

路面すべり摩擦力に影響を与える路面性状の検討

中央大学
中央大学

学生会員 ○本木 新
フェロー会員 姫野 賢治

1.はじめに

積雪寒冷地の冬季交通において、車両のスリップ事故や転倒事故が大きな問題となっており、安全・円滑な交通を確保するためにすべり止め対策を行うことが重要である。凍結路面のすべり摩擦力には骨材配合による表面の凹凸が大きく影響していると考えられているが、氷上における摩擦メカニズムは不明な点が多いのが現状であり、解明が必要とされている。

2.目的

すべり摩擦力に影響を与えるテクスチャは路面プロファイルの波長によって、マクロテクスチャ($10^{-4} \sim 10^{-2}\text{m}$)とマイクロテクスチャ(10^{-4}m)とに分けられる。現在、氷上のすべり摩擦力とテクスチャの関係について行なわれている調査研究は、CTメータによる二次元テクスチャによるものであり、現実的な指標が得られていない。そこで、本研究では、路面の三次元テクスチャを測定し、二次元で評価することで効果的なテクスチャを検討する。

3.実験方法

凍結路面を想定するにあたりブラックアイスバーンを想定した実験を行った。ブラックアイスバーンとは舗装表面に薄い氷の膜ができることにより、すべり摩擦力が低下する現象である。人工的にブラックアイスバーンを作成するにあたり、7回にわけ薄く氷を張っていき、そのうちの4回においてすべり摩擦力、表面テクスチャを計測した(図1)。すべり摩擦力の測定は表面の氷への影響を考慮し、ポータブルスキッドレジスタンステスターを使用し、転圧方向に対して垂直、平行に二点計測した(図2)。表面テクスチャはレーザー変位計(径 $50\mu\text{m}$)を用いてX方向、Y方向それぞれ $75\mu\text{m}$ 間隔で $1.5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ の範囲を計測した。

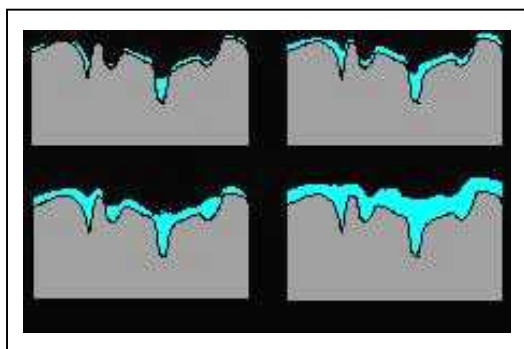


図 1.舗装表面凍結過程



図 2.テクスチャ計測装置

4.実験結果

4-1.すべり摩擦力測定値

実験結果から、密粒度舗装において早期の段階ですべり摩擦力の低下がみられ、人口舗装においては最後まで高いすべり摩擦力を保持し続けるという結果が得られた。そのことから、これらの供試体では氷層の段階を追っての検討が行えないことから、解析には排水性舗装、機能性 SMA 舗装に着目していく事とする。これらの二つの供試体におけるすべり摩擦力は以下のとおりである。(表 1)

キーワード：テクスチャ，二次元 FFT，PSP，PSD，ウェーブレット解析

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 理工学部道路研究室 TEL/FAX 03-3817-1796

表 1 粗面供試体のすべり摩擦力

排水性舗装					機能性 SMA						
	測定位置	凍結路面					測定位置	凍結路面			
		1 層目	3 層目	5 層目	7 層目			1 層目	3 層目	5 層目	7 層目
すべり摩擦係数	平行	0.83	0.59	0.45	0.34	すべり摩擦係数	平行	0.93	0.44	0.38	0.36
	垂直	0.76	0.56	0.44	0.32		垂直	0.82	0.39	0.37	0.35

すべり摩擦力を評価する指標として、一般的に摩擦係数が 0.4 を下回るものがすべりの生じる舗装と考えられている。そのことから、排水性舗装は 7 層目、機能性 SMA は 5 層目の氷が張った状態からすべりの生じやすい舗装となることがいえる。

