

5. 低騒音舗装発生材の試験施工によるリサイクルの検討

Examination of Recycling by Examination Construction That Milling Porous Asphalt Pavements

技術支援課 峰岸順一、上野慎一郎、小林一雄

1. まえがき

東京都における低騒音舗装の施工実績は、1987年から1992年まで試験施工を実施し、1993年度から本格的に実施することになった。1995年度の土木材料仕様書にポリマー改質アスファルト H 型の仕様を掲載し現場で採用できるようにし、「幹線道路の沿道整備に関する法律」で指定された路線を中心として低騒音舗装を舗設してきた。2006年度末現在約 520km、610 万 m²が舗設され、さらに、2001年度からは、2度目の補修工事に入り、2006年度末現在約 30km、33 万 m²が舗設されている。このように、低騒音舗装は、本格的な更新時期を迎え、大規模な補修工事が増える状況である。

この低騒音舗装混合再生骨材（以下、再生骨材を再骨という）の再生技術確立のために2004年3月に特例都道千住新宿線（特 467 号）において、低騒音舗装混合再骨を使用した再生密粒度アスファルト混合物を用いて試験施工を行った。3年目の追跡調査を行った結果、供用3年後で、一般再骨、改質混合再骨および低騒音舗装混合再骨を組み合わせた混合再骨を使用しても供用性に問題はなかった。混合再骨60%までの配合が可能であることがわかった。低騒音舗装混合再骨の汎用的なプラント再生工法の確立への可能性を提示した、などが得られたので報告する。なお、再生骨材としては、一般再骨、改質混合再骨および低騒音舗装混合再骨を組み合わせた混合再骨を対照とした。

2. 試験施工内容

(1) 試験施工の目的

試験施工の目的は、これから多く発生する低騒音舗装混合再骨の再生技術の確立である。混合再骨の再生方法として密粒度、粗粒度アスファルト混合物またはポーラスアスファルト混合物に再生することが想定されるが、ここでは、プラントでの混合再骨の処理状況を考慮して、より現実的な再生方法を検討した。

(2) 試験施工内容

1) 施工年月日

2004年3月6日、8日

2) 施工場所

東京都足立区足立三丁目地内

特例都道千住新宿町線（第 467 号）

設計交通量：N₅（旧設計交通量区分 B 交通）

3) 工区割り

工区割りを図 - 1 に示す。施工延長は 1 工区あたり 55 ~ 100m、幅員は片側 2.5m の上下線で、4 工区を設定した。

下り	A	B	C	D
上り	A	B	C	D
	55m	86m	60m	100m

図 - 1 工区割り

4) 施工方法

表層 5cm、基層 10cm を打換えた。表層に密粒度、基層に粗粒度の再生アスファルト混合物を使用した。

(3) 再生アスファルト混合物の配合及び物性

1) 再生混合物の種類

本試験施工では、平成 14 年 11 月に世田谷区若林～代田で採取した供用後 8 年程度経過した切削混合再骨を使用した。

低騒音舗装用混合物（厚さ 5cm）と改質粗粒度アスファルト混合物（厚さ 5cm）からなる混合切削材を 13～0mm に破碎分級した混合再骨および従来の一般再骨 13～0mm を使用して新規骨材を混合して再生密粒度アスファルト混合物とした。再生アスファルトの針入度は、再生用添加剤を添加して目標針入度に調整した。

試験施工に使用した再生密粒度アスファルト混合物の工区別の配合条件を表 - 1 に示す。

A 工区：混合再骨が最も多い 60% の配合で、再生アスファルトの目標針入度を 50 としたアスファルト混合物

B 工区：混合再骨が最も多い 60% の配合で、再生アスファルトの目標針入度を 40 としたアスファルト混合物

C 工区：混合再骨 20%、一般再骨 40% の配合で、再生アスファルトの目標針入度を 50 としたアスファルト混合物

D 工区（比較工区）：東京都内における一般的な再生混合物で、一般再骨 40% の配合率で、再生アスファルトの目標針入度を 50 としたアスファルト混合物

2) 使用材料

使用した材料は、表 - 2 に示すとおりである。また、再生骨材の材質は、表 - 3 に示すとおりである。混合再骨は、一般再骨に比べ粒度が粗く、針入度は 20 以下の 17 であった。

