

特集：次世代に向けた新技術開発……現状と将来の方向性

舗装技術の現状と将来の方向性 —次世代の舗装技術に向けて—

久保和幸*

1. はじめに

舗装工事を含む公共事業の予算は依然厳しい状況にあり、現存する舗装ストックの適切な管理のためにはより一層のコスト削減が必要である。こうした背景の下、平成13年度に「舗装の構造に関する技術基準」（以下、「技術基準」）が国土交通省の局長通達として発出され、これ以降、舗装工事は性能規定化が原則となっている。

ここでは、性能規定化に至った背景を説明するとともに、性能規定化の下、舗装に関する技術開発の方向性について述べる。

2. 舗装に関する技術基準類の性能規定化

平成13年3月に政府の方針として「規制緩和推進3カ年計画」が策定され、「基準の内容が技術革新に対して柔軟に対応できるよう、仕様規定となっている基準については原則としてこれをすべて性能規定化するよう検討を行う」こととなった。

従来、車道の舗装は、原則として、アスファルト舗装もしくはセメントコンクリート舗装に限定されていたが、こうした政府の規制緩和の方針を受け、(社)日本道路協会ではそれまでの仕様規定型の技術基準である「アスファルト舗装要綱」、「セメントコンクリート舗装要綱」を抜本的に改定し、新たに性能規定化を基本とする「舗装の構造に関する技術基準・同解説」（以下、技術基準）をとりまとめた。

図-1に舗装の性能指標の例を示す。ここでは、舗装に求められる基本的な機能として、“安全”、“円滑”、“快適”、“環境”を掲げ、こうした機能を実現するためにハードとしての舗装（路面）がどのような性能を有すべきか、という観点で整理している。

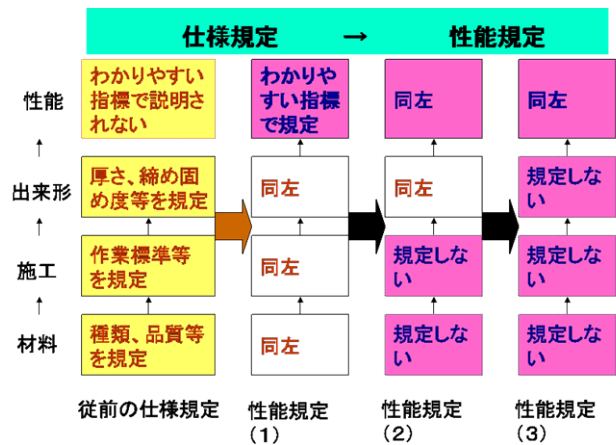


図-2 性能規定化の概念¹⁾

図-2に性能規定化の概念を示す。仕様規定から性能規定への以降にはいくつかの段階があり、この図に示す「性能規定(1)」はいわゆる見なし規定である。この場合、実際に行う舗装の構造設計や舗装材料に求める品質、施工管理の精度などは従来の舗装工事と同様であるが、これまでの実績から耐久性等が確認されているので、従来と同程度の耐久性を求める場合には、これまで通りの舗装工事を行えばよい、ということとなる。一方、「性能規定(3)」は最終的に求める性能（耐久性など）を満足すれば何をやってもよい、というものである。例えば、“10年間わだち掘れ量を30mm以下にせよ”、という要求性能に対し、業者側はセメントコンクリート舗装などの塑性変形を起こさない舗装技術の提案もできるし、毎年修繕工事を行うことで要求性能を満足することもできる。「性能規定(3)」は、従来、アスファルト混合物の塑性変形特性を改善することがほぼ唯一の対応策であったのに対し、さまざまな発想での

路面の機能	路面への具体的ニーズ	路面の要件	舗装の性能	性能指標
安全な交通の確保	視距内で制動停止できる	ひび割れがない	耐久	疲労破壊係数
	車両操縦性がよい	すべらない	すべり抵抗	すべり抵抗値
	ヘッドロブレーニング現象がない	わだち掘れが小さい	塑性変形	塑性変形係数
	水跳ねがない	平坦である	耐摩耗	すり減り量
円滑な交通の確保	疲労破壊していない	透水する	耐骨材飛散	ねじれ抵抗性
		騒音が小さい	騒音低減	騒音値
快適な交通の確保	乗り心地がよい	振動が小さい	振動低減	振動レベル
	寄傷みがない	明るい	白色	輝度
環境の保全と改善	水跳ねがない			
	沿道等への水跳ねがない			
	地下水を涵養する			

