

# 一体系動的解析による斜杭群杭基礎の動的挙動に関するパラメトリックスタディ

三菱重工業(株)正会員 大川賢紀 亀井宏之  
 岐阜大学 正会員 張 鋒  
 京都大学大学院 正会員 木村 亮

## 1. はじめに

海上橋基礎を想定したジャケット式鋼管杭基礎の構成成立性を検証するため、著者らは今までに、斜杭を有する群杭基礎の支持力特性や終局挙動について、3次元静的弾塑性有限要素解析と遠心模型実験により詳細に調査し<sup>1)</sup>、さらに動的遠心模型実験により、その動的挙動に関する基礎データを取得した<sup>2)</sup>。本論文では、動的遠心模型実験のプロトタイプを対象とした地盤・杭基礎・上部構造一体系動的解析を行い、解析手法の妥当性を示すとともに、杭の配置や傾斜角などの設計パラメータが群杭の力学特性に与える影響を調べた。

## 2. 一体系動的解析

### (1) 検討対象

既報告<sup>2)</sup>の遠心加速度 45g 下での動的遠心模型実験のプロトタイプを基本モデルとし、DGPILE-3D にて地盤・杭基礎・上部構造一体系動的解析を行った。基礎形式は直杭のみの Type A と基礎両端の杭が 10 度の斜杭の Type B である。Type B の群杭模型を図 - 1 に示す。群杭は鋼管杭を想定した外径 20mm、板厚 1mm のアルミパイプ 8 本（4 本×2 列）で構成され、杭下端は土槽底面に固定している。地盤は緩詰め状態の（相対密度 27%、初期間隙比 0.85）乾燥状態の豊浦標準砂で作成した。杭および構造物の諸元を表 - 1 に示す。入力地震波は、図 - 2 に示す東神戸大橋周辺地盤の観測波を調整して使用した。

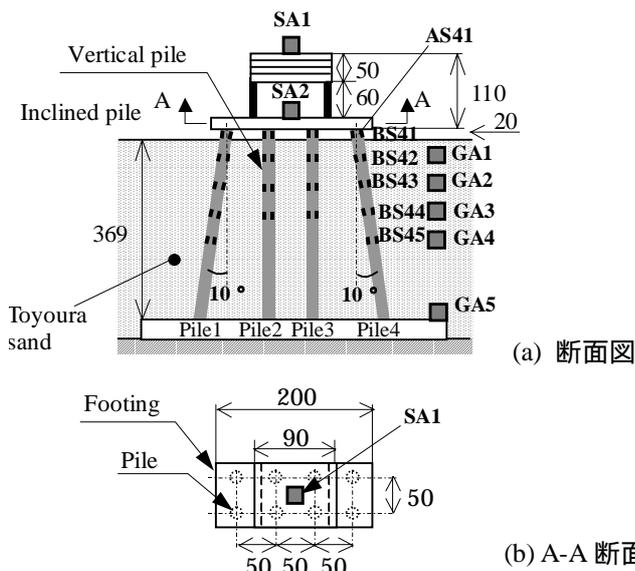


図 - 1 動的遠心模型実験に使用した群杭模型 (Type B)

表 - 1 実験模型の緒元

	Unit	Prototype	Model
<b>Pile</b>			
Length	m	17.5	0.389
Diameter	m	0.9	0.02
Thickness	m	0.045	0.001
Young's modulus	GPa	70.8	70.8
Bending rigidity	Nm <sup>2</sup>	1.912 × 10 <sup>2</sup>	7.845 × 10 <sup>8</sup>
<b>Structure</b>			
Mass of superstructure	kg	338.6 × 10 <sup>3</sup>	3.716
Mass of footing	kg	191.1 × 10 <sup>3</sup>	2.097
Mass of support plate	kg	17.1 × 10 <sup>3</sup>	0.187
Bending rigidity of support plate	Nm <sup>2</sup>	4.615 × 10 <sup>8</sup>	1.125 × 10 <sup>2</sup>
Natural period of superstructure	s	0.143	3.18 × 10 <sup>-3</sup>

