

3等

基層の遮水性を考慮した高機能舗装の再生技術に関する検討

(株)高速道路総合技術研究所 大井 明
 // 加藤 亮
 (株)NIPPO 技術開発部 勝 敏行
 日本道路(株) 技術研究所 徳光 克也
 大成ロテック(株) 東関東支社 高橋 光彦

1 はじめに

高機能（ポーラスアスファルト）舗装は、路面湿潤時の走行安全性の向上を目的に、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)（以下、NEXCO）が運営する高速道路に1998年から本格的に導入され、現在では高速道路の標準的な舗装となっている。累計施工面積は約6,300万m²（2008年現在）に上り、その割合は、NEXCOが運営する高速道路の約70%を占めている（図-1）。導入された当初に施工された高機能舗装においては、既に導入から約10年間が経過し、機能の低下や老朽化が進み、現在、補修の時期を迎えている。

このような高機能舗装の補修箇所では、一般的に

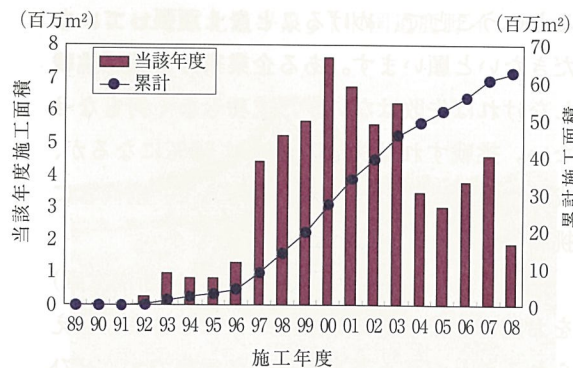


図-1 NEXCOにおける高機能舗装の施工実績

新規混合物による切削オーバーレイ工などが実施されているが、循環型社会の形成のためには、「高機能舗装の再生」が大きな社会責務になっている。しかしながら、高機能舗装の再生に関する過去の研究¹⁾によると、高機能舗装のプラント再生に関しては、旧材料のヤード確保という運用面での課題のほか、配合および再生混合物の製造に際し、分級した再生骨材のうち粒径5~0mmの再生骨材が再利用されていないことや、高粘度バインダの使用により再生加熱ドライヤ内へアスファルトモルタルが付着することなどの技術的な課題が指摘されている。

本報文は、上記のような高機能舗装の再生に関する課題の解決を目指し、研究を行った成果について報告するものである。

2 高機能舗装の損傷状況

NEXCOが運営する高速道路に高機能舗装が本格的に導入されてから、高機能舗装特有の損傷形態として、基層以下の混合物のはく離に起因する構造的な損傷（写真-1）が散見されてきた²⁾。この原因としては、高機能舗装を導入した当初、表層のみの切削オーバーレイを行ったため、高機能舗装の機能の1つである雨水の浸透機能により既存の基層以

下が劣化したものと考えられる。

このような損傷状況に対応するため、高機能舗装の補修においては、表層のみではなく基層以下も補修の対象として捉える必要がある³⁾と考え、本研究では再生の範囲を基層まで含め、表・基層を同時に再生できる技術の検討を行った。



写真-1 高機能舗装の損傷事例（ボンピング）

3 工法の概要

本研究では、基層までを再生の範囲として検討を行っているため、表層の高機能舗装混合物にはプラント再生工法を、基層混合物については、現場から発生する切削材の量を抑制するため、リペーブ方式による路上再生工法を適用することとした。また、既設舗装の切削発生材を5mm以上と5~0mmの粒径に分級し、5mm以上は表層および基層の再生骨材として、5~0mmは前述のように従来は再利用されていなかったが、本研究では、基層再生時の再生骨材として再利用することとした。図-2に本研究で目指している再生システムの概念を示す。

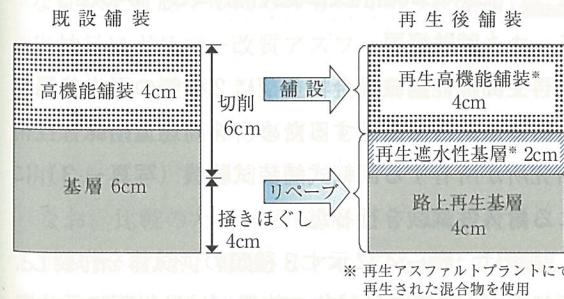


図-2 再生システムの概念

4 室内試験による検討

4-1 再生高機能舗装混合物の検討

再生高機能舗装混合物の配合検討では、再生骨材の有効利用を目的に、再生骨材混入率を50%および70%の2種類とし、目標空隙率は20%とした。また、配合検討手法は、既往の研究成果⁴⁾を採用した。表-1に最適アスファルト量での混合物性状を示す。

