

路面の凹凸が与える車椅子の振動の評価に関する研究

九州大学工学部

学生員 田中 正和

九州大学大学院 工学研究科

学生員 藤原 優

九州大学大学院 工学研究科

正会員 角 知憲

1. はじめに

車椅子利用者が道路を走行するときの障害としては狭い幅員の歩道、放置自転車・電柱等の支障物件、横断勾配、段差、歩道から車道へのすりつけ勾配など多数挙げることができる。本研究では、歩道路面に多く使用されている歩道タイルの凹凸により車椅子に生じる振動について考える。

参考文献¹⁾によると、利用者の受ける振動感覚は、神経系の損傷に関係する「しびれ」と呼ばれる感覚と、体を揺すられる場合の「内臓共振」とであると疑われている感覚の2つがあり、それぞれに対する振動レベル、評価は、シート下の振動加速度レベルを体感補正した体感振動加速度レベルから求められる。

本研究は、それらの評価関数に入力する、車椅子のシート下の振動加速度スペクトルを歩道のタイル路面の不整から計算する方法を考えるものである。

参考文献¹⁾によると、タイル路面通過時の動的挙動を計算するのに、人体と車椅子を一体としたものを7つの部分に区切って考えた車椅子振動モデル(図-1)を用いる。車輪が路面の変位と1点接触を保つとした路面の変位を「長周波の凹凸」とし、本研究ではこの「長周波の凹凸」のみを取り扱い、これにより生ずる振動の内、「内臓共振」の原因とされる4Hz～6Hzを含む10Hz以下の低周波の振動のみを取り扱う。

2. モデルと計算方法

「長周波の凹凸」による振動

図-1のモデルより、運動方程式は、

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = [F(t)] \cdots (1)$$

(1)式をフーリエ変換して周波数領域で表すと、

$$\{X(\omega)\} = [H(\omega)]^{-1} \{F(\omega)\} \cdots (2)$$

$$[H(\omega)] = -\omega^2 [M] + i\omega [C] + [K]$$

ここに、

$[M]$: 質量行列 $[C]$: 減衰行列

$[K]$: 剛性行列 $\{X\}$: 変位行列

$[H(\omega)]$: 周波数応答関数

$[]$: 7×7行列 $\{ \}$: 7×1行列 とする。

また、 $[F(t)]$ は前輪での路面変位 $h_1(x)$ から次のように与えられる。ここに $(t_1 = x/(\text{車椅子の速度}))$ 、 t_1 は後輪の前輪に対する時間遅れである。

$$\{F(t)\} = \{k_1 h_1(t) + c_2 \dot{h}_1(t),$$

$$k_2 h_1(t - t_1) + c_2 \dot{h}_1(t - t_1), 0, \dots, 0\}^T$$

$$\{F(\omega)\} = \{k_1 + i\omega c_1\} h_1(\omega) e^{i\omega(t-t_1)},$$

$$(k_2 + i\omega c_2) h_1(\omega) e^{i\omega(t-t_1)}, 0, \dots, 0\}^T$$

(2)式に $-\omega^2$ をかけて、振動加速度スペクトル $\{\alpha(\omega)\}$ を求めると、

$$\{\alpha(\omega)\} = -\omega^2 [H(\omega)]^{-1} \{F(\omega)\}$$

である。

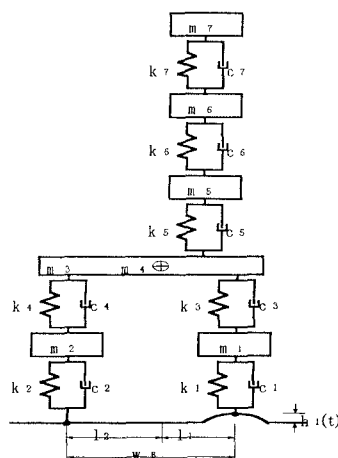


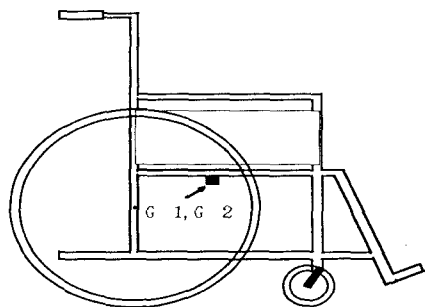
図-1. 車椅子振動モデル

3. 車椅子の振動の測定

モデルの信頼性を確かめる為に、実際に車椅子がハンプを走行するときの振動加速度スペクトルを測定し、前述の解析方法で求めたものととの比較を試みる。解析値と実測値が許容誤差内であれば、本研究で提案するモデルにより、ハンプ形状から車椅子に発生する振動加速度スペクトルを求めることができる。これよりハンプ幅、高さの変化が振動加速度スペクトルにどのように影響するかを調べることが可能となる。

車椅子の振動の計測は①ハンプ幅 9cm、高さ 3mm②ハンプ幅 9cm、高さ 2 mm③ハンプ幅 5cm、高さ 2 mmの路面について行った。被験者は、各設定 12~13 人であった。

図-2 に示すように、シート下に圧電式加速度計を取り付け車椅子が路面を走行するときの振動を測定した。車椅子の速度はランダムに変化させ、1 人に対し 3 段階のスピードで測定を行った。また解析に用いるバネ定数等の値を測定した。



G1, G2: 圧電式加速度計

図-2 測点配置

4. 実測値と計算値の比較

実測により得られた車椅子のシート下の振動加速度スペクトルと本研究で提案した解析方法により求められる計算値との比較を 1/3 オクターブバンドスペクトル表示したグラフで行う。

図-3 はハンプ幅 9cm、高さ 2 mmのハンプについて実験値と解析値を比較したものである。被験者は体重 54 kgの

男子学生である。内臓共振に影響があるとされている 4Hz~6Hz 付近におけるピークの位置が等しく、また、OVERALL 値も実測値が 0.944G、解析値が 0.717G となり、計算値は実測値と比較的一致していると考えられる。従って、計算値を体感補正し、評価関数を用いて評価を求める事に問題はない。

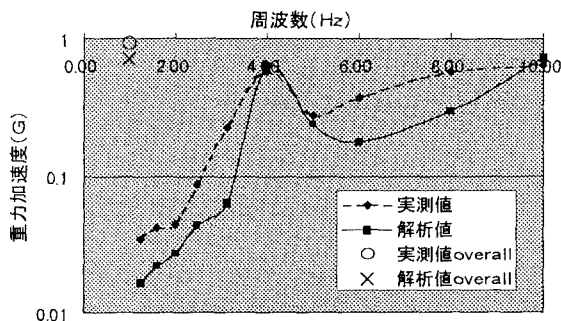


図-3 振動加速度スペクトルの実測値、解析値の比較

5. 結論

- (1) 本研究では、ハンプを車椅子が走行する時に生じる振動を路面の形状から求めることができた。
- (2) 車椅子振動モデルを実際の路面に適用して、それぞれの路面が車椅子利用者に与える振動の特性を求める必要がある。

6. 課題

今後の課題としては、

- (1) 振動評価のため、評価関数を作成する
- (2) 実際のタイル舗装路面に対し測定、解析を行い、それらを比較することにより、タイル形状、タイル舗装について考察することが挙げられる。

<参考文献>

- 1) 石田千加志 : 車椅子利用者の道路平滑度評価に関する基礎的研究 (九州大学工学部修士論文)
- 2) 日野 幹雄 “スペクトル解析” 朝倉書院
- 3) 小坪 清真 “土木振動学” 森北出版