

環境アセスメントのための交通振動における高架橋からの加振力推定

14T0296W 大塚 貫司
指導教員：関口 徹

1. 研究背景

現在, 高架橋などの建設前の環境アセスメントなどでは, 簡易な経験式によって交通振動の影響評価が行われている. 既存の経験式では実際の現象を詳細に予測することができず, 振動による苦情件数は増加傾向にある.

交通振動の詳細な評価法として 3 次元有限要素法を用いたものがあるが, 杭や地盤のモデル化が煩雑で, 計算に長時間掛かるなどコストの面から実用的な手法とは言えない. また, 既存の経験式では水平動について検討がされておらず高架橋からの振動を考慮できていない問題もある. そのため, 振動数ごとの影響を評価することができ, かつ簡易である振動予測の手法が求められている.

そこで本研究では, 環境アセスメントや設計に使用できる一般的な加振力の作成を目的とし, 高架道路を対象として 1 橋脚単独の加振力を直近の振動記録から逆算し, さらに求められた加振力から遠方での地盤応答を求め, 実計測結果と比較することで加振力の妥当性を検証する.

2. 解析方法

軸対象条件での有限要素法と薄層要素法による簡易手法を用いて解析を行う. また, 杭基礎は, 群杭であることが多いがここでは単杭のモデルを使用している. これは, 単杭の重ね合わせ手法(Superposition of Single Pile)によって群杭が表現可能なためである. 地盤については水平方向に同一物性が続くと仮定した薄層要素であり, 杭は 1 本の円柱型の有限要素としている.

周辺地盤の変位(m)を $\{U\}$, 変位の伝達関数(m/N)を $[Z]$, 杭頭に作用する加振力(N)を $\{b\}$ とすると(1)式が成り立つ. 式を書き換えて, 加振力は(2)式のように計算される.

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

ここで添字は方向を表し, x, y は水平直交成分, z は鉛直方向成分である.

$$\begin{Bmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{yx} & Z_{zx} \\ Z_{xy} & Z_{yy} & Z_{zy} \\ Z_{xz} & Z_{yz} & Z_{zz} \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \end{Bmatrix} \quad (2)$$

このように逆算により求められた加振力を用いて別の地点の変位の伝達関数を掛け合わせることで,

遠方位置での応答を求め, 同じ位置での観測記録と比較する.

3. 解析モデル

表 1, 2 に対象とした高架橋の杭と地盤の物性を, 図 1 に地盤モデルを示す. 解析モデルはパイルキャップ部分を考慮していない.

高架橋下り車線の中心から橋軸直交方向に 5m, 20m, 40m 地点で加速度記録が計測されている.

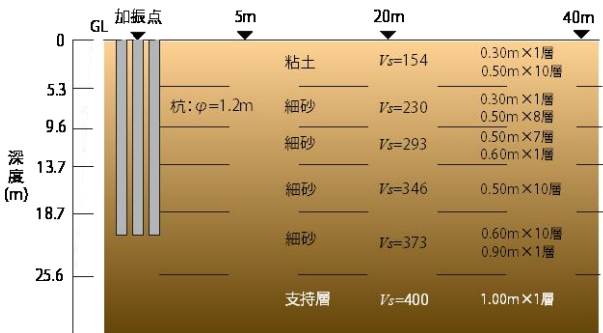


図 1 地盤モデル

表 1 杭の物性

ヤング率 [N/m ²]	単位体積重量 [kN/m ³]	ポアソン比	減衰定数
2.50×10 ¹⁰	24.5	0.167	0.05

表 2 地盤の物性

地層名	単位体積重量 [kN/m ³]	ポアソン比	減衰定数
粘土	14.1	0.499	0.01
細砂	19.0	0.499	0.01
支持層	19.0	0.499	0.01

4. 加振力の推定

橋脚から橋軸直交方向に 5.0m 地点の加速度記録から, 橋脚位置での加振力を式(2)より計算した. ここでは, 加振力を逆算するに当たり, 高架橋を構成する他の橋脚の影響を考慮せず, 直近地点での振動は近傍橋脚のみに起因するものとした.

加振力逆算に使用した 5.0m 地点での加速度フーリエスペクトルを図 2 に示す. また, 図 2 に示した加速度フーリエスペクトルから求めた橋脚の加振力を図 3 に示す. 加振力は 3Hz と 15Hz 付近で値が大きくなっていることがわかる. これは車体と車軸の固有振動数である 1~3Hz, 10~15Hz と対応しており, 車両と共振したために加振力が増幅したと考えられる. また,

鉛直方向が最も大きな値となり、次に橋軸方向が大きくなっている。

5. 遠方地盤でのフーリエスペクトルの算出

推定加振力から前述した(1)式を用いて遠方での加速度フーリエスペクトルの値を算出し、計測記録との比較を行った。それぞれ地点ごとに図4、図5に示す。

全体的に計測の値が解析の値よりも大きくなっており、特に低振動数帯でその傾向が強く出ている。鉛直方向の15Hz付近では両者は近い値となっているが、他の方向においては計測結果と大きく異なっているものもある。これは、計測記録において40m地点フーリエスペクトルが20m地点のものよりも大きくなっていることと関係があると考えられる。本来は高架橋から遠方になるほど加速度記録は距離減衰により減少するはずが逆に大きくなっていることから観測の値に問題があると考えられる。また、今回の手法では一橋脚単独のみを考慮しているため、複数橋脚からの振動の影響を考慮できていないことも誤差の原因であると考えられる。

