

2. 低騒音舗装の耐久性向上に資する配合の検討

Examination of Compounding that contributes to Improvement of Durability of Low Noise Pavement

技術支援課 ○橋本喜正、日高智仁(現 西多摩建設事務所)、上野真誉

1. はじめに

東京都では、都道の騒音対策として平成7年度から骨材の最大粒径が13mmのポーラスアスファルト混合物を表層に用いた低騒音舗装（以下、現行型という）を本格的に適用してきた。その後、平成17年度から東京都の優先的対策道路区間については、より騒音低減効果が期待できる二層式低騒音舗装（以下、二層式という）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を持つ表層が二層で構成され、上層は骨材最大粒径が5mmで厚さ2cm、下層は骨材最大粒径が13mmで厚さ5cmとなっており、二層を同時に施工するものである。

この二層式の上層は5mmという小粒径骨材を使用しているため、現行型で用いられる最大粒径13mmの骨材と比較して一般的に骨材飛散抵抗性が低くなることから、現行型よりも耐久性の高い改質アスファルトの使用を標準としている。

この二層式については表層が、大雪時に大型車が着用するタイヤチェーンにて打撃を受けると骨材飛散が多く発生するという課題が明らかになった。

この課題に対し、上層の空隙率を低減させる方法と配合するアスファルトの量を増加させる方法について室内試験を行い、耐久性等について検討・評価した結果について報告する。

あわせて、空隙率を低減させた場合の騒音低減性能について、現道において試験施工を実施し標準的な配合のものと比較した結果についても報告する。

表-1 現行型の構造及びアスファルト

構造	アスファルト	
(表層) 騒音低減機能層 厚さ：5cm	ポーラスアスファルト混合物	ポリマー改質アスファルトH型 骨材の最大粒径：13mm 目標空隙率：20%程度
(基層)	粗粒度アスファルト混合物	ポリマー改質アスファルトII型

表-2 二層式の構造及びアスファルト

構造	アスファルト	
(表層) 騒音低減機能層 厚さ：7cm	上層 厚さ：2cm	高耐久性ポリマー改質アスファルトH型 骨材の最大粒径：5mm 目標空隙率：18~25%
	下層 厚さ：5cm	ポリマー改質アスファルトH型 骨材の最大粒径：13mm 目標空隙率：16~22%
(基層)	粗粒度アスファルト混合物	ポリマー改質アスファルトII型

2. 室内試験の概要

(1) アスファルト混合物の概要

現行型及び二層式における構造及びアスファルト混合物は表-1及び表-2に示すとおりである。

二層式上層の目標空隙率は18%から25%と範囲が比較的広く設定されており、標準的な空隙率はこの中央値付近である22%程度である。

(2) 検討対象としたアスファルト混合物

検討対象としたアスファルト混合物は、目標空隙率が22%、アスファルト量が約5%の標準配合を比較対象とし、目標空隙率が18%かつアスファルト量を約5%、6%、7%とした配合（配合①、②、③）を検討した。

表-3 検討対象のアスファルト混合物

配合分類	目標空隙率	目標As量	繊維の添加	As種類
標準	22%	5%	なし	高耐久ポリマー改質As H型
配合①	18%	5%	なし	
配合②	18%	6%	あり	
配合③	18%	7%	あり	

表-4 使用材料

材料種類	材質
7号碎石	硬質砂岩
中砂	洗砂
石粉	石灰岩
粘度増加用繊維	植物繊維
アスファルト	高耐久ポリマー改質H型

表-5 試験項目

試験		目的	評価指標	
配合試験等	マーシャル安定度試験	流動や変形に対する抵抗性を評価	安定度	kN
	定水位透水試験		フロー値	1/100cm
			S/F	(kN/m)
物性試験	カンタプロ試験(低温)	骨材飛散抵抗性を評価	損失率	%
	ねじり骨材飛散試験(タイヤ旋回タイプB)	タイヤのねじりにより骨材が飛散する程度を評価	10mm沈下時間	分
	ラベリング試験(往復チェーン型)	耐摩耗性を評価	摩耗量	cm ²
	ホイールトラッキング試験	耐流動性を評価	動的安定度	回/mm
	アスファルト混合物の曲げ疲労試験	ひび割れに対する抵抗性を評価	破壊回数	回