3) 再生密粒度アスファルト混合物の配合

使用した再生密粒度アスファルト混合物の配合試験結果は、表 - 4 に示すとおりである。再生アスファルトの針入度は、A、C、D 工区において目標の 50 をやや上回った。

4) 再生密粒度アスファルト混合物の製造

再生アスファルト混合物の製造工場におけるプラントの仕様は、表 - 5 に示すとおりである。再生密粒度アスファルト混合物の製造条件を表 - 6 に示す。再生

表 1 工区別の配合条件

工区名	再生骨材 (%)		新材 (%)	再生アスファルトの目標針入度 (1/10mm)
	混合再骨	一般再骨		
A	60	-	40	50
B	60	-	40	40
C	20	40	40	50
D	-	60	40	50

表 - 2 使用材料

再生骨材名	混合再骨	一般再骨
アスファルト量 %	4.6	4.86
通過質量百分率 %	19.0mm	100
	13.2mm	98
	4.75mm	55.3
	2.36mm	36.9
	600μm	21.3
	300μm	16.4
	150μm	9.3
75μm	5.9	7.9
針入度 1/10mm	17	29
軟化点	66.5	56
最大密度 g/cm ³	2.512	2.503

表 - 3 再生骨材の材質

材 料 名	材 質
6号碎石	硬質砂岩
7号碎石	
砕砂	
細砂	洗い砂
石粉	石灰岩
一般再骨	一般アスファルト舗装
混合再骨	低騒音 + 改質粗粒発生材
アスファルト	ストレートアスファルト 40～60
再生用添加剤	RDEC(石油潤滑油系)

表 - 4 配合試験結果

項目	A	B	C	D	
骨材配合率 (%)	混合再骨	60	60	20	-
	一般再骨	-	-	40	60
	新材	40	40	40	40
再生用添加剤添加量 (%)	13.5	7.1	8.8	6.4	
設定アスファルト量 (%)	5.6	5.8	5.4	5.3	
密度 (g/cm ³)	2.373	2.366	2.383	2.385	
空隙率 (%)	3.9	4	3.8	3.9	
飽和度 (%)	76.6	76.7	76.4	75.6	
マーシャル安定度 (kN)	18.6	22.5	17.4	16.9	
フロー値 (1/100cm)	33	33	34	35	
再生アスファルトの針入度(1/10mm)	51	40	54	55	

密粒度アスファルト混合物の製造条件の決定では、以下の3点に留意した。

混合再骨の加熱工程で、骨材加熱ドライヤ排出口付近にアスファルトモルタル分が付着することを考慮して、混合再骨の混合時間を決めた。

外気温が10前後と低かったため、混合物の目標混合温度を高めめに設定した。

試験練りの結果から、発生材を含む再生アスファルト混合物の温度低下が懸念されたため、加熱温度の設定を発生材170及び新規骨材260と高く設定し、混合物の目標排出温度が得られるようにした。

再生ドライヤでの混合再骨の所要温度確保が難しいなどの課題はあったが、上記した製造条件により製造した結果、各再生混合物は、目標とした混合物温度を確保でき、団粒も認められなかった。

5) 施工

試験舗装に使用した施工機械は、通常の舗装に用いられる一般的なものとした。施工は、1日目にA工区およびB工区を、2日目にC工区およびD工区を施工した。施工当日の施工中の気温は1日目が3~4程度、2日目が5~9程度と気温が低い状態であった。

施工性の確認を行うため、現場担当者および作業従事者等に対してアンケート調査を実施した。その結果、A工区およびB工区については、敷き均し時のスコップ作業やレーキ作業がD工区の一般再生混合物よりやや重いという回答が多く、混合物の作業性に関する課題があげられた。アスファルトフィニッシャーによる敷き均しや転圧作業については、一般再生混合物と大差ない結果であり、機械施工における課題は無かった。

