

礫質土地盤における杭基礎構造物の遠心力場模型振動実験およびそのシミュレーション

関西電力株式会社 正会員 ○小澤 和弘, 大江 一也, 吉田 次男
株式会社ニュージェック 正会員 平井 俊之, 片山 周平
京都大学防災研究所 正会員 井合 進

1. はじめに

礫質土によって埋め立てられた地盤に杭基礎構造物を設計するにあたって, 地震によって液状化した埋立土, 及びその影響を受けた杭の挙動を把握することは重要であるが, このような研究はまだ少なく, 液状化した礫質土地盤が杭に及ぼす影響が明確でない. また, 砂を対象として開発されてきた有効応力解析手法の礫質土への適用性についても検討する必要がある. 筆者らは, 礫質土の埋立地盤に建設する杭基礎構造物を対象とした遠心力場模型振動実験およびその再現解析を二次元有効応力解析手法 FLIP により実施した. 本稿では, レベル 2 地震動に相当する波形を入力した際の再現解析結果について報告する.

2. 遠心力場模型振動実験

模型の寸法及び計器配置図を図-1 及び図-2 に示す. 遠心加速度は 50G で, 模型のサイズは横 1.95m (97.5m) × 奥行き 0.8m (40m) × 高さ 0.52m (26m) とした (括弧内は実物換算値). 杭はステンレス製で $\phi=20\text{mm}$, $t=1\text{mm}$, 長さ 502mm である. 上部工はフーチング部および建屋部の 2 階建て構造とした. 模型地盤材料の粒度分布は図-3 に示す. 地盤の密度は $D_r=118\%$ である. 入力地震動は図-4 に示すように, 地盤の液状化過程を詳細に把握するため継続時間が長い 2003 年十勝沖地震の釧路港で観測された波形を振幅調整して用いた.

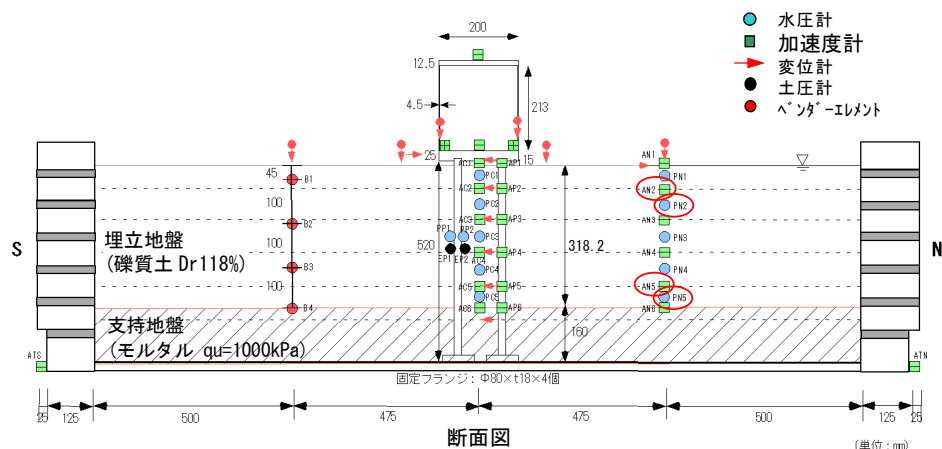


図-1 模型の寸法及び計器配置図 (○印は解析と比較した点)

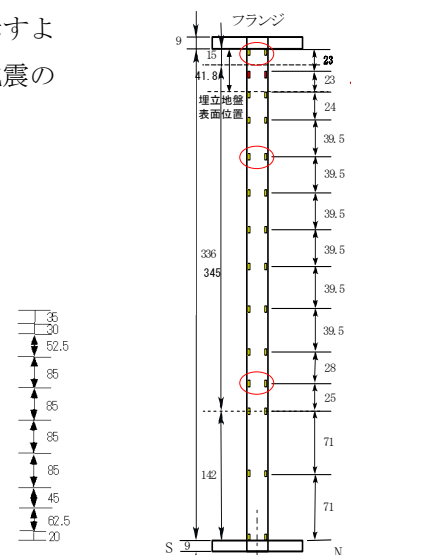


図-2 ひずみゲージ配置図 (○印は解析と比較した点)

