## 液状化時の杭基礎の動的応答に及ぼす地震動の振動数特性の影響に関する一検討

大成建設(株)土木技術研究所 正会員 立石 章

同上正会員宇野浩樹

## 1.はじめに

著者らは、液状化時の杭基礎の耐震安全性評価への有効応力 解析の有用性を調べることを目的として、遠心場における液状 化模型実験およびシミュレーション解析を実施してきた。実験 および解析結果より、水圧上昇過程において杭基礎の応答が増 幅することが明らかとなった<sup>1)</sup>。そこで、液状化地盤における 杭基礎の増幅特性に対する入力地震動の振動数特性の影響に ついて、解析的検討を行ったので報告する。

#### 2.遠心実験モデルおよび解析方法

解析には遠心実験モデルを用いた。遠心実験モデルは、図-1 に示したように、豊浦砂の Dr60%と 90%の 2 層地盤と、鋼 管杭を想定した 2 × 2 の 4 本群杭(実物換算 0.38m、t=10mm) で構成されている。解析検討に遠心実験モデルを用いた理由は、 実験およびそのシミュレーションにより、水圧上昇過程におけ る増幅特性を既に検討しており、地震動の振動数特性の影響を 調べるのに適しているからである。解析モデルを図-2 に示す。 有効応力解析には、2次元有効応力解析プログラム LIQCA<sup>2)</sup>を 用いた。地盤は非線形移動硬化モデル<sup>3)</sup>、杭模型はファイバー モデルでモデル化し、杭と地盤とは水平方向剛結、せん断方向 は摩擦強度を極限値とするバイリニアーモデルのばね要素で 結合した。なお、実験と解析の詳細は文献<sup>4)</sup>に示してあるので 参照されたい。

### 3.入力地震動

遠心載荷実験およびシミュレーション解析では、建屋の応答 および杭の曲率は水圧上昇過程において大きく増幅していた<sup>4)</sup>。 そこで、この増幅特性への入力地震動の振動数特性の影響を調 べるため、遠心載荷実験と同じ入力地震動である兵庫県南部地 震におけるポートアイランドGL-83mEW成分(原波と呼ぶ)を 用いることとし、この振動数特性を変更した模擬地震動を作成 し入力した。図-3に示したように、原波を折れ線で近似した もの(近似波と呼ぶ) これに長周期成分を 1.6 秒まで加えた もの(長周期シフト波と呼ぶ) 0.63 秒以上の長周期成分を減 らしたもの(長周期カット波と呼ぶ) の計3種類の応答スペ クトルを作成し、原波の位相特性を用いてこれらのスペクトル に適合する模擬地震波を作成した。





図-2 解析モデル(実物換算)



キーワード 液状化,杭基礎,有効応力解析,振動数特性 連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)土木技術研究所 TEL045-814-7236

# 4.解析結果

解析結果を、3ケースについて実物換算して図4~図6に示す。図より以下のことが分かる。

- 過剰間隙水圧比は3ケースともおよそ4秒付近で完全液状化に達し、側方地盤地表の加速度は3ケースとも4
  秒以降に長周期化し振幅減衰しており、周期0.63秒以下の短周期成分が水圧上昇に寄与していることが分かる。
- 建屋の加速度および杭頭曲率は、3ケースとも完全液状化する直前の4秒付近で増幅して最大となっているが、
  長周期カット波の最大応答は他の2ケースより小さく、杭基礎の最大応答には1~2秒の周期成分が寄与していることが分かる。さらに、この最大応答には、過剰間隙水圧時刻歴より、水圧上昇過程における剛性低下と、剛
  性が残存している状態でのサイクリックモビリティによる有効応力回復が関係しているものと推察される。
- ・ 完全液状化後の杭頭曲率は、長周期シフト波の振幅が最も大きく、近似波、長周期カット波の順となっており、
  1秒以上の長周期成分の寄与が大きい。

今後は、水圧上昇過程における杭基礎の増幅特性について詳細に検討する予定である。

参考文献 1)立石・宇野:遠心模型実験と有効応力解析による杭基礎の液状化過程における増幅特性の一検討,第 39 回地盤工学研究発表会, 2004(投稿中).2) 0ka, F. et. al.: FEM-FDM coupled liquefaction analysis of a porous soil using an elasto-plastic model, Applied Science Research, 52, pp.209-245, 1994. 3) 0ka, F. et. al.: A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic-strain dependence of the shear modulus, *Geotechnique* 49, No.5, pp.661-68, 1999. 4)立石・宇野:地震時に塑性化する杭模型 の遠心場における液状化実験と2次元・3次元有効応力解析, 土木学会地震工学論文集報告, 2003.

