

単杭の振動台実験と有限要素シミュレーション

群馬大学 正 ○若井 明彦
 群馬大学 フェロー 鵜飼 恵三
 群馬大学 学 J.A.Martinez Mesen

1. はじめに

著者らは杭基礎の地震時挙動を把握するため、単杭および群杭（6本）の模型杭基礎に対する1G場の振動台実験を行ってきた（塩谷他 2001）。本稿では一連の実験ケースの中で特に単杭の実験結果のみに着目し、そこで得られた杭頭の応答加速度や杭の曲げひずみ分布を3次元動的弾塑性FEMにより再現することを試みる。

2. 振動台模型実験

実験模型の概略を Fig.1 に示す。空中落下法により $Dr = 90\%$ の密な乾燥砂（小名浜砂）地盤を作成した。模型杭はひずみの計測を容易にするため、剛性の低い硬質塩化ビニール管（JIS K 6741）を用いた。杭の外径は48mm、肉厚は2mmである。杭の長さは580mmであり、振動台の下端から50mmの位置に杭下端を直接立て込んだ（非拘束条件）。地盤内各位置および杭頭近傍に加速度計を設置し、杭の載荷方向の前後面には各深さ毎にひずみゲージを貼付した。地震波は5Hzの正弦波とし、振幅がおおよそ3, 2, 1m/sec²の3ケースを対象とした。また上部工の重量の影響を調べるため、上記の各ケースおののに対して、杭頭部に質量8.3kgと1.7kgの2種類の小さいおもりを載せた場合（計6ケース）を検討した。

3. 解析モデル

FEメッシュ（20節点要素）を Fig.2 に示す。実験では剛な土槽を用いているため、解析領域をそれに一致させた。

土の構成則は著者の一部が提案している繰返し載荷モデル（若井・鵜飼，1999）を適用した。本モデルの特長は、土の動的変形特性（ $G-\gamma$ 、 $h-\gamma$ 関係）と強度定数 c , ϕ (Mohr-Coulomb 規準) をともに考慮し、さらに Rowe のストレス・ダイレイタンスー関係等の流れ則を適用できるなど、多様な土からなる系の地震時挙動を簡便かつ合理的に解析できる点である。

解析に用いた材料定数を Table.1 に示す。地盤は三軸試験結果をもとに決定したが、簡単化のため、深さによらず均一と仮定した。いくつかのパラメータについては十分に吟味していないため、今後さらに妥当性を検討する予定である。なお Rayleigh 減衰（周期 0.2～2.0sec で $h =$ 約 3%）を併用した。

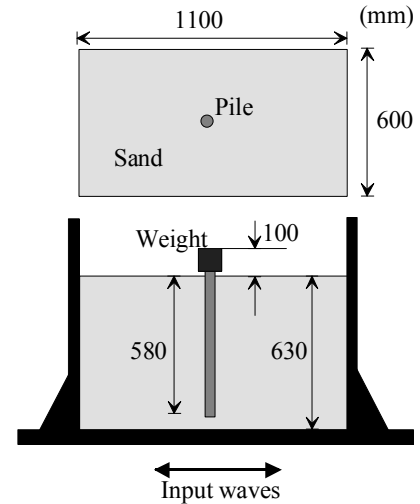


Fig. 1 模型杭と振動台実験。

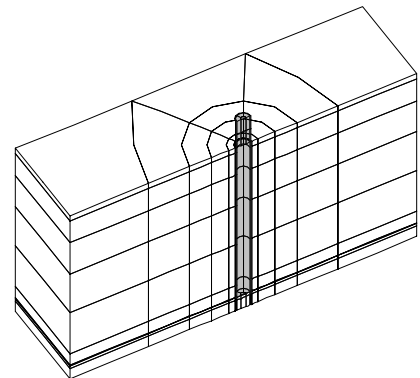


Fig. 2 有限要素メッシュ（20節点要素）。

Table. 1 解析に用いたパラメータ。

(a) 模型杭（塩化ビニール製）＝ 弾性仮定

E (kPa)	ν	c (kPa)	ϕ (deg)
3000000	0.4	10^{20}	-
K_{cv}	$b \gamma_{G0}$	n	γ (kN/m ³)
-	-	-	13.2

(b) 地盤（乾燥砂）

E (kPa)	ν	c (kPa)	ϕ (deg)
5000	0.3	0	47.5
K_{cv}	$b \gamma_{G0}$	n	γ (kN/m ³)
3.5	1.8	1.5	15.3

Keywords: 杭基礎，振動台実験，地震時，動的応答，弾塑性，有限要素法。

連絡先/ 若井明彦，群馬大学工学部建設工学科（〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1, Ph.&Fax 0277-30-1624）

