

3. 雪害による二層式低騒音舗装の骨材飛散対策工法の検討

Prevention Measures of Aggregate Scattering of Two-layer Type Low-noise Pavement against Snow Damage

技術支援課 狭間 博、峰岸 順一
現 第四建設事務所 橋本 喜正

1. まえがき

東京都では、都道における沿道への騒音対策として平成 7 年度から骨材最大粒径 13mm 一層の低騒音舗装（以下、「従来型低騒音舗装」と称す）を本格的に適用してきた。その後、平成 17 年度から優先的対策道路区間は原則として、さらなる騒音低減効果のある二層式低騒音舗装（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 を同時施工する）を導入してきた。平成 25 年度末現在での二層式低騒音舗装の累積延長は約 56km になっており、道路交通騒音対策の施策として着実に実績を上げている。

この二層式低騒音舗装は、タイヤ/路面騒音低減機能層である表層のうちの上層は最大粒径が 5mm の骨材を使用し、空隙率が 20%程度であることから車両の走行による破損が散見されており、これまでの実態調査によると破損の状況としては骨材飛散によるものが大半であった¹⁾²⁾。特に、平成 26 年 2 月首都圏で発生した大雪の影響で、二層式低騒音舗装は大型車のチェーン装着による走行での破損として骨材飛散が確認された。

このように二層式低騒音舗装については破損状況が確認されているものの、チェーン装着の走行による破損の耐摩耗性の評価や骨材飛散に対する対策工法としての技術等はまだ確立されていないのが現状である。そこで、本文では二層式低騒音舗装に関し回転式ラベリング試験による摩耗抵抗性・骨材飛散抵抗性（試験では摩耗量として評価）の評価結果、また対策としての補強・補修工法の基礎的な検討結果について報告する。

2. 調査内容

(1) 検討項目

調査は回転式ラベリング試験によることとし、下記の項目について摩耗抵抗性・骨材飛散抵抗性及び補強・補修工法の性能を比較検討した。

- ① 二層式低騒音舗装の表面に補強対策として塗布工法を施したもの
- ② 二層式低騒音舗装の表面を強制的に破損させたのち補修対策として塗布工法を施したもの
- ③ 通常の二層式低騒音舗装、従来型低騒音舗装、密粒度舗装の三種の性能比較

なお、ここでいう補強とは舗装施工直後における対策のことであり、補修とは破損が発生した後の対策のことである。

(2) 検討フロー

検討は図-1 に示すようなフローにそって実施した。まず、本試験を実施するための事前検討として、準備試験-1 により回転式ラベリング試験に使用するチェーンの種別を決定し、続いて準備試験-2 によって舗装表面を強制的に破損させるための破損レベル及び走行輪数を決定した。

これらの事前検討を受けて、破損及び塗布工法の各供試体を作製し、本試験としてそれぞれの舗装種別、破損レベル、塗布工法ごとに回転式ラベリング試験を行って摩耗量と透水量を測定した。