アスファルト量を増加させると一方でダレが生じることから、アスファルト量6%、7%のものについてはアスファルトモルタルの粘度増加を目的とした植物繊維(写真-1)を一定量添加した。

検討した配合の一覧を表-3に示す。また、使用材料を表-4に示す。

(3) 試験項目

試験項目は表-5に示すように、それぞれのアスファルト混合物の流動性や骨材飛散、摩耗性等に対する抵抗性を把握することを主眼に選定した。

また、物性試験に先立ち、アスファルト混合物の配合試験とあわせ、基本性状(密度、空隙率、安定度、透水係数等)の試験を行った。

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」¹⁾(以下、便覧という)及び「舗装性能評価法 別冊」²⁾(以下、別冊という)に準拠して行っている。

3. 室内試験の配合試験と基本性状試験

(1) 配合試験等の概要

各試験に供するためのアスファルト混合物の供試体は、使用材料の品質及び混合物の配合等について「東



写真-1 植物繊維

表-6 配合

	標準	配合①	配合②	配合③
7号碎石	90.5	85.5	91.0	93.0
中砂	3.5	8.5	4.0	2.0
石粉	6.0	6.0	5.0	5.0
2.36mm通過百分率(%)	15.8	20.4	15.4	13.5
アスファルト量(%)	4.9	5.2	6.1	7.1
繊維添加量(%)	0.0	0.0	0.4	0.5
空隙率(%)	22.2	18.1	17.9	18.1

京都建設局土木材料仕様書」³⁾(以下、材料仕様書という)及び「二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領(案)」⁴⁾(以下、要領案という)に準拠する仕様や配合設計等に基づいて作製した。

作製に際して、それぞれのアスファルト混合物の目

標とした空隙率は前掲した表-3に示すように設定した。

各配合は、予備的に複数回実施したダレ試験及び試し練りで得られた結果をもとに配合試験を実施し定めた。なお、繊維添加量は混合物量に対する割合である。

表-6に各配合を、表-7に配合試験等の結果を示す。

表-7 配合試験等結果

項目	標準	配合①	配合②	配合③	
アスファルト量	%	4.9	5.2	6.1	7.1
繊維添加量	%	—	—	0.4	0.5
密度	g/cm ³	1.947	2.039	2.013	1.979
理論密度	g/cm ³	2.501	2.489	2.451	2.415
空隙率	%	22.2	18.1	17.9	18.1
連続空隙率	%	19.8	16.3	16.3	15.8
安定度	kN	6.58	5.46	5.10	5.07
フロー値	1/100cm	30	29	27	33
S/F	(kN/m)	2,193	1,883	1,889	1,536
透水係数	cm/s	1.81E-01	2.41E-01	1.27E-01	7.84E-02

(2) 安定度 (図-1)

標準配合の 6.58kN に比べ、配合①～③では、5.07～5.46 kN と低下しているが、要領案に示す目標値 4.0 kN 以上は満足しており、アスファルト量の増加による安定度への影響は少ないといえる。

(3) フロー値 (図-2)

標準配合と同程度であり、要領案の目標値 20～40(1/100cm)を満足していた。

(4) S/F (図-3)

標準配合の S/F は 2,193(kN/m)であり、便覧の参考値 2,000～5,000(kN/m)を満足しているが、配合①～③は参考値の範囲より低い値となった。

ただし、同便覧で示されている積雪寒冷地の 1,500～4,500(kN/m)の範囲には入っていた。

(5) 透水性能の試験結果 (図-4)