表-1 再生高機能舗装混合物の性状

項目	再生高機能舗装混合物		基準値
	再生50%	再生70%	
アスファルト量	% 5.0	5.2	-
密度	g/cm ³ 2.008	2.004	-
理論密度	g/cm ³ 2.511	2.496	-
空隙率	% 20.0	19.7	20程度
安定度	KN 6.41	6.83	5以上
フロー値	1/100mm 27	28	20-40
カンタプロ損失率(20℃)	% 10.2	7.5	20以下
カンタプロ損失率(-20℃)	% 31.8	22.4	(20以下)
動的安定度	回/mm 7,000	7,880	3,000以上
はく離率	% 0.6	0.0	5%以下

再生骨材混入率50%、70%ともに試験温度-20℃におけるカンタプロ損失量以外は、基準を満足する結果が得られた。

4-2 再生遮水性基層混合物の検討

再生遮水性基層混合物は、遮水性を確保するために、NEXCO設計要領に示す表層タイプA（最大粒

径13mm)の粒度を選定し、中央粒度および2.36mm通過量が中央粒度+5%(以下、中央粒度+5%)の2種類を目標粒度とした。また、粒径5~0mmの再生骨材の有効利用も検討し、目標粒度を満足できる最大の混入量を検討した。その結果、再生骨材の混入率は、粒径13~5mm、5~0mmともに20%となった。表-2に骨材配合および骨材合成粒度を、表-3にマーシャル安定度試験の結果を示す。

表-2 骨材配合および骨材合成粒度

	ふるい目(mm)	NEXCO 設計要領 表層タイプA	
		中央粒度	中央+5%
骨材配合比(%)	6号碎石(13-10mm)	8.7	6.2
	6号碎石(10-5mm)	10.8	7.8
	7号碎石	9.5	9.5
	粗砂	14.5	17.5
	砕砂	15.0	17.5
	石粉	1.5	1.5
再生骨材(13-5mm)	20.0	20.0	
	再生骨材(5-0mm)	20.0	20.0
通過質量百分率(%)	19	100	100
	13.2	99.4	99.6
	9.5	88.4	91.0
	4.75	62.3	67.6
	2.36	42.5	47.5
	0.6	23.6	26.1
	0.3	16.6	18.1
	0.15	9.5	10.1
0.075	6.2	6.4	
		4-8	

表-3 マーシャル安定度試験結果

項目	再生表層タイプA		NEXCO 設計要領 基準値	
	中央粒度	中央+5%		
アスファルト量	%	5.8	6.8	-
密度	g/cm ³	2.397	2.369	-
理論密度	g/cm ³	2.475	2.436	-
空隙率	%	3.2	2.8	3-5
飽和度	%	80.8	84.8	70-85
安定度	KN	14.72	10.50	6以上
フロー値	1/100mm	33	29	20-40

両配合に関し、ホイールトラッキング試験および加圧透水試験を実施した。ホイールトラッキング試験は、リペープによる2層の基層を想定し、再生遮水性基層混合物2cmと再生用添加剤による路上再生基層混合物3cmの2層の供試体により実施した。その結果、動的安定度は2,700回/mmとなり、目標である1,000回/mmを満足した。また、加圧透水

試験もホイールトラッキング試験と同様2層の供試体で実施したが、中央粒度+5%については不透水であるという結果が得られた。

4-3 路上再生基層混合物の検討

路上再生方式により構築される路上再生基層混合物は、ヒーターによる加熱実験の結果から判断して、混合温度90℃以下(70℃以下が望ましい)での施工が可能で、供用後の耐流動性を確保するため、動的安定度1,000回/mm以上、および不透水性を確保するため透水係数10⁻⁷cm/s以下を同時に満足するものを検討した。

その結果、再生骨材を90℃に加熱し、そこにフォームド化したポリマー改質アスファルトII型を2%添加し混合することで、動的安定度が1,110回/mm、透水係数に関しては不透水という結果が得られ、先に挙げた要求性能を満足していることが分かったため、この混合物を採用することとした。なお、作製したホイールトラッキング供試体を写真-2に示す。

