

CS4-7〔I〕

杭基礎構造物の動的相互作用解析法に関する検討
 -修正Penzienモデルと3次元波動論解との比較-

飛鳥建設(株) 正会員 〇三輪 滋 清水建設(株) 正会員 清水勝美
 清水建設(株) 正会員 田蔵 隆 飛鳥建設(株) 正会員 森伸一郎

1.はじめに

杭基礎構造物などの深い基礎を有する構造物では、地盤と構造物の動的相互作用の検討が耐震設計上重要な課題となる。動的相互作用の解析手法は数多く提案されているが、実務設計の分野では、Penzien¹⁾が提案した、いわゆるPenzienモデルや、河村²⁾が提案した修正Penzien型モデルといったばね-質点系モデル、あるいは二次元FEMモデル等が用いられている。しかし、これらの手法の解析精度あるいは解析上の特性、留意点を統一的に検討した例^{3) 4)}は非常に少ない。ここでは、いくつかの手法の特性を検討するため実施した一斉解析⁵⁾のうち、修正Penzien型モデルについて、一次モードが支配的な構造物を想定した、一様地盤中の単杭に支持されたせん断1自由度系という条件に対し、厳密解を与える3次元弾性波動論に基づく解析^{6) 7)}と比較した結果について報告する。

2.解析モデル

解析対象は一様地盤中の単杭モデルとした。解析の条件を図-1に示す。表層地盤は一次固有周期が1.0秒の

地盤を想定し、せん断振動のみを考えた。杭の境界条件は杭先端固定、杭頭回転拘束とした。上部工は水平1自由度のばね-質点系とし、固有周期については、その違いによる影響を見るため、0.5, 1.0, 1.5秒の3ケースを考えた。フーチング重量、上部工重量については、それぞれ5tf、35tfとしたケースとそれらを10倍し、上部工の慣性力の影響が大きいケースを考えた。以上の条件のもとで、3次元弾性波動論による解析から厳密解が導かれている⁷⁾。図-2に修正Penzien型モデルの解析モデルを示す。相互作用ばね、周辺地盤の質量はMindlin解に基づいた杉村の方法で求めた⁸⁾。周辺地盤はその質量と等価な断面積をもつ土柱のせん断ばねで結ばれている。

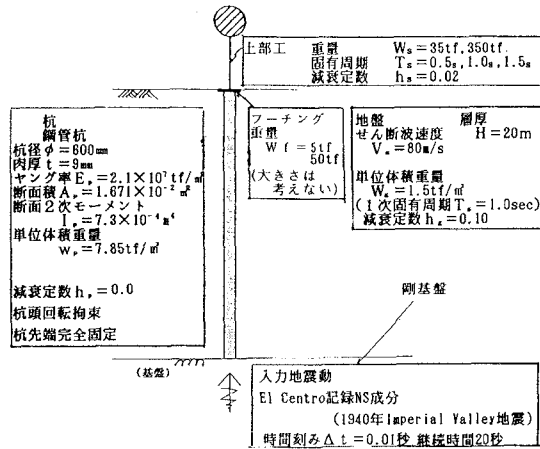


図-1 解析の条件

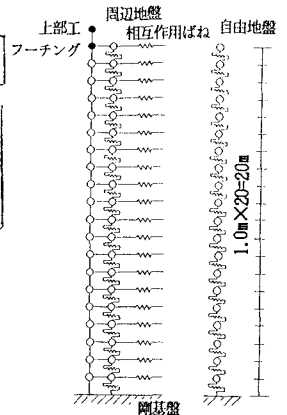


図-2 修正Penzien型モデルの解析モデル

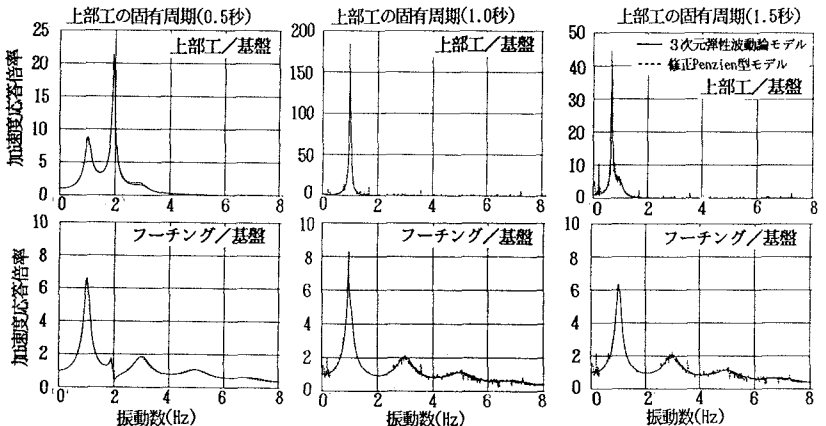


図-3 基礎に対する周波数伝達関数の比較(上部工重量35tf)

3. 解析結果

図-3に上部工重量が35tfの場合の修正Penzien型モデルと波動論モデルの基礎に対する上部工およびフーチングの周波数伝達関数を比較して示す。いずれのケースも修正Penzien型モデルによる伝達関数は、上部工の固有周期の長周期化などの伝達特性を良く表しており、波動論モデルによる伝達関数とほとんど重なっている。また、図-4に示すように、伝達特性の違いに敏感な加速度波形もほとんど一致しており、その最大値の差も3%以内となっている。以上のことから、この条件のもとでは、修正Penzien型モデルは高い精度を有していると考えられる。

