90分)	2	3	1	5	4
摩耗量	5	4	2	1	3
破壊回数	5	3	4	1	2
総合評価点	27	21	21	16	23

の約10倍の値であった。CもAの約半分の15,000回であった。曲げ疲労抵抗性(アスファルト混合物に変形を与えても元の形に戻ろうとする抵抗力)は、Aが最も高かった。

5. まとめ

上記4.(2)～(7)の各試験項目において、5段階(5点、4点、3点、2点、1点)で一番性能の良いものには5点、1番劣るものには1点として総合評価すると表-7に示すとおりである。総合評価の結果は、A>E>C>B>Dの順であった。総合評価ではAが優れている結果であり、比較のEより性能の良いものはAのみであった。ねじれ骨材飛散率ではDが一番優れている結果となったが、ねじれ骨材飛散率はA～Eすべてが3%以下と小さい値であり大差がなかった。Aは、チェーンに対する摩耗抵抗性や疲労破壊抵抗性に優れることが把握でき、実道への適用が可能と考えられる。今回の調査で、チェーンに対する摩耗抵抗性や疲労破壊抵抗性に優れるアスファルトを確認できた。今後は、試験施工をとおして供用性を検証し、基準値の設定を検討する必要がある。