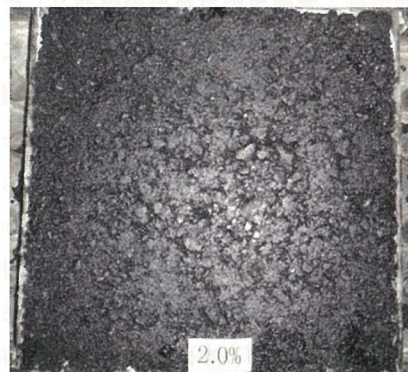


写真-2 ホイールトラッキング供試体

5 回転式舗装試験機による検討

5-1 試験概要

再生高機能舗装混合物並びに2種類の再生基層混合物の耐久性を確認するため、(株)高速道路総合技術研究所が所有する回転式舗装試験機(写真-3)による耐久性試験を行った。

試験は、表-4に示す3種類の供試体を作製し、行った。3種類の供試体の位置づけは以下に示すとおりである。

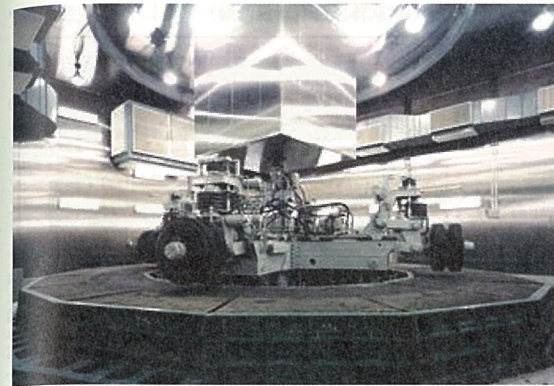


写真-3 回転式舗装試験機

表-4 供試体の舗装構成

層	供試体No.1		供試体No.2		供試体No.3		
	内容	厚さ	内容	厚さ	内容	厚さ	
表層	再生高機能舗装(再生材混入率70%)	4cm	高機能舗装(新材使用)	4cm	高機能舗装(新材使用)	4cm	
基層	基層混合物(新材使用)	路上再生基層(100%再生基層+ポリマー改質アスファルトII型2%)	6cm	再生遮水性基層(100%再生基層+ポリマー改質アスファルトII型2%)	2cm	路上再生基層(100%再生基層+ポリマー改質アスファルトII型2%)	4cm

- ・供試体No.1は、再生高機能舗装混合物の性状を単独で確認するためのものであり、表層には再生材を使用し、基層には新材を使用した。
- ・供試体No.2は、路上再生基層混合物の性状を単独で確認するためのものであり、基層には再生材料にポリマー改質アスファルトII型をフォームド化して添加した材料を使用し、表層には新材を使用した。
- ・供試体No.3は、2種類の再生基層混合物の複合的な性状を確認するためのものであり、基層には再生材料にポリマー改質アスファルトII型をフォームド化して添加した路上再生基層混合物および再生遮水性基層混合物を使用し、表層には新材を使用した。

なお、比較のため、表・基層ともに新規材料による供試体(以下、標準)についても併せて作製し、同時に試験を行った。表-5に回転式舗装試験機の走行条件を示す。

表-5 走行条件(回転式舗装試験機)

試験概要	基層のはく離試験	流動試験	
軌道	内軌道	外軌道	
タイヤ種	大型ラジアル・ダブル	大型ラジアル・シングル	
載荷重	ton	5.0	2.5
速度	km/h	60	80
目標温度(路面下2.5cm)	℃	50	45-55
シフト	mm	0	±100
散水条件	走行前散水(滞水)	なし	

