

道路高架橋を発生源とする地盤振動のシミュレーション解析

立命館大学大学院	正会員	○中谷 郁夫
立命館大学	フェロー会員	早川 清
立命館大学大学院	学生会員	田中 興
(株) 構造計画研究所	正会員	西村 忠典

1. 目的

道路の渋滞緩和対策として高架橋形式による道路網が建設整備されてきている。高架道路橋では建設後の供用開放時にそれまでに感知されなかった振動が表れ、周辺住民から苦情となることが報告されている。地盤振動問題は、振動源から 50m 以内での問題が一般的であり、苦情が想定されている¹⁾。しかし、近年では、振動源から 80m～100m 程度も離れた地点まで、地盤振動が伝播する遠距離伝播問題が報告されている。これまでの高架橋における振動問題では、地盤の振動伝播特性については、十分に把握されていないと思われる。本論文では、実際に遠距離伝播問題が報告されている国内に実在する道路高架橋をモデルとして、その遠距離伝播特性を把握し、実際の現場における振動予測の資料に供するために、シミュレーション解析を行って検討した。

2. 解析方法

実際の遠距離伝播問題で行われた振動調査より得られた道路高架橋と民家のデータを基にしてモデル化し、地盤モデルと共に 2 次元 FEM モデルを構築して振動解析を実施した。強制加振力は、橋脚横の地盤で得られている調査結果を再現するように逆算して設定している。振動調査結果と振動解析結果は、1/3 オクターブ中心周波数における振動レベル値で比較している。その地盤モデルは、現地ボーリング調査より得られたデータから地盤物性値を推定している。

3. 解析モデル

二次元 FEM 解析の解析モデル図を図 - 1 に示す。モデルは高架橋をばね要素・質点・ビーム要素・平面歪要素、民家をビーム要素・質点、地盤を平面歪要素として、民家のモデル化は、現地調査によって得られている水平方向の推定固有振動数 3.6 Hz に 1 次の固有振動数となるように、剛性および質量を調整して設定している。また、高架橋は、桁の部分における振動調査より

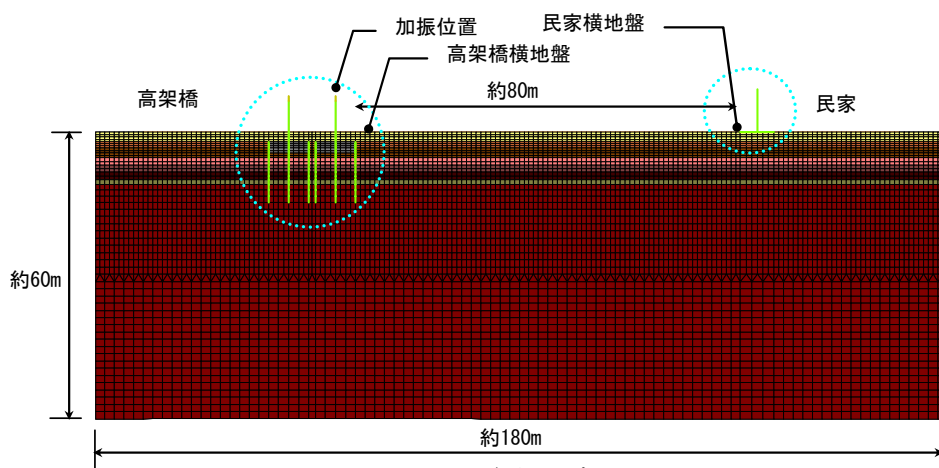


図 - 1 解析モデル図

得られている鉛直方向の推定固有振動数 3.0 Hz となるように、バネ値の調整を行っている。応答解析は、振動数領域における複素応答法とし、解析振動数の範囲は 20 Hz としている。加振力は、橋脚の天端を加振位置として、その点に近い現地の観測記録から逆算して加振力を決定している。解析プログラムには、2 次元応答解析「SuperFLUSH/2D」を用いた。橋脚天端を振動源とした橋脚横地盤および民家横地盤における応答を、1/3 オクターブバンドの中心周波数における振動加速度レベルで評価した。

キーワード 地盤振動, 交通振動, 遠距離伝播, 2 次元解析

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部 早川研究室 TEL/FAX 077-561-2789

4. 地盤モデル

表 - 1 は地盤のモデルを示したもので、現地ボーリング調査から得られた値から設定している。また、せん断波速度 (V_s) は、道路橋示方書²⁾ による次式の $V_s=80N^{1/3}$ (砂質土), $V_s=100 N^{1/3}$ (粘性土) で推定している。縦波速度 (V_p) は、ボーリングデータより地下水位が地表面近くにあることが分かっているため、全層飽和と仮定して $V_p=1500\text{m/s}$ としている。