図-5に上部工重量が350tfの場合の伝達関数を比較して示す。修正Penzien型モデルの結果は波動論モデルに比べ、相互作用の影響による上部工の固有振動数の低下がわずかに小さく、その伝達関数のピーク値もやや小さい。また、図-6に示す加速度波形も上部工が35tfの場合よりは差が見られる。しかし、伝達関数はその伝達特性を概ねとらえており、また最大加速度の差は大きくても10%以内であり、このような条件でも修正Penzien型モデルは十分な精度を有していると考えられる。また、このケースは杭の剛性が非常に弱い場合に相当し、実際の設計では他の条件が同じならば上部工の影響はこの場合よりも小さいと考えられる。以上、ここで検討したような一次モードが支配的な杭支持構造物に対しては、修正Penzien型モデルの有効性を示すことができた。

4. まとめと課題

せん断振動のみを考える一様地盤中の、単杭で支持されたせん断1自由度系の構造物という条件のもとでは、修正Penzien型モデルの応答解析結果は、厳密解を与える3次元波動論モデルの結果とよい一致を示すことが分った。今後、さらに異なる条件のもとで、修正Penzienモデルの実用性についての検討が必要と考えられる。

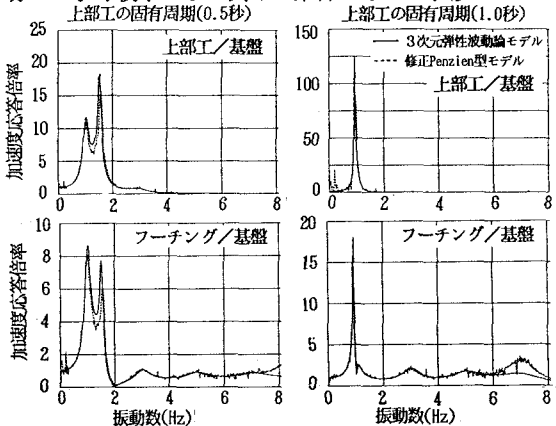


図-5 基礎に対する周波数伝達関数の比較(上部工重量350tf)

謝辞：本研究は日米共同研究「地盤とライフラインの耐震性に関する研究会」、分科会II杭基礎WGにおいて実施した研究成果の一部である。ご指導賜った主査の埼玉大学渡邊啓行教授ほかメンバー各位に謝意を表します。

参考文献 1) J. Penzien, C. F. Scheffey, R. A. Parmelee: Analysis of Bridges on Long Piles, A.S.C.E., Vol. 90, EM3, pp. 223-254, 1964. 6
 2) 河村壯一: 埋立地盤に建つ杭支持構造物の地震動規制と解析, (その7) Penzien型モデルと集約型モデル, 1975年度日本建築学会大会学術講演梗概集, 1975. 10
 3) 杉村義広: 構造物と地盤の動的相互作用シンポジウム, 第3部解析手法の検討 (日本建築学会), pp. 67-92, 1985. 4
 4) 藤崎祐三: 第2回構造物と地盤の動的相互作用シンポジウム, 第2部地震応答解析 (日本建築学会), pp. 47-97, 1989. 9
 5) 三輪滋, 田蔵隆, 清水勝美, 上原精二, 三上博, 小林恒一, 小嶋敏: Study on analytical methods of dynamic soil-structure interaction of structure on pile foundation, Proc. from the 4th U.S.-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, (submitted), 1992. 5
 6) 田沼見宏: 深い基礎を有する剛構造物の地震応答について, 第2回日本地震工学シンポジウム, pp. 255-260, 1968. 10
 7) 大平彰, 田蔵隆, 中村新, 清水勝美: 軟弱地盤中の基礎杭の地震時挙動特性に関する研究, 土木学会論文集第362号I-4, pp. 417-426, 1985. 10
 8) 杉村義広: 軟弱地盤における長尺支持ぐい基礎の地震時振動性状に関する研究, 早稲田大学学位論文, 1972. 10

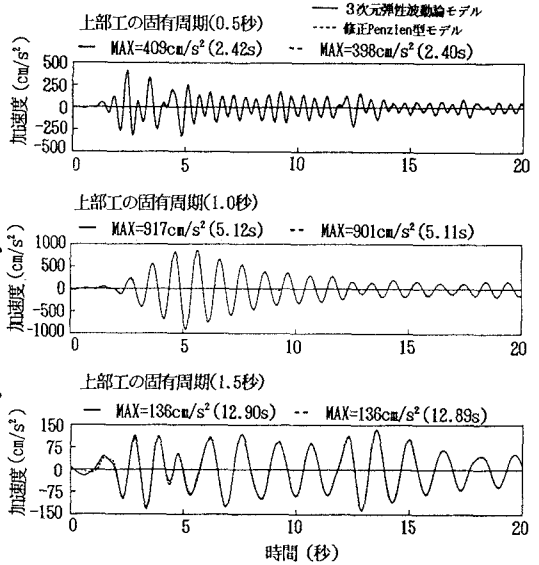


図-4 上部工の加速度波形の比較(上部工重量35tf)

図-4 上部工の加速度波形の比較(上部工重量35tf)

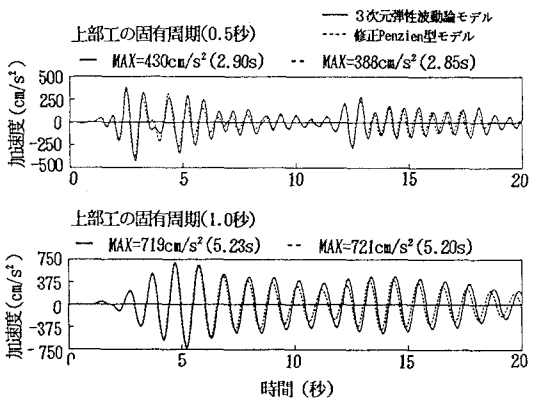


図-6 上部工の加速度波形の比較(上部工重量350tf)