(3) 補強・補修対策としての塗布工法

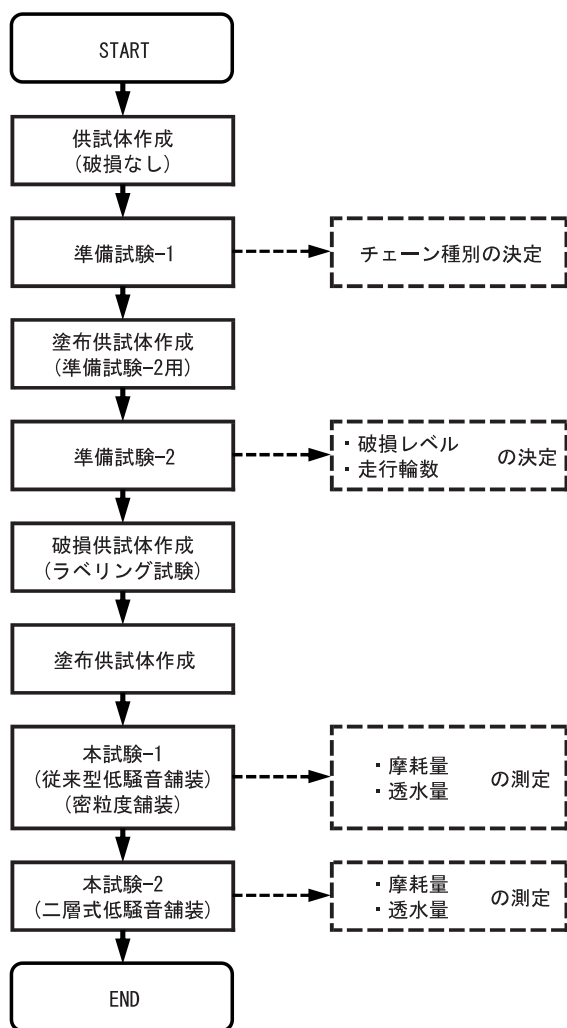


図-1 検討フロー

補強・補修対策としては表-1に示すような、舗装表面に樹脂と骨材を吹き付ける塗布工法を採用した。

なお、工法A'は工法Aを多機能化させた新工法で、比較のため参考として対象としている。

表-1 検討対象とした塗布工法

工法	塗布工法	備考
工法A	透水性レジンモルタルシステム工法	透水性レジンモルタルシステム工法協議会
工法A'	透水性レジンモルタルシステム多機能工法	
工法B	排水性ニート工法	一般社団法人樹脂舗装技術協会
工法C	排水性トップコート工法	排水性トップコート工法研究会

3. 回転式ラベリング試験

(1) 試験ケース

回転式ラベリング試験を実施するケースとしては図-2に示すように、舗装種別が三水準、破損レベルは破損なしを含め三水準、また塗布工法は対策なしを含め

五水準をそれぞれ組み合わせた。それぞれを組み合わせた具体的な各試験ケースは表-2に示すとおりである。

舗装種別	破損レベル	塗布工法
二層式低騒音舗装	なし	なし
従来型低騒音舗装	破損小	工法A(透水性レジンモルタルシステム工法)
密粒度舗装	破損大	工法A'(透水性レジンモルタルシステム多機能工法)
		工法B(排水性ニート工法)
		工法C(排水性トップコート工法)

図-2 試験ケースの組合せ

表-2 試験ケース

試験	供試体番号	舗装種別	破損レベル	塗布工法	
準備試験-1	T①	二層式低騒音舗装	なし	なし	
	T②			なし	
準備試験-2	T③	二層式低騒音舗装	なし	なし	
	T④			工法A	
	T⑤			工法B	
	T⑥			工法C	
	T⑦			従来型低騒音舗装	なし
	T⑧			密粒度舗装	なし
本試験-2	①	二層式低騒音舗装	なし	なし	
	②			工法A	
	③			工法B	
	④			工法C	
	⑤		破損小	なし	
	⑥			工法A	
	⑦			工法B	
	⑧			工法C	
	⑨		破損大	なし	
	⑩			工法A	
	⑪			工法B	
	⑫			工法C	
本試験-1	⑬	従来型低騒音舗装	なし	なし	
	⑭			工法A	
	⑮			工法A'	
	⑯			密粒度舗装	なし

(2) 使用材料及びアスファルト混合物等

供試体の作成における使用材料の品質及び混合物の配合は「東京都建設局土木材料仕様書」及び「二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領(案)」に準拠した。

使用したアスファルトは表-3に、塗布工法に用いた

材料は表-4 に示すとおりである。

なお、表-3 における舗装種別の () 内の数値は使用した骨材の最大粒径を表している。

表-3 使用したアスファルト

舗装種別		厚さ (cm)	アスファルト種類
二層式 低騒音舗装	上層(5mm)	2	高耐久性ポリマー 改質アスファルトH型
	下層(13mm)	3	ポリマー 改質アスファルトH型
従来型低騒音舗装(13mm)		5	ポリマー 改質アスファルトH型
密粒度舗装(13mm)		5	ポリマー 改質アスファルトII型

