

## 1. はじめに

軟弱地盤に建つ杭基礎構造物に対して、杭の合理的な耐震設計の実現を目的とし、多質点-ばね系モデルを用いた地震応答解析を行う。この解法は、解析時間や簡便性の点で FEM に比べて実用的であり、耐震設計に用いることができ、杭基礎-構造物の断面力を求める。橋梁の耐震設計法には新たにレベル2地震動の考え方が導入され、港湾の分野にも、耐震強化岸壁の設計レベル2地震動の考え方が導入され、設計用入力地震動が求められた。本研究では港湾技術研究所で観測された地震動の距離減衰、地震動の成分などの地震データベースを用いて、広島港の地震動外力を求め、多質点-ばね系モデルの入力地震波とした。

## 2. 解析方法

剛な基盤を考え、自由地盤を多質点せん断系で表す。自由地盤系を式(1)に示す。

$$[M_s](\ddot{u}_s) + \{C_s\}(\dot{u}_s) + [K_s]\{u_s\} = \{0\} \quad \dots (1)$$

ここで  $[M_s]$ : 単位土柱質量行列,  $[C_s]$ : 単位土柱減衰行列,  $[K_s]$ : 単位土柱剛性行列  
 $\{u_s\}$ : 単位土柱変位ベクトル,  $\{\ddot{u}_s\}$ : 地動加速度ベクトル

構造物系を式(2)に示す。

$$\begin{bmatrix} [M_p] \\ M_T \\ [M_B] \end{bmatrix} (\ddot{u}_p + \ddot{u}_s) + \begin{bmatrix} [C_p] & \{C_{PT}\} & 0 \\ \{C_{TP}\} & C_T & \{C_{TB}\} \\ 0 & \{C_{BT}\} & [C_B] \end{bmatrix} \{\dot{u}_p\} + \begin{bmatrix} [K_p] & \{K_{PT}\} & 0 \\ \{K_{TP}\} & K_T & \{K_{TB}\} \\ 0 & \{K_{BT}\} & [K_B] \end{bmatrix} \{u_p\} + \begin{bmatrix} [M_E] & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} (\{u_p\} - \{u_s\}) + \begin{bmatrix} [C_E] & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} (\{\dot{u}_p\} - \{\dot{u}_s\}) + \begin{bmatrix} [K_E] & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} (\{u_p\} - \{u_s\}) = 0 \quad \dots (2)$$

ここで  $[M_p]$ : 杭質量行列,  $[C_p]$ : 杭減衰行列,  $[K_p]$ : 杭剛性行列,  $[M_B]$ : 構造物質量行列,  $[C_B]$ : 構造物減衰行列,  $[K_B]$ : 構造物剛性行列,  $M_T$ : 杭頭質量,  $C_T$ : 杭頭減衰係数,  $K_T$ : 杭頭剛性,  $\{C_{PT}\} = \{C_{TP}\}^T$ : 杭頭・杭節点間減衰係数ベクトル,  $\{C_{BT}\} = \{C_{TB}\}^T$ : 杭頭・構造物節点間減衰係数ベクトル,  $\{K_{PT}\} = \{K_{TP}\}^T$ : 杭頭・杭節点間剛性ベクトル,  $\{K_{BT}\} = \{K_{TB}\}^T$ : 杭頭・構造物節点間剛性ベクトル,  $[M_E]$ : 仮想質量行列,  $[C_E]$ : 相互作用減衰行列,  $[K_E]$ : 相互作用ばね行列,  $\{u_p\}$ : 構造物系変位ベクトル,  $\{u_s\}$ : 自由地盤系変位ベクトル,  $\{\ddot{u}_s\}$ : 地動加速度ベクトル

Penzien らの提案した連成質点系モデル<sup>1)</sup>で、図-2.1 に示すように杭支持構造物の地震応答を周辺地盤の影響を考慮して解く。杭に支えられた上部構造、杭および杭周辺地盤を図-2.2 モデル化の対象とし、杭先端より上の部分をモデル化の範囲としている。

