

第 26 回 国土技術開発賞 優秀賞受賞

高耐久超低騒音舗装

～損傷対策型小粒径ポーラスアスファルト混合物の開発～

〔受賞者〕 首都高速道路株式会社／ニチレキ株式会社

〔本稿執筆者〕 首都高速道路株式会社 くらじ けんたろう 蔵治 賢太郎おう き ひで み まるやま あきら
ニチレキ株式会社 黄木 秀実, 丸山 陽

以下に、第 26 回 国土技術開発賞で優秀賞を受賞した「高耐久超低騒音舗装」を紹介します。

1. 開発の背景

日本の都市内高速道路の舗装は、次の理由により過酷な環境にさらされている。

- ① 大型車交通量が多い
- ② 日常的に渋滞する場所が存在する
- ③ 床版が局部変形する鋼床版橋が多い
- ④ 湾岸線等、路床が軟弱な埋め立て地が存在する
- ⑤ 車線幅が狭いためタイヤが同一箇所を走行する
- ⑥ 料金所、渋滞末尾、合流部、トンネル坑口、急な下り勾配など、ブレーキによる制動荷重がかかる場所が多い
- ⑦ 横方向に負荷がかかる急曲線が多い

持続的に安全で安心な路面を提供していくためには、このような環境下であっても十分な抵抗力を発揮する舗装が必要となる。さらに、都市内高速道路は幹線道路上や河川上に建設されている路線も多いため（写真－1）、急曲線部やアップダ



写真－1 都市内高速道路の例（江戸橋ジャンクション）

ウンが多く見通しが悪い上、建物が近接している場所も多いことから、その舗装には次の機能も求められる。

- ⑧ ハイドロプレーニング現象によるスリップや、前方走行車の水はねによる視界不良が生じない排水機能
- ⑨ タイヤ・路面接触部からの発生音を抑制する機能

そのため、首都高速道路株式会社はポリマー改質アスファルト H 型が誕生したことに伴い、2000 年にトンネル部以外の舗装に「排水性・低騒音舗装」（以下、「高機能舗装」という）の採用を開始している。高機能舗装の表層に採用された

ポーラスアスファルト混合物（13）（カッコ内の数値は粗骨材の最大粒径）は、骨材を意図的にギャップ粒度にすることによって設けられた空隙により、排水機能と低騒音機能を確保している。

そのため、粗骨材どうしが点接着する構造となっていることから、密粒度アスファルト混合物（13）と比べ粗骨材が飛散しやすいといった短所があった。特に、都市内高速道路の過酷な環境下では骨材飛散によって路面が荒れてしまい、車両の乗り心地の悪化、タイヤ・路面接触部における騒音の増大、走行燃費の悪化に伴うCO₂排出量の増加を招いていた。

さらに、骨材飛散が進行すると雨天時にポットホールが発生し、その上を走行した車両のタイヤや金属ホイールが損傷してしまうこともあった。「高耐久超低騒音舗装」は、これらの課題を解決するために開発した新しい舗装である。

2. 開発技術の内容

首都高速道路は、その3/4が高架橋で構成されている。そのうちの大半を占めるコンクリート床版上では、これまで厚さ40mmの密粒度アスファルト混合物（13）による基層上に、ポーラスアスファルト混合物（13）による表層を舗設する舗装構成を採用していた。仮にポットホールができてしまったとしても、通行車両が大きな衝撃を受けない深さであればパンクやタイヤホイール損傷のリスクが少なくなると考え、表層を40mmから30mmに、基層を40mmから50mmに変更することにした。

ただ、粗骨材の最大粒径が13mmのポーラスアスファルト混合物を厚さ30mmで敷きならして転圧するのは困難であった。しかし、汎用サイズでない粗骨材を採用すると骨材を分離する費用がかかってしまう。そのため、13mm（6号碎石）の次に小さい汎用サイズである5mm（7号碎石）が最大粒径のポーラスアスファルト混合物を採用することにした。

しかし、粗骨材を小さくすれば骨材は飛散しや

すくなるため、課題の解決に逆行してしまう。そこで、チェーン走行により骨材が飛散しやすい寒冷地が高機能舗装で採用している数値を参考に、これまで20%以上確保してきた空隙率を17%まで縮小することで、排水性と耐久性を両立させることにした。これまで、空隙率の品質規格は「〇〇%以上」と定めてきたが、大きくなると骨材飛散抵抗性が低下するため、16～18%と上下限値を定めることにした。