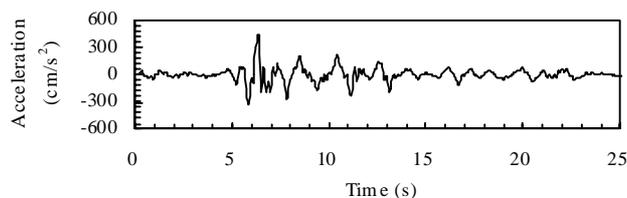


図 - 2 動的遠心模型実験に用いた入力地震波

### (2) 解析内容

杭はハイブリッド要素<sup>3)</sup>を用いて、弾性体としてモデル化した。フーチングは弾性ソリッド要素、上部構造は弾性梁要素とし、上部構造の重量は集中マスで与えた。地盤の構成モデルには t<sub>ij</sub>-sand model を用いた。モデル化の妥当性は地盤の動的遠心模型実験により検証した<sup>4)</sup>。地盤の材料パラメータを表 - 2 に示す。解析モデルは 2 分割し 4 本 1 列群杭とした。有限要素メッシュを図 - 3 に示す。節点数は 8170、要素数は 6804 である。構造物、地盤の減衰は各々 5%、10% とした。解析手法は Newmark-法による時刻歴動的解析とし、時間刻みは 0.01s である。解析したケースを表 - 3 に示す。

表 - 2 地盤材料のパラメータ

	Symbol	Value
Density		1.43 g/cm <sup>3</sup>
Poisson's ratio		0.30
Initial void ratio	$e_0$	0.85
Strain increment ratio at failure	$D_f$	-0.60
Principal stress ratio at failure	$R_f$	4.0
Compression index	$C_c$	0.009
Expansion index	$C_e$	0.003
Coefficient about the characteristic of the soil	$m$	0.30
		0.80

キーワード：鋼管杭，斜杭，動的相互作用，動的遠心模型実験，一体系動的解析

連絡先：〒676-8686 高砂市荒井町新浜 2-1-1 三菱重工業(株)高砂研究所 TEL：0794-45-9713，FAX：0794-45-9915

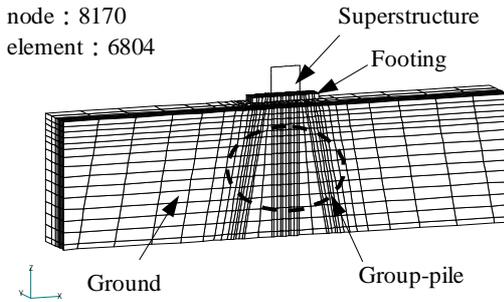


図 - 3 動的解析に用いた Type B の有限要素メッシュ

表 - 3 解析ケース

Pile spacing/Pile diameter	Inclination angle of Pile1&Pile4
2.5	0, 5, 10, 20 deg
3.5	0, 10, 20 deg
5.0	0, 10, 20 deg

### 3. 解析結果

#### (1) 動的遠心模型実験との対応

図 - 4 に上部構造，地中の加速度時刻歴および杭頭部の断面力の時刻歴を示す．いずれの応答も実験と解析が良好に対応しており，一体系動的解析手法は地盤と杭の動的相互作用を適切に考慮できることが検証された．

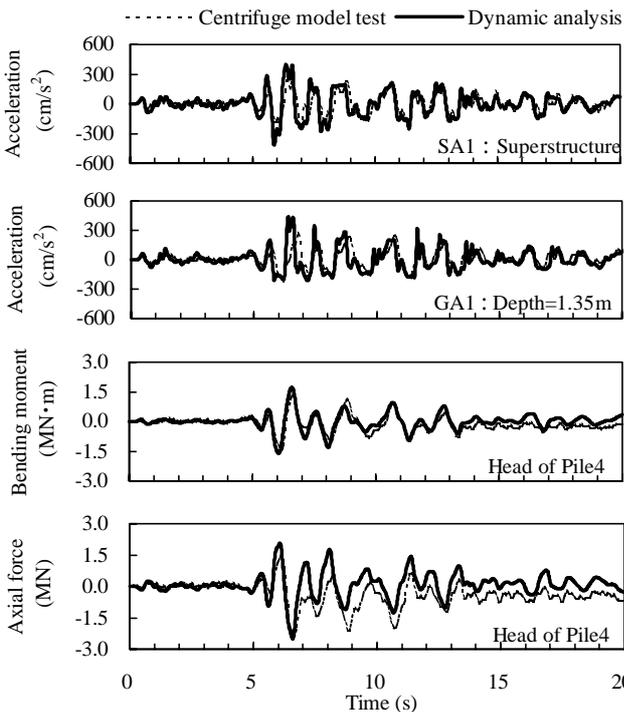


図 - 4 Type-B の時刻歴応答における実験と解析の比較

#### (2) 杭間隔，傾斜角の影響

図 - 5 に基礎の最大変位と回転角を示す．両端に配置する杭の傾斜角が大きくなる程変位は抑制されるが，回転角は増える．図 - 6 ~ 8 に杭の傾斜角と最大発生断面力との関係を示す．斜杭を用いた場合，杭間隔を広げると軸力は低減できるが斜杭の曲げモーメントは増加する．その傾向は傾斜角が大きいほど顕著である．

