

1. まえがき

杭基礎を有する高架道路の交通振動は、地盤と接触する橋脚底面、杭周を介して沿道に伝わる。筆者らは、文献1)、2)において、橋脚-杭-地盤を介して伝わる振動のシミュレーション法の開発と、周辺地表面の振動特性について報告した。本研究は、このシミュレーション法の単純化を意図したものである。

2. 解析手法の概要

図1の解析モデルにおいて、全体系を上部構造系(剛体構造物)と下部構造系(無質量剛板-杭基礎-地盤)に分解して、サブストラクチャ法を適用する。

杭の運動方程式は、差分近似によって離散化する。上部構造系に対する複素剛性は、下部構造系の連成解析によって求める。その際、剛板および杭と地盤の接触面を有限個の要素に分割し、グリーン関数の重ね合わせ手法を適用する。また、地中加振解には三次元薄層要素法による加振解を利用する。上部構造系の動的解析結果を用いて、剛板と杭の変位が計算できる。これより、剛板および杭と地盤の接触面における圧力が求まる。この接触圧を加振力として、地盤の任意点の応答が得られる。

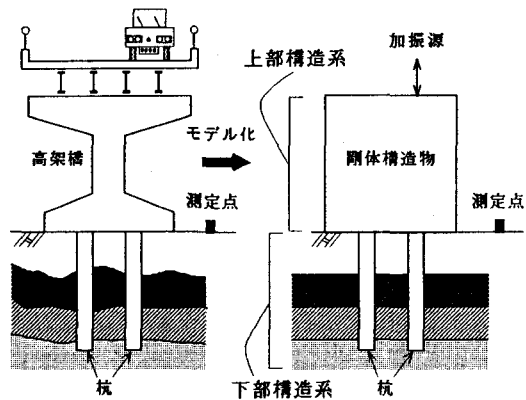


図1 解析モデル

この接触圧を加振力として、地盤の任意点の応答が得られる。

本研究では、下部構造系の計算に関して、以下のような単純化を導入する。

- (1) 文献1)、2)では、下部構造系の複素剛性は、つぎに示す剛性方程式の左側の式から得られる。しかし、多数本の杭を有する系へ拡張する場合、この定式は計算機容量の面で実用的ではない。ここでは、剛板と杭の相互作用に関係する項を無視する。すなわち、 $[k_{cc}] = [k_{cc}] = 0$ として、右側の式のように非連成系とする。

$$\begin{bmatrix} k_{cc} & 0 & k_{cg} \\ 0 & & \\ k_{gc} & [K_p] & \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_c \\ u_p \\ u_g \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_c \\ P_p \\ 0 \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{cases} [k_{cc}] \{u_c\} = \{P_c\} \\ [K_p] \begin{Bmatrix} u_p \\ u_g \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_p \\ 0 \end{Bmatrix} \end{cases}$$

ただし、 $[K_p] = [G_s]^{-1} + [K_{pp}] - [K_{sp}]$ 、また $\{u_c\}$ は杭頭を除く部分の剛板変位、 $\{u_p\}$ は杭頭変位、 $\{u_g\}$ は杭頭以外の杭変位、 $\{P_c\}$ は杭頭を除く剛板反力、 $\{P_p\}$ は杭頭反力である。 $[G_s]$ は杭部分を土柱で埋めた地盤の影響係数で、三次元薄層要素法による加振解を利用して得られる。 $[K_{pp}]$ は杭の剛性、 $[K_{sp}]$ は土柱の剛性である。

- (2) 群杭の杭頭反力 $\{P_p\}$ を求める場合、地中部分の杭分割のため、 $[K_p]$ の計算機容量が多くなり、計算コストも増大する。このため、群杭の連成効果の取扱いを簡略化した増田ら³⁾の略算法を利用する。この方法では、群杭を2本杭の組み合わせに分解し、2本杭の杭頭間の影響係数を全体系にまとめて、群杭の杭頭インピーダンスを求める。

- (3) 地盤の任意点の変位を計算するためには、剛板および杭と地盤の接触面における圧力を求めなければならない。この計算には $[K_p]$ の逆行列が必要となるが、計算機容量とコストの面で実用的ではない。また、文献3)の略算法を利用するメリットも失われる。ここでは、各杭と地盤の接触圧を単杭として計算し、単杭からの影響を重ね合わせて、周辺地盤の応答を求める。

Ken SAWAMURA, Yasutoshi KITAMURA

(4) 剛板および杭と地盤の接触圧計算には離散化手法を用いるが、これについても計算機容量とコストの低減を図る。計算手法の近似化ではないが、解析モデルの対称性を考慮して1/4象限に相当する部分の剛性方程式に縮合する。

