

鹿島道路技術研究所 正会員 海老沢秀治
 鹿島道路技術研究所 正会員 金井 利浩
 金 沢 工 業 大 学 正会員 本田 秀行

1. はじめに

近年、道路ストックの増大にともない、維持修繕が必要な舗装が増加し、舗装の効率的な評価方法の確立が望まれている。道路利用者の乗り心地に直接影響する路面性状の評価は一般的に3mプロファイルメータにより行われてきたが、IRIのように絶対プロファイルを用いた評価方法も世界レベルで注目されている。このような状況のなか、各種測定技術の向上により、走行しながら路面の絶対プロファイルを自動計測できる測定車が開発、実用化されてきている。しかし、このような測定装置は高価であり、広く普及するにはコストダウンを含めた改良が必要と思われる。本文では、スパン長が30m程度の2箇所の近代木造車道橋において、既存の測定装置を利用して簡易に絶対プロファイルを測定するとともに、得られたデータについてスペクトル密度解析を実施し、路面性状を評価した事例を紹介する。

2. 調査概要

(1)測定箇所：長野県広域基幹林道台ヶ峰線、木のかけ橋¹⁾(以下、K橋)(1996年10月完工)、みどり橋¹⁾(以下、M橋)(1996年12月完工)

(2)測定期日：1998年12月9日(供用2年経過後)

(3)絶対プロファイルの測定方法：測定は以下の手順で実施した。

- ・橋梁の起終点部の高さをレベルにて測量する。
- ・レーザプロファイラ LP-200(トキメック自動建機製)により、外測線から80cm内側の位置の路面凹凸(高さ)を縦断方向に10cm間隔で計測する(mm単位)。
- ・レーザプロファイラ本体の測定時の傾きから、計測された路面凹凸(高さ)を補正し、起終点高さによる調整を行って絶対プロファイルに換算する。

3. 測定および解析結果

(1)路面プロファイルの測定結果

上記の方法により得られた路面の絶対プロファイルを図-1、2に示す。

(2)スペクトル解析手法と解析結果

本検討では、次式に示す最大エントロピー法(MEM)の推定式²⁾によって、路面凹凸パワースペクトル密度 $S_r(\Omega)$ を求めている。

$$S_r(\Omega) = \Delta l P_m / |1 + \sum \gamma_{mk} \exp(i 2\pi \Omega k \Delta l)|^2 \quad (1)$$

ここに、 Ω (c/m)は1m当たり何回の凹凸があるかを示す路面周波数であり、その逆数は凹凸波長 $\lambda = 1/\Omega$ (m)の関係がある。また、係数 γ_{mk} は予測誤差フィルターと呼ばれているものであり、 P_m は予測誤差の分散を、 Δl はデータ間隔をそれぞれ示している。なお、本解析では γ_{mk} のフィルタの項数を $m = 2\sqrt{N}$ としている(N =データ数)。

図-1および図-2から明らかとなおり路面には縦断勾配があり、解析はこの縦断を除去した場合についても実施しているが、紙面の関係上ここでは、縦断勾配を含めた絶対プロファイルの解析結果についてのみ述べる。解析結果を図

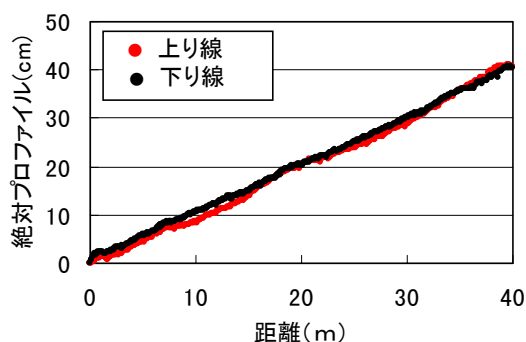


図-1 K橋の絶対プロファイル

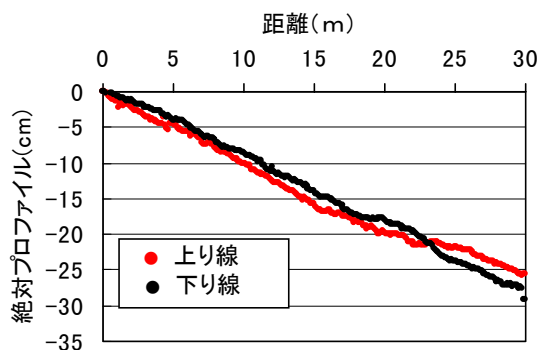


図-2 M橋の絶対プロファイル

Key word：路面性状，絶対プロファイル，レーザプロファイラ，スペクトル解析，最大エントロピー法

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1，TEL：0424-83-0541，FAX：0424-87-8796

- 3 に示す。

4．路面性状の評価

図 - 3 には、本田が開発した、路面状態の良否を判定するための基準値³⁾も併記しており、これにより路面の状態を「極良」、「良好」、「普通」、「悪い」、「極悪」に分類することができる。図 - 3 より、両橋の上下車線ともに、 $0.1 < \Omega < 1.0$ c/m ($\lambda = 10$ m ~ 1 m) の路面周波数域では「良好な路面状態」、 $1.0 < \Omega < 5.0$ c/m ($\lambda = 1$ m ~ 20 cm) の路面周波数域で「普通の路面状態」と評価される。