### 4. まとめ

動的遠心模型実験のプロトタイプを対象とした地盤・

杭基礎・上部構造一体系動的解析を行い，実験と良好に対応した．また，パラメトリックスタディにより，杭間隔や傾斜角が基礎の安定性や杭の断面力に与える影響について新たな知見が得られた．今後さらに詳細な検討を行い，最適な杭間隔や傾斜角度の設定について検討する．

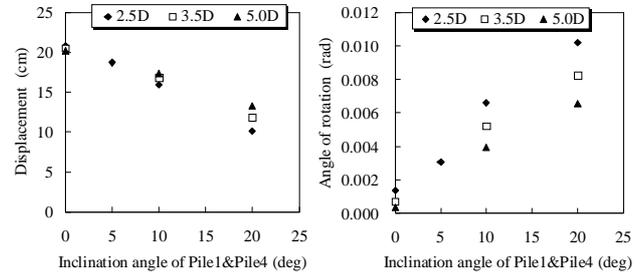


図 - 5 基礎の最大水平変位と最大回転角

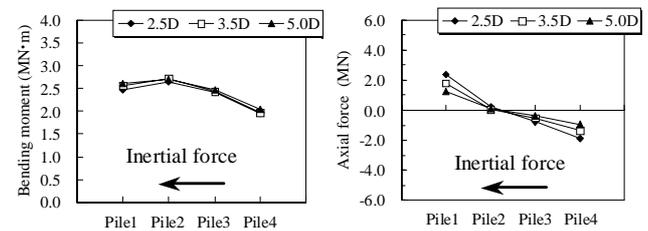


図 - 6 基礎の断面力と傾斜角の関係（直杭）

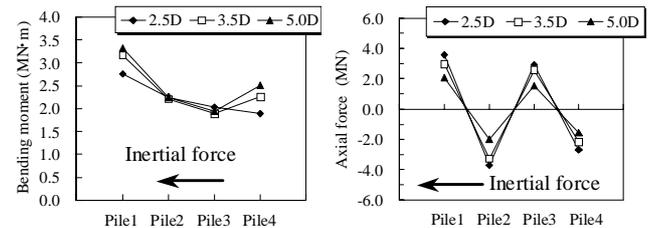


図 - 7 基礎の断面力と傾斜角の関係（斜杭 10 度）

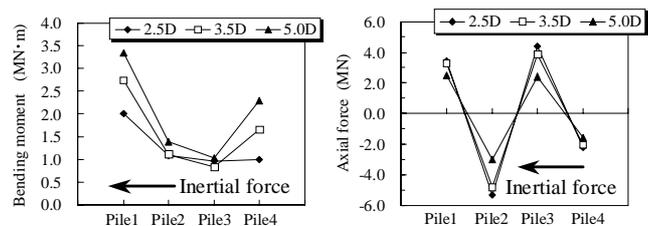


図 - 8 基礎の断面力と傾斜角の関係（斜杭 20 度）

### 参考文献

- 1) 木村亮，牧野洋志，大川賢紀，亀井宏之，張鋒：斜杭を有する群杭基礎の静的水平支持力特性，土木学会論文集投稿中．
- 2) 大川賢紀，亀井宏之，張鋒，木村亮：ジャケット式鋼管杭基礎の動的遠心模型実験，第 56 回土木学会年次学術講演会概要集， -A， pp.738-739， 2001．
- 3) Kimura ,M .and Zhang ,F .: Seismic Evaluations of Pile Foundations with Three Different Methods Based on Three-Dimensional Elastic-Plastic Finite Element Analysis, Soils and Foundations, Vol.40, No. 5, pp. 113-132 .
- 4) 廬之偉，張鋒，木村亮，大川賢紀，亀井宏之：ジャケット式鋼管杭基礎の地震時挙動に関する研究（その 2 ），第 26 回地震工学研究発表会講演論文集， pp. 861-864， 2001．