図-1 舗装の性能指標の例¹⁾

提案を可能とするものであり、業者側の提案能力のほか、発注者側の提案を評価する能力も求められ、供用期間中におけるトラブルに関する取り決めなど、従来の舗装工事の範疇では対応できない契約上のルールなども新たに規定する必要がある。

3. これからの技術開発の視点

性能規定化により、今後さまざまな舗装技術の開発が行える環境が整備された。ここでは、今後どのような舗装技術が開発される可能性があるのかを紹介する。

3.1 長寿命化に資する技術

舗装に求められる基本的な性能の一つに耐久性がある。具体的には技術基準で定める「疲労破壊輪数」がこれに当たるが、要するに破壊せずに長持ちすることが求められるということである。

耐久性の議論はすなわち、舗装の破壊とは何かという議論であり、これまで経験法であるTA法でアスファルト舗装の構造設計を行ってきた多くの舗装技術者にとって、実は議論したことがないテーマである。基準においては舗装の破壊を繰り返し曲げ荷重による疲労破壊とすることにより、これまで別々の設計法で構造設計が行われてきたアスファルト舗装とセメントコンクリート舗装、橋面上の舗装など様々な舗装の構造設計を統一的に整理しようとしている。

耐久性を向上させる技術としては、

- ① 耐久性の高い材料を使用する
- ② 舗装の厚さを厚くする
- ③ コンポジット舗装（セメントコンクリート舗装の上にアスファルト混合物層を設け、セメントコンクリート舗装の耐久性とアスファルト舗装の走行快適性を両立させた舗装）のような長寿命化舗装

がある。これらの舗装技術はことさら特殊なものではないが、その耐久性を如何に評価するかにこれまで多くの舗装技術者が腐心してきている。

技術基準において「疲労破壊輪数」が舗装の必須の性能として取り上げられてことを受け、その評価手法として舗装のたわみ特性に着目した多層弾性理論に基づく評価手法が提案されている。多層弾性理論は、舗装構造を複数の弾性体の集合体とみなし、それぞれの層の弾性係数やポアソン比、舗装に掛かる荷重を元に、各層のたわみ量を求め

るものである、得られたたわみ量から、舗装各層の疲労破壊試験結果を元に、個々の層がどの程度の繰り返し載荷に耐え得るかを評価することができる²⁾。写真-1に、舗装のたわみ量を現地で測定することができるFWD（Falling Weight Deflectometer）を示す。



写真-1 疲労破壊輪数の評価方法

従来、アスファルト舗装は10年、セメントコンクリート舗装は20年を標準的な設計期間としてきたが、技術基準ではこの設計期間も原則として任意に設定できることとしている。これにより、初期コストを抑えて維持修繕で対応するか、初期コストを掛けて将来の維持修繕の負担を軽くするかを選択することができる環境が整備されたが、将来の管理まで見込んだ長期的なコストに基づく総合評価方式の発注事例は舗装工事ではまだない。ライフサイクルコスト（以下、LCC）の概念はかなり以前から存在し、土木研究所をはじめ大学やコンサルタントなど様々な研究機関で検討されてきているが、全国統一基準のようなものは存在しない。ライフサイクルコストの概念は図-3のとおりであるが、特に問題となるのは時間損失費用や環境改善便益、車両走行費用といったいわゆる外部コスト（道路利用者の費用）を如何に算出するかである。特に最近では車両走行騒音の低減効果のある排水性舗装や路面温度の低減効果のある保水性舗装などが普及してきており、こうした効果をどのようにして定量化するのが大きな課題として残されている。また、舗装の管理目標を如何に設定するかもライフサイクルコストと関係があり、より経済的な道路管理を行うためには管理目標はどの程度が妥当であるのかといったこともま

