

## 群杭基礎-地盤-構造物系の動的相互作用解析におけるSRモデルの構築

|           |      |      |
|-----------|------|------|
| 京都大学工学研究科 | 正会員  | 山下典彦 |
| 京都大学工学研究科 | フェロー | 土岐憲三 |
| 京都大学防災研究所 | 正会員  | 佐藤忠信 |

1.はじめに 一般に、橋梁構造物は岩盤等の硬質地盤上に直接設置される場合を除いて、杭を介して下部の硬質地盤に支持される杭基礎が採用されることが多い。そこで本研究では、群杭基礎-地盤-構造物系から構成される全体系を考慮した動的相互作用を表現できる簡便な力学モデルを構築し、その多質点系モデルから等価SRモデルへの置換手法について検討を行うものである。

2.多質点系モデル 図1(b)に示すように群杭基礎-地盤系を基礎近傍地盤の非線形性を考慮した多質点系にモデル化する。すなわち、杭端は支持基盤に達し基盤変位 $u_g$ によって地盤とともに杭は地震動を受ける。このとき、 $u_j^i$ は杭から遠く離れた場所での地盤変位であり、杭の変位 $u_j^p$ は $u_j^i$ による影響を受けるが、 $u_j^i$ は $u_j^p$ の影響を受けない。したがって、相互作用の影響はすべて杭と地盤との間の見かけの相互作用ばねにより考慮されることになる。この相互作用ばねの復元力特性は、Hardin-Drnevich型モデルで表され、骨格曲線は初期剛性と降伏強度の二つのパラメータを用いて双曲線関数で表す。初期剛性としてはNovakらによる複素剛性を時間領域解析に取り入れる手法を用い、降伏強度はBromsが提案したRankineの受動土圧の3倍を用いている。これらのパラメータを求める際に必要となる諸量はすべてN値により推定するものとする。

3.等価SRモデル 図1(c)に示されるSRモデルの並進と回転ばねを決定するためには、多質点系モデルの杭頭における静的載荷シミュレーションにより、杭頭部における地盤反力-変位関係を杭の弾性変形成分および地盤の非線形変位成分の和で表現し<sup>1)</sup>、地盤の非線形成分を杭頭における並進および回転ばねとして評価することにより多質点系モデルをSRモデルに置き換える。その際、荷重は1方向載荷とし杭体および支持基盤にはいかなる降伏も生じないと仮定して、全ての相互作用ばねが降伏するまで載荷を行う。

4.解析手順 多質点系モデルの応答解析には入力地震動およびその入力に対する自由地盤の応答が必要となる。動的解析の手順を詳細に示すと以下ようになる。

- 1) 図1(b),(c)、図2のように座標系をとり多質点系およびSRモデルの運動方程式を定式化する。
- 2) 図3に示すように構造物設置位置で予想される理論加速度応答スペクトル<sup>2)</sup>を与えて、これに適合する模擬地震波を求め、さらに重複反射理論を用いて工学的基盤面における地震動とする。
- 3) 理論加速度応答スペクトル準拠の入力地震動を支持基盤に作用させ有限要素法により自由地盤の応答を求める。この場合、表層地盤は半無限弾性基盤上についた水平成層地盤とし、地震波は鉛直下方から入射するSH波を考える。
- 4) 入力地震動およびその入力に対する自由地盤の応答を多質点系およびSRモデルに作用させることによって地震応答解析を行い、等価SRモデルの妥当性の検証を行う。

5.解析結果と考察 解析は線形加速度法を用い、図3の強震観測記録としては、図4に示す神戸本山における振り切れ波形を再現したものを作用させ、計算時間間隔は0.005秒とした。解析対象とする群杭基礎-地盤-構造物系は、都市内高架橋に多くみられる非合成鉄筋-鉄筋コンクリート橋脚をモデル化し、阪神高速道路3号神戸線上の橋脚P137とP252を対象に数値解析を行った。また、地盤パラメータはボーリング調査結果を参考にした。図5はP137とP252の上部構造物の応答変位を比較したものであり、図中実線が等価SRモデル、点線が多質点系モデルのものである。P137においては変位値が最大3.6cm程度

キーワード 相互作用, 群杭, 非線形解析, 時間領域, 入力地震動

連絡先 (〒606-01 京都市左京区吉田本町, TEL. 075-753-4751, FAX. 075-753-4794)