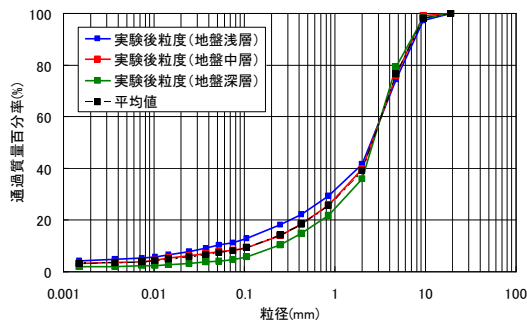


図-3 埋立地盤の粒度分布

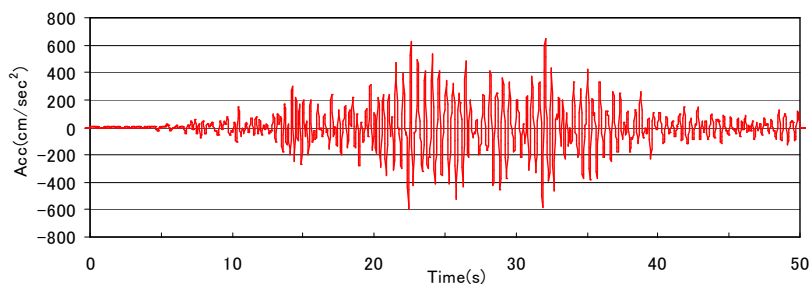


図-4 入力波形

キーワード 礫質土, 液状化, 杭基礎, 遠心力場模型振動実験, 有効応力解析, レベル 2 地震動

連絡先 〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺 3-11-20 関西電力株式会社 電力技術研究所 構築研究室 TEL 06-6494-9707

3. 遠心力場模型振動実験の再現解析

再現解析（以降、「詳細解析」という）のパラメータ評価は、最初に、地盤改良された固い地盤を表現するために初期せん断剛性 G_{ma} (G_0) をパラメータとして液状化前の小ひずみでの $G-\gamma$ 関係を実験と整合させた。次に、過剰間隙水圧の上昇をターゲットにして液状化パラメータの評価を行った。その際、地盤を上下2層に分け、各層で評価した。図-5 に非排水繰返し三軸試験と詳細解析によって求めた液状化強度曲線を示す。図-6 に過剰間隙水圧比の時刻歴波形を示す。以降、解析と実験との比較は実スケールで行っている。詳細解析では水圧上昇過程が精度良く再現されている。図-7 に地盤変位の時刻歴波形を示す。詳細解析は実験値との位相のずれも見られず再現性が良い。図-8 に杭の曲率の時刻歴波形、図-9 に20秒付近のスナップショットを示す。杭頭は塑性領域に入っており、詳細解析は杭の塑性挙動を精度よく表現している。図-10 に上部工慣性力と杭頭曲率との関係を示す。杭頭曲率の最大値側と最小値側の誤差を平均した解析誤差は7%程度であり、実験と良く整合していると言える。