表-4 塗布工法に使用した材料

工法	塗布工法	バインダ	骨材
工法A	透水性レジンモルタルシステム工法	エポキシ樹脂 (主剤・硬化剤)	硬質骨材 (13mmTOP ⇒ VFD-B100) (5mmTOP ⇒ VFD-BC100)
工法A'	透水性レジンモルタルシステム多機能工法	ウレタン樹脂 (主剤・硬化剤)	透水性レジンモルタルシステム弾性骨材 (TC-55B)
工法B	排水性ニート工法	可撓性 エポキシ樹脂 (主剤・硬化剤)	硬質骨材 (ネオエメリーB粒)
工法C	排水性トップコート工法	MMA系樹脂 (A剤/B剤)	硬質骨材 (ニューエメリーC粒)

また、供試体は上記の材料を用いて図-3 に示す形状に作製した。なお、各供試体の厚さは表-3 に示したとおり 5cm である。

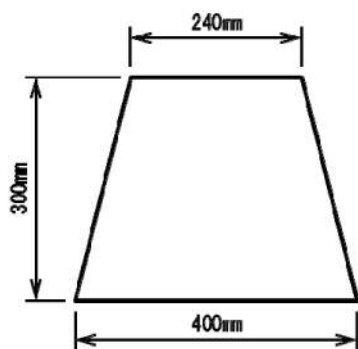


図-3. 供試体の形状寸法

(3) 試験条件

回転式ラベリング試験は「舗装調査・試験法便覧(平成19年6月、日本道路協会)」³⁾に準拠するものとし、回転スパイクチェーン型によった。このときの試験条件は同便覧を参考にし、表-5 に示すように設定した。

なお、試験に先立ち、供試体のガタツキを除去するためにノーマルタイヤでプレロード走行を 1,000 輪してからチェーンを装着した。

表-5 試験条件

項目	試験条件
試験輪形式寸法	小型トラック用 145R12
輪荷重	1.96 kN程度
接地圧	0.29 MPa程度
走行輪の数	2輪(同時走行)
走行速度	20 km/h
試験温度	5 °C
供試体養生時間	4時間以上
キャンバー角	1.50 %
シフト幅	±50 mm
散水量	2 L/min

4. 準備試験

(1) 準備試験-1 (チェーン種別の決定)

チェーンの選定対象は一般的なサイドチェーンとクロスチェーンの二種類とした。各チェーンの外観は写真-1 及び-2 に示すとおりである。また、試験の実施状況は写真-3 に示すとおりである。



写真-1 サイドチェーン



写真-2 クロスチェーン



写真-3 回転式ラベリング試験実施状況

試験に対する目視での確認によると、サイドチェーンは摩耗深さが深く、走行面のきめが粗くなった。また、車輪走行時に発生する振動（ガタツキ）も大きくなった。この振動は供試体の損傷に影響を及ぼす可能性が考えられるため、以降の試験ではクロスチェーンを使用することとした。

(2) 準備試験-2（破損レベル・回転数の決定）

準備試験-2では破損レベルと回転数を決定するため所定の走行輪数ごとに車輪走行部の中央での摩耗深さを測定した。その結果は図-4に示すとおりである。

ここで、破損程度を確認を行う走行輪数を決めるにあたり、二層式低騒音舗装の供試体T③における摩耗深さの目標値を摩耗深さの差異をより明確に出すことと試験時の安定性の双方を考慮して10mm強とした。

