

舗装路面の転がり抵抗評価のための路面テクスチャ指標に関する検討

(国研) 土木研究所 正会員 ○川上 篤史, 正会員 藪雅行
(株) NIPPO 正会員 白井 悠, 正会員 石垣 勉

1. はじめに

舗装路面の転がり抵抗を低減する舗装技術は、自動車の燃料消費量及び CO₂ 排出量を削減する新たな低炭素舗装技術として期待されている。筆者らはこれまでに転がり抵抗を低減する舗装（低燃費舗装）の開発やそのメカニズム解明に向けた研究を行っており^{1)~3)}、転がり抵抗係数（RRC）は路面テクスチャ指標（主に、平均プロファイル深さ（MPD））及びラフネス指標（IRI）と高い相関があることを明らかにした。この RRC に影響を及ぼす路面テクスチャ指標に関して更なる精度向上のため、MPD のほかパワースペクトル密度（PSD）や新たに開発したタイヤと路面の接地圧分布（CPD）も検討している。

本稿は、この路面テクスチャ指標に関する検討を進め、新たな指標として skewness を取り上げ、MPD、PSD、CPD も含め RRC との関係性を比較した。なお、本検討は（国研）土木研究所と（株）NIPPO の共同研究「低炭素舗装技術の高度化に関する研究」に関連して実施したものである。

2. 検討方法

2.1 試験路面およびその路面性状

試験に用いた舗装路面は、密粒度、開粒度、SMA、連続鉄筋コンクリート、低燃費と種類が多様で骨材粒径や路面劣化状態も様々である。国土技術政策総合研究所試験走路の 22 路面を選定した。舗装の種類および過去に報告³⁾した MPD、PSD、CPD を表-1、図-1、図-2 にそれぞれ示す。

また、新たな指標として skewness に着目し採用した。skewness は、舗装路面の転がり抵抗に影響を与えるテクスチャ形状をポジティブテクスチャ（骨材の並びが凸になった状態）とネガティブテクスチャ（同凹の状態）の分類に用いることが出来る可能性がある¹⁾。skewness はポジティブテクスチャの場合は正、ネガティブテクスチャの場合は負となり、絶対値が大きいくほどその度合いが大きくなる。skewness の算出式を式(1)に示す。各データは CT メータによって測定した。

$$skewness = \frac{[\sum_{n=1}^N (x_i - \mu)^3] / N}{\sigma^3} \quad (1)$$

ここに、 x_i : 各サンプル n の高さ (mm)、 μ : 平均高さ (mm)、 N : サンプル数、 σ : 標準偏差 (mm)

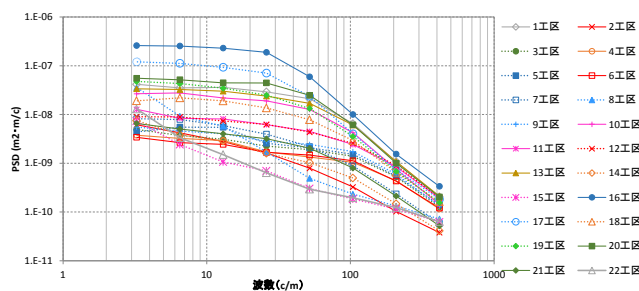
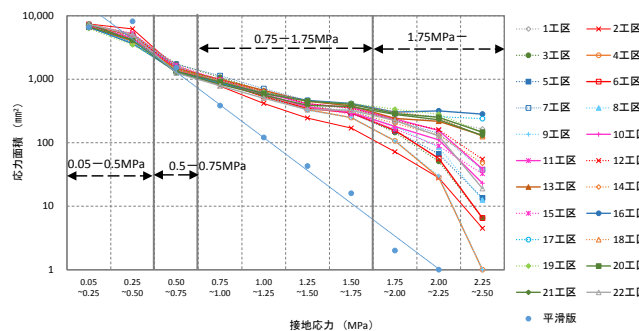
2.2 転がり抵抗係数（RRC）

各工区の RRC を図-3 に示す。これら RRC は、直接評価法となるすべり抵抗測定車によって速度ごとに計測

表-1 試験工区の概要³⁾

工区	混合物名	MPD (mm)
1	排水性(13)	1.54
2	密粒度(20)	0.35
3	低燃費①	0.61
4	低燃費②	0.58
5	低燃費③	0.71
6	低燃費④	0.62
7	密粒度 Cr	0.79
8	コンクリート Cr	0.44
9	SMA(5)	0.72
10	SMA(13)	1.21
11	排水性(5)Cr	1.01
12	排水性(5)	1.07
13	排水性(13)	1.79
14	密粒度	0.71
15	コンクリート Cr	0.40
16	排水性(20)	3.50
17	排水性(20)	2.45
18	排水性(10)Cr	1.49
19	排水性(13)	1.93
20	排水性(13)	2.11
21	密粒度 Cr	0.84
22	コンクリート	0.52

Cr: タイヤ通過部にクラックがある工区

図-1 各工区の PSD 測定結果³⁾図-2 各工区の CPD 測定結果³⁾

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 舗装チーム TEL : 029-879-6789

し、横応力補正および温度補正を行った²⁾。

この RRC とテクスチャ指標である MPD, PSD, CPD および skewness との関係性について検討した。なお、この関係整理にはクラック工区（全 5 工区）のデータを除いて分析した。

