

京都大学工学部 学生会員 ○長谷川 聡一郎
 京都大学大学院 正会員 金 哲佑
 Queen's University Belfast 正会員 P.J. McGetrick
 京都大学大学院 学生会員 井上 真一

1. はじめに

道路橋の安全性や機能性を再確認するための点検項目の一つに路面形状がある。路面形状が悪化すると車両一橋梁間に働く動的接地力を増幅させ、橋梁の機能低下を招く恐れがある。そのため路面形状の計測が重要視されている。特に開発途上国においては計測機器の不足などの理由から路面管理は適切に行われていないのが現状である。路面形状計測には市販のプロファイルメーターや高価であるが計測速度が早い Traffic Speed Deflectometer¹⁾ などが用いられる。一方、計測の効率化や経済性を念頭に走行車両の加速度に着目する路面凹凸の IRI のみに着目する手法²⁾と本研究の第 2, 3 著者による路面形状同定手法³⁾が報告されている。このような走行車両の加速度のみに着目する手法は、他の高価な手法に比べ経済的であり開発途上国にも容易に適用できる技術である。本研究では加速度計を取り付けた走行車両による路面形状同定手法³⁾の可能性に関するシミュレーションと模型桁車両走行実験（以下、模型実験と称する）による検討結果を報告する。

2. 研究の概要

前述の加速度計を取り付けた車両走行による路面形状同定手法の実験による検証³⁾では、同定対象とする路面形状が **Fig.1** のように局所的に過度な凹凸を含むものであり、この局所凹凸の影響により同定精度の検証が不十分であったと考えられる。このことから本研究では **Fig.2** のように過度な局所凹凸を含まない路面形状を同定対象としてシミュレーションと模型実験により同定精度の検証を行う。

3. 路面形状同定アルゴリズム

本研究で使用する路面形状同定手法では、入力情報として車両の前軸・後軸部で計測した鉛直加速度を使用する。2 自由度系車両モデルの運動方程式を状態空間表現に変換し、移動荷重同定アルゴリズム³⁾によって逆解析を行い得られる加速度ベクトルと計測加速度の最小二乗法により最適解を導出する。逆問題を解くために一次正則化を行い、L カープ法によって最適な正則パラメータを決定する。このようにして最小二乗

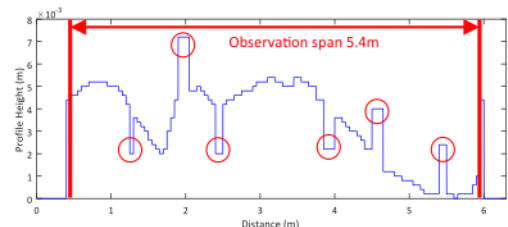


Fig.1 Road profile with local unevenness.

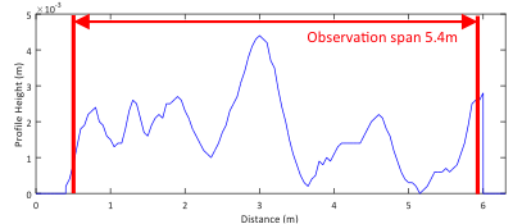


Fig.2 Road profile without local unevenness.

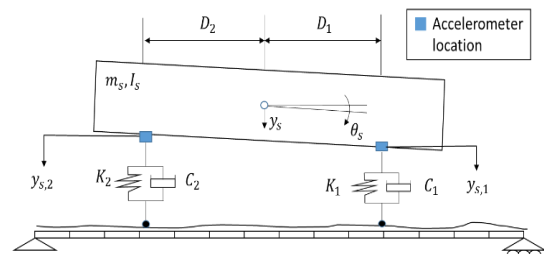


Fig.3 Schematic of VBI model.

Table 1 Vehicle model property.

Mass (kg)		Spring constant (N/m)		Damping constant (N.s/m)	
front axle	rear axle	front axle	rear axle	front axle	rear axle
9.18	10.49	3067	3507	14.72	16.22

Table 2 Bridge model property.

Span length (m)	5.4
Moment of inertia (m ⁴)	11.37×10^{-7}
Elastic modulus (N/m ²)	2.1×10^{11}
Mass per unit length (kg/m)	54.91
Damping ratio	0.008
Frequency of 1st bending mode (Hz)	3.47

法より得られる車両モデルの慣性力から、慣性力と路面形状の関係を表す微分方程式を解くことで主力として路面形状を導出する。微分方程式の近似解法としてルンゲクッタ法を用いる。

シミュレーションでは、車両ー橋梁連成系の運動方程式はウィルソン・シータ法を用いて解くことによって加速度を導出する。車両ー橋梁連成系は Fig.3 の模式図で表され、計測加速度は Fig.3 の Acceleration location で示された位置での鉛直加速度である。