試験によると、走行輪数 10,000 輪でこの目標値を満

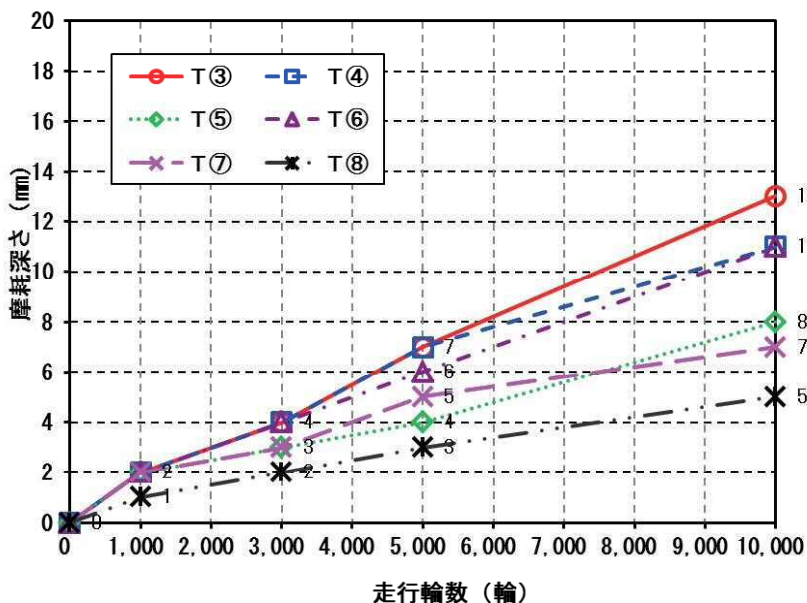


図-4 準備試験-2の試験結果

たすこと、また各ケースの差異が比較的明確になることから、本試験における摩耗量と透水量の測定は 10,000 輪で行うこととし、破損過程状況を把握するために 5,000 輪でも行うこととした。

また、破損が最も激しかったのは二層式低騒音舗装の塗布工法が施されていない供試体T③であり、走行輪数 10,000 輪における車輪走行部中央での最大摩耗深さは 13mm となった。二層式低騒音舗装の上層の厚さは 20mm であることを考えると、下層まで破損が進行しないようにするためには、破損レベルが破損大から進行する摩耗深さを 7mm 程度以内とする必要がある。そこで、破損レベルが破損大の供試体を作製する際の走行輪数は 6,000 輪とすることとし、破損小の供試体はその中間の 3,000 輪とすることとした。

5. 本試験のための供試体の作製

(1) 破損供試体の作製

破損供試体はこれまでの準備試験の結果をもとに表-6に示す条件によって作製した。作製した供試体は写真-4及び-5に示すとおりである。

表-6 破損供試体の作製条件

	破損小	破損大
チェーン種別	クロスチェーン	
走行輪数(輪)	3,000	6,000



写真-4 破損供試体 (破損小)



写真-5 破損供試体 (破損大)

(2) 塗布供試体の作製

塗布供試体を作製する際のそれぞれの工法の混合や充填・散布量は表-7~10 に示すとおりである。なお、工法 C では二層で塗布するものとし、散布量は一層目と二層目ともに同等とした。また、ここでの作製については各工法の協会による基準等に基づいている。

表-7 工法 A の配合及び充填量

工法A (透水性レジンモルタルシステム工法)	レジンモルタルの配合 (質量割合)		充填量 (g/cm ²)
	硬質骨材	エポキシ樹脂	
二層式低騒音舗装	100	14	0.12
従来型低騒音舗装			0.25

表-8 工法 A' の配合及び充填量

工法A' (透水性レジンモルタルシステム多機能工法)	レジンモルタルの配合 (質量割合)		充填量 (g/cm ²)
	透水性レジンモルタルシステム弾性骨材	ウレタン樹脂	
従来型低騒音舗装	100	16	0.16

