

現場計測に基づく高架道路からの交通振動簡易予測手法の有効性評価

16T0272W 田中 健太
指導教員：関口 徹

1. はじめに

近年の都市部での道路交通の発達に伴い、高架道路と住居空間が近接し環境振動が問題となっている。環境振動対策として高架道路等の建設時には環境アセスメントによる周辺地域への振動評価を行っているが従来の振動経験式は振動レベルでの評価であり詳細な振動予測が行えていない。

高架道路からの交通振動の詳細な予測手法として3次元有限要素を用いた解析があるが、橋脚基礎部や地盤のモデル化が煩雑であることや計算時間が長いことなど実用的ではない。そのため、振動数ごとに交通振動予測を簡易に行える手法が提案されている。

そこで本研究では高架橋付近にて現場計測を行い、計測波形を用いた簡易手法シミュレーション解析を行い、その有効性を検討する。

2. 振動計測の概要

本研究では埼玉県久喜市の首都圏中央連絡道路白岡菖蒲 IC 付近の高架橋とその周辺地盤を対象地として現場計測を行った。対象地の高架道路は片側2車線で大型貨物車が頻繁に走行する区間である。

図1に対象地の高架道路と振動計測点を示す。ジョイントのある橋脚を中心として、橋脚中心から5mの位置に加振力推定用の計測点(基準点)を、橋軸直交方向に25~40m離れた遠方地盤での応答評価用の計測点を配置した。計測器はサンプリング周波数を200Hzとして3方向成分(鉛直および水平直交2成分)を計測した。計測点配置の異なる2ケースについて大型車通過時の振動波形を取り出し振動解析を行った。

図2にG5地点で計測された波形およびフーリエスペクトルの例を示す。なおフーリエスペクトルはバンド幅0.4HzのParzen ウィンドウで平滑化されている。大型車通過時の地盤のフーリエスペクトルには特徴がみられ、3Hz付近と10Hz付近の振動数が卓越している。これはね上固有振動数(3Hz程度)、ばね下固有振動数(10Hz程度)で振動が増幅される特性¹⁾によるものであると考えられる。

3. 解析手法

高架交通振動は車両が高架橋床板を加振することで発生するが、地盤においては橋脚基礎部に加振力が作用し杭等の基礎から周辺地盤に伝搬し地表面振動が生じると考えることができる。周辺地盤の振

動変位を $\{U\}$ 、杭頭から作用する加振力を $\{b\}$ 、杭頭単位加振力に対する地盤応答変位の伝達関数を $[Z]$ として、x, y, z の3成分について以下の式が成り立つ。

$$\begin{Bmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{yx} & Z_{zx} \\ Z_{xy} & Z_{yy} & Z_{zy} \\ Z_{xz} & Z_{yz} & Z_{zz} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{Bmatrix} \quad (1)$$

既往の研究²⁾では3次元有限要素法を用いて高架橋基礎のパイルキャップ-杭-地盤を一体としてモデル化し伝達関数[Z]が計算されている。本研究で使用する簡易手法は軸対象条件であり、杭1本を円柱型の有限要素、地盤を水平方向に連続的に広がる薄層要素によってそれぞれモデル化し、群杭の影響を単杭の重ね合わせによって伝達関数[Z]を計算する。直方体のパイルキャップは太い短柱杭として、側面積が一致する径とし、パイルキャップと杭の伝達関数[Z]は体積比で重みづけし足し合わせる³⁾。

図3に地盤モデルを、表1に杭の物性値を示す。地盤のS波速度構造はN値からの経験式⁴⁾より推定し、アレイ探査によって地表付近の値を修正したものを用いた。また、橋脚近傍地盤は碎石で固められているため、加振力推定時には極表層に固い地盤(厚さ0.5m、S波速度300m/s)を入れたモデルで解析を行う。

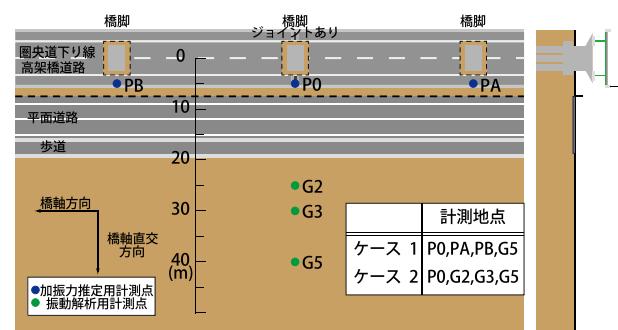


図1 計測点配置図

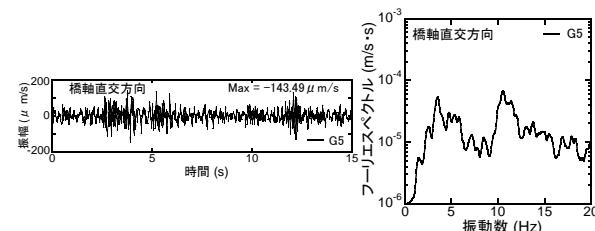


図2 計測波形とフーリエスペクトル

4. 解析結果

4-1 橋脚本数による振動比較

高架橋からの交通振動は、離れた地点ほど直近以外の複数の橋脚の影響を受けるため、遠方振動を予測する際には複数加振点からの振動伝搬を重ね合わせる必要がある。そこで、ケース1においてP0地点での計測記録から直近の橋脚の加振力を求めそのまま1つの橋脚のみに加振した場合と、両端の橋脚においてもPA、PBの記録を用いて合計3つの橋脚を加振しそれぞれの応答を重ね合わせた場合の2通りで簡易手法による遠方地盤での応答を求めた。