3. 研究結果

3.1 skewness の測定結果

skewness の測定結果を図-4 に示す。全体的な特徴として、ほとんどの舗装で skewness は負の値となった。これは排水性, SMA, 低燃費など表面が凹状である路面が多く調査対象としたことが考えられた。当初, skewness が正の値になる工区もあると想定していたことから、今後は劣化・粗れが進行した路面においてデータ取りを行い, skewness のデータ範囲を把握したいと考えている。

次に、コンクリート舗装はいずれも skewness が比較的ゼロ付近に位置した。これは、表面に空隙もなく凹凸の変化が少ない路面であることがその理由として考えられた。

3.2 転がり抵抗と各テクスチャ指標との比較

RRC と PSD の相関を図-5 に示す。全体的な傾向として波数 3c/m の相関がほかの波数より相関が高く、低い速度域では低波数域が比較的相関係数が高くなった。

次に、RRC と CPD の相関を図-6 に示す。低速域では接地圧 1.75MPa 以上が、高速域では 0.50-0.75MP の相関係数が高いことが分かった。

skewness と RRC との相関について、相関が高かった PSD_3c/m, CPD_0.50-0.75MPa および 1.75MPa 以上を含めて図-7 に示す。いずれの指標も速度が低いほど相関係数が高くなる傾向がある。これは、速度が低いほどテクスチャの影響が大きくなるためと考えられる。従来の指標である MPD と比較すると、20km では CPD_1.75MPa および PSD_3c/m, 40km/h では全て (CPD_1.75MPa および 0.50-1.75 MPa, PSD_3c/m, skewness), 60km/h では CPD_1.75MPa 以外全て、80km/h では全てで MPD より相対的に相関が高くなった。今後も RRC との関係について更なるデータを蓄積し、検討を進めていきたい。

4. まとめ

本検討の結果, skewness, CPD, PSD は転がり抵抗の評価に活用できる可能性があることが分かった。今後は、さらなるデータを蓄積し, RRC と関連が高い路面テクスチャ指標を見出していききたい。

参考文献

- 1) 石垣ら：自動車走行燃費の向上に寄与するタイヤ／路面転がり抵抗の小さい低燃費アスファルト舗装技術の開発, 第 30 回日本道路会議, 2013. 11
- 2) 白井ら：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, 第 21 回舗装工学講演会, pp. 9-17, 2016. 12
- 3) 川上ら：タイヤ／路面接地応力分布による舗装路面の転がり抵抗評価に向けた一検討, 第 21 回舗装工学講演会, pp. 19-25, 2016. 12

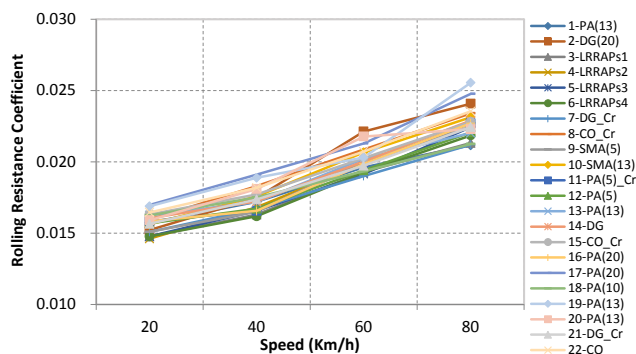


図-3 各工区転がり抵抗係数

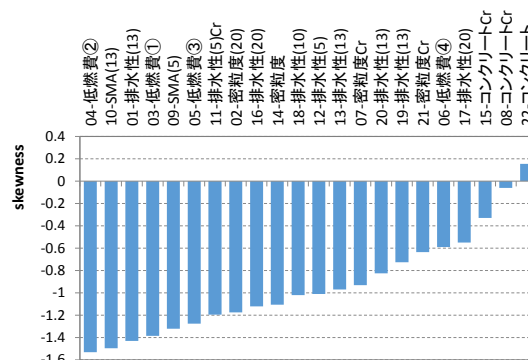


図-4 各工区の skewness

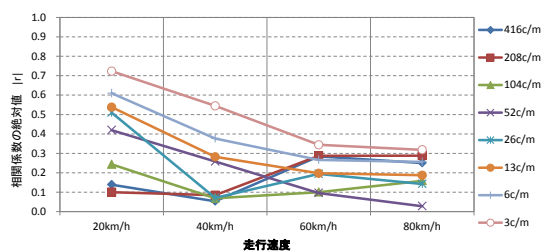


図-5 RRC と PSD の関係

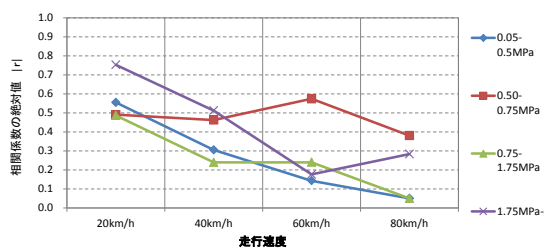


図-6 RRC と CPD の関係

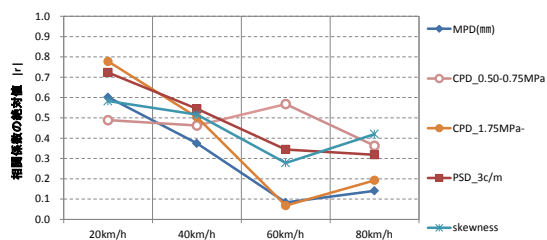


図-7 RRC と skewness 等の関係