

波状特性を考慮したわだち掘れの評価方法

北見工業大学大学院 学生員 ○富山 和也

北見工業大学 正会員 川村 彰

北見工業大学 正会員 阿里木江依明

1. はじめに

路面の波状特性とは、路面が有する基本的特性（平坦性やテクスチャ）や他への波及効果（すべりやタイヤの摩耗）等を示す路面特性を路面波長毎に分類したものである。縦断プロファイルについては、PIARC（世界道路協会）の路面性状に関する技術委員会 C1 による報告がその代表例であり、平坦性と乗り心地の関係を表す波長帯等が示されている¹⁾。わだち掘れの様な横断プロファイルにおいても、その形状が異なれば同様のわだち掘れ深さであっても車両へ及ぼす影響が異なることから²⁾、波状特性を分類し評価する事は非常に重要であると考えられる。そこで、本研究では PIARC 路面性状国際共通試験 (EVEN 試験)³⁾の結果から形状の異なるわだち掘れを数種類選出し、ウェーブレット packets 変換 (以下、「WPT」とする)により⁴⁾、わだち掘れを幾つかの波長帯域に分割することで、車両挙動に影響を及ぼすわだち掘れの波状特性評価方法について考察する。

2. 解析方法

2.1 解析対象データ

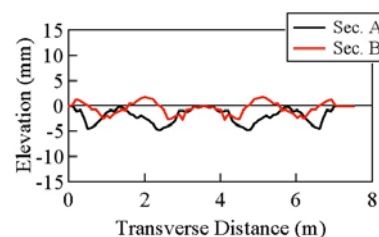
解析対象となるわだち掘れプロファイルは、EVEN 試験結果から、異なる3通りのわだち掘れ深さ（5, 11, 18mm）について、形状の異なる2断面ずつ計6断面を選出した。図-1に解析対象プロファイルを示す。また、解析対象は水準測量等により構成された絶対形状データであり、サンプリング間隔は0.05mである。

2.2 車両挙動シミュレーション

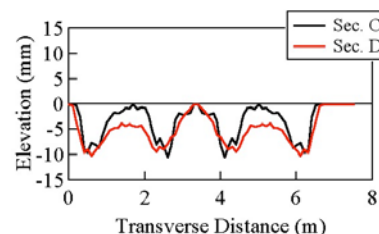
筆者らは、わだち掘れと車両の相互作用解析の評価において、Half-Car（以下、「HC」とする）シミュレーションにより、乗移り試験を模擬する事が有効である事を示している²⁾。そこで、HCシミュレーションにより解析対象プロファイル上を走行した際の車両挙動を算出した。なお、車速は60km/h（乗移り速度1.9313m/s）とし、Runge-Kutta法により0.01秒刻みで計算を行った。

2.3 ウェーブレット packets 変換

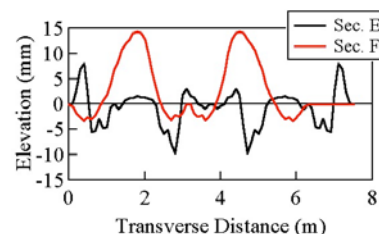
未知の波状特性を知るためには、測定されたプロファイルデータを複数の波長帯域に分割し検討する必要がある。離散ウェーブレット変換は、オリジナルの信号を一組のローパスフィルタとハイパスフィルタを通し、1/2 ダウンサンプリングを行う事により、低周波成分（近似成分）と高周波成分（詳細成分）に分割する。さらに、低周波成分について同様の処理を繰り返す事により、多重解像度解析を行うものである。一方、WPTは、高周波成分についても繰り返し分割操作をし、多重解像度解析を行う特徴を有する⁴⁾。また、本研究では、マザーウェーブレットとして2次のSymletを用いた。



(a) Section A (Site9, L=155m),
Section B (Site6, L=220m)



(b) Section C (Site8, L=220m),
Section D (Site2, L=165m)



(c) Section D (Site12, L=240m),
Section E (Site4, L=205m)

図-1 解析対象プロファイル

キーワード わだち掘れ, 波状特性, Half-Car, ウェーブレット, EVEN 試験

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 北見工業大学土木開発工学科 交通工学研究室 TEL:0157-26-9429

3. 波状特性を考慮したわだち掘れ評価

3.1 Half-Car シミュレーション結果

図-2 に、HC シミュレーションより得られた、車両のロール角度を示す。また、それぞれの実効値 (RMS: Root-Mean-Square) を算出し、以降 HCRMS として参照する。HCRMS の算出結果を図-3 に示す。図-2 及び図-3 より、車両は、わだち掘れ深さの影響のみならず、形状の影響を受ける事が分かる。特に、Sec.E と Sec.F は共に 18mm と同様のわだち掘れ深さであるが、HCRMS は大きく異なる。ここで、本研究で用いた HC モデルは図-4 に示すような応答を持つ HC フィルタとして作用する事を考慮すると、HC フィルタの共振域に対応する路面の波長が、HCRMS の差異に影響しているものと考えられる。