図4に遠方地点G5の計測記録と異なる加振橋脚本数での応答のフーリエスペクトルを示す。橋脚1本からの応答では計測記録と比べて全体的に小さくなってしまっており計測記録を再現できていない。一方で、3つの橋脚からの応答を重ね合わせることにより、遠方地盤での記録をおおむね再現できている。

4-2 単一波形を用いた複数橋脚考慮

前節では、複数の橋脚直近の波形からそれぞれ加振力を算出し、地盤変位応答を求めた。しかし実務を想定する場合、加振力推定用計測点を複数個同時に計測できないことも多い。そこで、1箇所の計測波形から複数橋脚の影響を評価することを試みた。ここでは、ケース2で計測された中央の橋脚直近と複数の遠方地盤の地点における記録を使用する。加振力算出においては、①1地点P0の計測波形から求めた加振力を3つの橋脚に同時に載荷した時(同時加振)と②計測波形を車の走行速度に合わせて時間をずらしてから求めた加振力を載荷させた時(時間差加振)の2種類で比較した。車両走行速度を高架道路の大型車の法定速度である80km/hとし、橋脚間(35m)より時間差を求めた。

図5に3地点の計測記録と2種類の加振方法から解析した応答変位を示す。同時加振ではスペクトルの形状が谷となり応答が小さくなる振動数帯が複数みられる。これは3つの橋脚に同位相の加振力を入力しているため、ある程度の振動数の範囲で打ち消しあいが複数生じているためと考えられる。一方、車両速度を考慮し時間差を与えて加振した場合はいずれの地点でも計測記録を概ね再現できている。

5. まとめ

簡易手法の有効性を検討するために現場計測を行い、簡易手法によるシミュレーション解析から遠方地盤の振動を予測し以下の知見を得た。

- (1) 複数の橋脚の同時計測波形からそれぞれの橋脚の加振力を推定しそれにより橋脚基礎を加振し、それぞれによる応答を重ね合わせることで、複数橋脚の影響を考慮でき遠方地盤における振動

を概ね再現できる。

- (2) 単一の橋脚直近の波形を使用する際は、橋脚間の車両の移動を考慮することで、遠方地盤における振動を概ね再現できる。

参考文献

- 1) 西坂理永、福和伸夫：高架道路交通振動問題における車両動荷重特性に関する研究（その1）平面道路における自動車交通振動問題に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第491号、pp.65-72、1997.1
- 2) 石田理永、中井正一：高架橋の複数橋脚を考慮した交通振動による地盤応答の予測、日本建築学会構造系論文集、No.621、pp.25-31、2007
- 3) 津田直毅：簡易解析手法を用いた高架橋交通振動の地盤応答予測に関する検討、千葉大学修士論文、2016
- 4) 太田裕、後藤典俊：S波速度を他の土質的諸指標から推定する試み、物理探鉱、第29巻、第4号、1976

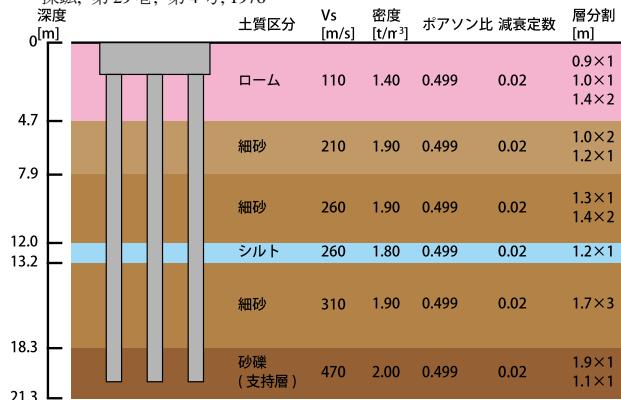


図3 解析モデル

表1 杭の物性値

杭径 m	杭長 m	ヤング率 kN/m²	密度 t/m³	ボアソン比	減衰定数
1.2	18.5	2.5×10^7	2.5	0.167	0.05

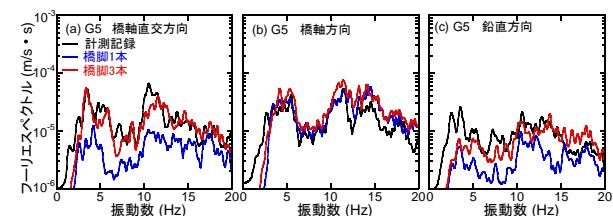


図4 橋脚本数の違いによる応答変位

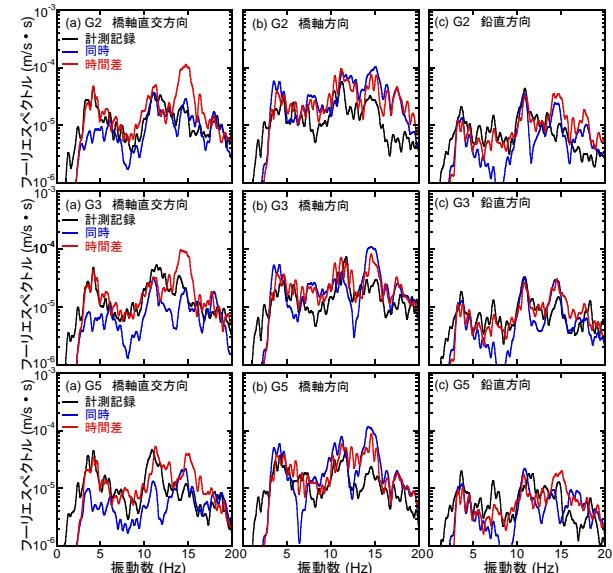


図5 波形入力方法の違いによる応答変位