5-2 試験結果

(1) 基層のはく離試験

再生基層混合物のはく離抵抗性を評価した試験結果を、図-3および写真-4に示す。

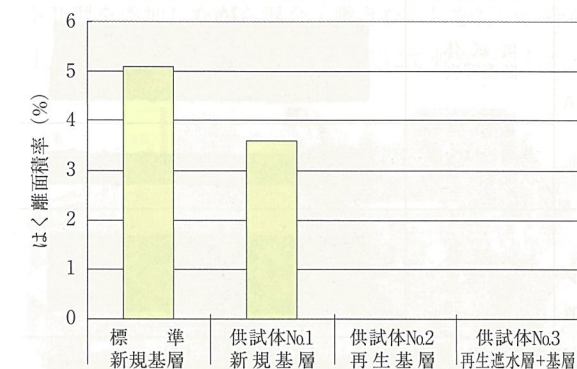


図-3 基層のはく離試験結果

評価の方法としては、約90万回転させた供試体の軌道部から、水浸ホイールトラッキング試験に準じ、300mm×300mmのブロックを切り出し、はく離面積率を算出した。その結果、再生基層混合物を使用した供試体No.2およびNo.3は、はく離面積率が0%であったが、新規基層混合物を使用した供試体No.1および標準では5.1%のはく離面積率となった。再生基層混合物を使用した供試体の方がはく離が生じにくいという結果が得られた要因としては、再生基層混合物の方がより多くの瀝青材を含んでいるためであると考えられる。

(2) 加圧透水試験

回転式舗装試験機の供試体の軌道部および非軌道部から、それぞれ3個の切取供試体(φ10cm)を採取し、表層部を取り除いた基層部分のみについて加圧透水試験を行った。試験結果を図-4に示す。

