

性能規定化された技術基準の下での 舗装の性能評価法の枠組み

吉田 武

工修 独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 特別研究官
(〒305-8516 つくば市南原1-6)
E-mail:yoshi968@pwri.go.jp

舗装の技術基準が性能規定化され、個別の性能指標の実用的な測定方法の整備が急務となった。本ノートの目的は、技術基準の下での性能評価法の枠組みを提案することで、具体的な性能評価法に関する議論と研究を活性化することにある。

技術基準の規定から、性能評価は、現地において当該舗装の性能指標を測定するだけでなく、当該舗装を代替可能である供試体を用いる方法や性能指標と関連付けられる指標の測定結果に基づき当該性能指標を数値化する方法を組み合わせることで可能である。また、舗装の性能指標の測定と舗装の仕様の確認の両方において非破壊検査技術が重要である。

*Key Words : pavement, performance-based specification, performance evaluation method,
wheel number for fatigue failure, wheel number for plastic flow*

1. まえがき

技術基準が性能規定化され、舗装の性能評価の重要性が高まった。技術基準は、舗装の性能指標の設定と確認について規定し、具体的な測定方法を例示するとともに、これら以外の測定方法の認定に係る判断は当該道路管理者が行うものとしている。このため、性能評価法の枠組みについて整理し、関係者の共通認識とすることが急務である。

本ノートでは、技術基準の規定から性能評価の要件を整理し、性能評価法の定義を提案する。これを受けて、性能評価法の枠組みを示すとともに、検討の方向を整理する。さらに、いくつかの代表的指標について性能評価法の骨組みを例示する。

なお、本ノートの内容は、著者独自の考察に基づく提案であり、必ずしも土木研究所ならびに国土交通省の見解を代表するものではない。

2. 技術基準と性能評価法

(1) 技術基準

平成13年に性能規定スタイルの舗装の技術基準類の体系が整った¹⁾。4月に道路構造令（昭和45年10月29日政令第320号）が改正され、アスファルト・コンクリート舗装及びセメント・コンクリート舗装が車道及び側帯の舗装の標準でなくなった。6月に車道及び側帯の舗装の構造の基準に関する省令（平成13年6月26日国土交通省令第103号）が制定され、疲労破壊輪数、塑性変形輪数、平たん性、必要に応じ浸透水量を満足すれば、舗装の材料、施工方法が問われないこととなった。

同時に、舗装の構造に関する技術基準について（平成13年6月29日国都街第48号、国道企第5号、国土交通省都市・地域整備局長、道路局長通知）（以下、「技術基準」という。）により、舗装の設計期間、舗装計画交通量、舗装の性能指標及びその値を道路管理者が定めることとされた²⁾。

(2) 性能評価法

技術基準第4章性能の確認では、性能の確認、性能指標の確認、性能指標の値の確認、性能指標の測定方法等の用語が使われている（表-1）。これらは、「性能指標及びその値で表現される舗装の性能を確認するために、対象とする舗装の当該性能指標を数値化する」という文脈で用いられている。本ノートでは、この一連の手続きを表すものとして、性能評価という用語を用いる。

技術基準4-2舗装の性能指標の測定方法では、性能指標の定義（技術基準1-3用語の定義）に沿った現地における測定方法を基本としながらも、性能評価の拡充を意図して、いくつかの代替法を例示している。これらが示唆する性能評価の要件は2つである。

(a) 舗装の供試体による場合、対象とする舗装を当該供試体が代替可能であることが明白であること：疲労破壊輪数については舗装構成（舗装を構成する層の数並びに各層の厚さ及び材質）が同一であること、塑性変形輪数については表層の厚さ及び材質が同一であることが技術基準に明記されている。

表-1 技術基準第4章性能の確認

4-1 舗装の性能指標の確認

- (1) 舗装の施工直後に、舗装の性能指標の値について確認するものとする。
- (2) 舗装の性能指標の値について、供用後一定期間を経た時点の値を定めた場合においては、その時点で確認するものとする。

4-2 舗装の性能指標の測定方法

1. 車道及び側帯の舗装の必須の性能指標

- (1) 疲労破壊輪数
 - 1) 車道及び側帯の舗装の疲労破壊輪数は、任意の車道（2以上の車線を有する道路にあっては、各車線。）の中央から1メートル離れた任意の舗装の部分の路面に対し、促進載荷装置を用いた繰り返し載荷試験によって確認できるものとする。
 - 2) 1) の疲労破壊輪数は、当該舗装道の区間の舗装と舗装構成が同一である舗装の供試体による繰り返し載荷試験によって確認できるものとする。
 - 3) 当該舗装道の区間の舗装と表層の厚さ及び材質が同一である他の舗装道の区間の舗装の表層の塑性変形輪数が過去の実績からみて確認されている場合においては、当該表層の塑性変形輪数をその値とするものとする。