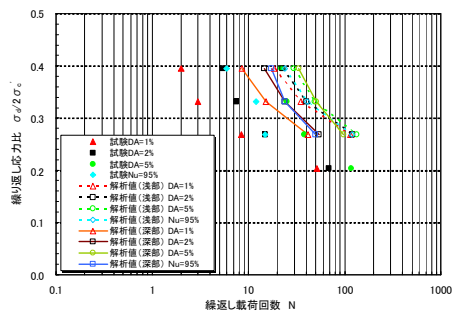


図-5 繰返し三軸試験結果と要素シミュレーション

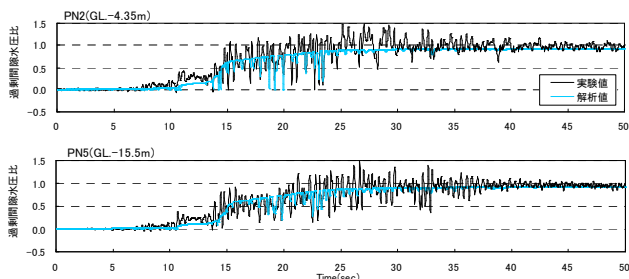


図-6 過剰間隙水圧比の時刻歴波形

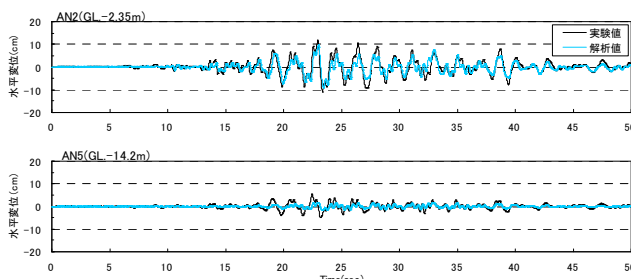


図-7 地盤変位の時刻歴波形

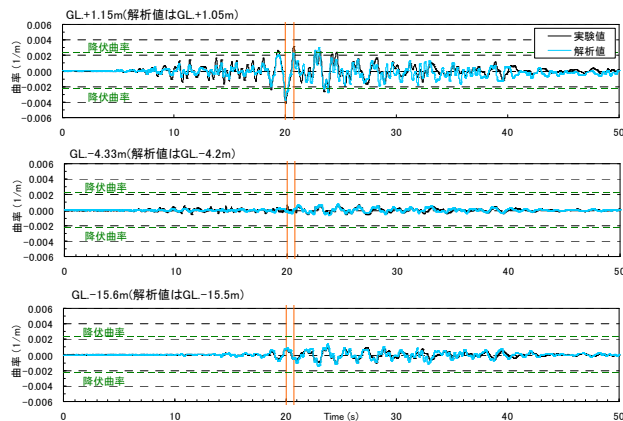


図-8 杭の曲率の時刻歴波形

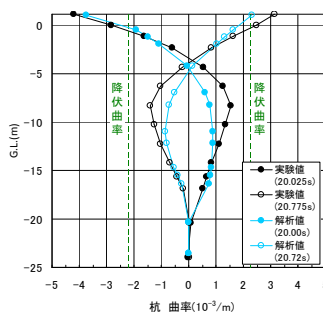


図-9 杭の曲率のスナップショット

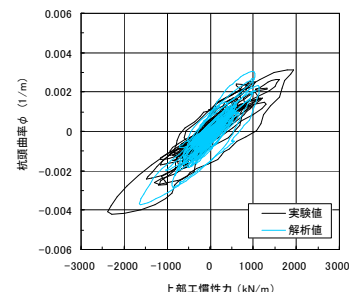


図-10 上部工慣性力と杭頭曲率との関係

4. おわりに

過剰間隙水圧の上昇をターゲットにして液状化パラメータの設定を行った FLIP による再現解析（詳細解析）を実施し、実験結果と比較した。解析結果より、改良地盤を表現するために、 G_{ma} (G_0) をパラメータとして液状化前の小ひずみでの $G-\gamma$ 関係を実験と整合させることで、地盤物性を精度良く評価できることが分かった。また、模型実験での過剰間隙水圧の上昇過程を忠実に再現することで、地盤変位や杭の曲率についても実験結果を精度良く再現できることが分かった。これらの結果より、実設計に際して、遠心力場模型振動実験にて実地盤を忠実にモデル化し、本手法にて液状化パラメータを評価することで、精度の高い解析が行えると考えられる。今後、遠心力場模型振動実験より簡便に実施可能な重力場模型振動実験から液状化パラメータを評価する手法の開発を行う予定である。

参考文献

- 1) 片山ら：礫質土盤における杭基礎構造物の模型振動実験及びそのシミュレーション（逆解析編），土木学会第65回年次学術講演会，2010