全て要領の目標値 1.0×10^{-2} 以上を満足しており、透水係数のオーダーも同等レベルであった。

アスファルト量の増加に伴い、透水係数が低くなる傾向が見られた。

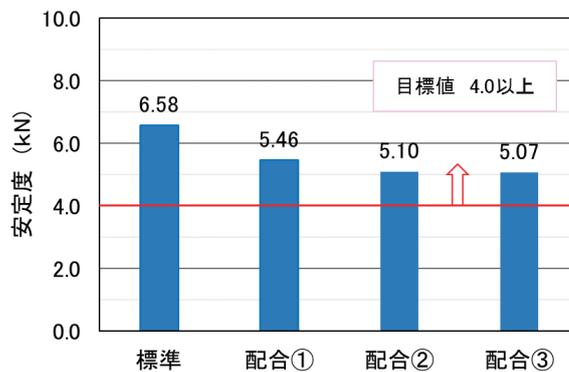


図-1 安定度

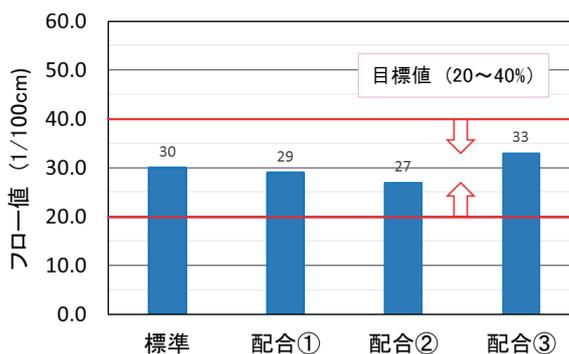


図-2 フロー値

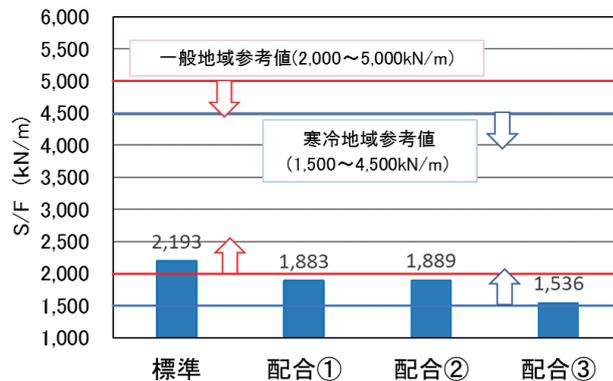


図-3 S/F

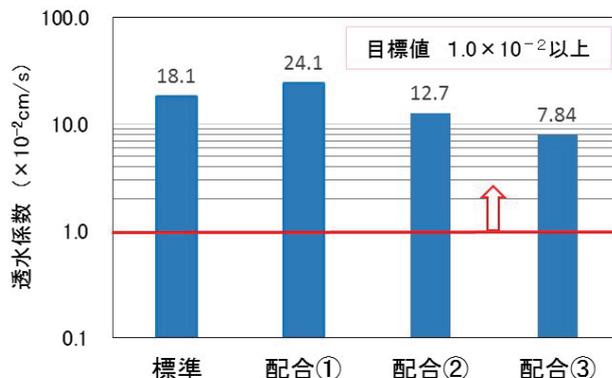


図-4 透水試験結果

表-8 耐久性試験の試験条件と数量

試験名	試験数量	試験条件		
		試験温度(°C)	試験時間	その他条件
カンタプロ試験(低温)	n=5/配合	-20	—	30~33回転/分で300回転
ねじり骨材飛散試験(タイヤ旋回タイプB)	n=3/配合	60	2時間	10.5回転/分で1260回転/2時間
ラベリング試験(往復チェーン型)	n=2/配合	-10	1.5時間	車輪回転数200回/分、往復回数60回/分
ホイールトラッキング試験	n=3/配合	60	1時間	往復回数21±1回/分
アスファルト混合物の曲げ疲労試験	n=5/配合	0	破壊するまで	ひずみ300μm、載荷周波数5Hz