表-9 工法 B の配合及び散布量

工法B (排水性ニート工法)	散布量 (g/cm ²)	
	可撓性エポキシ樹脂	硬質骨材
二層式低騒音舗装	0.06	0.30

表-10 工法 C の配合及び散布量

工法C (排水性トップコート工法)	散布量 (g/cm ²)	
	MMA系樹脂	骨材骨材
二層式低騒音舗装	0.06	0.06

6. 本試験

(1) 摩耗量及び透水量の測定

摩耗量はレーザー変位計により、図-5 に示す三側線で測定し、その平均とした。なお、各側線での摩耗量

は図-6 に示すように、走行試験前後での摩耗量の差分の平均値を求め、それに摩耗幅を乗じて算出している。

また、透水量は図-5 に示すように、車輪走行帯の中央付近で現場透水量試験器により測定した。

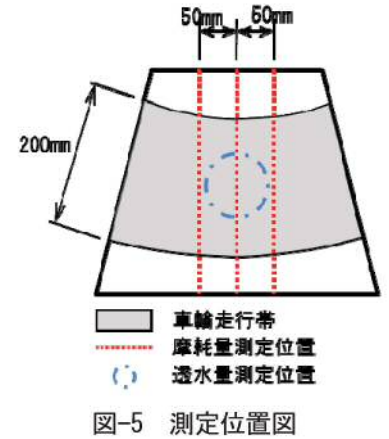


図-5 測定位置図

(2) 摩耗量の測定結果

破損なしを含めた三水準の破損レベルごとにおける塗布工法別の摩耗量の測定結果は図-7~10 に示すとおり

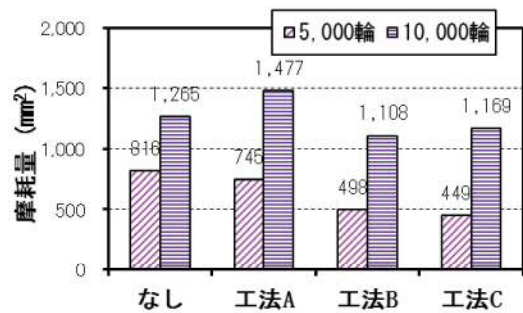


図-7 破損なしにおける工法別の摩耗量

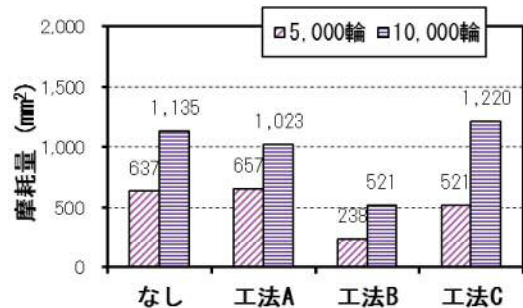


図-8 破損小における工法別の摩耗量

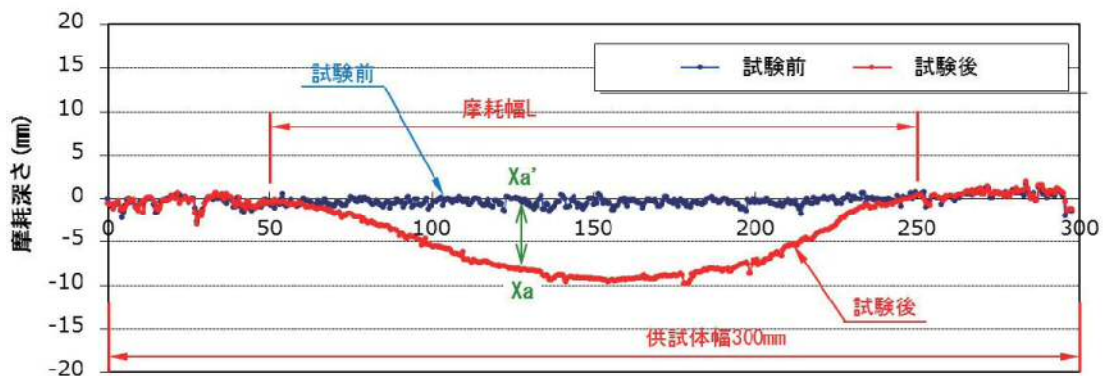


図-6 摩耗量の算出方法