3. 計算結果と考察

図2の計算モデルにおいて、地盤の諸元は、シルト質粘土を想定して、S波の速度を120m/s、単位体積重量を1.8tf/m³、ポアソン比を0.3、減衰比を5%とする。杭は直径が0.68m、長さが20mのRC場所打ち杭とし、ヤング係数が 2.1×10^4 tf/m²、ポアソン比が0.167、密度が0.246t/m³なる値とする。また、構造物の寸法は3.6m×3.6m×5.0m、単位体積重量は2.4tf/m³とする。橋脚天端での加振条件および周辺地盤の測点は図2に示す。なお、加振力は1.0tfで、天端中央に作用する。計算結果は、前述の単純化の有効性を調べるため、個々の問題を厳密に取り扱っている文献1)、2)の方法による結果と比較して示す。

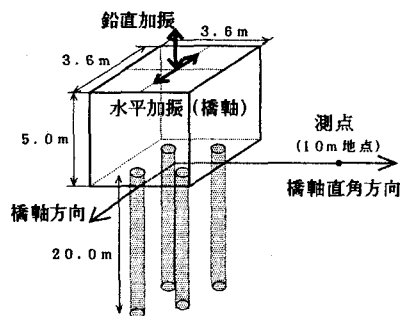


図2 計算条件

図3は、構造物底面の中央から橋軸直角方向に10m離れた地表面における、鉛直加振による鉛直振動速度、橋軸水平加振による橋軸方向の水平振動速度の周波数特性である。また、図4は構造物底面を振振源とする振動の寄与分、図5は杭周からの寄与分を取り出したものである。構造物底面からの寄与分が杭周からのそれに比べて小さくなっているが、鉛直加振において顕著である。全体的に見て、単純化の影響は高振動数域で現れる傾向にある。しかし、差異は小さく、単純化の有効性を損なうほどのものではない。既往の調査によれば、高架道路交通の場合、沿道には数Hzの低い振動数成分がよく伝達されている。この点からも、本研究で導入した単純化はシミュレーション法として問題はないと言えよう。

4. あとがき

本研究では、高架道路交通振動の簡便なシミュレーション法の開発を試み、文献1)、2)の方法で得られる結果と大差ないことを確かめた。今後は、桁-橋脚系を解析モデルに組み込むとともに、実際問題への適用を進める必要があろう。

〔文献〕1)北村・浅井：第28回土質工学研究発表会、1993。 2)北村・浅井・澤村：第20回日本道路会議論文集、1993。 3)増田・三浦・他2名：日本建築学会構造系論文報告集、第447号、1993。

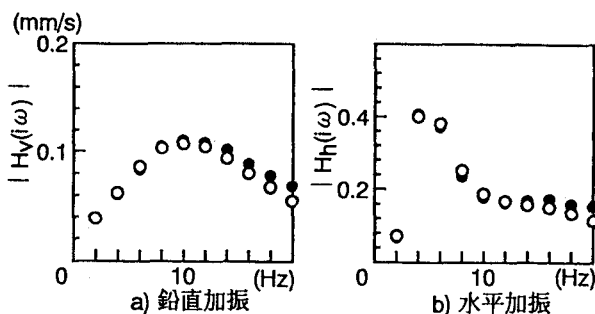


図3 周波数応答

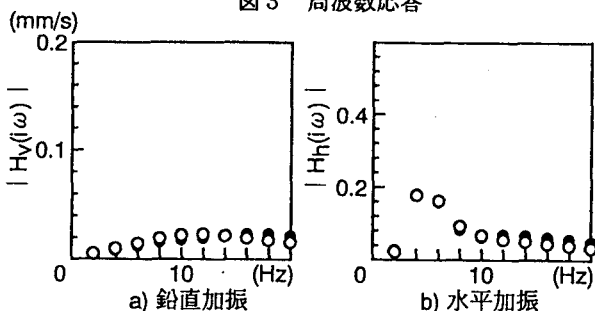


図4 構造物底面からの振動の寄与

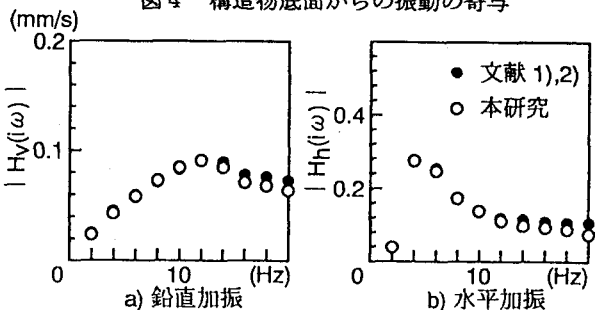


図5 杭周からの振動の寄与