表-9 耐久性試験の試験結果

項目			標準	配合①	配合②	配合③
カンタプロ試験(低温)	損失率	%	20.1	16.4	15.5	13.8
ねじり骨材飛散試験	10mm沈下時間	分	23	33	31	34
ラベリング試験	摩耗量	cm ²	1.26	0.77	0.69	0.49
ホイールトラッキング試験	動的安定度	回/mm	3,938	4,846	3,938	3,150
曲げ疲労試験	破壊回数	回	58,534	85,902	115,497	157,775

4. 室内試験の物性試験

(1) 物性試験等の概要

標準及び配合①～③において各物性試験の供試体を作製し、表-8に示す条件で試験を実施した。

耐久性試験の結果一覧を表-9に示す。

(2) カンタプロ試験(低温) (図-5)

試験温度は、要領案に示されている-20°Cで行った。アスファルト量が同程度で空隙率の異なる標準と配合①の比較では、標準は損失率が20%程度、配合①が16.4%で、空隙率の低減により損失率が低下する(耐久性が向上する)結果となった。

また、空隙率が同程度でアスファルト量の異なる配合①、②、③の比較では、アスファルト量を増加させた配合の方が損失率が低くなる(耐久性が向上する)傾向が見受けられた。

(3) ねじり骨材飛散試験(図-6)

標準と配合①の比較では、標準は、10mm沈下時間が23分、配合①が33分で、空隙率の低減により10mm沈下時間が増加する(耐久性が向上する)結果となった。

また、配合①、②、③の比較では、アスファルト量に関わらず10mm沈下時間に大きな違いはみられなかった。

(4) ラベリング試験(図-7)

標準と配合①の比較では、標準は摩耗量が1.26cm²、配合①が0.77cm²と、空隙率の低減により摩耗量が減少する(耐久性が向上する)結果となった。

また、配合①、②、③の比較では、アスファルト量が多くなるほど摩耗量が減少する傾向が見受けられた。

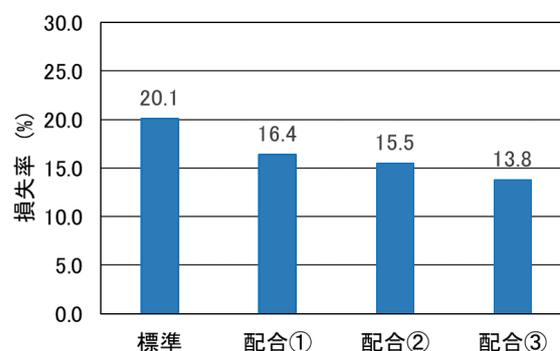


図-5 カンタプロ(低温)試験結果

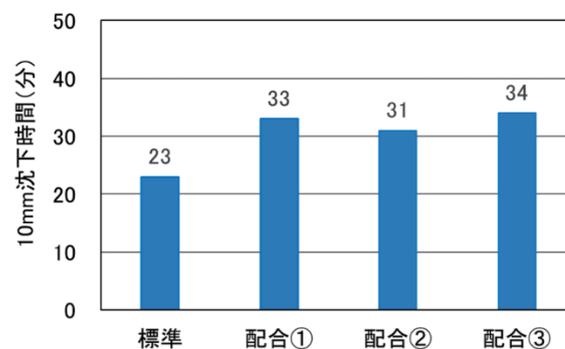


図-6 ねじり骨材飛散試験結果

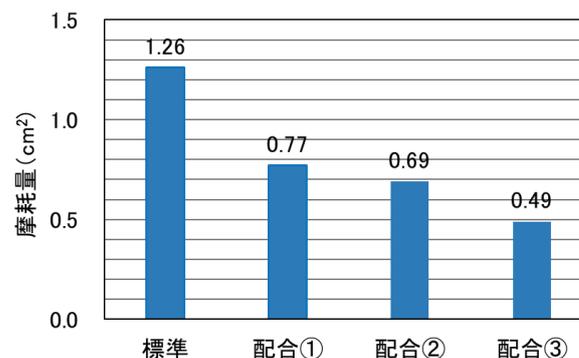


図-7 ラベリング試験結果

(5) ホイールトラッキング試験の結果 (図-8)