3. 追跡調査

(1) 調査項目及び数量

供用後3年間、追跡調査を行った。調査項目及び数量を表-7に示す。試験方法は、「舗装調査・試験法便覧」((社)日本道路協会)による。また、平成19年度に路面性状自動計測車による路面評価指標(MNI)の検討結果も示した。

(2) 追跡調査結果

調査結果の詳細な数値は表-9~13に示す。

1) わだち掘れ量

表-5 プラントの仕様

形式	公称能力	再生方式
NP4000	240 t/h	併設加熱方式

表-6 混合物の製造条件

項目	A、B、C	D
		(一般再生)
再生骨材温度()	170	140
新骨材温度()	260	240
混合時間	ドライ(秒)	15
	ウエット(秒)	45
目標排出温度()	175	160

表-7 調査項目及び数量

調査項目	測定頻度	測定数量
わだち掘れ量	10 測線 / 工区	40 測線
平たん性	4 測線 / 工区	16 測線
ひび割れ率	全面 / 工区	約 1500 m ²
すべり抵抗値(BPN)	2 点 / 工区	8 点
動的摩擦係数(DFテスト)	2 点 / 工区	8 点
路面のきめ深さ	4 測線 / 工区	16 測線

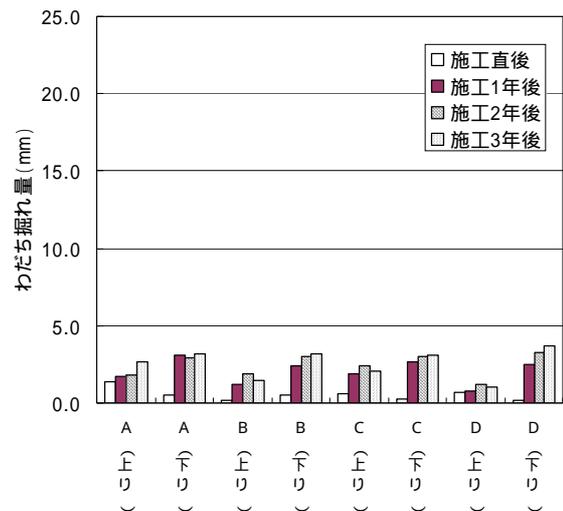


図-2 わだち掘れ量の経年変化

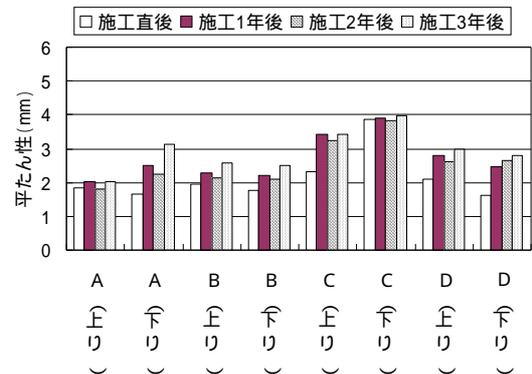


図-3 平たん性(OWP)の経年変化

横断プロフィルメータによるわだち掘れ量測定結果から求めた各工区の平均値は、図 - 2 に示すとおり。

わだち掘れ量は、供用年数を重ねるごとに増加する傾向を示しているが、施工直後から施工 3 年後の経時変化量は 1.9~2.1 mmの増加と各工区間でほぼ変わらない値であり、顕著な差は認められなかった(写真 - 1、2 参照)。しかし、施工 3 年後では各工区とも下り車線のをだち掘れ量が、上り車線に比べ 0.5~2.7 mm大きい傾向であった。

2) 平坦性

3m プロフィルメータによる路面の平坦性測定結果は、図 - 3 に示すとおりである。

平坦性は、施工直後から施工 3 年後の各工区平均で見た経時変化量は、D 工区において若干大きな値を示しているが、各工区間の顕著な差は認められない。

しかし、車両の停止や発進等の影響が反映されると考えられる、信号機を伴う交差点のある D 工区(下り車線、OWP)、C 工区(上り車線、OWP)では大きな値が示された。