4. 車両および橋梁モデル

本研究のシミュレーション、模型実験に使用する車両モデルの諸元と物理定数を Table 1 に示す。また、橋梁モデルの諸元と物理定数を Table 2 に、橋梁モデルの概略図を Fig.4 にそれぞれ示す。車両の減衰係数と橋梁の減衰比は自由振動実験により導出した。

5. シミュレーションによる検討

走行車両によるシミュレーション同定結果を Fig.5 に示す。Fig.5 では路面の凹凸形状が精度よく同定されている。比較対象として過度な局所凹凸を含まない路面形状のシミュレーション同定結果を Fig.6 に示す。

Fig.5 と Fig.6 を比較すると、明らかに過度な局所凹凸の含まれていない路面の同定精度が高い。

6. 実験による検討

走行車両による実験同定結果を Fig.7 に示す。シミュレーションと比べても精度に大きな差はなく、路面形状は精度よく同定されている。比較対象として先行研究¹⁾での、過度な局所凹凸を含む路面形状の実験同定結果を Fig.8 に示す。本研究と先行研究では車両モデル、橋梁モデルの諸元と物理定数が異なるため厳密には正確な比較とはならないが、諸元と物理定数の値は近くなるように設定しており、およその同定精度についての比較は行えると判断する。Fig.7、Fig.8 を比較しても明らかに過度な局所凹凸のない路面の同定精度が高い。

7. まとめ

シミュレーションと実験の同定結果から、過度な局所凹凸を含まない路面形状では高い精度で同定をできる可能性が高いことが判明した。実際の路面では Fig.1 のような過度な局所凹凸は存在しないと考えられるために、加速度計を取り付けた走行車両による同定手法を実際の道路路面に適用できる可能性が確認された。また、本研究ではシミュレーション・実験の両者とも橋梁路面を同定対象としたため、同定結果に路面形状だけでなく橋梁変位成分も含まれている。そのため、橋梁ではない道路路面を同定対象とする場合はさらに精度が高くなると考えられる。

【参考文献】1) 長山智則, 藤野陽三: 路面モニタリングシステムの開発 車両応答を利用した簡易路面モニタリングシステムの開発, 舗装, 43(6), pp.3-5, 2008.6. 2) Baltzer, S., Pratt, D., Weligamage, J., Adamsen, J. and Hildebrand, G.: Continuous bearing capacity profile of 18,000 km Australian road network in 5 months, 24th ARRB Conference – Building on 50 years of road and transport research, Melbourne, Australia 2010. 3) McGettrick, P.J., González, A., Kim, C.W. and O'Brien, E.J.: Dynamic axle force and road profile identification using a moving vehicle. Int. J. of Architecture, Engineering and Construction, Vol.2, No. 1, pp.1-16, 2013.

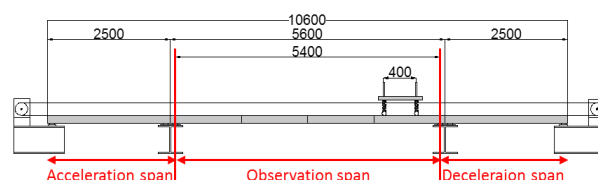


Fig.4 Schematic of bridge model.

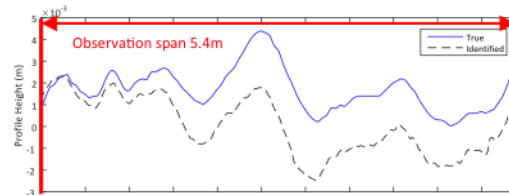


Fig.5 Identified road profile by simulation (without local unevenness)

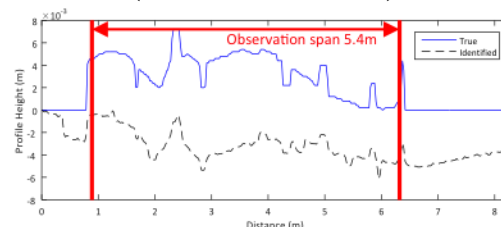


Fig.6 Identified road profile by simulation (with local unevenness)

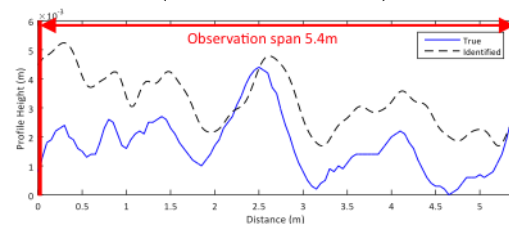


Fig.7 Identified road profile by experiment (without local unevenness)

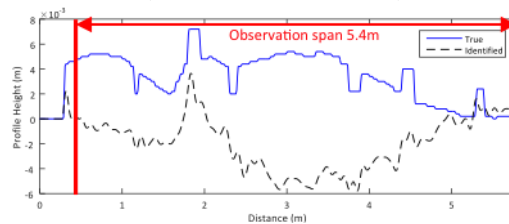


Fig.8 Identified road profile by experiment (with local unevenness)