

(I - 6) 構造物、地盤連成2次元液状化解析を用いた杭基礎に関する検討

馬淵 倉一、泉 和伸、澤田 繁樹 (株)CRC総合研究所

本検討は、2次元平面歪モデルを用いて、杭と地盤間の不連続性の検討及び杭に軸力変動に伴う曲げモーメントの非線形性を考慮した検討解析を実施した。まず、液状化解析を行うための土の非線形性を考慮するためのパラメータの妥当性を判断するために、1次元モデルの解析を実施した。1次元モデルの解析は、神戸ポートアイランド鉛直アレー観測記録を用いて、シミュレーション解析を実施した。解析結果から液状化した地盤に見られる加速度波形の長周期化、振幅の低下等、観測値をよく再現できた。2次元平面歪モデルを用いた検討解析は、杭の変形は地盤が液状化することにより地盤の変形が支配的なため、解析条件の違いによる大きな差違は無かったが、杭の断面力及び地盤のせん断歪みに影響を与えることがわかった。

1. はじめに

非線形動的解析は、地震時における構造物、地盤の挙動を求めるのに有効な手法である。そこで、以下に示す解析条件の違いによる応答結果の影響を検討した。解析条件は、杭と地盤間に2重節点を設け不連続性を考慮した条件(以下、ジョイントある、なし)及び杭の軸力変動に伴って曲げモーメント-曲率の関係を変動させる条件(以下、軸力変動ある、なし)で検討した。

まず、地盤の非線形特性に関するパラメータの妥当性を判断するために、神戸ポートアイランド鉛直アレー観測記録のシミュレーション解析を行った。次に、地盤は2次元平面歪みモデルを用い、上部構造物は線形部材、杭は非線形部材として、表1に示す検討計算を行った。

表-1 検討計算

検討ケース	杭と地盤間の不連続性の検討	杭の非線形性
ケース1	ジョイントある	軸力変動なし
ケース2	ジョイントなし	軸力変動なし
ケース3	ジョイントある	軸力変動ある

表-2 地盤の物性値

深度 GL(m)	地層区分		静止土圧係数 K0	P波速度 Vp (m/s)	S波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ_t (tf/m3)
-3.0	埋立土	B1 砂礫	0.5	260	140	1.69
-7.5		B1 砂礫	0.5	330	170	2.17
-15.0		B2 砂礫	0.5	780	200	2.16
-18.0		B3 礫混じり砂	0.5	1480	220	2.20
-28.0	沖積粘土	Ac 粘土	0.5	1180	180	1.60
-32.0	沖積砂	Ag 砂	0.7	1330	245	1.80
-37.0			0.7	1330	305	1.80
-50.0	洪積砂	Ds 礫混じり砂	0.7	1530	305	1.85
-61.0			0.7	1610	350	1.85
-83.0	洪積粘土	Dc 粘土	0.7	1610	303	1.80

● 地震計

2. 解析条件

(1) 地盤のモデル化

地盤物性値は、藤川らの研究¹⁾を基に表2に示すとおりとした。地盤のひずみ依存性は、応力-ひずみ関係を修正 Ramberg-Osgood モデル(修正 R-O モデル)で設定し、液状化特性に関しては、おわんモデルで設定した。

(2) 構造物のモデル化

構造物は、図1に示すように梁モデルを用いた。上部構造物は線形部材、杭は非線形部材でモデル化した。非線形特性はM- Φ 関係を修正武田モデルで表わした。

(3) 入力地震波

入力地震動は、図2に示す神戸ポートアイランドのGL-83 mで観測されたNS、EW成分を強軸、弱軸に変換した波形の内²⁾、強軸成分を基盤面に入力した。

(4) 計算条件

解析手法は、非線形直接積分法を用い、数値積分法は Newmark β 法($\beta=1/3$)を用いて行った。積分時間間隔は、0.002 秒とし、減衰はレーリー減衰で与えた。境界条件は、基盤面を固定境界、側面を粘性境界とした。用いた解析コードは構造物の非線形性と地盤の液状化解析が可能である DINAS(CRC 総合研究所)で行った。

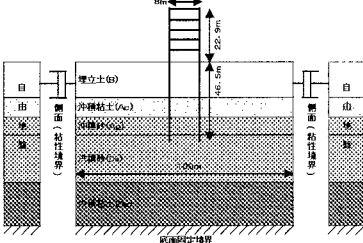


図-1 解析モデル

キーワード 液状化、不連続性、軸力変動

〒136-8581 東京都江東区南砂 2-7-5、TEL(03)56345794、FAX(03)5634-7337

3. 解析結果

図2に深度における観測記録と1次元有効応力解析の加速度時刻歴波形図を示す。地表面では液状化した地盤に見られる加速度波形の長周期化、振幅の低下が観測値をよく再現できた。GL-16、32mでは最大振幅が解析結果は少し小さいが、波形形状はほぼ再現できた。