また、空隙率を小さくしただけでは骨材飛散抵抗性を十分確保できなかったため、ポリマー改質アスファルトH型よりも骨材飛散抵抗性に優れるバインダを開発することにした。一般的に、バインダの骨材飛散抵抗性を向上させるためには改質材（熱可塑性エラストマー）の添加量を増やす必要があるが、バインダの品質確保とローリによる運搬時の取り扱い性確保の観点からその温度と粘度には制限があり、添加可能な量には限界があった。しかし、これまでバインダに添加したことのなかった新素材を活用することで、バインダの品質や取り扱い性を確保した上で改質材の添加量を大幅に増やすことができた。

こうして、圧倒的な骨材飛散抵抗性を有する「損傷対策型小粒径ポーラスアスファルト混合物（5）」と、これを表層に採用した「高耐久超低騒音舗装」が完成した。骨材飛散抵抗性の指標となるカンタブロ損失率（20℃）は、ポーラスアスファルト混合物（13）が9.4%であったのに対して、開発した混合物は1.1%とほぼ飛散しなかった。また、低温カンタブロ損失率（-10℃）においても、ポーラスアスファルト混合物（13）が23.3%であったのに対し、開発した混合物はわずか7.8%であった。

写真－2にポーラスアスファルト混合物（13）、写真－3に損傷対策型小粒径ポーラスアスファルト混合物（5）の表面写真を示す。開発した混合物は粗骨材のサイズが半分以下と小さいため、表面のキメが非常に細かくなっていることが分かる。

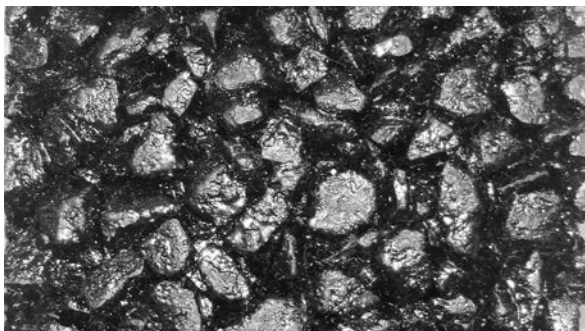


写真-2 高機能舗装（ポーラスアスファルト混合物(13)）

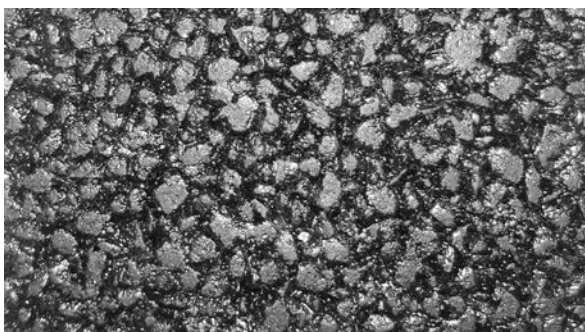


写真-3 高耐久超低騒音舗装（損傷対応型小粒径ポーラスアスファルト混合物(5)）

3. 開発技術の適用範囲

開発した混合物は、標準的な舗装用重機編成で舗設されるため、高速道路だけでなく幹線道路の表層にも適用可能である。施工状況を写真-4に示す。



写真-4 高耐久超低騒音舗装施工状況

4. 開発技術の効果

高耐久超低騒音舗装の優れた3機能を示す。

- ・Economical（経済的）：低燃費，低ライフサイクルコスト
- ・Eco-friendly（環境に優しい）：超低騒音，低炭素（CO₂排出量削減）
- ・Safety（安全）：ポットホール・水はね・スリップ抑制

(1) 経済的（道路ユーザー向け）

高耐久超低騒音舗装は表面のキメが細かいため、走行タイヤのゴム変形量が小さくなる。首都高速1号上野線の試験施工区間ですべり抵抗測定車を用いてタイヤの転がり抵抗を測定した結果、高耐久超低騒音舗装の車両走行燃費は高機能舗装と比較して4.5%も改善されていることが確認された¹⁾。

一般社団法人日本自動車タイヤ協会によると、タイヤは燃費に優れるものからAAA，AA，A，B，Cにグレーディングされており，1グレード上がると燃費が1%向上する。したがって，高耐久超低騒音舗装はCタイヤをAAAタイヤに交換した場合（4%）以上の車両走行燃費を改善する。また，高耐久超低騒音舗装は骨材飛散抵抗性に優れているため，この性能が長期間持続するのに対し，高機能舗装は骨材飛散が始まることで大幅に低下することが，その後の追跡調査で確認されている（図-1）。

