

動的解析による車両振動特性と IRI との関係に関する基礎的研究

清水建設 正会員 ○ 黒川 敦史
 広島工業大学 フェロー会員 中山 隆弘
 神戸大学 学生会員 明松 貴之
 神戸大学 フェロー会員 川谷 充郎

1. はじめに

近年、各国では、国際協力等の観点から、道路の維持管理における平坦性の評価方法のひとつに、国ごとに作られた基準とともに、IRI(International Roughness Index)が取り入れられつつある。わが国では、従来、高速道路の管理においては IRI が使用されてきたものの、その他の道路への導入は、今後の課題のようである¹⁾。
 本研究は、神戸大学川谷研究室で開発された凹凸を有する路面を走行する車両の振動解析プログラムを用いて、IRI とあるモデル車両の振動特性との関係を検討することを目的になされた基礎的研究である。

2. 路面の評価方法と IRI

周知の通り、道路舗装面の維持管理は、主として平坦性、わだち掘れ量、ひびわれ量の3項目により行われており、各国では、独自の評価指標を導入している。

しかし、それでは、OECD 諸国間の経済協力や発展途上国への経済援助等の面での障害が生じる。

IRIはこの問題を克服するために1986年に世界銀行から提案された評価指数であり、解析用ソフトがWebで公開されている(<http://www.roadprofile.com/>)。しかし、その利用においては専用のファイル形式が必要であるなど、一般のユーザーにはやや使いづらい点がある。

そのため、路面プロフィールから IRI を算定する相関式が表1のように提案されている^{2), 3)}。①は池田・東嶋、②は川村らによる提案式である。

表1 路面プロフィール σ_{3m} と IRI 相関式

	IRI 相関式(mm/m)	R ²
①	IRI=1.77+0.74 σ_{3m}	0.695
②	IRI=0.123+1.2054 σ_{3m}	0.9208

各相関式の右边に含まれる σ_{3m}

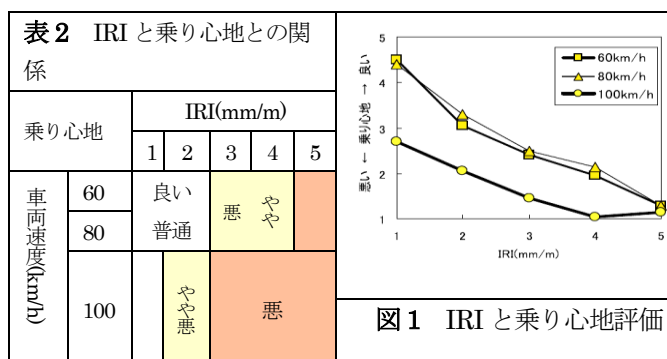
は、3m プロフィールメータで測定

される路面の凹凸量の標準偏差

で、式(1)式で計算される⁴⁾。式で $\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n-1}}$ (1)

は σ_{3m} を σ_i で表している。

さらに、IRI と車両の乗り心地に関しては、表2や図1に示すように石田らの研究⁵⁾がある。



3. 解析方法

今回の路面 - 車両振動解析については、参考文献(6)に基づいて開発されたプログラムによって行った。

ただし、同文献は、路面と車両ではなく、橋梁と車両の連成振動を扱っている、橋梁のたわみ及びねじり剛性を無限大とすれば、そこで定式化された連成振動方程式は本研究にも適用できる。なお、同式の概略は次のようである。

(1)橋梁の振動方程式

$$\begin{aligned} [M_b]\{\ddot{a}\} + [C_b]\{\dot{a}\} + [K_b]\{a\} &= \{f\} \\ [M_b] &= [\Phi]^T [M_b] [\Phi] \\ [C_b] &= [\Phi]^T [C_b] [\Phi] \\ [K_b] &= [\Phi]^T [K_b] [\Phi] \end{aligned} \quad (2)$$

式中、 $[\Phi]$: 振動系のモード行列

$\{a\}$: 橋梁の一般化変位ベクトル

$[M_b], [C_b], [K_b]$: それぞれ、橋梁の質量、減衰、剛性行列

$\{f\}$: 橋梁に作用する外力ベクトル

3. ケーススタディ

本研究では、写真1に示す実験用道路上を、タンダム軸を有する3軸の『ISUZUCXM71K』が走行するものとし、解析を行った。車両をモデル化したものが図2である。

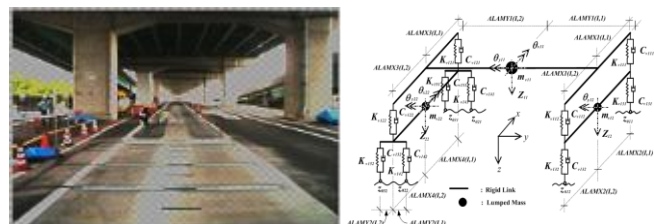


写真1 実験用道路

図2 車両モデル

さらに、路面プロフィールを図3に示す。青線が左側路面の、赤線が右側路面のプロフィールである。

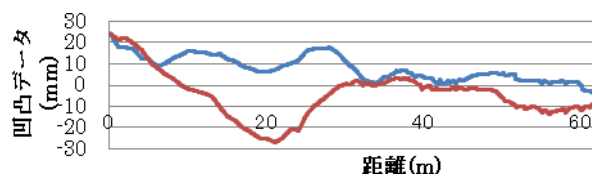


図3 路面のプロフィール

このプロフィールデータ（以下では、基本量と称する）を用いて、表1の相関式①によって IRI を計算した結果が表3である。

表3 IRI 算定

	IRI	計算式
左側路面	6.1	$0.74 \times 5.85 + 1.77$
右側路面	9.9	$0.74 \times 10.92 + 1.77$

これより、この実験用道路の IRI が極めて大きいことが理解できる。

4. 解析結果および考察

今回は、路面凹凸量のみを基本量の 0.5～2.0 倍とし、それぞれ車両速度を 60km/h、80km/h、100km/h としたときの車両の振動加速度を算出してみた。