図3に2次元有効応力解析による杭の変位及び断面力、地盤のせん断ひずみの最大分布図を示す。杭の変位については地盤が液状化することにより地盤の変形が支配的なため、解析条件の違いによる大きな差はなかった。杭の断面力の軸力についてはジョイントなしのケースの方がGL-15m以深では大きく、GL-15m以浅では小さい。これは、地表面付近では地盤の拘束効果がジョイントありのケースの方が小さいため大きくなり、下層では地盤の拘束効果がジョイントなしのケースの方が大きいため大きくなったと考えられる。杭の曲げモーメント及びせん断力については、ケース3>ケース2>ケース1となった。これは図4に示すように軸力変動によって降伏耐力が大きくなったためである。また

ケース2は地盤と杭が一体で変形するためケース1より大きくなったと考えられる。

杭周辺のせん断ひずみは杭の外側ではB層下層では大きな差はないが、上層ではジョイントありのケースの方が大きい。これは杭による地盤変形の拘束効果がなくなったためと考えられる。また杭の内側では地盤と杭が一体で変形するためジョイントなしのケースの方が大きくなった。ただし、地盤が杭及び上部構造物で囲まれているため杭の外側よりは差が小さくなった。

4. まとめ

今回の検討モデルでは、ジョイントの有無で杭の軸力に大きな差があった。軸力変動を考慮することで杭頭における最大曲げモーメントで差が2割程度であった。また液状化層のせん断ひずみにおいては液状化による地盤の変形が支配的なため大きな差はないものの地表面付近では3割程度あった。よって、ジョイントの有無により杭の軸力に大きな差が発生するため軸力変動を考慮した条件を解析モデルに取り入れた方がよいと考えられる。

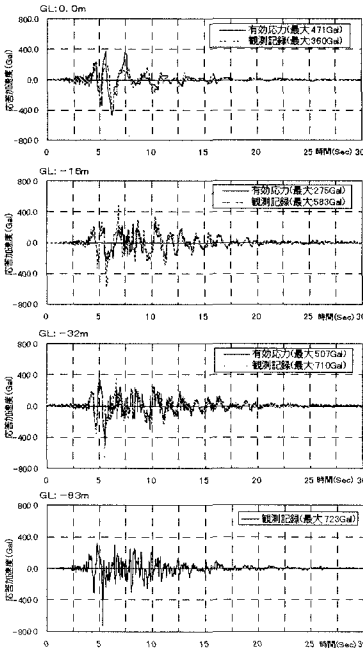


図-2 加速度時刻歴波形

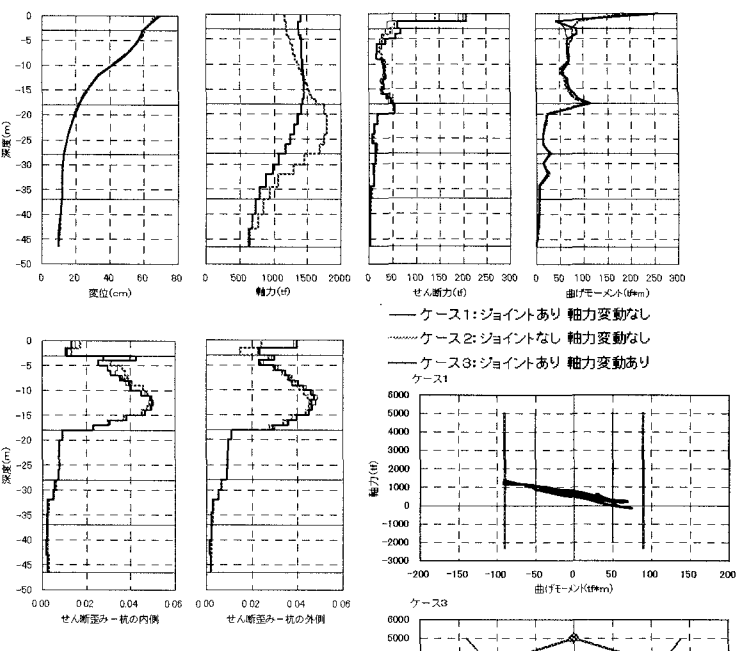


図-3 2次元モデル最大分布図

参考文献 1)藤川ら(1999):神戸ポートアイランド鉛直アレー記録の二次元シミュレーション解析、第25回地盤工学研究発表会 2)川瀬(1998):7.3 章地盤の非線形応答、阪神淡路大震災調査報告共通編-2、1編地震・地震動、阪神・淡路大震災調査報告編集委員会

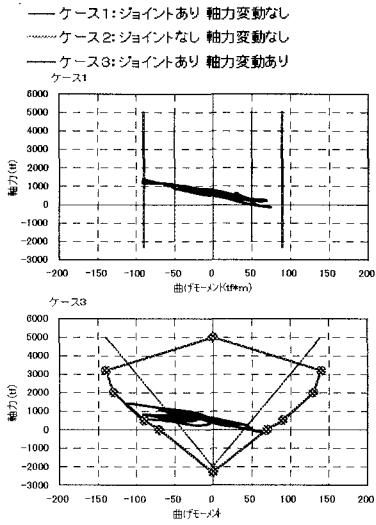


図-4 杭頭M-N図