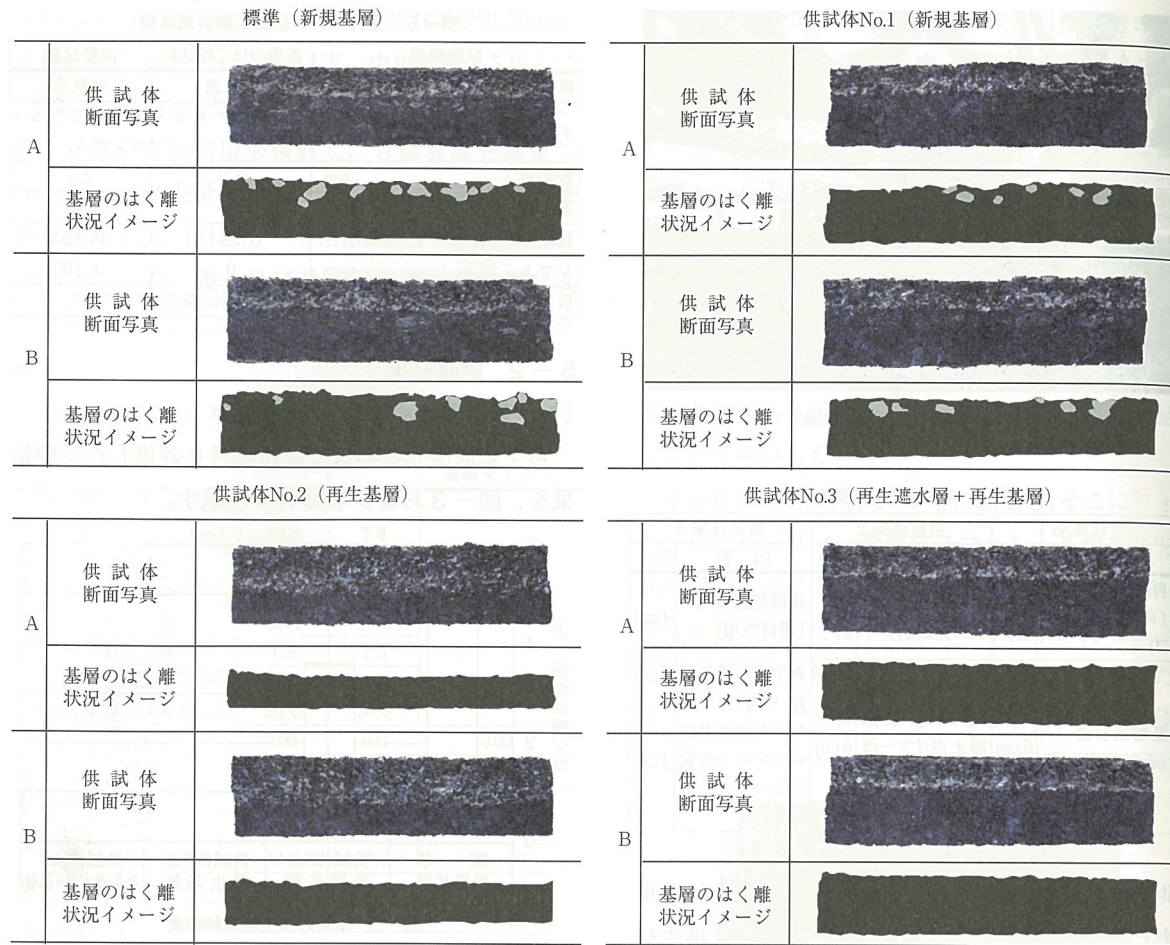


写真-4 供試体断面写真および基層のはく離状況イメージ

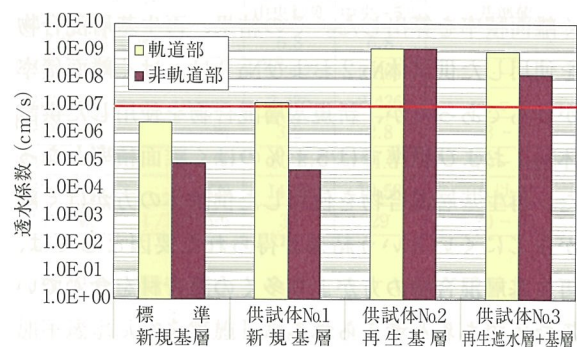


図-4 基層の加圧透水試験結果

その結果、再生基層混合物は、新規混合物を使用した基層混合物より不透水性に優れているという結果が得られた。このような結果が得られた要因とし

ては、新規基層の配合設計では、空隙率3～5%の範囲で設計しているのに対し、再生基層は水密性の確保を目的に、空隙率2.5%を目標に設計していることが考えられる。また、軌道部と非軌道部を比較すると、全体的に軌道部の透水係数が小さくなっている。これは、走行荷重による圧密により水密性が向上したものと考えられる。

(3) 流動試験

耐流動性の評価を、回転式舗装試験機を100万回転させることにより行った。試験結果を図-5に示す。

表層に再生高機能舗装混合物を採用した供試体のわだち掘れ量は、標準の供試体に比べ低い値となっ

ていた。これは、一般的に再生材料の針入度が新規材料の針入度に比べ低くなるのが影響しているものと考えられる。

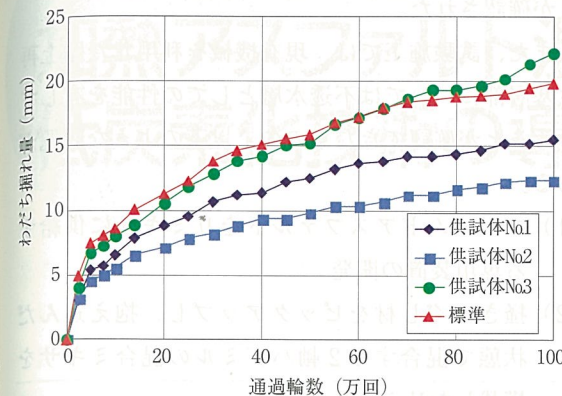


図-5 流動試験結果

6 試験施工

6-1 試験施工概要

本研究で検討した基層までを対象とする路上再生工法の施工性、および施工後の出来形・品質などを確認することを目的に試験施工を実施した。試験施工現場は、常磐自動車道 谷和原インターチェンジ内トラックヤードである。図-6に、本研究で検討した路上再生工法の施工機械編成を示す。現時点では、フォームドアスファルトを使用できるリミキサが存在しないため、フォームドレッサから供給する編成とした。