で両者はよく一致しているが、P252では上部構造物の非線形性により多質点系モデルの最大変位が等価SRモデルのものと比較して3cm程度大きくなっている。さらに、上部構造物の履歴曲線を示したものが図6である。これより、P137においてはあまり非線形性はみられないが、P252では大きな非線形性を示していることがわかる。今後の課題としては、構築した等価SRモデルより必要強度スペクトルを求め、弾塑性耐震設計法に関する研究を行う予定である。

〔参考文献〕1)佐藤忠信：講座「地盤と構造物の動的相互作用の解析法」，土と基礎，土質工学会，pp.63-70，1992。2)山下典彦，関口春子，佐藤忠信，川瀬博：兵庫県南部地震における阪神高速道路3号神戸線を対象とした理論加速度応答スペクトルの推定，第32回地盤工学研究発表会（投稿中）

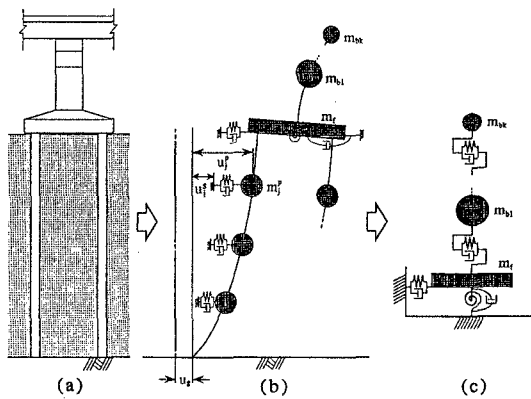


図1 群杭基礎-地盤-構造物系のモデル化の概念

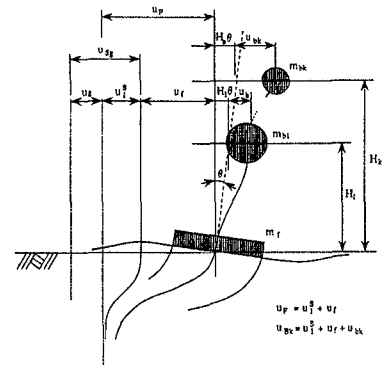


図2 解析モデルの座標系

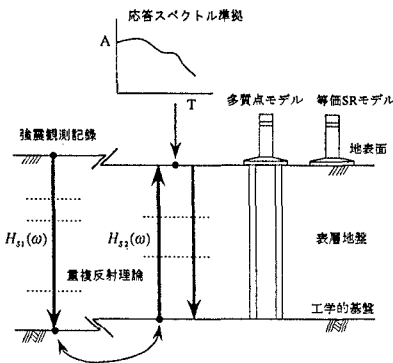


図3 応答スペクトル推定の入力地震動の考え方

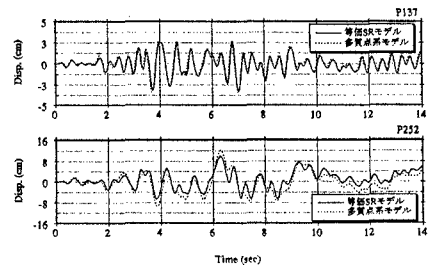


図5 上部構造物の応答変位の比較

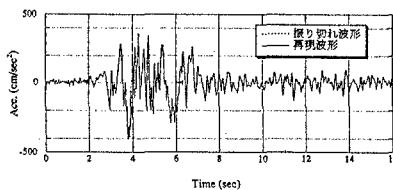


図4 神戸本山における再現波形

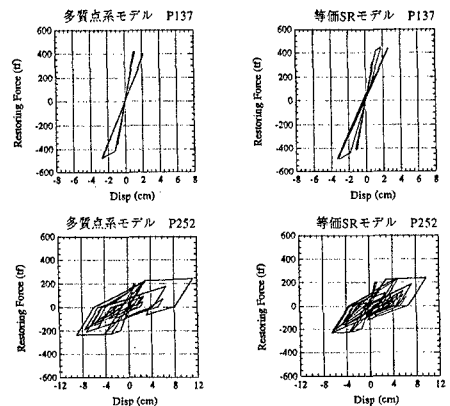


図6 上部構造物の履歴曲線の比較