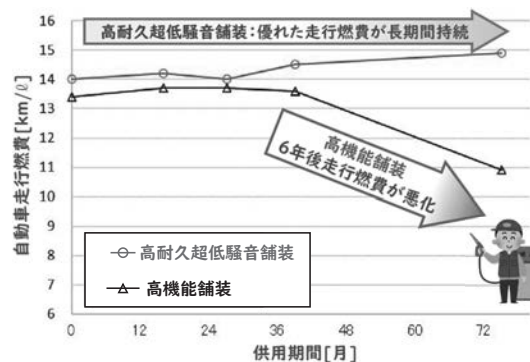


図-1 高機能舗装と高耐久超低騒音舗装の走行燃費の推移

(2) 経済的（道路管理者向け）

前述したとおり、高耐久超低騒音舗装の施工方法は高機能舗装と同じであるため、施工費は同額となる。また、骨材の材料費についても定尺汎用サイズを使用することから、こちらも高機能舗装と同額となる。ただし、バインダについては改質剤を多く含んだ専用バインダを使用するため、価格は高くなる。そのため、高耐久超低騒音舗装用混合物と高機能舗装用混合物とでは約 1.6 倍の価格差がある。しかし、高耐久超低騒音舗装は優れた骨材飛散抵抗性を有し、高機能舗装よりも寿命が長くなることが予想されるため、30 年間のライフサイクルコストでは 1～2 割縮減でき、工事に伴う交通影響や騒音による環境負荷の頻度も軽減される見込みである。

(3) 環境に優しい（超低騒音）

高機能舗装は空隙を有するため、路面とタイヤの間で発生する「エアポンピング音」が生じないことから、密粒度アスファルト混合物と比較してタイヤ路面騒音が 3 dB 程度小さくなる（そのため「低騒音舗装」と呼ばれることもある）。高耐久超低騒音舗装も、空隙を有するためエアポンピング音が生じない上、表面のキメが細かくタイヤのゴムの変形量が小さいことから、高機能舗装よりもタイヤ路面騒音がさらに 7.8 dB も小さくなる。この騒音低減効果は非常に大きく、車内外で感じることができる。

(4) 環境に優しい（CO₂ 排出量削減）

走行車両の燃費が改善されるため、CO₂ の排出量が削減される。現在、高耐久超低騒音舗装は首都高速道路の全舗装面積 635 万 m² のうち 208 万 m²（33%）に採用されているが、今後トンネル等を除く 465 万 m²（73%）まで拡大していく。採用が完了した際には、高機能舗装と比較して年間 5.7 万 t の CO₂ 排出量が削減される。これは 1 万 5000 世帯分の年間 CO₂ 排出量に匹敵する膨大な量である。

(5) 安全（ポットホール被害防止）

首都高速道路で高耐久超低騒音舗装が採用された範囲では、その優れた骨材飛散抵抗性により表層材料に起因したポットホールが発生することはほぼなくなっている。また、万が一ポットホールができたとしても、表層厚を 30 mm まで薄くしたため、その上を通過した車両が大きな衝撃を受けてパンクしたり、金属ホイールが損傷したりする可能性はきわめて低くなっている。

(6) 安全（水はね・スリップの抑制）

前述したとおり、高耐久超低騒音舗装はその骨材飛散抵抗性を高めるために空隙率を高機能舗装よりも 3% 小さくし、厚さも 40 mm から 30 mm に縮減している。そのため排水性能の低下が危惧されたものの、試験施工区間で現場透水量試験を行った結果、高機能舗装が 1,444 mℓ / 15 sec だったのに対し、高耐久超低騒音舗装は 1,410 mℓ / 15 sec とほぼ同程度の排水性能を有していることが確認された。

振り子式スキッドレジスタンステストを用いてすべり抵抗値（BPN）を測定した結果、高機能舗装の BPN が 73 であったのに対し、高耐久超低騒音舗装は 71 と同水準であった。また、回転式すべり抵抗測定器（DF テスタ）を用いて $\mu 80$ （規格値 80 km/h・0.35 以上）を計測したところ、高機能舗装の $\mu 80$ （規格値 80 km/h・0.35 以上）が 0.45 だったのに対し、高耐久超低騒音舗装は 0.55 と同等以上であったことから、すべり抵抗性にも優れた舗装であることが証明された。

