スマートフォンを用いた大型重量車両検出手法

福井大学　正会員　○鈴木　啓悟
福井大学　非会員　村瀬　治希

1．目的

橋梁の活荷重応答から車両重量を把握する Bridge Weigh-In-Motion (BWIM)は，数値処理がシンプルな線形代数の計算に帰することから，計算負荷が小さく実装しやすい．そのため，多くの実橋で適用されてきた．近年では従来用いられてきたひずみゲージに代わり，光ファイバセンサや小型加速度センサを用いた BWIM が提案されており，計測手法とそのデータ処理に革新が続いている．

本報告はより省力的な計測を目的に，スマートフォンを道路橋床版に設置し，その加速度計測機能を利用して大型重量車両の通行を検知する手法を示す．

2．スマートフォンによる加速度応答計測

スマートフォンの長所は，センシングデバイスとして，(1)比較的安価であること，(2)回線接続状態であればネットワークを介した時刻同期が可能であること，(3)ワイヤレスかつ軽量ゆえに設置が容易であること，(4)データ蓄積機能を有することが挙げられる．

スマートフォンの適用に際しては，活荷重応答計測に適したアプリケーションの開発が必要となる．**図 1** に本研究で製作したアンドロイド対応アプリの操作画面を示す．100Hz 以上のサンプリングレート，長時間連続計測機能，計測開始・終了時刻の設定機能，データ蓄積と転送機能を持たせている．転送先は Dropbox とし，PC 端末からのデータアクセスを容易にした．また 30 秒毎に NTP サーバへアクセスし，端末の時刻を修正する機能も備えている．

3．計測手法

スマートフォンは床版下面に両面テープで貼り付ける．床版の活荷重応答は局所的であり，計測結果は車両の走行位置によって差が生じ得る．そこで 1 断面に複数のスマートフォンを配することで，走行位置の影響が重量車両検知の結果に及ぼすことを低減する．

図 1　加速度計測アプリ　ユーザーインターフェース

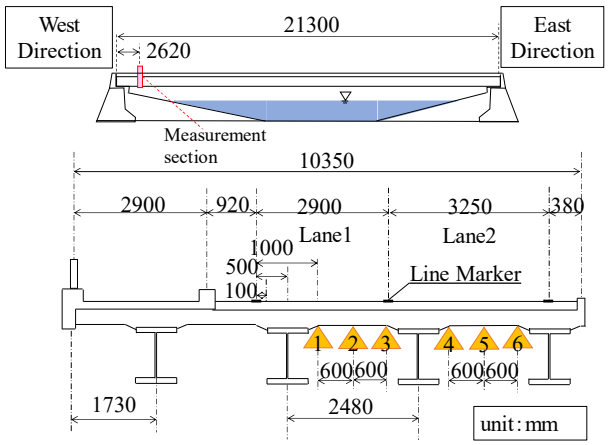

図 2　スマートフォン配置図

図 2 に実橋で計測した際のスマートフォンの配置を示す．車両車線ある車道の直下にそれぞれスマートフォン 3 台ずつ，計 6 台を設置した．橋梁は河川に架かる 2 車線，単純支持形式の鋼鈑桁橋である．

SIM カードを入れて利用できるモバイルルータも同時に設置し，全スマートフォンを wifi でオンライン状態とした．スマートフォンは HUWAWEI 製 P20 Lite を使用のもと，200Hz の計測速度で計測した．

4．走行試験と計測データ

総重量 147kN の 3 軸車と総重量 245kN の 4 軸車を

キーワード　スマートフォン，モニタリング，Bridge Weigh-In-Motion，SI 値
連絡先　〒910-8507　福井県福井市文京 3-9-1　福井大学建築建設工学専攻　ＴＥＬ0776-27-8596

© Japan Society of Civil Engineers

用いて計 63 回，走行速度を 40~60km/h と変化させ，また車線内走行位置を変化させながら試験を行った．車両は走行車線，追越車線をそれぞれ単独走行する形とした．

計測データの一例として 245kN 車両が走行車線を走行した際の加速度計測記録を図 3 に示す．スマートフォンの問題点として，データ欠損の発生がある．予備実験を含め 3 種の端末で同事象が生じているため，スマートフォンを使用するうえでは，この点を考慮しなければならない．

5．SI 値の算出による重量車両判定

走行車両が床版に及ぼす力積は重量に関係すると考え，SI 値の適用により重量判定を行うこととした．データ欠損部は図 4 に示す方法で補間した．加速度応答の包絡線を描き，データ欠損部分の包絡線の最大値・最小値を把握し，これを欠損部最大値，同最小値とする．実計測で得た車両走行時の床版加速度応答頻度分布のうち，欠損部最大値と同最小値の範囲から加速度発生確率を求める．この確率を重みとした乱数をもとに，データ欠損部の補間(図 5)を行う．