全ての配合で目標値である 3,000 回/mm 以上は確保できていた。

標準と配合①の比較では、標準は、動的安定度(以下、DS という)が約 4,000 回/mm、配合①が約 4,800 回/mm で、空隙率の低減により DS が増加する(耐久性が向上する)結果となった。

また、配合①、②、③の比較では、アスファルト量が多くなるほど DS が減少する傾向が見受けられた。

特に配合③では目標値程度まで減少しており、さらなるアスファルト量の増加で目標値を確保するのは難しいと考えられる。

(6) 曲げ疲労試験の結果 (図-9)

標準と配合①の比較では、標準は、破壊回数が約 58,000 回、配合①が約 86,000 回で、空隙率の低減により破壊回数が増加する(耐久性が向上する)結果となった。

また、配合①、②、③の比較では、アスファルト量が多くなるほど破壊回数が増加する(耐久性が向上する)傾向が見受けられた。

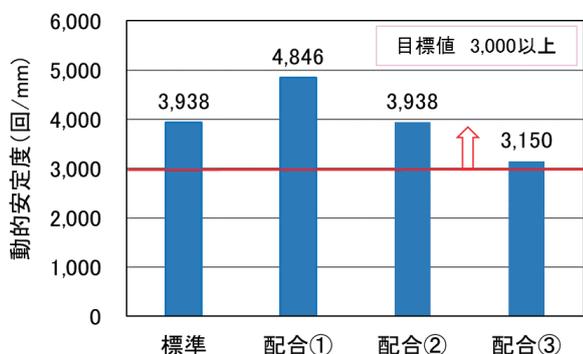


図-8 ホイールトラッキング試験結果

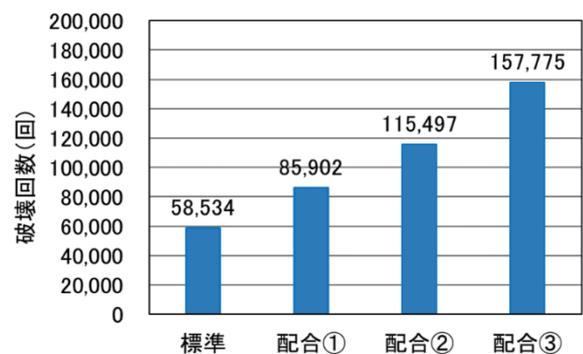


図-9 曲げ疲労試験結果

(7) 室内試験総括

室内試験の結果から、ホイールトラッキング試験の

DS のみ傾向が異なるものの、総合的にみると、空隙率を低減することと、アスファルト量を増加することは、それぞれ二層式の降雪時のタイヤチェーンに対する耐久性向上が期待できることが明らかとなった。

3. 空隙率低減配合の試験施工

(1) 試験施工の概要

空隙率を低減させた配合の騒音低減性能を確認するため、現道において試験施工を実施した。

試験施工は、一般都道八王子国立線(第256号)甲州街道で実施し、令和元年11月に表層の施工を行った。

検討対象の混合物は、室内試験で実施した配合①と同等のものを適用し、標準と比較した。

なお、比較は、単路部かつ同方向同車線の約100mで行い、表層の上層部(2cm)の構造(表-10)のみを比較し、下層部以下は同様の構造である。

表-10 使用した混合物の区分等

		A: 標準混合物	B: 比較混合物
上層混合物使用アスファルト		高耐久ポリマー改質アスファルトH型	
上層混合物目標空隙率		22%	18%
使用混合物の空隙率		22.4%	17.9%
配合	7号碎石	84.5%	84.0%
	砕砂	10.5%	11.0%
	石粉	5.0%	5.0%
アスファルト量		5.1%	5.2%