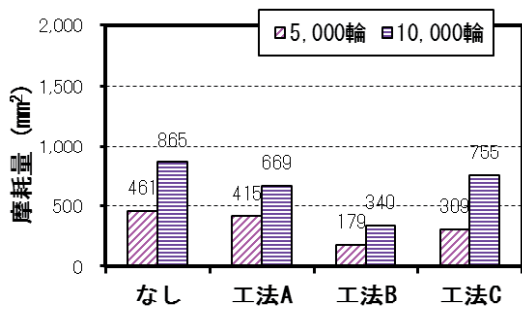


図-9 破損大における工法別の摩耗量

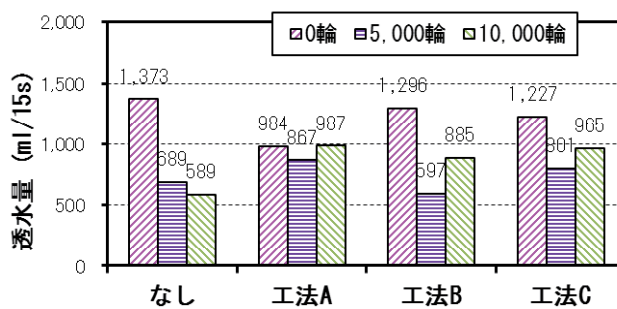


図-11 破損なしにおける工法別の透水量

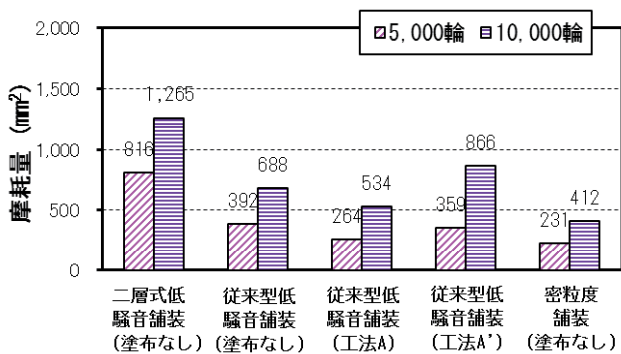


図-10 破損なしにおける舗装形態別の摩耗量

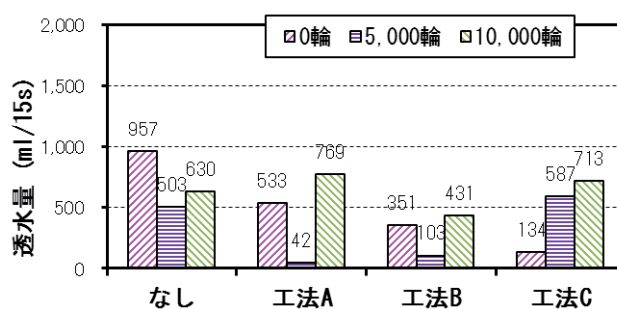


図-12 破損小における工法別の透水量

りである。なお、図-7は破損なしの状態であることから補強（舗装施工直後の対策）に該当し、図-8及び図-9は破損がある程度進行したのちの対策、つまり補修に該当する。また、図-10は破損なしにおける舗装種別ごとの摩耗量である。

これらの結果から、摩耗量については次のようなことが分かった。

- ① 二層式低騒音舗装に破損が生じていない状態、つまり補強としての対策は工法B及び工法Cがある程度の摩耗量低減効果を有している。ただ、長期的にはその抑制効果が低くなる傾向にある（図-7参照）。
- ② 二層式低騒音舗装の破損がある程度進行した状態での対応、つまり補修としての対策は工法Bが短期的にも長期的にも摩耗量の低減効果を有している（図-8及び図-9参照）。
- ③ 舗装種別ごとの摩耗量は密粒度舗装、従来型低騒音舗装、二層式低騒音舗装の順で大きくなった（図-10参照）。

