

高感度地震計を用いた交通量測定及び走行速度推定方法の検討

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 学生会員 高濱 勉¹
明星大学 理工学部 正会員 年縄 巧²

1. 研究の背景と目的

現在交通量調査には様々な方法が用いられているが、測定が困難な場所や、景観、コスト等の問題が生じる場合がある。前報¹⁾では、現行の方法の補間的な方法として、車両が通過する際に生じる地盤振動を高感度地震計で測定することで交通量を計測する方法を提案し、その適用性を検討した。その結果、片側1車線道路を走行する車両の通過について検知できること、2台の地震計を道路に沿って設置すれば車両の走行速度を十分な精度で測定できることが確認された。本報ではこの方法によって1台の地震計から得られる測定結果より交通量の測定と走行速度の推定を試み、その検証を行った。

2. 走行速度と振動形状との関係

車両通過による地盤振動は、速度成分では継続時間が長く、連続した車両通過の検知には有効ではない。しかし、上下方向成分について積分し、短周期成分を減少させると、特徴的な波が短時間現れることが前報¹⁾で確かめられている。本報では、車両の走行速度の違いによる地盤振動の差異を検討するための試験測定を行った。測定の概要を図1に示す。試験に用いた車両は5ナンバーに属する小型車で、測定は試験車両以外の交通振動が無視できる環境で行った。走行速度については約10~60km/hで10km/h刻みとなるように変化させて測定を行った。

試験測定で得られた上下方向の速度記録を積分した時刻歴変位波形を図2に示す。図中の速度は、図1のように2地点で測定した波形の振幅が最小値をとる時間の差と、2地点間の距離より算出した走行速度(以下、 V_0)である。なお、車両は2地点間を等速走行していると仮定している。図2からは、類似した周期1秒弱の波が記録されていることがわかるが、 V_0 が20km/h以下の波形は、それ以上の波形と比較すると形状がやや異なっている。

これらの形状が類似している4記録についてのスペクトルを車両が通過していない記録のスペクトルで除したスペクトル比を図3(左)に示す。この図では、全ての記録において周期0.5秒以上にピークを得ているが、その周期は走行速度の増加に伴い短くなる傾向が見られる。 V_0 が20km/h以上の15記録について、このピーク周期と V_0 をプロットしたものを図3(右)に示す。これらの最小二乗近似式は、走行速度を $V(\text{km/h})$ 、ピーク周期を $T(\text{sec})$ とすると、

$$V = -177 * T - 166 \quad \dots (1)$$

と求まり、相関係数は0.981と高い正の相関が得られた。このことより、走行速度が増加すると、時刻歴変位波形に現れる波の周期は短くなる傾向があることがわかった。

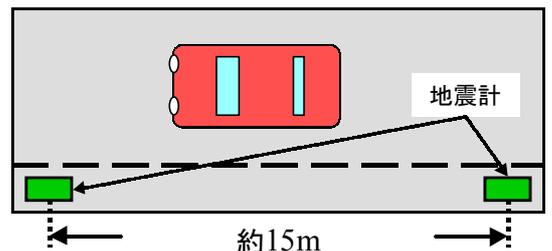


図1 測定の概要

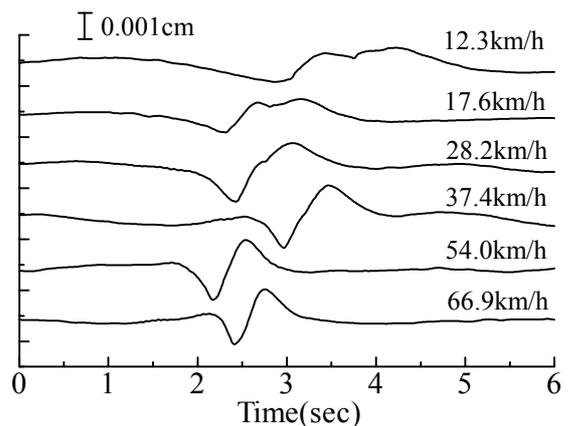


図2 サンプル波形と走行速度

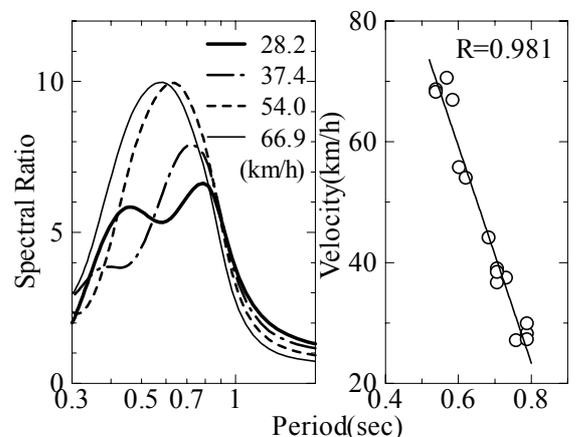


図3 サンプル波形のスペクトル比(左)及びそのピーク周期と走行速度の関係(右)