4-2. テクスチャ計測結果

レーザー変位計によって三次元計測されたデータをエクセルによりグラフ化する(図 3)。

5. 解析

5-1. 二次元 FF

周波数特性から舗装表面を評価するために、スペクトル解析を行う。スペクトル解析とは、任意の波形を単純な正弦波の和として表現したものであり以下の式で表す事ができる。

$$1) \quad F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i2\pi ut} dt$$

今回、データを三次元で計測していることから、上の式を二次元に拡張する。これを二次元フーリエ変換といい、次式で表される。

$$2) \quad F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-i2\pi(ux+vy)} dx dy$$

5-2. 解析結果

今回、もちいた解析ソフトで用いられている画像はこれを黒→白の明度を強度分布とするパワースペクトルのヴィジュアライゼーションであり、PSP(Power Spectrum Picture)と呼ばれる(図 4)。

フーリエ変換後、各周波数ごとのパワースペクトルについて処理をおこなった PSP をグラフ化し、縦軸、横軸を自然対数表示する(図 5)。

6. まとめ

スペクトル解析の結果から、氷膜厚が増加することによって、グラフが直線的になっていくことがわかった。すなわち、PSD は低周波領域では減少していくが、高周波領域において増加しているからである。マイクロテクスチャ、マクロテクスチャの SMA、排水性ともに周波数 $10^3 \sim 10^4 \text{ c/m}$ の波、すなわち $10^{-1} \sim 10^0 \text{ mm}$ の波が増加することですべり摩擦力が減少すると考えられる。

(参考文献) 1) 鹿島出版会 大崎順彦著 スペクトル解析入門

2) 秀和システム MATLAB ハンドブック

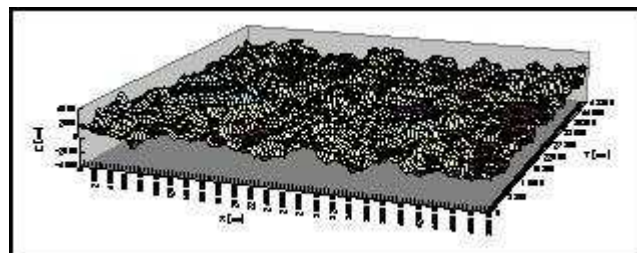


図 3.排水性マイクロテクスチャの計測結果

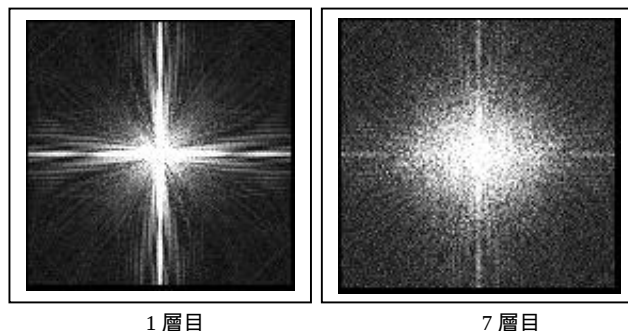


図 4.排水性マイクロテクスチャの PSP

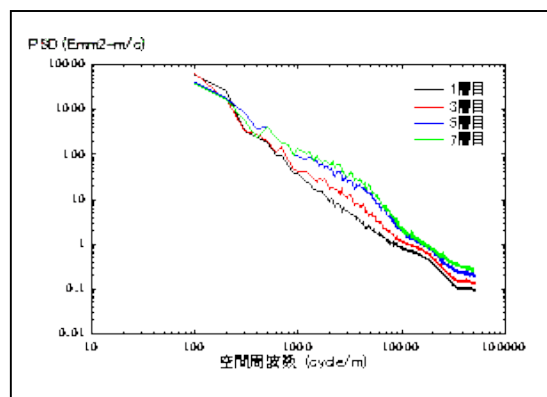


図 5.排水性マイクロテクスチャの PSD