過去の実績からみて確認されている場合においては、当該舗装の疲労破壊輪数をその値とするものとする。

- 4) 別表1に掲げるアスファルト・コンクリート舗装は、任意の舗装の設計期間に対して、2-5.1. (1) 1) の基準に適合するものとみなす。
- 5) 別表2に掲げるセメント・コンクリート舗装は、当該舗装の設計期間を20年として、2-5.1. (1) 1) の基準に適合するものとみなす。

(2) 塑性変形輪数

- 1) 車道及び側帯の舗装の表層の塑性変形輪数は、現地における促進載荷装置を用いた繰り返し載荷試験によって確認できるものとする。
- 2) 1) の塑性変形輪数は、当該舗装道の区間の舗装と表層の厚さ及び材質が同一である舗装の供試体による、試験温度60度とした繰り返し載荷試験によって確認できるものとする。
- 3) 1) の塑性変形輪数は、試験温度60度としたホイールトラッキング試験によって確認できるものとする。
- 4) 当該舗装道の区間の舗装と表層の厚さ及び材質が同一である他の舗装道の区間の舗装の表層の塑性変形輪数が過去の実績からみて確認されている場合においては、当該表層の塑性変形輪数をその値とするものとする。
- 5) 表層に用いられるセメント・コンクリートは、2-5.1. (2) 1) の基準に適合するものとみなす。

(3) 平たん性

車道及び側帯の舗装路面の平たん性は、3メートルプロフィルメータによる平たん性測定方法又はこれと同等の平たん性を算定できる測定方法によって確認できるものとする。

2. 浸透水量

車道及び側帯の舗装路面の浸透水量は、1,000平方メートルにつき1箇所以上の割合で任意に選定した直径15センチメートルの円形の舗装路面に対し、路面から高さ60センチメートルまで満たした水を400ミリリットル注入させた場合の時間から算定する方法によって確認できるものとする。

4-3 新しい測定方法の認定

4-2以外の測定方法により、舗装の性能指標の値について、確認できるか否かの判断は、当該道路管理者が行うものとする。なお、独立行政法人土木研究所において、舗装の性能指標の測定方法として認められる方法を公表するので、適宜参考とされたい。

(b) 性能指標以外の指標から算定する場合、当該指標と性能指標の関係が明白であること：アスファルト混合物の耐流動性評価指標である動的安定度を測定するホイールトラッキング試験により塑性変形輪数を確認できることが技術基準に明記されている。ホイールトラッキング試験は一辺 30cm、厚さ 5cm の供試体の上をソリッドタイヤを往復運動させるものであるが、表層の塑性変形量を対象とすることから、舗装路面に 49 キロニュートンの輪荷重を繰り返し加えた場合に、当該舗装路面が下方に 1 ミリメートル変位するまでに要する回数である塑性変形輪数との相関の高さは容易に想像できる。また、同試験の結果を用いて塑性変形輪数を算定する式も提案されている²⁾。

以上のことから、性能評価法を「舗装あるいはこれを代替可能な供試体の、性能指標あるいはこれと関連付けられる指標を測定することで、対象とする舗装の当該性能指標を数値化する方法」と定義づくことができる。

なお、ここで言う数値化に算定あるいは推定という行為を伴うことは、技術的または経済的な理由から正当化されるものである。ただし、個別手法の精度については、技術的に検証され、所要の精度を有することを確認しなければならない。

3. 性能評価法の枠組み

(1) 性能評価法の枠組み

先述した性能評価法の定義に基づき、測定する対象と指標を軸とした性能評価法の枠組みを表-2 に示す³⁾。性能評価法は、測定する対象と指標により 4 つに区分されるが、それぞれに得失がある。具体的な方法の検討ならびに採用にあたってはこのことを認識する必要がある。

(a) 現地において当該舗装の性能指標を測定：性能指標の定義に沿ったもので、直接的な方法である。技術基準では、具体的な測定方法が例示されている 4 指標のうち、平たん性と浸透水量についてはこの方法だけが例示されている。他方、疲労破壊輪数や塑性変形輪数のような舗装の耐久性に係る性能指標の確認にこの方法を用いた場合、当該舗装は損傷を受けることになる。すなわち、疲労破壊輪数を確認された舗装にはひび割れが生じており、塑性変形輪数を確認された舗装の表面には変形が生じている。このような性能評価法を一般交通の用に供される舗装に適用することは、実用的とは言い難い。