た課題として積み残されている。

例えばコンクリート舗装はアスファルト舗装よりも長寿命であるが、維持修繕時により長期間の通行止めを必要とすることから施工実績は激減しており、その耐久性・設計期間の妥当性を評価できるソフト技術の開発も不可欠である。

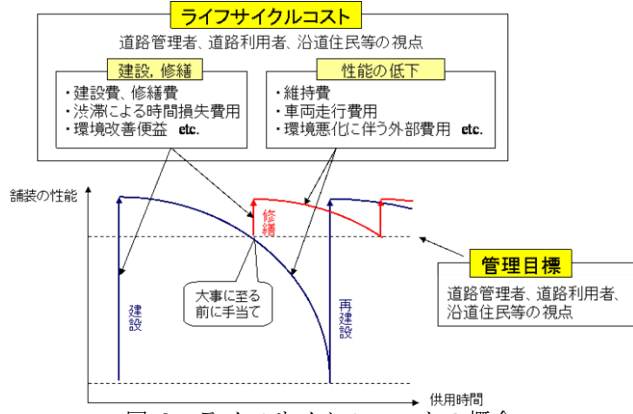


図-3 ライフサイクルコストの概念

3.2 環境の保全・改善に資する技術

近年、舗装に対して耐久性以外の付加価値を求めるケースが多くなっている。例えば、排水性舗装は、従来の舗装技術においてタブーとされていた舗装体内に水を浸透させる技術であるが、これにより雨天時の走行安全性が飛躍的に向上するため、高速道路の舗装の6割程度は既に排水性舗装（高機能舗装）に打ち換えられている。“環境”は不況にあえぐ舗装業界にとって極めて重要なキーワードであり、これまでもさまざまな技術が開発されている。ここでは環境を“地球・社会環境”、“都市環境”、“沿道・道路空間環境”に大別し、それぞれについて求められる性能と対応する技術の概要を紹介する。

(1) 地球・社会環境に関する課題とその対策

地球・社会環境としては地球温暖化とゴミ処理問題が挙げられる。地球温暖化については、全産業から排出されるCO₂のうち、道路分野から3%程度排出されているという調査報告もあり³⁾、舗装工事においても排出量の削減が期待される場所である。通常、アスファルト混合物の製造は、骨材である砕石や砂と接着剤であるアスファルトを均等に混合するため、アスファルトが十分軟化する160℃程度で行われる。中温化技術はこのアスファルトの軟化を水蒸気や添加剤を加えることで促進し、製造温度を30～50℃程度下げようと

いうものである。開発業者の試算では混合物製造時のCO₂排出量は10%以上低下するとされている。

ゴミ処理問題については、舗装工事から発生するアスファルト・コンクリート塊のリサイクル率はほぼ100%であり、リサイクル性は極めて高い。リサイクルに関する今後の課題としては、排水性舗装に代表される改質アスファルトを使用した舗装発生材の再生利用方法の確立、他産業からの発生材について、その受け入れルールの確立などが挙げられる。

(2) 都市環境に関する課題とその対策

都市環境としては、近年頻発している“都市型洪水”、“ヒートアイランド現象”、“大気汚染”が挙げられる。

都市型洪水に対しては、都市域において道路を舗装したために雨水が河川に流出しやすくなったという指摘もあり、特定都市河川に指定された流域においては道路においても雨水の流出抑制対策を講じることを求める「特定都市河川浸水被害対策法」が平成15年6月に施工されている。こうした背景から、土木研究所では、従来歩道でのみ施工されていた透水性舗装について、車道でも適用できるように調査研究を進め、平成17年12月に「道路路面雨水処理マニュアル（案）」を刊行し、その研究成果を公表している。

