

MDM モデル依存非線形全応力解析による兵庫県南部地震で被災した建物杭基礎の損傷状況の再現

中部電力 技術開発本部 熊崎幾太郎
シーテック 技術コンサルタント部 ○横井幹仁・恒川和久

1. まえがき

著者らはすでに MDM モデル¹⁾ 依存非線形全応力解析(以下,MDM)により,ポートアイランドで兵庫県南部地震時に観測された地震記録をはじめ,10地点の地震記録と液状化判定を良好に再現しており^{2),3)},MDMの信頼性を確認している.そこで,本稿では建物-杭基礎-地盤の連成を考慮したMDMにより,兵庫県南部地震時に被災した建物杭基礎の損傷状況の再現を行った.

2. 建物杭基礎,損傷の概要⁴⁾

解析対象建物は神戸ポートアイランド内陸部に位置し,もっとも近い西側護岸より約300m東に位置する昭和50年に建設された鉄筋コンクリート2階建ての建物である.図-1に杭基礎伏せ図を示す.杭はAC杭A種φ500,杭長35mである.建物敷地では地盤改良は行われていない.地震後に行われた被害調査によると,建物周辺で80cm程度の沈下が発生したが,上部建物は微細なひび割れが入った程度で,傾斜・沈下は認められなかった.杭基礎の被害は,調査した杭P2,P4,P5で損傷の位置と程度は似ているが,深度16mにおける被害が甚大であった.本稿では,建物端の杭P4について,結果を示す.杭P4は,深度9mと16mの二箇所では杭基礎破断・剥離および軸心のずれなど大きな破壊が見られ,深度7mで全周ひび割れ・剥離が確認されている.

3. 解析条件

解析に用いた地盤物性値と建物から南西に50m程で観測されている地震計位置を表-1に示す²⁾.図-2にMDMモデル¹⁾によるまさ土のひずみ依存曲線の再現状況を示す.解析モデルを図-3に示す.解析断面はN-S方向にモデル化した.要素分割は土質境界,地震計設置位置を考慮して,鉛直方向に0.5m~1.0mを基本に設定し,水平方向は建物敷地を1.4m,側方領域は2.0m間隔のメッシュサイズとした.側方領域は建物基礎から左右両側50mとし,境界条件は側方を水平ローラー,底面を固定条件とした.建物と杭基礎の諸元をそれぞれ表-2,3に示す.建物は弾性として低層建物の代表的な固有周期を想定し等価な一質点系でモデル化し,杭基礎は弾性のビーム要素でモデル化した.入力地震動にはGL-32mの観測記録を強軸成分(N32°E)と弱軸成分の2成分に変換し,強軸成分を入力波として用いた.杭基礎の損傷は,発生曲げモーメントが杭の終局曲げモーメント(以下,Mu)を超過するか否かで判定した.

4. 解析結果

図-4に地表における加速度時刻歴波形の観測と解析を比較して示す.初期の弱震動から強震動そして液状化状態に至るまで観測と解析はよく一致しており,地盤の応答が適正に再現できている.図-5に解析による地表での水平変位時刻歴波形を示す.この図より水平変位は5.44secで最大値35.5cmを示すことがわかる.この水平変位が最大となる時刻において杭基礎に発生する曲げモーメントの深度分布を図-6に示す.曲げモーメントが最大になりMuを超過する位置と深度16mの杭基礎破断の位置は一致した.しかし,深度9mの損傷位置とは一致していない.杭基礎の破壊過程として深度16mで破断した後に深度9mで破断したと推察されるので⁴⁾,深度16m以深の杭基礎を取去った解析を行った.紙面の都合で結果は割愛するが,曲げモーメントの分布状況はほとんど変わっておらず,深度9mにおける破断を再現できなかった.なお,文献4)にも同様の結果が報告されており,杭基礎を弾塑性でモデル化することにより,杭基礎の損傷位置が再現できたと報告されている.

5. まとめ

MDMモデル依存非線形全応力解析を用いて,建物-杭基礎-地盤の連成を考慮した二次元地震応答解析を行い,杭基礎の損傷状況の再現を行った.杭基礎に発生する曲げモーメントが杭の終局曲げモーメントを超過する位置と損傷状況を比較すると,深度9mの損傷は再現できなかったが,杭基礎の損傷が最も甚大であった深度16mの損傷は再現できた.今後は,杭の非線形性を取り入れて,損傷位置の再現を行うとともに,杭基礎に発生する断面力を定量的に評価していくことが課題である.

参考文献

- 1)熊崎幾太郎,上田稔:瞬間変形係数のひずみ依存性を考慮した履歴モデルの定式化,第54回土木学会年次学術講演会講演概要集,1999年
- 2)上田稔,熊崎幾太郎,鈴木隆:兵庫県南部地震のポートアイランドにおける地盤地震応答の全応力非線形解析によるシミュレーション,電力土木, No.282,1999年
- 3)上田稔,遠藤大輔,今枝靖博,恒川和久:MDMモデル依存非線形全応力解析による10地点のアレー観測記録の再現と液状化判定,第37回地盤工学研究発表会,2002年
- 4)八幡夏恵子,鈴木康嗣,高岡栄治,小林克巳,大西靖和,立川博啓:ポートアイランド内陸部の杭の被害に対する有効応力解析による考察,日本建築学会,1998年

キーワード:MDMモデル,杭,地震応答解析,液状化,連成解析

〒455-0054 名古屋市港区遠若町3-7-1 TEL 052-651-4069 FAX 052-651-2349 E-mail:m.yokoi@ctechcorp.co.jp

