

地盤の S 波速度構造初期値が地震応答解析結果に与える影響

中部電力(株) 技術開発本部 正会員 ○遠藤 大輔, 上田 稔, 熊崎 幾太郎
(株)C T I 科学技術部 正会員 永坂 英明, 葛巻 亜弥子

1. はじめに

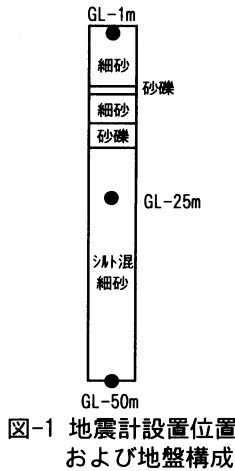
筆者らは S 波検層による地盤の速度構造と、鉛直アレー観測による弱震動地震記録の逆解析によって同定した速度構造との比較を実施し、その結果には少なからぬ差異があることを明らかにしてきた¹⁾。この速度構造は地盤の時刻歴地震応答解析を実施する際に地盤の初期状態を決定する重要な情報であることから、本稿は、弱震動地震記録の逆解析によって同定した速度構造を初期値とした非線形地震応答解析した結果と、S 波検層による速度構造を初期値とした解析結果について、実測の地震記録との比較を行い、逆解析同定手法によって求められた速度構造の妥当性と、初期値の差異が応答解析結果に与える差異の程度について検証したものである。

2. 検証地点と解析に用いたデータ

対象地点は鉛直アレー地震観測を実施している鹿島共同火力発電所構内地点²⁾(以下 K 地点)である。今回解析に用いた地震観測記録に対応する地震計設置位置(図中●)およびその地盤区間の地盤構成を図-1 に、地震記録の概要を表-1 に示す。入力地震記録の選択に際しては地震波が鉛直上方への伝播となるよう震央距離が比較的遠いものであるよう留意した。また、S 波検層は地震観測地点近傍で、深さ 1m 毎に実施された。

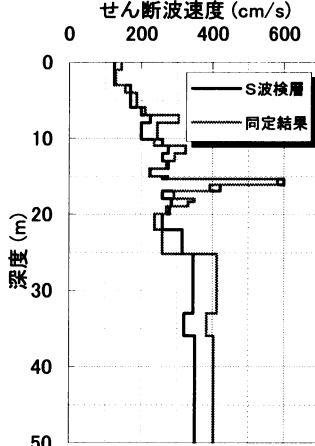
表-1 解析に用いた地震記録の概要

地点	深さ km	震央距離 km	最大加速度 cm/s ²
K 地点	55	71	100



3. 解析手法と解析条件

対象地点ではボーリングサンプルを用いた室内要素試験によって精度良く G_{eq} , $h \sim \gamma$ 関係が得られていることから、これを用いて地盤の剛性と減衰ひずみ依存性を高精度に再現可能な MDM モデルを適用した非線形全応力解析手法³⁾によって地震応答解析を行った。その再現精度については様々な地点で確認されている⁴⁾。地盤の速度構造初期値の差異が地震応答解析結果にどの程度現れるか確認するため、解析初期値として異なる 2 つの速度構造を用いた。これを図-2 に示す。図中の実線は S 波検層による速度構造、薄い線はモンテカルロシミュレーションによる弱震動地震記録の逆解析によって同定した速度構造¹⁾である。この 2 ケースについてそれぞれ地震応答解析を実施した。



4. 結果

応答解析に際しては下部地震計設置位置 G.L.-50m からこの位置で観測された実測の地震記録を入力し、表層地震計設置位置 G.L.-1m における応答解析結果を出力する。この出力結果と G.L.-1m において観測された実測の地震記録との比較を実施した。

同定結果による速度構造を初期値とした場合を case1 として、縦軸を水平動加速度とした時刻歴波形を図-3 に、また S 波検層による速度構造を初期値とした場合を case2 として図-4 に示す。図中の実線は解析結果、破線は実測の地震記録である。なお、図中における時刻歴の表示については最大加速度を記録している主要動部を含んだ 0 ~ 3 s としている。

case1 の解析結果は、主要動の初期から忠実に再現しており、1~3s の加速度最大値近傍においてもピーク値、

キーワード S 波検層, S 波速度, 地震応答, 速度構造, 地震, 逆解析
連絡先 〒459-8522 名古屋市長区大高町字北関山 20-1 中部電力(株) 技術開発本部 電力技術研究所 TEL 052-621-6101 FAX 052-623-5117

位相とも地震記録を精度良く再現している。実測との最大加速度の誤差も僅かに 10cm/s^2 弱となった。またその後も部分的に若干の位相ズレはあるものの、加速度ピークの差は小さく非常に精度良く再現されていることが分かる。

case2 においては比較的良く再現されているものの、case1 に比べると最大加速度を含むピーク付近における位相ズレが認められ、実測との最大加速度の差も 20cm/s^2 強となっている。また、最大加速度記録後も case1 に比べると位相ズレとともに加速度ピークの差も大きい。

図-5 は G.L.-1m における 0~3s 区間の case1, case2 解析結果および実測地震記録をフーリエスペクトルで比較した結果である。スペクトルは Hanning ウィンドウによって平滑化しており、その処理回数は全て 10 サイクルに統一した。

全体的な分布形状を比較すると、case1 の方が観測記録に近いことが分かる。特に $3.5\sim 4.0\text{Hz}$ 付近では case1 では下に凸の谷形状、また $4.0\sim 4.5\text{Hz}$ に極大値を持つ山形状を呈していて観測記録に良く似た傾向を示しているが、case2 では 5Hz 付近まで右下がりとなっており極大値は存在しない。さらに 5Hz 付近の極大値についても観測記録と case1 についてはピークの振動数が一致していてその値も近いが、case2 はピークの振動数が若干高振動数側にあり、ピーク値も異なっている。