6. 既存の加振力との比較

図6に既往の研究^{4,5)}で算出された加振力と本研究の加振力を比較したものと、さらに加振力全体の平均と平均 $\pm\sigma$ を示す。平均の算出については2Hz以下の振動数域では暗振動が入り加振力の値が大きくなるため、2Hz以下は除いている。 $+\sigma$ の値で近似曲線を引き、そこを設計用の加振力とした。本研究の値は既存のものと比較すると、平均値よりも全体的に大きい傾向があるが、特に橋軸方向の高振動数帯で大きく卓越している。また、平均の値を見ると3Hzと15Hz付近で値が大きくなっており、概ね図3と同様の傾向となった。

7. まとめ

本研究では簡易手法によって高架橋の1橋脚のみを考慮した加振力を求め、得られた加振力から橋脚中心から橋軸直交方向の遠方地点での応答を算出し、観測記録と比較した。また、既存の研究と本研究による加振力の平均値、平均値 $\pm\sigma$ の値を算出し、設計用の加振力として平均値 $+\sigma$ の近似曲線を求めた。

参考文献

- 1) 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
- 2) 西本昌, 中井正一, 関口徹: 群杭を有する高架橋基礎-地盤系の交通振動伝搬簡易評価法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 349-350, 2014
- 3) 東城峻樹, 中井正一, 関口徹: 異なる径の混在する群杭基礎の動的挙動に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 223-224, 2011
- 4) 名執里徳, 関口徹: 実務設計を目的とした高架橋の交通振動による加振力の推定, 千葉大学工学部2017年度卒業論文

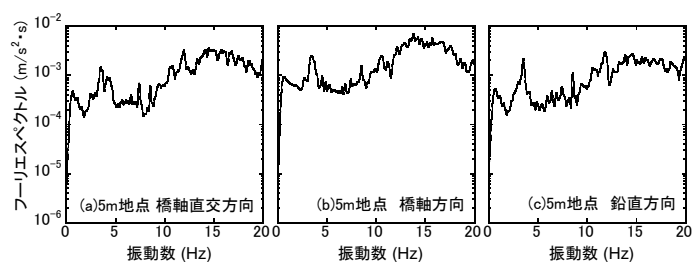


図2 5m地点の加速度フーリエスペクトル

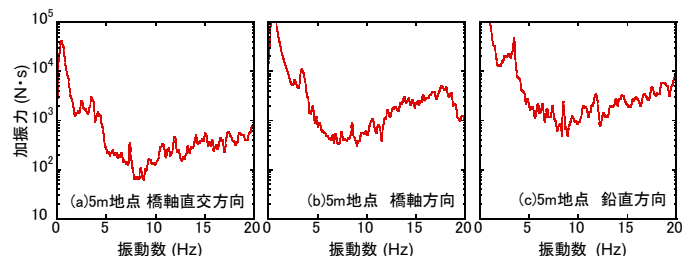


図3 橋脚の推定加振力

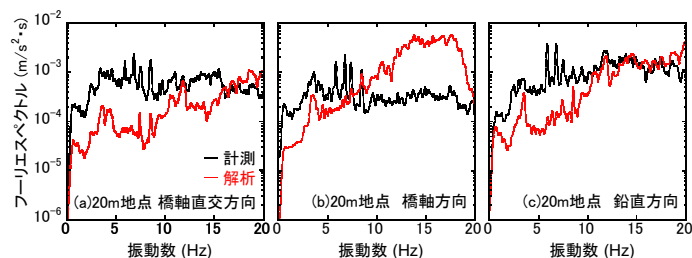


図4 20m地点の加速度フーリエスペクトル解析と観測結果比較

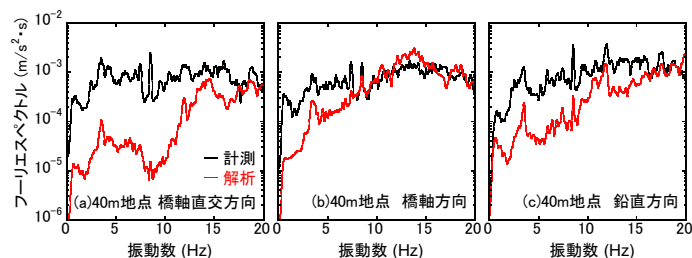


図5 40m地点の加速度フーリエスペクトル解析と観測結果比較

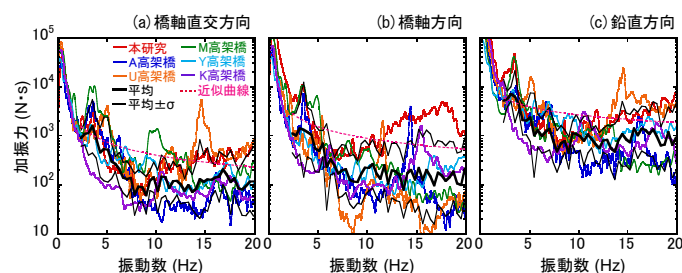


図6 既存の加振力との比較と加振力の平均、平均 $\pm\sigma$

- 5) 木村聡志, 中井正一, 関口徹, 岩田克司, 石田理永, 西本昌: 橋脚近傍の地盤振動測定値を用いた高架橋交通振動の加振力の推定に関する検討 その2 加振力の逆算, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 395-396, 2016