(3) 透水量の測定結果

透水量について摩耗量と同様に整理した結果は図-11～14に示すとおりである。なお、密粒度舗装については透水量の測定を実施していない。

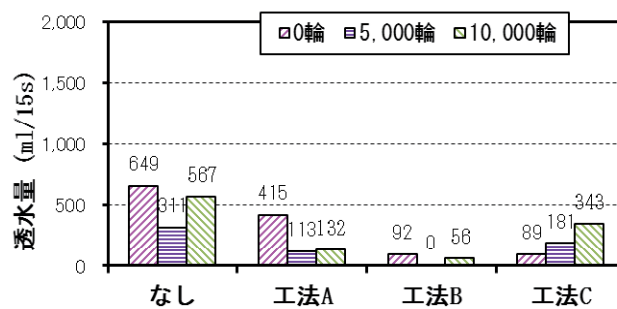


図-13 破損大における工法別の透水量

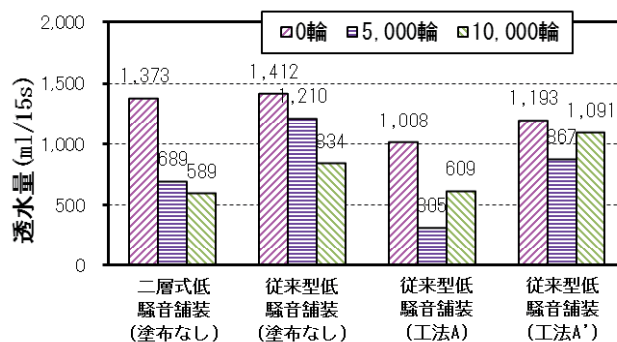


図-14 破損なしにおける舗装形態別の透水量

また、透水量の場合、塗布工法が施されていない「塗布なし」の状態であれば、破損なしから破損大に至るまでの間、特に供試体の外的条件は変わらないことから各回転数に対する透水量を一連の変化としてとらえることができる。この関係を整理したものは表-11及び図-15に示すとおりである。

さらに、破損レベル別及び工法別における回転数と

透水量の関係を整理すると図-16 に示すようになる。なお、ここでの破損レベルにおける破損なし、破損小、破損大はそれぞれ0 輪、3,000 輪、6,000 輪において各塗布工法が施されている。そのため、図-15 とは違い、供試体の外的条件が異なるため一連の変化としてとらえることは出来ない。

表-11 塗布なしにおける透水量の変化

回転数 (×1,000 輪)	0	3	5	6	8	10	11	13	16
透水量 (ml/15s)	1,373	957	689	649	503	589	311	630	567

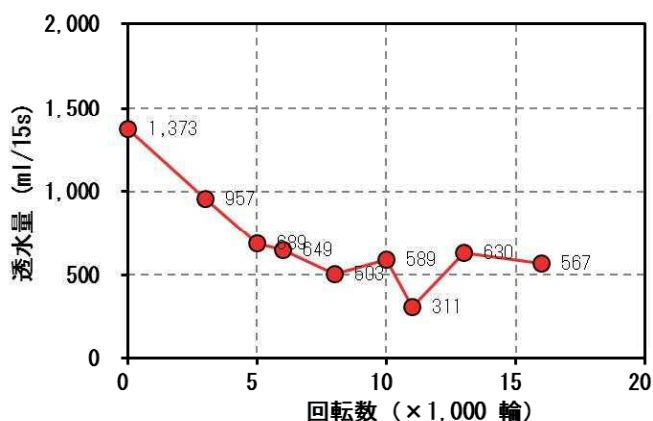


図-15 塗布なしにおける透水量の変化

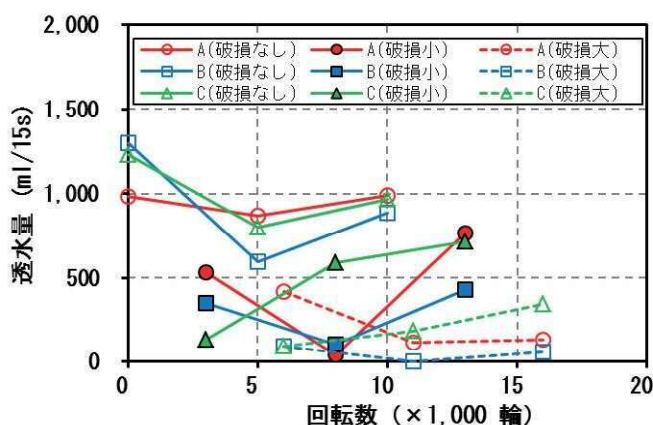


図-16 破損状況別及び工法別における回転数と透水量の関係

これらの結果から、透水量については次のようなことが分かった。

① 二層式低騒音舗装において補強・補修等の対策を施されていない塗布なしの条件であれば透水量は回転数の増加、つまり破損の進行に伴って減少していくが、ある程度の破損レベルになるとほぼ一定に落ち着く (図-15 参照)。

