

MDMモデル依存非線形全応力解析によるいくつかの現地盤応答アレー観測記録の再現

中部電力(株) 正会員 上田 稔, 熊崎幾太郎
(株)シーテック 正会員 ○恒川和久, 今枝靖博

1. はじめに

地盤の地震応答解析法が十分な信頼性を有するかは、実地震での地盤応答観測記録の解析による良好な再現が可能かどうかによって確認されなければならない。しかも、複数の地点、複数の地震に対する良好な再現ができてこそ、信頼性のある地震応答解析法であるという評価がなされるべきである。また、信頼性のある地震応答解析を行うには、地盤の初期速度構造、非線形性などの解析条件を適正に設定することも不可欠である。本稿では、地盤の剛性と減衰のひずみ依存性を高精度に再現可能なMDMモデル^{1), 2), 3)}を用いた非線形解析、すなわちMDMモデル依存非線形全応力解析により、観測や実験に忠実に解析条件を設定して、いくつかの地点のアレー地震観測記録を対象に再現シミュレーション解析を行った結果について述べる。

2. 再現シミュレーション解析の概要

表-1に解析の対象地点、対象地震および液状化状況を示す。図-1に地盤構成と地震計設置位置(●印)を示す。解析では、図-1に示す最下部での観測加速度時刻歴を入力し、それ以浅部の観測地震波の再現シミュレーションを行った。

3. 解析条件

(1)初期速度構造の設定 PS 検層で求められたせん断波速度 Vs を初期値として、対象地震記録とは別の弱震観測記録、もしくは再現シミュレーション対象地震記録の初動部から、微震動波の伝播時間と伝達関数の両方を再現するように、モンテカルロシミュレーションにより、せん断波速度 Vs の深度分布を設定した。

(2)地盤の非線形性の設定 室内動的変形試験により得られる地盤の剛性と減衰のひずみ依存性試験データを最小の誤差で再現するようにMDMモデルのパラメーター γ_r, h_{max} ^{1), 2), 3)} を決定した。また、非線形性の上載圧依存性を考慮して、深度ごとに γ_r を設定した。

(3)解析メッシュサイズ、積分時間刻み 解析メッシュサイズは、解析精度を確保するように、地盤構成の境界を考慮して1mを基本に設定した。積分時間刻みは、解の収束性を考慮して0.001秒とした。

4. 解析結果

加速度時刻歴波形、加速度フーリエスペクトルの再現状況を図-2に示す。実線が観測記録、点線が解析結果である。5地点のどのアレー観測記録においても、観測記録と解析結果は良く一致している。紙面の都合で割愛するが、鹿島共同火力のGL-1,-4,-10m以外の地震計でも良好な再現シミュレーション結果が得られている。

5. まとめ

①地盤の剛性と減衰のひずみ依存性を高精度に再現可能なMDMモデルを用いた非線形全応力解析によれば、震動レベルが小さく地盤が液状化しなかった地震から震動レベルが大きく地盤が極めて著しい液状化を呈した地震まで、加速度時刻歴波形、加速度フーリエスペクトルを良好に再現できた。

②初期速度構造、地盤の非線形性、解析メッシュサイズ、積分時間刻みの解析条件を同一の考え方で設定し、複数の鉛直アレー観測記録を良好に再現できており、本稿で示す解析条件の設定方法の妥当性、および解析条件の設定の重要性が確認された。

謝辞 富津火力のシミュレーションに際して、東京電力(株)殿より、アレー観測記録等の貴重なデータをご提供いただきました。ここに記して、謝意を表します。

表-1 解析対象地点、地震および液状化状況

対象地点	対象地震	震源	観測最大加速度	液状化状況
① 鹿島共同火力 ⁴⁾	1989.2.19	海洋型	100 (cm/s ²)	液状化していない
② 富津火力 ⁵⁾	1992.2.24	海洋型	180 (cm/s ²)	液状化していない
③ 高砂 ^{6), 7)}	1995.1.17 兵庫県南部地震	内陸型	198 (cm/s ²)	液状化していない
④ 鋼路港 ^{8), 9)}	1993.1.15 鋼路沖地震	海洋型	468 (cm/s ²)	地表面には液状化した痕跡なし
⑤ ホートアイランド ¹⁾	1995.1.17 兵庫県南部地震	内陸型	423 (cm/s ²)	液状化した