表 - 1 地盤物性値

地震計	地層区分	層厚 (m)	単位体積重量 γ (tf/m ³)	S波速度 Vs(m/s)
地震計 GL-16m	埋立土 (まさ土)	5.0	2.00	158
		11.0	2.17	195
		2.0	2.20	216
地震計 GL-32m	沖積粘土	10.0	1.60	155
	洪積砂礫	4.0	1.80	211

表 - 2 建物の諸元

建物の重量(t)	基礎	185
	上部構造物	315
建物の固有周期(sec)	0.2	

表 - 3 杭の諸元

	換算断面積 A (cm ²)	換算断面二次モーメント I (cm ⁴)	弾性係数 E(kgf/cm ²)
A C 杭 φ500 A種	1186	261,600	400,000

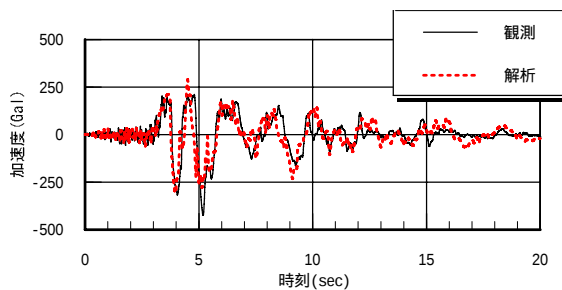


図 - 4 地表での加速度時刻歴の観測と解析の比較

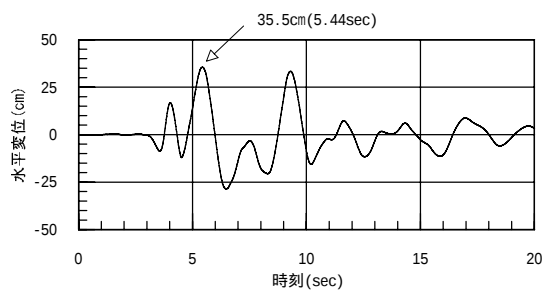


図 - 5 解析による地表での水平変位時刻歴波形

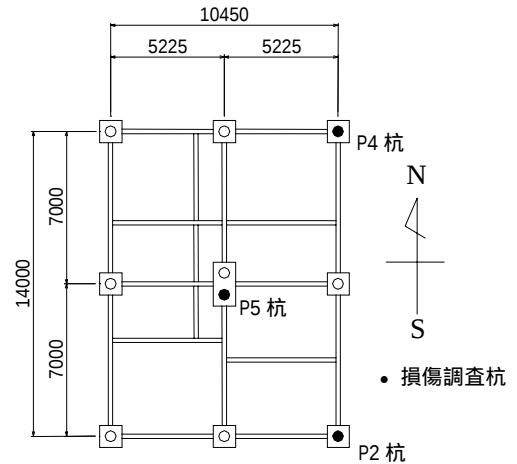


図 - 1 杭基礎伏せ図

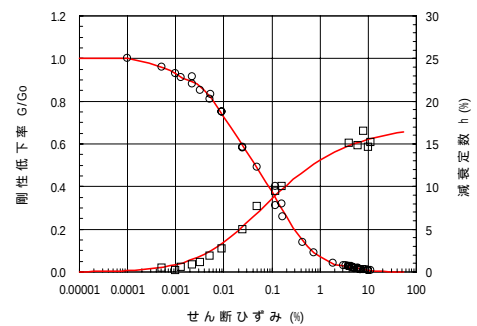


図 - 2 MDM モデルによるまさ土の歪依存曲線の再現

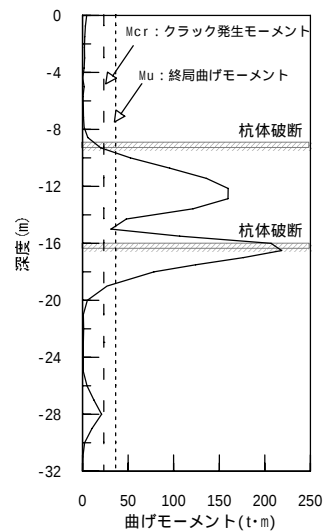


図 - 6 杭に発生する曲げモーメントの深度分布

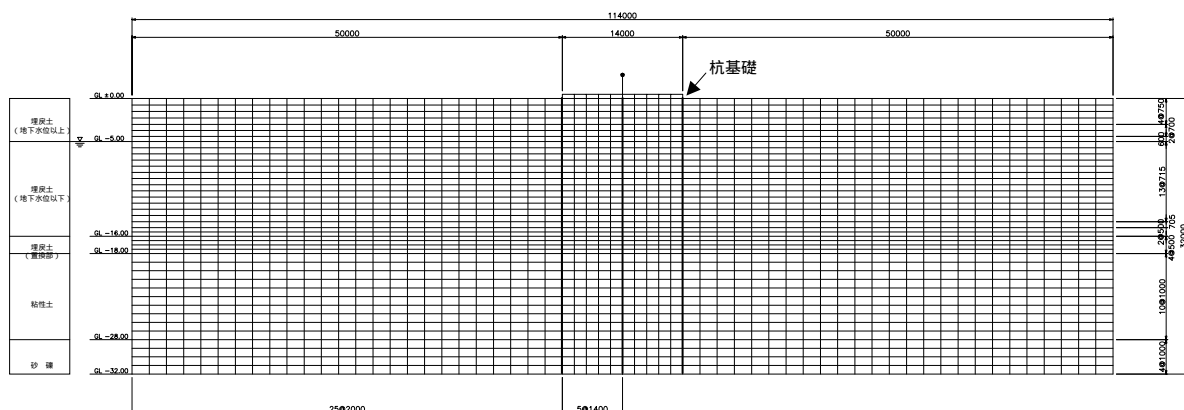


図 - 3 解析モデル