表-2 性能評価法の枠組み

対象	指標	性能指標	性能指標以外の指標
舗装（現地）		(a) 現地において当該舗装の性能指標を測定	(c) 現地において当該舗装の性能指標と関連付けられる指標を測定、その結果に基づき当該性能指標を数値化
供試体		(b) 当該舗装を代替可能である供試体の性能指標を測定	(d) 当該舗装を代替可能である供試体の性能指標と関連付けられる指標を測定、その結果に基づき当該舗装の性能指標を数値化

(b) 当該舗装を代替可能である供試体の性能指標を測定：ここで言う供試体には、他の舗装道の区間の舗装も含まれる。

(c) 現地において当該舗装の性能指標と関連付けられる指標を測定、その結果に基づき当該性能指標を数値化：性能指標と関連づけられる指標の測定に用いられる技術にも破壊を伴う検査技術と非破壊検査技術とがあり得る。

(d) 当該舗装を代替可能である供試体の性能指標と関連付けられる指標を測定、その結果に基づき当該舗装の性能指標を数値化。

(2) 供試体による舗装の再現性の確認

供試体を用いた性能評価を行う場合、供試体による当該舗装の代替可能性、すなわち、供試体が当該舗装の仕様を再現していることを確認する必要がある。舗装の仕様とは舗装の出来形と品質をさし、技術基準では、疲労破壊輪数については舗装構成（舗装を構成する層の数並びに各層の厚さ及び材質）、塑性変形輪数については表層の厚さ及び材質という表現がされている。ここで言う材質が同一であることを確認するためには具体的な指標が必要であることは言うまでもない。

舗装の性能確認の時点と当該舗装の仕様の確認の時点は同一であることが原則である。技術基準は、

性能確認の時点を施工直後あるいは供用後一定期間を経た時点と規定している。ここで、舗装の設計法と性能評価法は異なる概念であることを認識し、両者を混同しないことは、重要なことである。

また、性能評価は、施工直後だけでなく、供用後の任意の時点で行われうる行為であることから、舗装の仕様の確認方法は、任意の舗装に対し非破壊検査技術により行えるものであることが望ましい。

技術基準は、疲労破壊輪数の基準に適合する舗装の仕様として、アスファルト・コンクリート舗装について別表1を、またセメント・コンクリート舗装については設計期間を20年として別表2を掲げている。両表とも再現性確認のための具体的指標として、舗装を構成する各層の厚さ、各層を構成する材料の性状等を明示している。これらの指標には施工に関するものが含まれておらず、施工の条件によっては期待される性能を有さないこともあります。技術基準は、その性格上、性能が不足するおそれのある仕様を例示できないことから、設計の信頼性が50%以上（アスファルト・コンクリート舗装については90%）の仕様を例示したものである²⁾。

信頼性は、交通、気象、施工等に係る不確定要因に対処するために、計画・設計の段階で考慮すべき概念である。施工された舗装の具体的指標をもって舗装の設計の再現性を確認する方法が用意されれば、施工に係る不確定要因を設計段階で排除することができる。このことにより、同じ信頼性の下で、より経済的な設計の導入が可能となる。

4. 疲労破壊輪数と塑性変形輪数

(1) 疲労破壊輪数

技術基準に例示された測定方法及び現在実用化が可能と考えられる試験法による、疲労破壊輪数に係る評価法の骨組みを表-3に示す。

フォーリング・ウェイト・デフレクトメータ(FWD)によるたわみ量測定試験方法⁴⁾は、任意の舗装に適用可能な非破壊検査技術である。海外で提案されたたわみ量からアスファルト舗装の耐久性を推定する手法⁵⁾に関しては、その後国内外で多くの研究成果が得られ、測定方法や計測データの整理方法については既にまとめられている⁶⁾。今後、その実用化と一般化のための検討が望まれる。

表-3 疲労破壊輪数に係る評価法の骨組み

対象	指標	疲労破壊輪数	疲労破壊輪数以外の指標
舗装（現地）	促進載荷装置を用いた繰り返し載荷試験		フォーリング・ウェイト・デフレクトメータ(FWD)によるたわみ量測定試験 [たわみ量]
供試体	舗装の供試体による繰り返し載荷試験 他の舗装道の区間の舗装の疲労破壊輪数が過去の実績からみて確認されている場合（例えば、別表1に掲げるアスファルト・コンクリート舗装及び別表2に掲げるセメント・コンクリート舗装）		