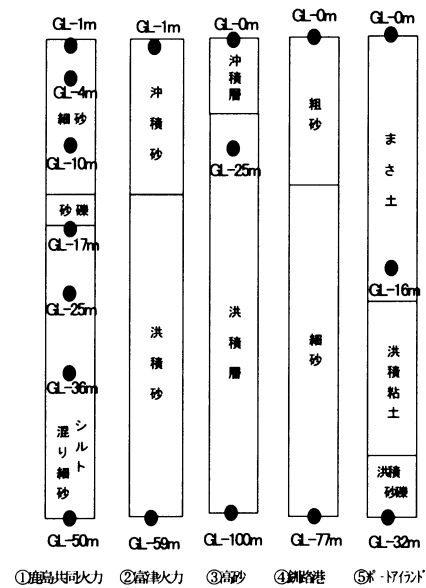


図-1 地盤構成および地震計設置位置

参考文献

1)熊崎幾太郎, 杉山武, 上田稔: Hysteresis Model Considering Shear-Strain Dependency of Fractal Dimension and Momentary Deformation Modulus, Proceedings of International Association for Mathematical Geology, pp.602-607, イタリア, 1998年10月。
2)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要集, I-B111, pp.220-221, 1999年9月。
3)熊崎幾太郎, 上田稔: 液状化地盤応答解析が可能な非線形全応力モデルによる乾燥砂と飽和砂の要素シミュレーション ~MDMモデルによる飽和砂の極度の剛性低下率と急峻なひずみ軟化および流動的挙動の再現~, 第56回土木学会年次学術講演会講演要集, 第III部門, 2001年10月。
4)金谷守, 当麻純一, 矢島浩: 地震記録に基づく地盤の非線形解析手法(NAFSS)の適用性の検討 -鹿島地点での地震観測とその数値シミュレーション-, 電力中央研究所報告J95027, 1996.3。
5)LNG地下タンク躯体の構造性能照査指針, 土木学会, pp85-91
6)副田悦生, 玉井秀喜, 仲津直之, 竹澤請一郎, 前川太, 天野真輔: 鉛直アレー強震記録とその伝播特性に関する解析的考察, 第25回地震工学研究発表会講演論文集, 1999年7月。
7)強震動アレー観測 No.3, (財)震災予防協会, 1998年3月。
8)松永康男, 桜井博孝, 森田年一, 井合進: 1993年鋼路沖地震の港湾地域における強震記録, 港湾技研資料, No.777, 1994年1月。
9)Susumu IAI, Toshikazu MORITA, Tomohiro KAMEOKA, Yasuo MATSUNAGA, Kazuyuki ABIKO: Response of a Dense Sand Deposit During 1993 KUSHIRO-OKI Earthquake, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.35, pp.115-131, 1995.3.

キーワード: 液状化, 有限要素法, 全応力解析, 地震応答解析, アレー観測記録, MDMモデル

459-8522 名古屋市長区大高町北関山20-1 中部電力(株)電力技術研究所 土木建築G 構築T TEL 052-621-6101 FAX 052-623-5117
455-0054 名古屋市長区遠岩町3-7-1 (株)シーテック 技術コンサルタント部 TEL 052-651-4092 FAX 052-651-2349

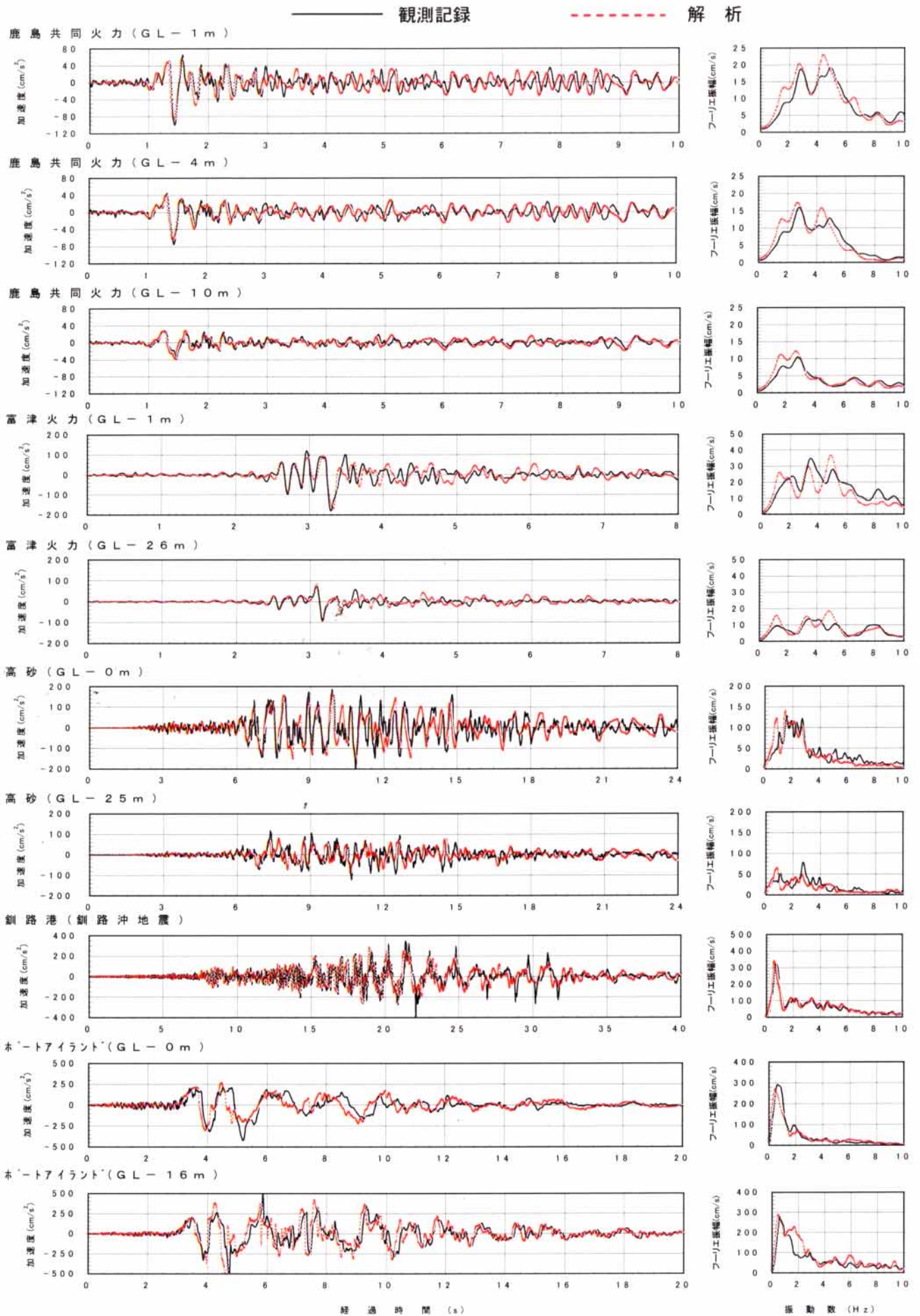


図-2 加速度時刻歴波形、加速度フーリエスペクトルの観測記録と解析結果の比較