(2) 騒音測定方法と結果

1) 騒音測定方法

タイヤ/路面騒音の測定は、舗装性能評価法⁵⁾に示す舗装路面騒音測定車を用いた測定方法に基づき実施した。

2) 騒音測定結果

タイヤ/路面騒音の測定結果を表-11に示す。

表-11 タイヤ/路面騒音の測定結果

舗装区分	目標空隙率	騒音値 (dB)
A: 標準混合物	22%	88.9
B: 比較混合物	18%	89.8

この結果から、空隙率を低減させることにより耐久性向上は期待できるが、一方で発生するタイヤ/路面騒音が0.9 dB大きくなり、騒音低減性能が低下する結果となった。

この原因として、表面の空隙が減少し、いわゆるエアポンピング音が増大したことが考えられる。

今後、表面のテクスチャや浸透水量を確認し、発生音増大の原因を分析する予定である。

4. まとめ

本検討は、二層式の降雪時のタイヤチェーンに対する耐久性向上を目的とし、各種試験を実施し評価を行ったものである。

得られた結果は以下のとおりである。

- アスファルト量を6~7%に増加する配合は、繊維を添加することで材料分離をおこさない適正な配合が可能。
- カンタプロ試験による損失率の低減には、空隙率の低減と、アスファルト量の増加が有効。
- ねじり骨材飛散試験による10mm沈下時間の延長には、空隙率の低減が有効であるが、アスファルト量の増加によって大きな違いはみられない。
- ラベリング試験による摩耗量の低減には、空隙率の低減と、アスファルト量の増加が有効。
- ホイールトラッキング試験による耐流動性は、空隙率の低減は効果的であるが、アスファルト量が増えると、耐流動性は低下する。ただし目標値の3,000回/mmはすべての配合で満足した。

- 曲げ疲労試験による破壊回数の増加には、空隙率の低減と、アスファルト量の増加が有効。
- 総合的に判断すると、空隙率を低減することと、アスファルト量を増加することで、それぞれ二層式の降雪時のタイヤチェーンに対する耐久性向上が期待できる。
- 試験施工による空隙率低減配合の騒音測定結果では、発生するタイヤ/路面騒音が0.9 dB大きくなり、騒音低減性能が低下する結果となった。

5. おわりに

二層式は、現行型に比べて高い騒音低減効果が期待できるものである。今回検討した混合物は、降雪時のタイヤチェーンに対する耐久性を向上させるために、空隙率の低減と、アスファルト量の増加という方法によりアプローチを試みたものである。

両者とも室内試験の結果は耐久性が向上する結果であったが、空隙率低減配合は現場での試験施工による騒音測定の結果、騒音低減性能が低下する結果となった。

今後、騒音低減性能を損なわずに耐久性を向上させる検討を引き続き実施し、都道の沿道環境の向上に役立てていく予定である。

謝辞：北多摩北部建設事務所補修課及び立川工区には試験施工の実施に際し多大な協力を頂いた。感謝を申し上げます次第である。

参 考 文 献

- 1) (公社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、平成31年4月
- 2) (公社)日本道路協会：舗装性能評価法（別冊）－必要に応じて定める性能指標の評価法編－、平成20年4月
- 3) 東京都建設局土木材料仕様書
- 4) 二層式低騒音舗装（車道）設計・施工要領（案）（平成21年12月 東京都建設局道路管理部）
- 5) (公社)日本道路協会：舗装性能評価法－必須および主要な性能指標編－（平成25年版）、平成25年4月
- 6) 田中 輝栄、上野 慎一郎（2016）：都道に適用されている二層式低騒音舗装の騒音抑制性能、平 28. 都土木技術支援・人材育成センター年報、55-68