また、車線別に見ると、C 工区を除き下り車線の施工直後からの経時変化量が上り車線に比べ大きい傾向であった。

なお、本データは本来控除すべきマンホールや交差点内部等もすべて含んだ値とした。

3) ひび割れ

供用 3 年間が経過した時点でも、ひび割れの発生は認められなかった(写真 - 1 参照)。また、施工直後より発生した A・B 工区下り車線の微小な数個のピンホールにも変化は認められなかった(写真 - 2 参照)。

4) すべり抵抗

振子式スキッドレジスタンステスター(BPN)による湿潤路面のすべり抵抗測定結果は、図 - 4 に示すとおりである。

すべり抵抗性は、各工区平均 BPN 値で 59~61 の範囲にあり、施工直後の値とほぼ変わらず、各工区間のすべり抵抗性に顕著な差は認められなかった。

供用 3 年後時点で、問題のない範囲のすべり抵抗性を保っていることが示された。

5) 動的摩擦係数

DF テスターによる湿潤路面の動的摩擦係数の測定結

果は、図 - 5 に示すとおりである。

40km/h における動的摩擦係数 μ は、各工区平均で 0.61~0.63 μ の範囲であり、顕著な差は認められなかった。この値は、施工直後とほぼ変わらない値となっており、十分なすべり抵抗性を保っていた。

6) センサきめ深さ

ミニテクスチャメータによる路面のセンサきめ深さ測定結果は、図 - 6 に示すとおりである。

センサきめ深さは、各工区平均で 0.28~0.31 mm の範囲にあり、各工区間の顕著な差は認められなかった。また、施工直後から施工 3 年後の経時変化量は、D 工区で 0.09 mm と最も大きく、他工区では 0.03~0.05 mm と、ほぼ同等の変化量を示した。

7) 路面評価指標(MNI)

試験施工箇所(301m)で区間長 20m 毎に求めた MNI の各工区の最大値は、表 - 8 に示すとおりである。

供用後約 4 年が経過した現在、MNI が 4.0 であるが、二番目に大きい MNI は 1.7 であり、路面全体として特に供用性の低下は認められなかった。また、各工区間の供用性に顕著な差は認められなかった。



写真 - 1 A 工区(路面状況)



写真 - 2 A・B 工区のピンホール(進行はなかった)