5. 舗装構成と品質規格

首都高速道路における高耐久超低騒音舗装を採用したコンクリート床版上の標準舗装構成を図－2、土工部上の構成を図－3、表層の品質規格値を表－1 に示す。

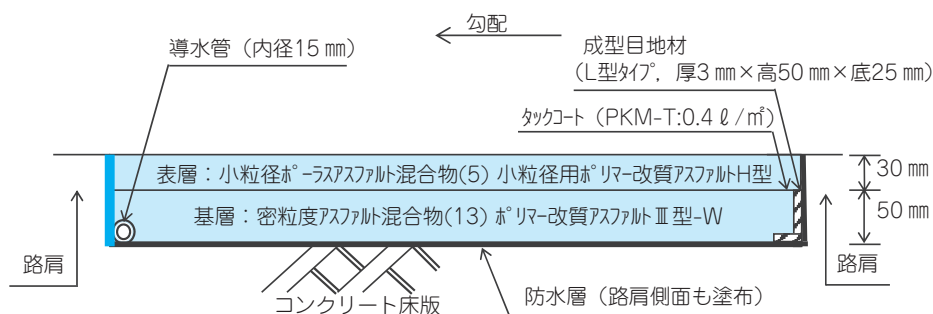


図-2 高耐久超低騒音舗装（RC床版部）の構成

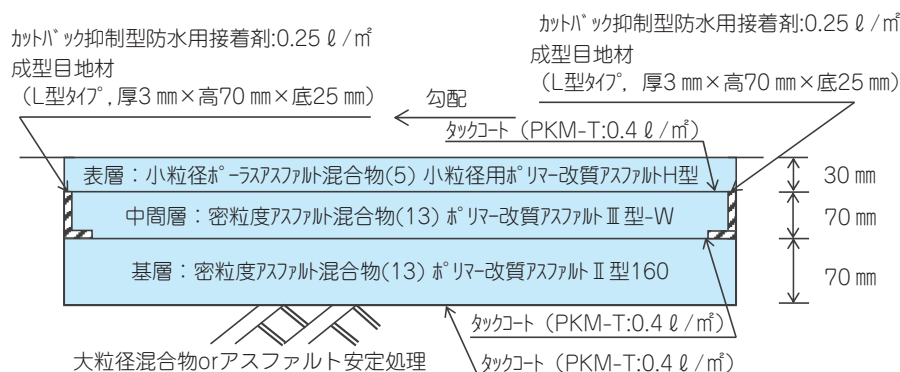


図-3 高耐久超低騒音舗装（土工部）の構成

表-1 高耐久超低騒音舗装（表層）の品質規格値

項 目	品質規格	試験名
安定度 (kN)	5.0 以上	マーシャル安定度試験
空隙率 (%)	16 ~ 18	開粒度アスファルト混合物の密度試験
実厚低速 DS (回/mm)	5,000 以上	実厚低速ホイールトラッキング試験*
浸透水時間 (秒) (400 ml)	8.5 以下	ポラスアスファルト混合物の現場透水時間試験*
実厚曲げひずみ (mm/mm) (-10℃)	6.0×10^{-3} 以上	実厚曲げ試験*
冠水剥離率* (%) (60℃, 9h)	5 以下	冠水式ホイールトラッキング試験*
カンタプロ損失率 (%) (20℃)	3 以下	カンタプロ試験
タイヤすえ切り (g) 骨材飛散量*	300 以下	タイヤすえ切り試験*
破壊回数 (回) (0℃, 900 μm, 5 Hz)	10,000 以上	曲げ疲労試験

※首都高速道路株式会社が独自に定めた試験方法²⁾

6. おわりに

第26回 国土技術開発賞 優秀賞の受賞をきっかけに、その名称を覚えやすい「エコセーフ舗装」に改めた。全国に採用されている高機能舗装がエコセーフ舗装に順次打ち換えられていけば、舗装も低炭素社会実現に大きな貢献ができる。そのため、今後はこの舗装の普及活動にも力を入れていきたい。

【参考文献】

- 1) 白井 悠ら：アスファルト舗装のタイヤ/路面転がり抵抗と自動車走行燃費の関係，土木学会論文集 E1（舗装工学）Vol.72, No.3, 2016
- 2) 首都高速道路株式会社：舗装設計施工要領，2024.4