ヒートアイランド現象については、“緑地、水面の減少と建築物・舗装面の増大による地表面の人工化”が要因の一つであるとされており、舗装分野においても対策を講じることが期待されている。こうした背景を受け、舗装路面温度を低減することを目的に保水性舗装ならびに遮熱性舗装が開発されている。これらの舗装の概念図を図-4に示す。保水性舗装は舗装表層に高分子吸収剤などを用いることで保水効果を持たせ、雨天時に表層に貯留した水分が晴天時に蒸発することにより、その蒸発による潜熱移動で路面温度を下げる技術である。一方、遮熱性舗装は舗装表面に太陽光の長波放射を反射する材料を塗布もしくは混入し、太陽光を反射することにより路面温度を上げさせない技術である。これらの舗装技術により夏の炎天下での路面温度を10℃以上低下させることができ、試験舗装箇所における実測結果では気温も1℃程度低下させることができる。

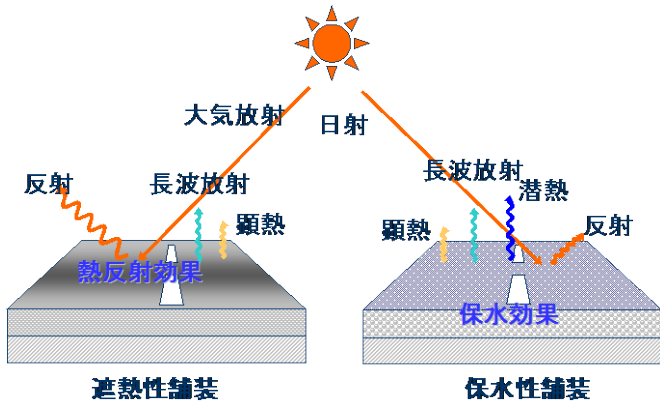


図-4 遮熱性舗装と保水性舗装の概念図

いるケースが多く、より客観的な評価手法の開発が求められている。



写真-2 土系舗装の例

大気汚染については、舗装路面に酸化チタンを塗布することにより、窒素酸化物を路面に吸着する、という技術も開発されている。ただし、吸着効果は確認されているものの、大気汚染を改善するといったレベルまでには至っていないのが現状である。また、施工費用は通常のアスファルト舗装の3～5倍程度であるとともに、路面が汚れてしまった場合、効果の持続性にも難があり、さらに最近では自動車側の対策が進んできたことから、施工量は減少している。

(3) 沿道・道路空間環境に関する課題とその対策

沿道・道路空間環境に関しては“騒音”、“振動”、景観“などが挙げられる。

騒音については、低騒音舗装としても広く普及している排水性舗装が既に実用化されているが、その騒音低減効果は3～5年程度であり、恒常的な騒音対策には至っていない。機能の持続性の向上や機能回復技術などが課題として挙げられる。また、碎石の代わりに廃タイヤなどから製造されるゴムチップを使用する“多孔質弾性舗装”と呼ばれる技術も土木研究所を中心にタイヤメーカー、舗装業者が共同で研究開発に取り組んでおり、実用化すれば10dB程度で、かつより長期間の騒音低減効果が期待できる。

振動については、土木研究所における共同研究等によりいくつかの技術的提案は為されているが、コストなどの観点から実用には至っていない。セメントなどの固化剤を用いた路床の改良が一般的に行われているようである。

景観については、従前より歩道用を中心に民間企業がブロック舗装や土系舗装（写真-2）などの技術開発を行っている。景観を改善する舗装技術については道路管理者が主観的な判断で採用して

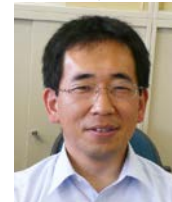
4. まとめ

平成13年の技術基準の改訂により舗装工事を性能規定化した結果、さまざまな技術の開発・採用が可能となった。今後は特に環境分野での技術開発が求められており、その評価技術も重要となってくると考えられる。

参考文献

- 1) 「舗装の構造に関する技術基準・同解説」：(社) 日本道路協会、2001.7.
- 2) 「舗装性能評価法—必須および主要な性能指標の評価法編」：(社) 日本道路協会、2006.1.
- 3) 「省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発第一編 土木分野」、建設省総合技術開発プロジェクト最終報告書、1996.10.

久保和幸*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究員
Kazuyuki KUBO