Keywords: 交通量調査, 走行速度, 高感度地震計, 交通振動, 相互相関係数

3. 相互相関係数とスペクトル比を用いた解析方法

一般道路において図1に準じた測定方法において地盤振動を測定した(以下, 実記録)。これと前節で測定を行ったサンプル波形(記録時間 10 秒)との相互相関係数を求め, 車両通過の検知と走行速度の推定を行った。ここで 実記録を $f(\)$, サンプル波形を $S(\)$, $0 \leq t \leq 10$ としたときの, ある時間 t での相互相関係数: $C(t)$ を以下のように定義することとする。

$$C(t) = \int_0^{10} S(\tau)f(\tau+t)d\tau \quad \dots (2)$$

解析方法は以下の通りである。実記録をサンプル波形と同じ 10 秒間抽出し, この時間内で両者を最大振幅が 1 となるように正規化し, 式(2)より $C(t)$ を算出する。次に実記録を一定時間ずらし, 同様に抽出, 正規化, $C(t)$ の算出の順に処理を行い, これを繰り返す。計算の結果, $C(t)$ が一定値以下の場合には値を 0 とした。 $C(t)$ にピークが表れたら, その時間を中心に実記録から 2 秒間抽出し, 計 20.48 秒間となるように 0 のデータをその前後に付加し, スペクトルを求める。これを車両が通過していない時間のスペクトルで除したスペクトル比から最大のピーク周期を読みとる。これを式(1)に代入し, 走行速度を推定する(以下, V_s)。

4. 解析結果

図4に実記録の時刻歴変位波形と実記録とサンプル波形について, 前節の方法により解析した結果の一例を示す。上方の実記録の時刻歴波形において, 約 5, 14, 17, 20, 22, 23 秒に計 6 台の車両通過が認められる。これとほぼ同時刻において下方の $C(t)$ ではピークを得ており, 両者は良い対応を示している。この解析では車両の有無を判断する $C(t)$ の最適値を試行錯誤の結果決定したが, 時刻歴波形の形状には測定地点の地盤特性が影響すると考えられるため, 測定地点毎にこの最適値を検討する必要がある。

図5では, V_o と V_s を比較した。誤差は平均 15.5% で, 平均に近い $\pm 15\%$ の範囲内に収まらないものも見られる。図6は超音波式車両感知器で測定した, 図5と同範囲での走行速度の誤差である²⁾。この誤差は全て $\pm 15\%$ の範囲内であった。この結果と比較すると本報の方法による誤差はやや大きいと言えるが, 大まかな走行速度については推定できたと考えられる。

5. 結論

- ・車両の通過によって, 車線近傍の地盤の上下方向には周期 1 秒弱の振動が生じる。
- ・車両の走行速度が増加すると, この波の周期は短くなる傾向が見られる。
- ・相互相関係数とスペクトル比より求めた近似式を用いることで, 1 地点での地盤振動の測定によって車両通過の検知と走行速度の推定ができる可能性が示された。
- ・車両通過の判定, 走行速度の推定の精度については, 地盤特性の影響等を調べ, 改善する必要がある。

参考文献

- 1) 高瀨勉, 年縄巧, 浜岡秀勝: 高感度地震計を用いた交通量測定の試み, 第 54 回土木学会年次学術講演会概要集, pp.332-333, 1999
- 2) 首都高速道路公団交通管制部交通施設課: 首都高速道路公団における収集システム, 1997

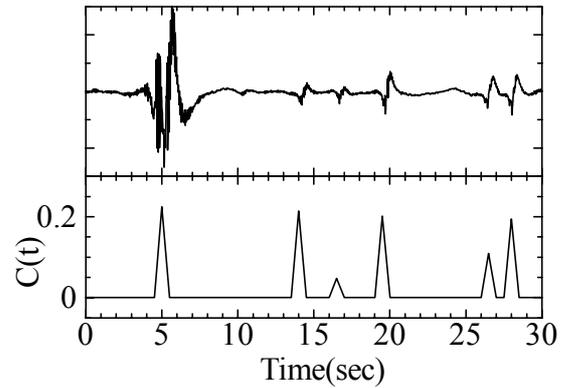


図4 測定結果(上)及び解析結果(下)

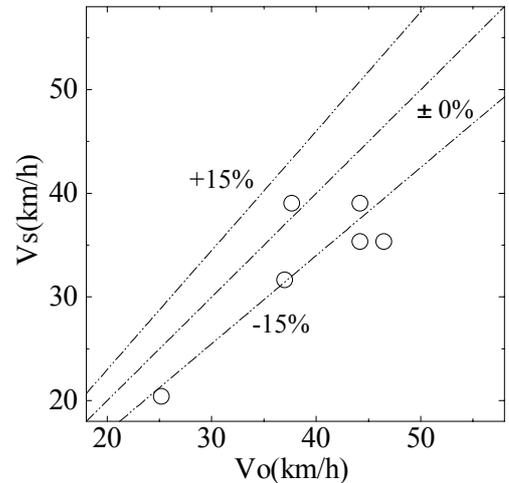


図5 V_o と V_s の比較

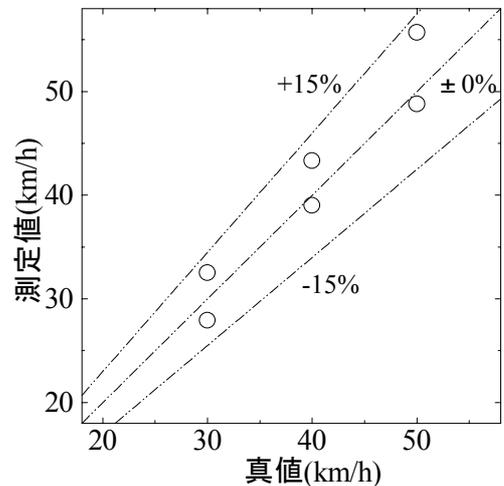


図6 超音波式車両感知器による速度測定誤差