強震観測記録に基づく距離減衰式を用いて基盤入力波形を求めるには、まず、港湾技研のデータファイルに求めたい地点の位置データ(東経、北緯)を与える。本研究では、再現期間を75年とした広島港〔132.5, 34.4〕での工学的基盤面でのレベル1地震動、レベル2地震動の最大加速度の期待値を求めるとそれぞれ170gal、300galとなった。波形を既往の強震記録の加速度の中から選べるようにしているので、兵庫県南部地震(1995.1.17)により、鷹取駅で観測された極大地震動を用いた。波形の振幅のみを調整して、最大振幅がSMAC最大加速度の期待値に一致したものをレベル1地震動とした。ここでは、レベル1地震動を基準化して、100galとして入力した。地盤と杭基礎の相互ばねはミンドリンの第II解<sup>2)</sup>を用いた。

## 3. 解析結果と考察

応答時刻歴波形を図-3.1 に示し、パワースペクトルを図-3.2 に示す。

全体系の固有周期は1次0.49秒、2次0.11秒、3次0.09秒、自由地盤系の固有周期は1次0.53秒、2次0.16秒、3次0.10秒となる。入力地震波のパワースペクトルは1.14秒が卓越するため、構造物の固有周

期 1F、2F、Sway と又は自然地盤とも共振しないことがわかる。自然地盤と構造物各部の最大応答包絡線分布を図-3.3(a)、(b)に示す。今後は、地盤、構造物の両者の復元力特性を非線形モデルに置換して線形解析と比較する。