(2) 塑性変形輪数

技術基準に例示された測定方法及び現在実用化が可能と考えられる試験法による、塑性変形輪数に係る評価法の骨組みを表-4に示す。

塑性変形輪数は、その定義から、表層の温度を60度として測定する必要があり、室内試験による評価法が実用的である。

アスファルト混合物の耐流動性評価指標である動的安定度を測定するホイールトラッキング試験による場合、供試体諸元の影響、49キロニュートン輪荷重に代えてソリッドタイヤを用いることの影響等について確認した上で、動的安定度から塑性変形輪数を算定する方法を確立する必要がある。

室内試験であるSST(SUPERPAVE Shear Tester)のRSCH(Repeated Shear Test at Constant Height)モードにより算定されるアスファルト混合物のSDR値(Shear Deformation Rate)が動的安定度と高い相関を有することが知られている⁷⁾。供試体による舗装の代替性が担保されれば、SDR値から塑性変形輪数を算定することも可能である。

表-4 塑性変形輪数に係る評価法の骨組み

対象 指標	塑性変形輪数	塑性変形輪数 以外の指標
舗装（現地）	促進載荷装置を用いた繰り返し載荷試験	切り取り供試体による、試験温度60度としたホイールトラッキング試験〔動的安定度〕
供試体	舗装の供試体による、試験温度60度とした繰り返し載荷試験 他の舗装道の区間の舗装の表層の塑性変形輪数が過去の実績からみて確認されている場合（例えば、表層に用いられるセメント・コンクリート）	試験用供試体による、試験温度60度としたホイールトラッキング試験〔動的安定度〕

5. 結論

(1) 技術基準の規定から、性能評価法を「舗装あるいはこれを代替可能な供試体の、性能指標あるいはこれと関連付けられる指標を測定することで、対象とする舗装の当該性能指標を数値化する方法」と定義づけることができる。

(2) 性能評価は、現地において当該舗装の性能指標を測定するだけでなく、当該舗装を代替可能である供試体を用いる方法や性能指標と関連付けられる指標の測定結果に基づき当該性能指標を数値化する方法を組み合わせることで可能である。この性能評価法の枠組みで具体的な方法を検討し、採用するにあたっては、評価の効率と精度が重要な視点となる。

(3) 供試体を用いた性能評価を行う場合、供試体が当該舗装の仕様を再現していることを具体的な指標により確認する必要がある。舗装の性能確認の時点と当該舗装の仕様の確認の時点は同一であることが原則である。性能評価は、施工直後だけでなく、供用後の任意の時点で行われうる行為であることから、舗装の仕様の確認方法は、任意の舗装に対し非破壊検査技術により行えるものであることが望ましい。

参考文献

- 1) 吉田武：性能規定化された舗装の技術基準，九州技報，No.31, pp. 91-98, 2002.
- 2) (社)日本道路協会：舗装の構造に関する技術基準・同解説，丸善，2001.
- 3) Yoshida, T.: Performance-Based Specification as a Step to Performance-Based Management and Maintenance of Pavement in Japan, IRF & ARF Asia Pacific Roads Conference and Exhibition 2002, Paper Number 71, 2002.
- 4) (社)日本道路協会：舗装試験法便覧別冊，丸善，1996.
- 5) Lister, N.W., Kennedy, C.K. and Ferne, B.W.: The TRRL Method for Planning and Design of Structural Maintenance, Fifth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, pp. 709-725, 1982.
- 6) 土木学会舗装工学委員会：FWD および小型 FWD 運用の手引き，2003.
- 7) 国土交通省土木研究所道路部舗装研究室：アスファルト混合物の新しい耐流動性評価手法の開発，土木研究所資料第3802号，2001.

(2003.12.26 受付)

FRAMEWORK OF PAVEMENT PERFORMANCE EVALUATION METHOD UNDER THE SCHEME OF PERFORMANCE-BASED SPECIFICATION

Takeshi YOSHIDA

Since technical standard was set as a performance-based specification, developing practical measurement methods for individual performance indicators have been urgent. This paper aims to present a framework of pavement performance evaluation methods under the technical standard and to activate discussion and research on specific evaluation methods. According to the contents of the technical standard, pavement performance can be evaluated not only by measuring the pavement in situ with performance indicator but also by using specimens properly substituted for the pavement and/or calculating the performance indicator based on measured values of indicators which correlate with the actual pavement performance.