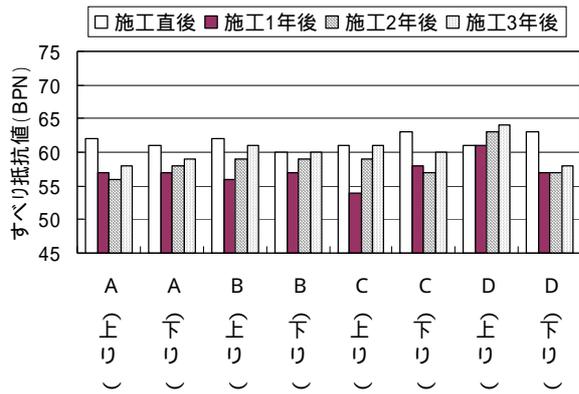


図 - 4 すべり抵抗 (BPN) の経年変化

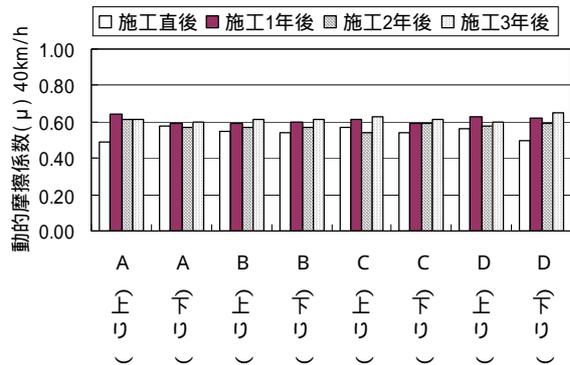


図 - 5 動的摩擦係数 (μ) の経年変化

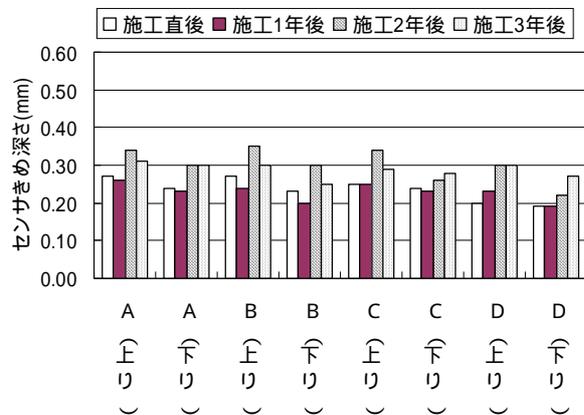


図 - 6 センサきめ深さの経年変化

表 - 8 平成 19 年度の路面評価指標 (MNI)

工区	MNI _c	MNI _d	MNI _i	MNI _l
A(上り)	0.0	0.0	0.7	0.7
A(下り)	0.0	0.9	1.3	1.3
B(上り)	0.0	0.0	0.4	0.4
B(下り)	0.0	0.1	0.1	0.1
C(上り)	0.2	0.0	4.0	4.0
C(下り)	0.4	0.0	1.7	1.7
D(上り)	0.0	0.0	1.0	1.0
D(下り)	0.0	0.4	1.2	1.2

表 - 9 わだち掘れ量の経年変化

工区名	側線	わだち掘れ量 (mm)			
		施工直後	1年後	2年後	3年後
A	上り平均	1.4	1.7	1.8	2.7
	下り平均	0.5	3.1	2.9	3.2
	工区平均	1.0	2.4	2.4	3.0
B	上り平均	0.2	1.2	1.9	1.5
	下り平均	0.5	2.4	3.0	3.2
	工区平均	0.4	1.8	2.5	2.4
C	上り平均	0.6	1.9	2.4	2.1
	下り平均	0.3	2.7	3.0	3.1
	工区平均	0.5	2.3	2.7	2.6
D	上り平均	0.7	0.8	1.2	1.0
	下り平均	0.2	2.5	3.3	3.7
	工区平均	0.5	1.7	2.3	2.4

表 - 10 平坦性の経年変化

工区名	側線		平坦性 (mm)			
			施工直後	1年後	2年後	3年後
A	上り	OWP	1.85	2.01	1.80	2.01
		BWP	1.76	1.61	1.46	1.90
	下り	OWP	1.65	2.49	2.24	3.13
		BWP	1.40	2.66	2.77	2.83
	工区平均 OWP	1.75	2.25	2.02	2.57	
B	上り	OWP	1.95	2.30	2.13	2.56
		BWP	1.98	1.86	2.08	2.15
	下り	OWP	1.76	2.22	2.09	2.49
		BWP	1.65	1.68	1.69	2.56
	工区平均 OWP	1.86	2.26	2.11	2.53	
C	上り	OWP	2.32	3.44	3.23	3.43
		BWP	1.69	1.75	1.83	2.41
	下り	OWP	3.87	3.89	3.84	3.98
		BWP	3.11	2.81	3.31	3.29
	工区平均 OWP	3.10	3.67	3.54	3.71	
D	上り	OWP	2.10	2.78	2.62	2.99
		BWP	1.92	2.42	2.36	2.54
	下り	OWP	1.63	2.47	2.64	2.80
		BWP	1.64	2.56	2.68	2.55
	工区平均 OWP	1.87	2.63	2.63	2.90	

表 - 11 すべり抵抗 (BPN) の経年変化

工区名	側線		すべり抵抗 (BPN値) 20			
			施工直後	1年後	2年後	3年後
A	上り	OWP	62	57	56	58
	下り	OWP	61	57	58	59
	工区平均 OWP	62	57	57	59	
B	上り	OWP	62	56	59	61
	下り	OWP	60	57	59	60
	工区平均 OWP	61	57	59	61	
C	上り	OWP	61	54	59	61
	下り	OWP	63	58	57	60
	工区平均 OWP	62	56	58	61	
D	上り	OWP	61	61	63	64
	下り	OWP	63	57	57	58
	工区平均 OWP	62	59	60	61	