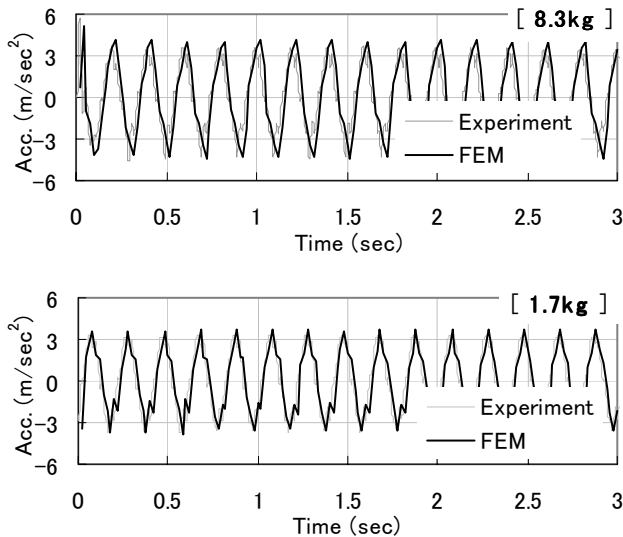


Fig. 3 杭頭の応答加速度の時刻歴 .

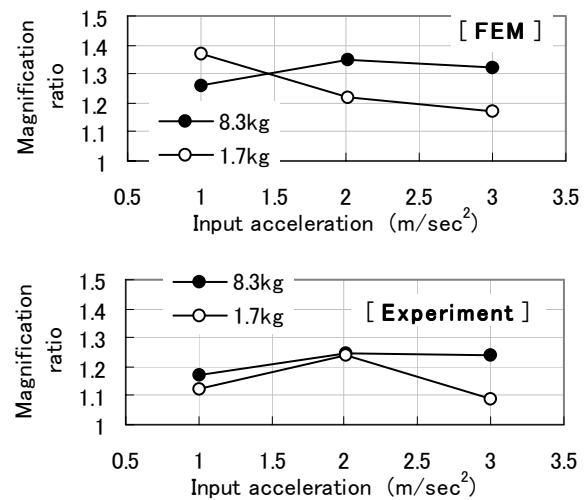
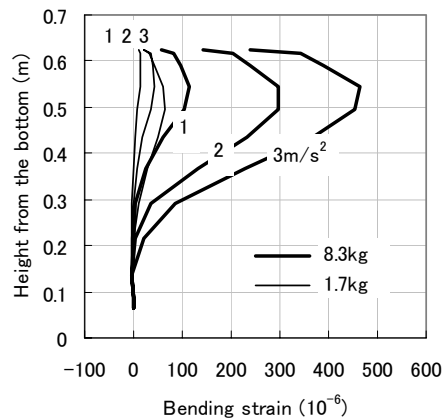
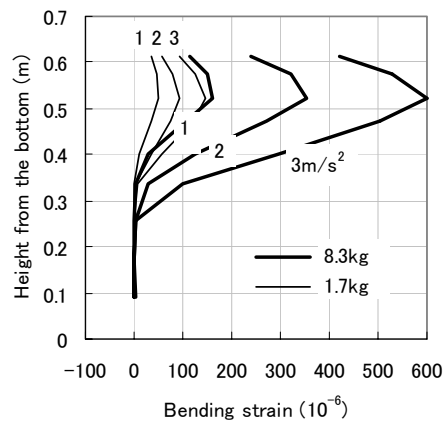


Fig. 4 各ケースの杭頭の加速度応答倍率の比較 .



(a) FEM による解析結果



(b) 振動台実験結果

Fig. 5 各ケースの杭の曲げひずみ分布（杭頭の水平変位最大時；正負側の平均値）.

4. 解析結果と考察

入力波振幅が約 3m/sec^2 の場合の 2 ケースの杭頭の応答加速度の時刻歴を Fig.3 に、また各ケースの加速度応答倍率（正負の平均）の比較を行ったのが Fig.4 である．すべてのケースで応答倍率は 1.2～1.3 前後であり、おもりが 8.3kg のケースの方が全体的により増幅の大きいことが分かる．各ケースの杭の曲げひずみ分布を Fig.5 に示す．定常振動状態において杭頭が最も大きく変位した瞬間おのおのについて分布を求め、正負側の平均値をプロットした．最大ひずみの発生深さ、各ケースのひずみの最大値など、定量的に解析と実験の一致度は良好である．

5. まとめ

砂地盤中の模型杭の振動台実験結果を、簡易な繰返し載荷構成モデルを用いた動的弾塑性 FEM により再現した．今後は群杭の解析を行うとともに、各杭の動的水平抵抗の発生メカニズムなど、詳細な検討を行う予定である．

参考文献

- 塩谷・鵜飼・Martinez・高藤（2001）：乾燥砂地盤中の群杭基礎に対する動的応答特性の実験的検討，第 28 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，pp.364-365．
 若井・鵜飼（1999）：簡易な繰返し載荷モデルに基づく非線形動的応答解析と設計への応用，第 44 回地盤工学シンポジウム発表論文集，地盤工学会，pp.337-342．
 木村・張・井上・田中・西村（1999）：3 次元弾塑性静的・動的 FEM による群杭基礎の耐震検討，第 34 回地盤工学研究発表会講演概要集，pp.1539-1540．