表 - 1 地盤モデル

深度 (m)	層厚 (m)	N値	ポアソン比	単位体積重量 (tf/m^3)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	h (%)
0.00 ~ -1.80	1.80	22	0.488	1.73	1500	225	5.0
-1.80 ~ -3.30	1.50	2	0.498	1.73	1500	101	5.0
-3.30 ~ -5.30	2.00	3	0.495	1.65	1500	145	5.0
-5.30 ~ -6.80	1.50	11	0.493	1.60	1500	178	5.0
-6.80 ~ -8.30	1.50	4	0.496	1.60	1500	127	5.0
-8.30 ~ -9.80	1.50	2	0.498	1.65	1500	101	5.0
-9.80 ~ -10.80	1.00	4	0.496	1.65	1500	127	5.0
-10.80 ~		50	0.480	1.65	1500	295	5.0

5. 解析結果

現地調査結果と解析結果の比較は、 $1/3$ オクターブ中心振動数における振動レベルで比較した。図 - 2 は、橋脚天端を鉛直方向のみに加振した場合の結果を示したものである。鉛直方向における橋脚横地盤および民家横地盤の調査結果と解析結果は、概ね対応していることが分かる。特に調査結果における1次ピークの3.15 Hzおよび2次ピークの12.5 Hzの傾向については、模擬できていると考えられる。しかし、水平方向では、ピークの傾向は模擬できているが、ほぼ全周波数域で過小評価と成った。このために地盤の減衰定数を5%から2%に変更して解析を行ったが、大きな変化はなく過小評価の要因が減衰定数でないことが分かった。

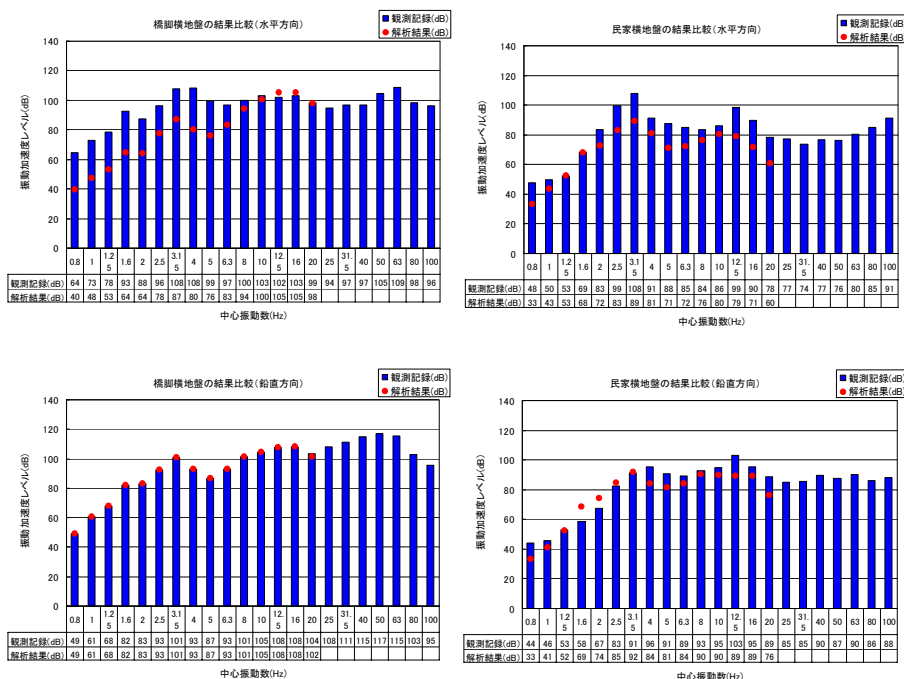


図 - 2 解析結果と振動調査結果の比較

6. まとめ

二次元 FEM モデルを用いた解析の結果、橋脚横地盤および民家横地盤の現地調査において、水平方向および鉛直方向において卓越している振動数である 3.15 Hz および 12.5 Hz においては概ね模擬できた。したがって、伝播特性は、高架橋で発生した 3 Hz 付近の振動が、地盤の内部で減衰せずに民家まで伝播していると考えられる。橋脚天端への鉛直方向加振において、鉛直方向の振動は概ね模擬できたが、水平方向については過小評価となった。実際の橋脚では、自動車の進行などに伴って鉛直方向・水平方向が組み合わされて加振されていると考えられる。したがって、今後、二方向加振によるシミュレーションを行う予定である。

参考文献

- 1) 中谷郁夫・早川 清・田中 興：高架道路橋から発生する地盤振動に関する模型実験，第 42 回地盤工学研究発表会，地盤環境部門，2007。（投稿中）
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002。