4. まとめ

供用 3 年後の追跡調査結果においては、一般再生混合物と各種再生混合物の供用性に差異はないことが確認された。

混合再骨の針入度は 17 と舗装設計施工指針の規格値(20 以上)を下回っていたが、混合再骨 60%の混合量まで供用性に問題はなかった。このことから、混合再骨の混入による影響について更に長期に調査を進める必要はあるが、低針入度のポーラスアスファルト再生骨材も十分リサイクル可能と考えられた。

以上から、供用 3 年後で、一般発生材、改質発生材および低騒音舗装発生材を組み合わせた混合再骨を使用しても供用性に問題はなかった。混合再骨 60%までの配合が可能であることがわかった。低騒音舗装発生材の汎用的なプラント再生工法の確立への可能性が見出された。

5. あとがき

今回の試験舗装においては、低騒音舗装用のポーラスアスファルト混合物と改質粗粒度アスファルト混合物の混合切削発生材を破碎分級した混合再骨を配合した再生密粒度アスファルト混合物は、一般再骨を用いた再生密粒度アスファルト混合物とほぼ同等の混合物性状が得られた。供用 3 年後の追跡調査結果から、混合再骨を配合した再生密粒度アスファルト混合物は、一般再生密粒度アスファルト混合物と供用性に差がないことが確認され、一般発生材、改質発生材および低騒音舗装発生材を組み合わせ得られた再生骨材を使用したことによる供用性への悪い影響は認められなかった。

以上から、今後も製造上の問題点の改善や長期の供用性を確認しながら、低騒音舗装発生材の汎用的なプラント再生舗装工法を確立していく予定である。なお、本試験舗装にあたり、ご協力いただいた道路管理部保全課、第六建設事務所、(社)日本アスファルト合材協会各位に紙上をお借りして感謝の意を表します。

表 - 12 動的摩擦係数 (μ) の経年変化

工区名	側線		動的摩擦係数 (μ) 40km/h			
			施工直後	1年後	2年後	3年後
A	上り	OWP	0.49	0.64	0.61	0.61
		BWP	0.58	0.59	0.57	0.60
	下り	OWP	0.54	0.62	0.59	0.61
B	上り	OWP	0.55	0.59	0.57	0.61
		BWP	0.54	0.60	0.57	0.61
	下り	OWP	0.55	0.60	0.57	0.61
C	上り	OWP	0.57	0.61	0.54	0.63
		BWP	0.54	0.59	0.59	0.61
	下り	OWP	0.56	0.60	0.57	0.62
D	上り	OWP	0.56	0.63	0.58	0.60
		BWP	0.50	0.62	0.59	0.65
	下り	OWP	0.53	0.63	0.59	0.63

表 - 13 センサきめ深さの経年変化

工区名	側線		きめ深さ (mm)			
			施工直後	1年後	2年後	3年後
A	上り	OWP	0.27	0.26	0.34	0.31
		BWP	0.26	0.32	0.34	0.32
	下り	OWP	0.24	0.23	0.30	0.30
		BWP	0.24	0.29	0.33	0.34
工区平均 OWP			0.26	0.25	0.32	0.31
B	上り	OWP	0.27	0.24	0.35	0.30
		BWP	0.25	0.29	0.33	0.31
	下り	OWP	0.23	0.20	0.30	0.25
		BWP	0.24	0.26	0.32	0.33
工区平均 OWP			0.25	0.22	0.33	0.28
C	上り	OWP	0.25	0.25	0.34	0.29
		BWP	0.23	0.29	0.34	0.33
	下り	OWP	0.24	0.23	0.26	0.28
		BWP	0.25	0.28	0.33	0.32
工区平均 OWP			0.25	0.24	0.30	0.29
D	上り	OWP	0.20	0.23	0.30	0.30
		BWP	0.21	0.24	0.28	0.31
	下り	OWP	0.19	0.19	0.22	0.27
		BWP	0.20	0.21	0.28	0.26
工区平均 OWP			0.20	0.21	0.26	0.29

参 考 文 献

- 1) 武本敏男、峰岸順一、小林一雄(2004)：低騒音舗装発生材のプラント再生に関する検討、平 16.都土木技研年報、55-62