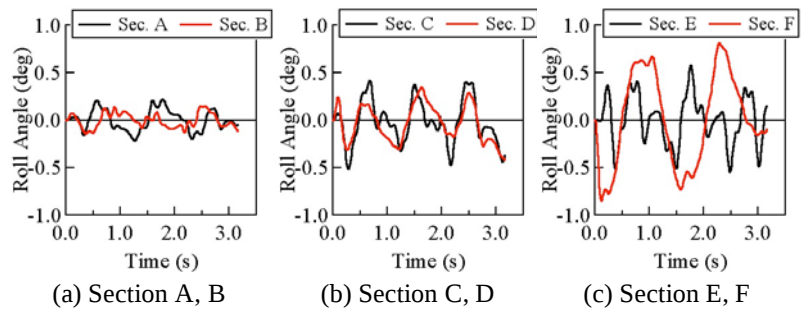


図-2 Half-Car シミュレーション結果

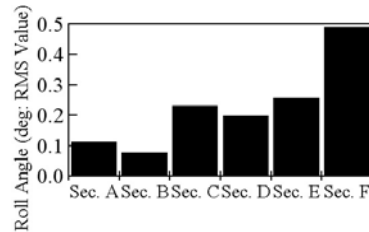


図-3 HCRMS 算出結果

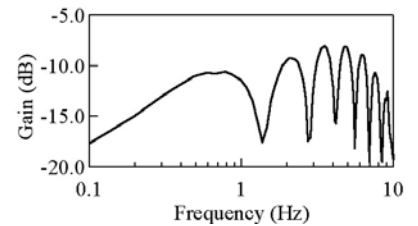


図-4 Half-Car フィルタ

3.2 車両挙動に影響を及ぼす路面波長

WPT における分解レベルは、HC フィルタにおける共振域の幅を考え 4 とし、分解レベル 4 における、再構成成分の RMS 値を求め、以降 RTRMS として、HCRM と各帯域における RTRMS の相関係数を求める事により、車両挙動に影響を与えるわだち掘れプロファイルの波長について検討した。HCRM と各 RTRMS の相関係数について帯域毎に整理したものを図-5 に示す。図中、空間周波数に対応する、車速 60km/h (乗移り速度 1.9313m/s) 時の時間周波数を合わせて示した。図-5 より、空間周波数 $0.31\text{--}0.63\text{m}^{-1}$ と $0.94\text{--}1.25\text{m}^{-1}$ の帯域で、相関係数 0.8 以上と高い相関を示した。ここで、相関の高い帯域での HC フィルタの共振周波数が 0.78Hz 及び 2.15Hz である事を考慮すると、空間周波数 0.40m^{-1} (波長 $\lambda=2.5\text{m}$) 及び 1.11m^{-1} (波長 $\lambda=0.9\text{m}$) が車両挙動に影響しており、この波長帯域に着目しわだち掘れを管理する必要があるとわかる。

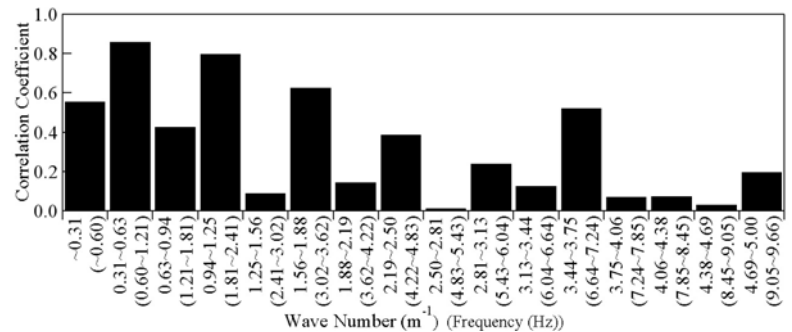


図-5 HCRMS と各 RTRMS の相関

4. まとめ

本研究では、路面の波状特性を考慮する事により、わだち掘れを評価・管理する際、車両挙動に最も影響を与える路面状況が把握できる事を示した。HC フィルタの応答は乗移り速度の影響を受けるため、速度依存性について検討し、わだち掘れの波状特性について定量的にまとめる事が今後の課題である。

参考文献

- 1) 川村彰：講座・路面の評価(1)-平坦性に着目して-、舗装, Vol.36, No.8, pp.31-35, 2001.
- 2) 富山和也, 川村彰, 阿里木江依明, 石田樹, 中島繁則：車両挙動に基づく舗装わだち掘れの評価方法, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.63(CD-ROM), E-12, 2007.
- 3) Kawamura, A., Takahashi, M. and Inoue, T.: Basic Analysis of Measurement Data from Japan in EVEN Project, Transportation Research Record, No.1764, pp.232-242, 2001.
- 4) Daubechies, I.: Ten Lectures on Wavelets, Society for Industrial and Applied Mathematics, 1999.