まず図4は車両の時速を 80km/h とし、路面の凹凸量と車両の振動加速度のパワースペクトルとの関係を示したものである。なお、縦軸の単位は cm^2/s^3 である。

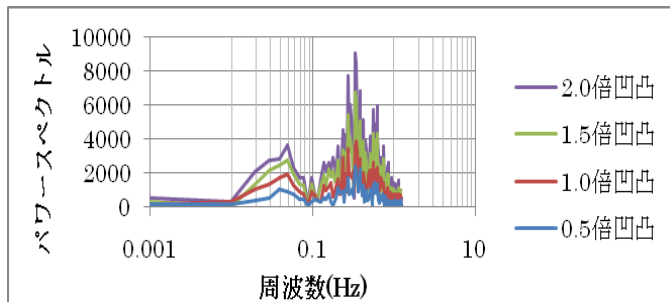


図4 前輪左側の振動加速度パワースペクトル
(路面凹凸量による変化)

図より、路面凹凸量が大きいかほど車両の振動加速度が大きくなるものの、その周波数特性は凹凸量にあまり影響を受けないことが分かる。

車両の走行速度が車両の振動加速度に与える影響については図5より理解できる。なお、このときの路面凹凸については基本量を用いている。

図より、本道路の場合、時速が 60km/h と 80km/h では振動加速度に大きな差はないが、時速が 100km/h になると、卓越周波数付近の振動加速度が急激に大きくなることが理解できる。

次に、IRI が 2～5 になるように路面凹凸量を調整して解析したときに結果を示す。図6は車両の最大加速度値と IRI との関係、図7は車両の振動加速度の RMS 値と IRI との関係を示している。

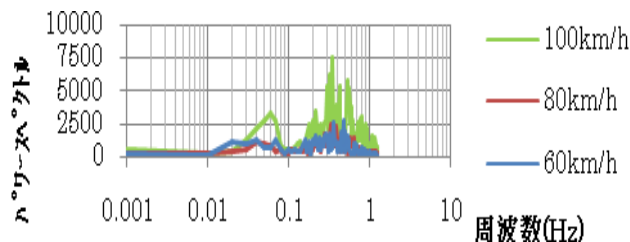


図5 前輪左側の振動加速度パワースペクトル
(車両の時速による変化)

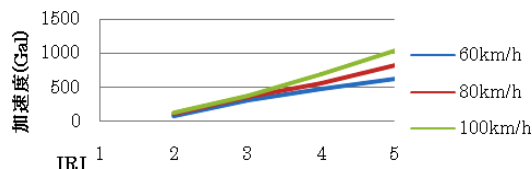


図6 IRI と最大加速度との関係

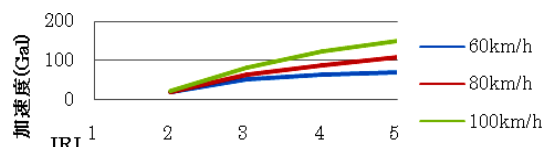


図7 IRI と加速度の RMS 値との関係

両図より、IRI および車両速度が大きくなれば、車両加速度も大きくなることが定量的に理解できる。ただ、図1に示した、IRI と車両の乗り心地について検討するためには、さらに解析ケースを増やした検討が必要である。

5. おわりに

限られた解析ではあったが、路面の凹凸状態を示す IRI とその上を走行する車両の鉛直方向の加速度の大きさとの関係を定量的に検討できた。ただ、上述の通り、IRI と車両の乗り心地との関係については、今後の課題である。

参考文献

- 磯部雅紀：市町村道を対象とした IRI による道路維持管理手法、講演会資料、関西道路研究会、2010.1.27.
- 池田拓哉・東嶋奈緒子：国際ラフネス指数の計測方法に関する研究、土木学会舗装工学論文集、第3巻、pp.9-14、1998.12.
- 川村 彰（代表）：舗装のヘルスマonitoring構築に関する研究、科学研究費補助金、研究実績報告書（No.10650517）、2001.
- 舗装調査・試験法便覧[第1分冊]、(社)日本道路協会、2007.6.
- 石田樹、岳本秀人、川村彰、白川龍生：ドライビングシミュレータによる舗装路面の乗り心地と走行安心感の評価、北海道開発土木研究所月報 No.630、2006.
- C.W.Kim, M.Kawatani, K.B.Kim: Three-dimensional dynamic analysis for bridge-vehicle interaction with roadway roughen, Computer and structure, 83(2005), 1627-1645, 2005.4.