また、路面凹凸のパワースペクトル密度は、通常の走行速度の自動車振動に影響する凹凸周波数の範囲において、一般的に指数関数に近似され、次式のように表される。

$$S_r(\Omega) = a \Omega^{-n} \quad (2)$$

ここに、 a は路面の平坦性を表す平滑度パラメータであり、その値が大きい程路面状態が悪いことを意味している。 n は凹凸周波数によるパワーの分布を示す指数（スペクトルの傾き）で、この値が小さいほど波長が短いことを意味しており、通常のアスファルト舗装やコンクリート舗装による路面の場合には 2 前後の値²⁾ となる。

図 - 4 は、式(2)で指数関数に近似した路面凹凸パワースペクトル密度（表 - 1 参照）に関して、路面周波数 $\Omega = 1/2\pi$ のときのパワースペクトル密度 $S_r(\Omega = 1/2\pi)$ と a 値との関係を示している。図中、縦軸の破線は本田ら²⁾ が開発した ISO の評価基準に対応する路面状態の各カテゴリの境界を表している。また、横軸 a 値の破線は、道路橋路面凹凸の実態調査²⁾（測定路面数 84）で得た n の全平均=1.94 を用いて、ISO の評価基準に相当する a 値を逆算・推定したものであり、路面状態の各カテゴリの境界である。この図から、両橋の上下車線の路面ともに、「良好に近い普通」状態と評価される。なお、回帰係数 n の値が一般的な機械施工のアスファルト舗装に比べ小さめの値となっているのは、当該舗装は 2 橋とも手引き（流込み工法・プレコートチップ圧入）による施工¹⁾ であり、比較的短波長の路面凹凸が残存していることを示しているものと考えられる。

5．まとめ

レーザープロファイラを用いることにより簡便かつ正確に路面の絶対プロファイルを測定できる。

2 箇所の橋面舗装は、スペクトル解析結果より供用 2 年経過後も良好な路面状態を保持していることが分かった。

<参考文献> 1) 中村他：木造車道橋への弾性舗装材の適用事例、舗装、pp.21-26、1999.10

2) 本田他：道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する踏査、土木学会論文集、No.315、pp.149-155、1981.11

3) 橋梁振動研究会：橋梁振動の計測と解析、技報堂出版、1993.10

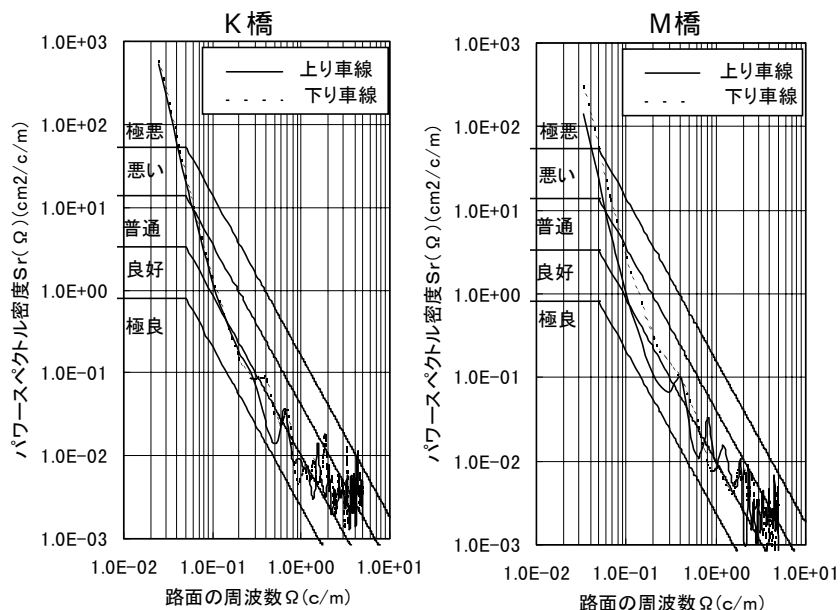


図 - 3 K橋およびM橋のパワースペクトル密度

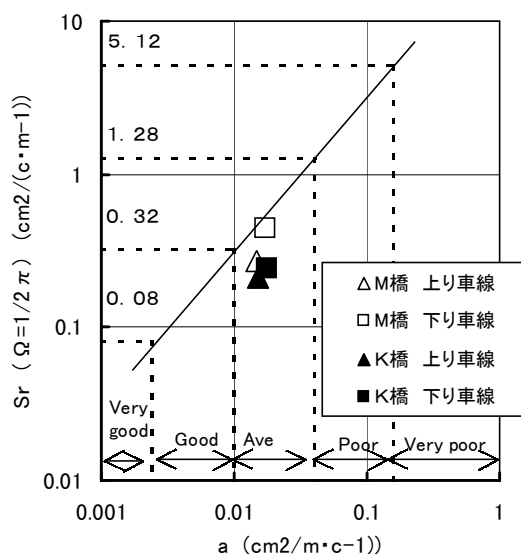


図 - 4 平滑度パラメータ a 値による路面状態の評価

表 - 1 指数回帰の結果

橋名	車線	a 値 ($\text{cm}^2/\text{m}/\text{c}$)	n 値	近似指数関数
K 橋	上り	0.0152	1.43	$S_r(\Omega) = 0.0152 \Omega^{-1.43}$
	下り	0.0178	1.42	$S_r(\Omega) = 0.0178 \Omega^{-1.42}$
M 橋	上り	0.0149	1.58	$S_r(\Omega) = 0.0149 \Omega^{-1.58}$
	下り	0.0173	1.76	$S_r(\Omega) = 0.0173 \Omega^{-1.76}$