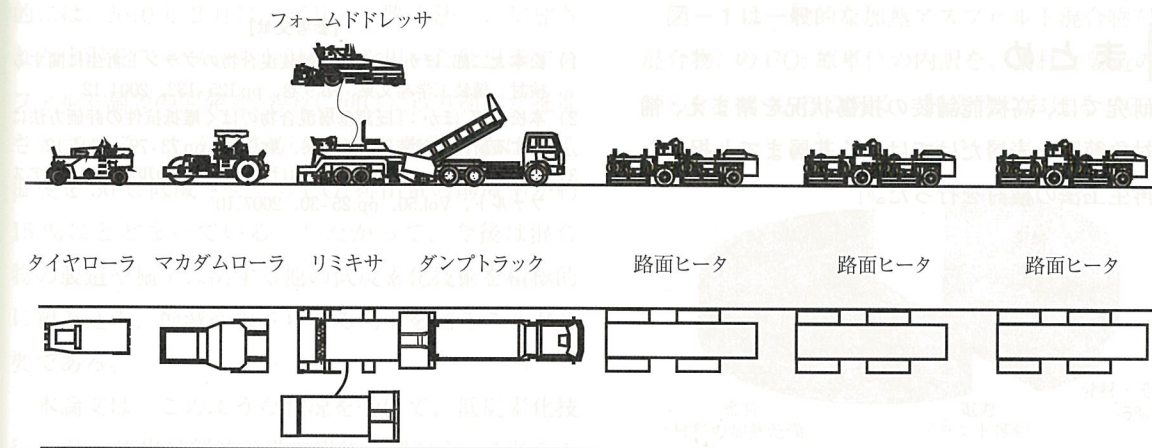


図-6 路上再生工法の施工機械編成

なお、本研究で検討した路上再生工法では、表・基層ともに再生混合物にて施工することになっているが、試験施工時に使用したプラントの関係により、遮水性基層混合物並びに高機能舗装混合物は新規混合物を使用することとした。したがって、試験施工では路上再生基層部のみの出来形・品質などを確認することになった。

6-2 試験施工結果

(1) 施工状況

写真-5に、既設基層混合物に対する路上再生施工状況を示す。施工は、加熱、掻きほぐされた既設基層混合物にフォームド化したポリマー改質アスファルトII型を添加しながら混合・敷きならしを行い、その上に遮水性混合物をリペープ方式にて敷きならした。



写真-5 再生基層敷きならし状況

(2) 施工後の性状

表層の施工が完了した後、施工箇所から切取コアを採取し、空隙率を測定した結果、15本のコアの平均が3.0%となり、本工法で構築した路上再生基層においては十分な締固め性を有していることが分かった。

また、路上再生基層部のアスファルト抽出試験と加圧透水試験も併せて実施した。以下に、その結果を示す。

1) アスファルト抽出試験

路上再生基層混合物に対し、アスファルト量の抽出試験を実施した。試験の結果としては、あらかじめ測定していた既設基層混合物のアスファルト量を差し引いたアスファルト量（フォームドアスファルト添加量）も同時に算出した。試験は採取したコア9本により行っているが、フォームドアスファルトの添加量は平均して1.7%と、予定していた量よりも若干少ない値となっていた。

2) 加圧透水試験

路上再生基層部における加圧透水試験は、0.15 Mpaを24時間加圧する試験条件で行った。その結果、試験を行った15本の切取コアのうち13本が不透水という結果が得られた。なお、残りの2本についても透水係数が 2.96×10^{-7} cm/sと 9.35×10^{-6} cm/sとほぼ不透水に近い値が得られており、水密性は確保されていた。

7 まとめ

本研究では、高機能舗装の損傷状況を踏まえ、補修の対象範囲を表層だけではなく基層までと捉えた路上再生工法の検討を行った。

その結果、回転式舗装試験機を用いた試験からは、再生高機能舗装混合物および再生基層混合物は、それぞれ新規混合物と同等以上の性能を有していることが確認された。

また、試験施工では、現有機械を利用した路上再生基層部については不透水層としての性能を有していることが確認できたものの、以下のような課題がある。

- (1) フォームドアスファルトをリミキサに供給する専用装置の開発
- (2) 掻きほぐし材をピックアップし、抱え込んだ状態で混合する2軸パグミルの混合ミキサを搭載したリミキサの開発
- (3) 熱風循環式で、かつ効率的な加熱装置の開発

今後は、上記課題を解決するとともに、将来的には高速道路本線で試験施工を実施し、今回検討した路上再生工法によって補修された再生高機能舗装の耐久性などについて、長期的に追跡調査を行っていく必要があると考えている。

【謝辞】 試験施工ヤードとして谷和原インターチェンジ内トラックヤードを、また試験施工ヤード候補地として鶴ヶ島インターチェンジ内トラックヤードを提供して頂いたNEXCO東日本本社、関東支社、谷和原管理事務所並びに所沢管理事務所の関係各位に心より謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 松本大二郎 ほか：「高機能舗装混合物のプラント再生に関する検討」舗装工学論文集、第9巻、pp.125-132、2004.12
- 2) 本松資朗 ほか：「既設基層混合物のはく離抵抗性の評価方法に関する研究」舗装工学論文集、第9巻、pp.73-79、2004.12
- 3) 川村和将 ほか：「NEXCOにおける舗装補修の現状と課題」アスファルト、Vol.50、pp.25-30、2007.10