5. まとめ

今回は 1 地点を対象にした結果ではあるが、S 波検層から得られる速度構造を初期値とした地震応答解析結果には、地震記録や同定した速度構造を初期値とした解析結果と比較した結果有意な差が認められた。地震記録と S 波検層の伝播時間や伝達関数には大きな差異があるという事実⁵⁾があり、また、地点や入力地震動の最大加速度等によって解析の差異の程度に違いが生じると考えられるため、今後も他の地点においても同様の検証を進め、その差異の程度について把握していく予定である。

<参考文献>

- 1) 遠藤, 上田ら：弱震動地震記録の逆解析および S 波検層による S 波速度構造の比較, 第 56 回土木学会年次学術講演会, 2001.10
- 2) 金谷, 当麻, 矢島：地震記録に基づく地盤の非線形解析手法 (NAFFS) 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 U95027, 1996.3
- 3) 熊崎, 上田ら：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, 2001.10
- 4) 熊崎, 上田ら：MDM モデル依存非線形全応力解析によるいくつかの実地盤応答アレー観測記録の再現, 第 56 回土木学会年次学術講演会, 2001.10
- 5) 遠藤, 上田ら：S 波検層結果と鉛直アレー地震観測記録から求めた地盤の固有振動数および波動伝播時間の比較, 第 36 回地盤工学研究発表会, 2001, 6

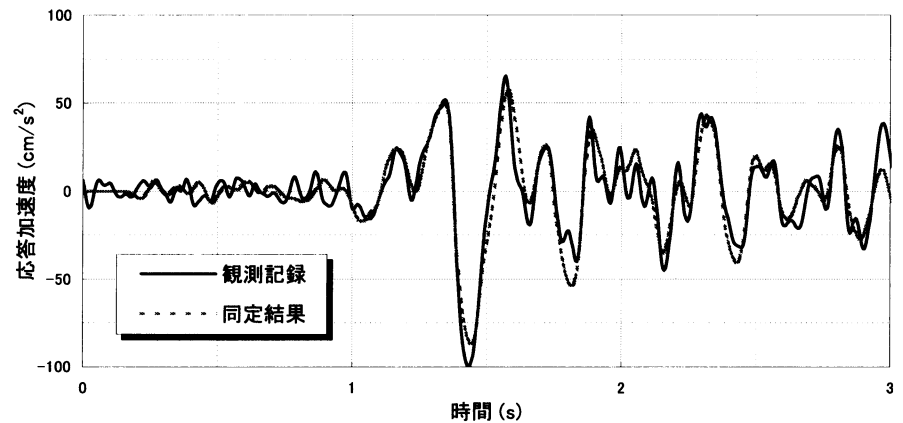


図-3 加速度時刻歴波形の比較 (case1)

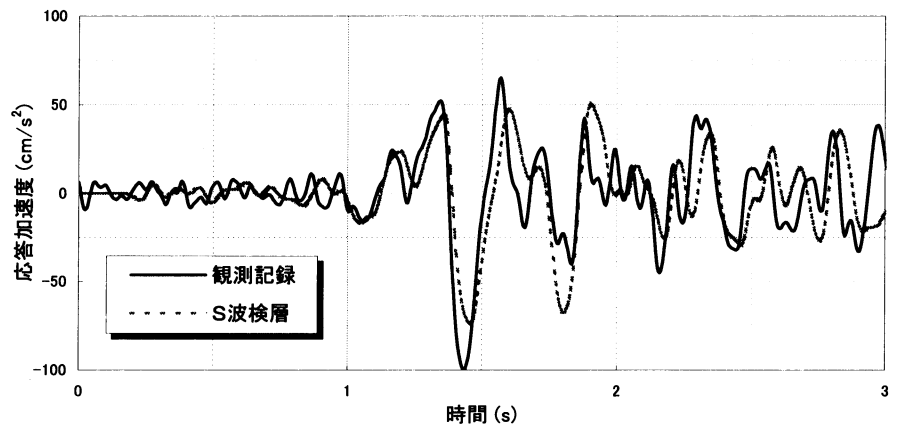


図-4 加速度時刻歴波形の比較 (case2)

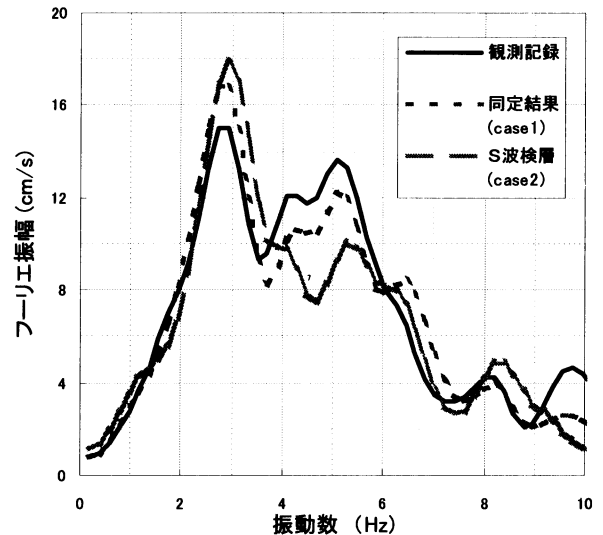


図-5 加速度フーリエスペクトルの比較