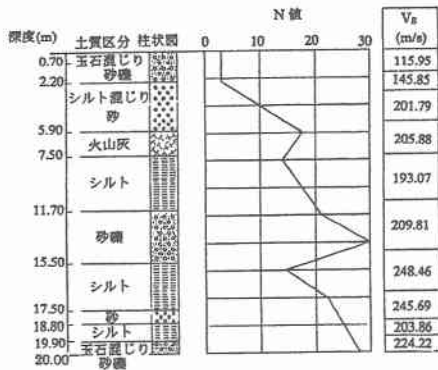


図-2.1 対象地盤

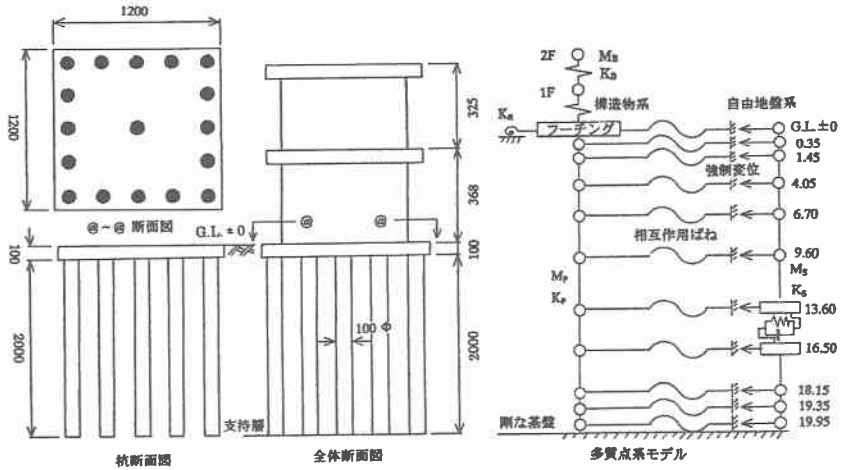


図-2.2 対象構造物とモデル

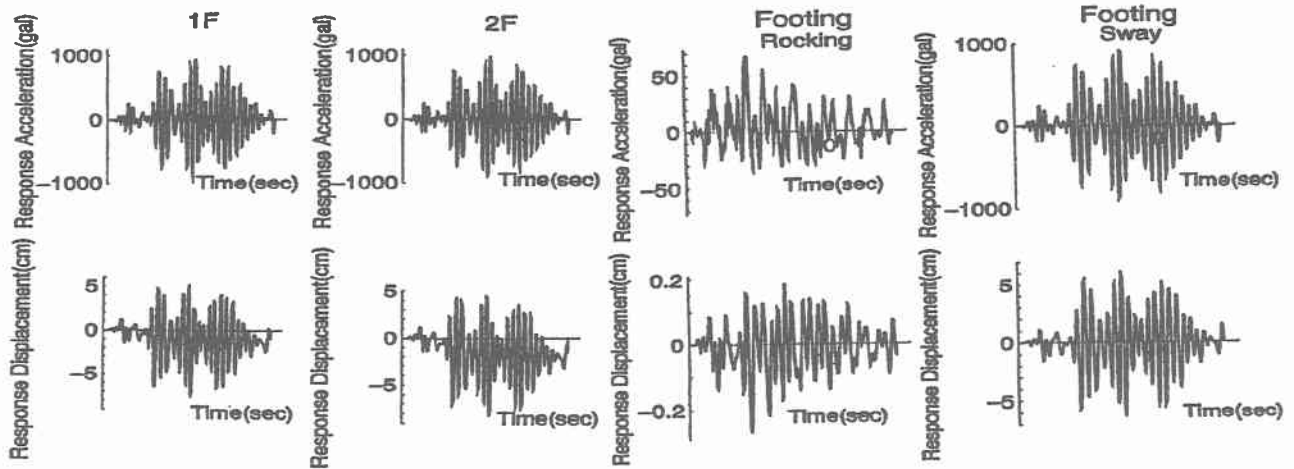


図-3.1(a) 1F,2F の応答時刻歴波形

図-3.1(b) 基礎の Sway と Rocking の応答時刻歴波形

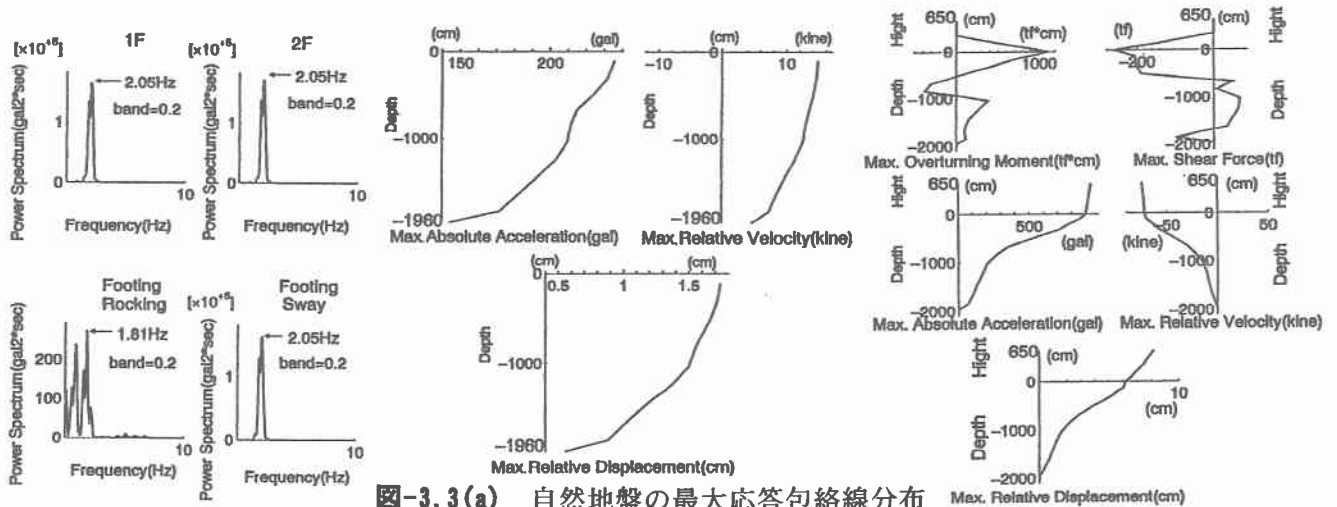


図-3.3(a) 自然地盤の最大応答包絡線分布

図-3.3(b) 構造系の最大応答包絡線分布

図-3.2 パワースペクトル

図-3.3(b) 構造系の最大応答包絡線分布

参考文献

- 1)吉川正昭, 並川博行: 地震-杭基礎-構造物全体系の地震応答解析, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp.50・ 51, 1998.5.
- 2)吉川正昭, 谷治孝: 構造物の耐震設計に用いる入力地表波形作成手法の研究-強震観測記録に基づく距離減衰式を用いる-, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp.38・ 39, 1999.5.