データ補間後，通行車線下の 3 センサの加速度応答を平均化して用いる．これにより，走行位置の違いによる加速度応答への及ぼす影響を低減する．

補間後の加速度データに対して速度応答スペクトルを求め，以下の式に基づき SI 値を算出した．最大周期 S は 0.4(s)としている．

$$SI(h) = \frac{1}{S-0.1}\int_{0.1}^{S} S_v(h,T)dT \qquad (1)$$

図 6 に車線別，車種別の SI 値算出結果を示す．棒グラフは算出した SI 値の平均値を示しており，赤線は算出結果の振れ幅を示している．245kN 車両と 147kN 車両の結果に有意な差が生じている．つまり車線別にある重量の SI 値の閾値を設定しておくことで，その重量を越える車両であるか，否かを判断できる可能性を示唆している．

6．まとめ

本報告はスマートフォンを床版下面に設置することで，重量に応じた SI 値を算出する可能性を示した．予めキャリブレーション試験を行い，基準となる SI 値を把握しておくことで，単独走行の重量車両の判別が行える可能性がある．連行や並走等の条件に対しては今後の検討課題である．

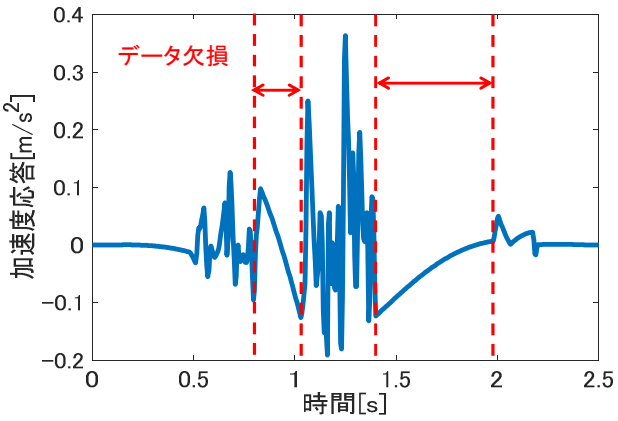

図 3　データ欠損の一例

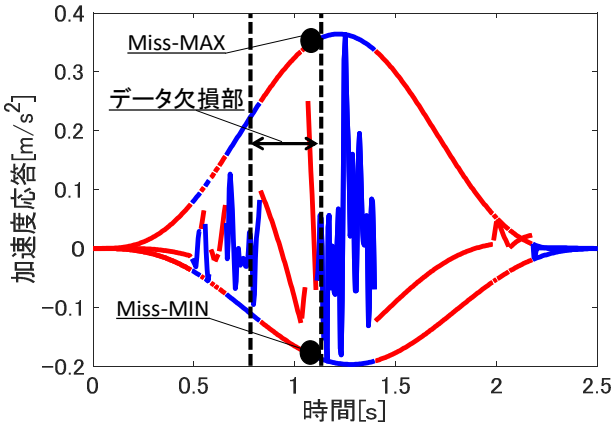

図 4　包絡線と欠損部の最大値・最小値

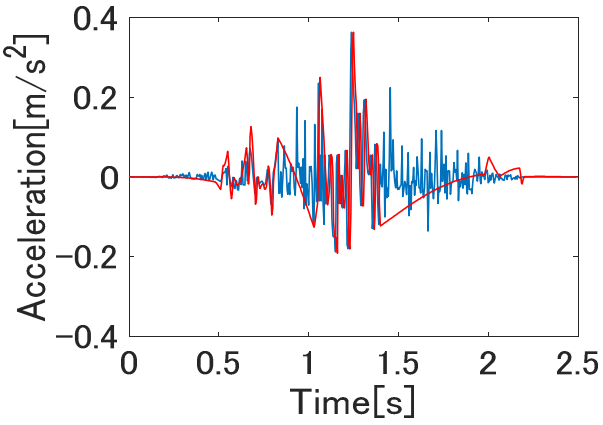

図 5　データ欠損部の補間

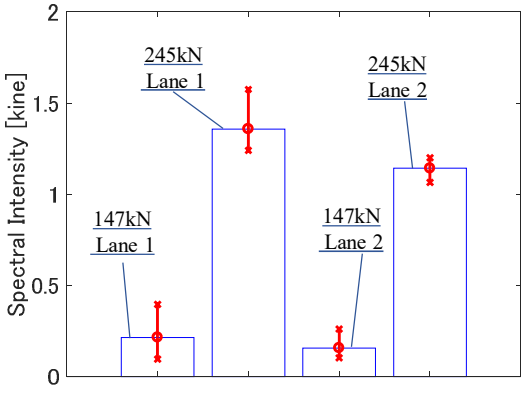

図 6　SI 値の算出結果

© Japan Society of Civil Engineers