② 二層式低騒音舗装の補強については、三つの工法とも樹脂を充填・散布することから、対策施工直後は塗布なしに比べ、透水量に若干の低下がみられるが、破損が進行するにつれて塗布なしよりも大きな透水性を示す (図-11 参照)。

③ また、透水量は三つの工法とも短期的な破損については減少する傾向にあるが、さらに破損が長期的に進行すると回復する傾向がみられる (図-11 及び-16 参照)。

④ 二層式低騒音舗装の破損がある程度進行した破損小・破損大に対する補修では三つの工法とも透水量の減少が著しい。これは、破損の進行により飛散した骨材の一部が空隙に入り込み空隙詰まりを起こす等表層の空隙率が減少したところに、さらに樹脂等を充填・散布したことによるものである (図-12 及び-13 参照)。なお、この状況の一例として、写真-6 に破損小・工法 B で 0 輪 (走行前) での供試体、また写真-7 に破損小・工法 B で 5,000 輪後における供試体を示す。

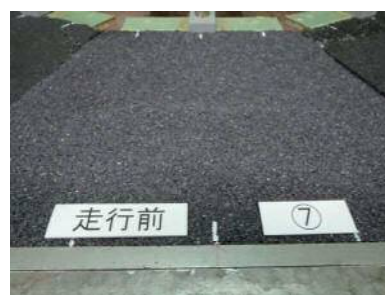


写真-6 破損小・工法 B・0 輪 (走行前) の供試体



写真-7 破損小・工法 B・5,000 輪後の供試体

⑤ また、上記④の傾向は破損の進行程度がかなり進んでからの補修ほど強くなっている (図-12 及び-13 参照)。

⑥ 二層式低騒音舗装は従来型低騒音舗装に比べ、破

損の進行に伴って摩耗量が大きくなるとともに透水性の低下も大きくなる（図-14 参照）。

(4) 総合評価

これまでの摩耗量（耐摩耗性）及び透水量（透水性）の評価結果に、前掲した表-1 での各工法の協会等による資料をもとに算出した材料・施工費を加えて総合的に評価した結果は表-12 に示すとおりとなる。

評価は△⇒○⇒◎の順で有効性が高くなるものとしている。

なお、これらの有効性について定量的な評価は困難なため、ここではあくまでも定性的な評価である。ま

表-12 総合評価

		工法A	工法B	工法C
		透水性レジンモルタルシステム工法	排水性ニート工法	排水性トップコート工法
材料・施工費		◎ (△)	△	○
補強工法 (破損なし)	耐摩耗性	△	○	○
	透水性	○	◎	◎
補修工法 (破損小・大)	耐摩耗性	△	◎	△
	透水性	○	△	△

た、表中の () 内の評価は補修工法（破損小・大）のときのものである。

7. まとめ

今回の検討により得られた結果は次のとおりである。

- ① 二層式低騒音舗装に対する補強工法としては耐摩耗性、透水性ともに工法 B（排水性ニート工法）及び工法 C（排水性トップコート工法）がある程度の有効性を有している。ただし、経済性（材料・施工費）はやや劣る。
- ② 補修工法としては耐摩耗性において工法 B（排水性ニート工法）が有効性を有しているが、透水性については著しく低下する。なお、透水性については三つの工法とも低下が著しい。
- ③ 補修工法については破損の進行の初期段階に施工するほどその効果は高い。
- ④ 補強・補修工法ともその有効性が持続する期間は不明である。
- ⑤ 現時点での二層式低騒音舗装は従来型低温舗装に比べ、耐摩耗性及び透水性ともにやや劣っている。

参 考 文 献

- 1) 田中輝栄（2011）：東京都車道舗装体系に取り込んだ二層式低騒音舗装の性能、平 23. 土木技術支援・人材育成センター一年報、19-30
- 2) 橋本喜正、田中輝栄、峰岸順一（2013）：二層式低騒音舗装の破損実態と使用材料の品質との関係、平 25. 土木技術支援・人材育成センター一年報、35-46
- 3) (社) 日本道路協会（2007）：舗装調査・試験法便覧、平成 19 年 6 月、丸善出版（株）