

## 震度算定における地盤地震応答解析の適用性

中部電力(株)	正会員	上田稔, 遠藤大輔
(株)シーテック	正会員	恒川和久, 今枝靖博
(株)シーティーアイ	正会員	永坂英明

## 1. はじめに

震度算定における地盤地震応答解析を実施する場合、N 値から推定した値を地盤の初期速度構造として設定するのが一般的である。しかし、N 値により地盤の初期速度構造を設定した場合の震度算定における地盤地震応答解析の精度は良くない<sup>1)</sup>。そこで、精度を改善する試みとして、N 値から推定した  $V_s$  に対して、実地盤の 1 次固有振動数を再現するような補正を行い、これを地盤の初期速度構造として地盤地震応答解析を実施して震度を算定し、地震観測記録による震度との比較検討を行った。その結果、全応力非線形解析の場合はある程度再現状況が改善されたが、等価線形解析の場合は、震度の大きな地震については再現状況が改善されなかった<sup>2)</sup>。この理由としては、SHAKE の適用限界の問題が考えられる。そこで、本稿ではいくつかの鉛直アレー地震観測記録を対象として、現地試験結果に基づいて解析条件を設定した等価線形解析、および全応力非線形解析を実施し、その結果より得られる震度と、実際の地震観測記録より得られる震度との比較を行うことにより、震度の算定における地盤地震応答解析の適用性について検討する。

## 2. 検討対象地点

検討対象とする鉛直アレー地震観測記録は、9 地点における 11 地震とし、その詳細は「参考文献 1)」を参照とする。

## 3. 地震応答解析の概要

解析では、地盤モデル最下部における観測加速度時刻歴を入力し、地表面付近における地震計位置での加速度時刻歴を算出する。解析手法は等価線形解析（以下、SHAKE）、および全応力非線形解析とする。全応力非線形解析については、本稿では剛性と減衰のひずみ依存性を高精度に再現可能な MDM モデル依存逐次非線形解析（以下、MDM）を採用する<sup>3)</sup>。

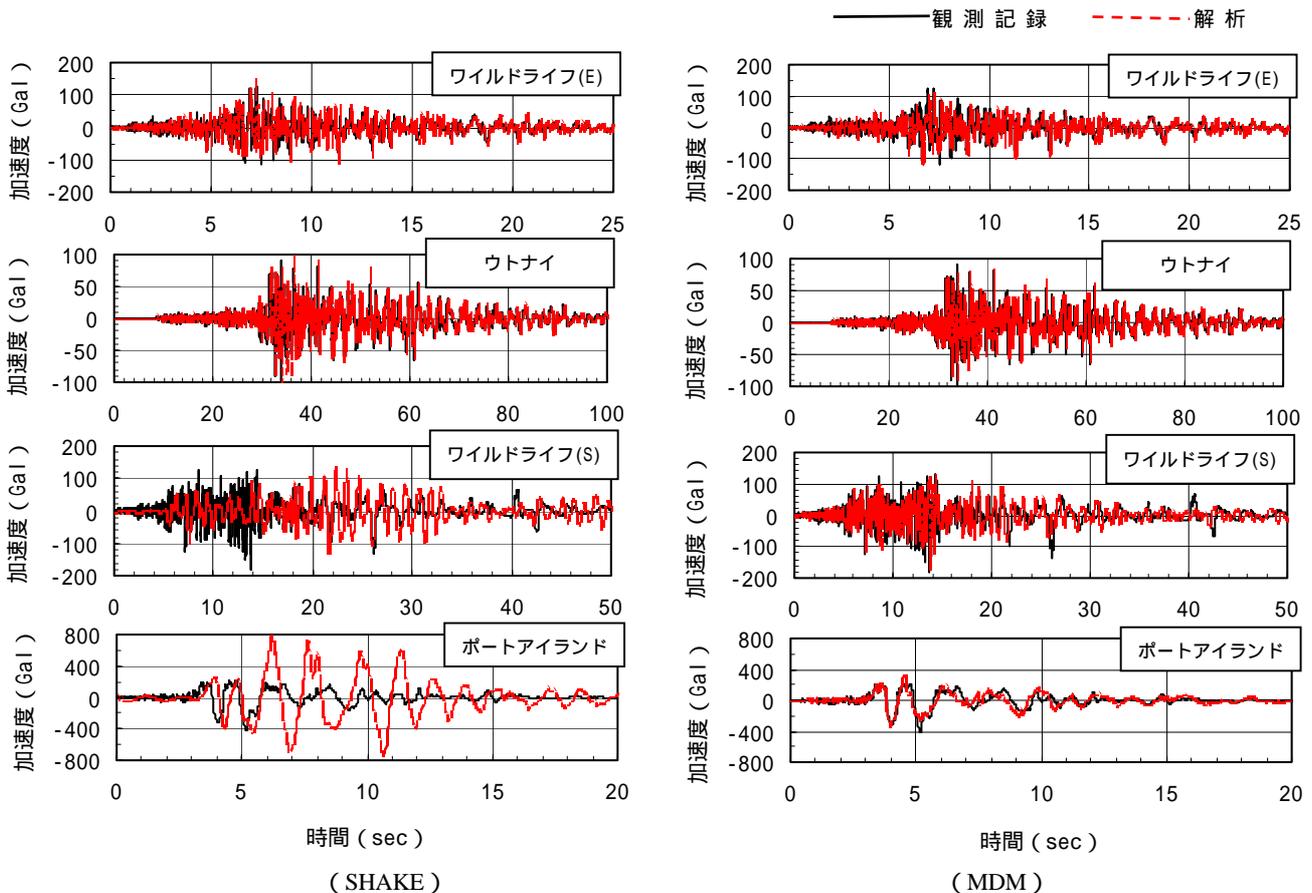


図-1 地表面における加速度時刻歴の再現状況

キーワード 震度, 地震応答解析, S波拘層, S波速度

連絡先 〒459-8522 名古屋市長区大高町字北親山20-1 中部電力(株) 電力技術研究所内 (株)シーテック TEL:052-621-6101(代表)(内)2438 FAX:052-623-5117

(1) 地盤の初期速度構造の設定

地盤の初期速度構造は、S波検層により得られたせん断波速度  $V_s$  に基づいて設定した。

(2) 地盤の非線形性の設定

地盤の剛性と減衰のひずみ依存性は、室内動的変形試験結果に基づき、非線形性の拘束圧依存性を考慮して、深度ごとに設定した。なお、SHAKEにおける最大ひずみと有効ひずみの換算係数は0.65とした。

4. 震度算定の概要

水平(NS, EW)方向成分のうち最大加速度が大きいほうの1成分を水平2方向成分に設定し、上下(UD)方向成分を考慮しない簡易的な方法を用いた。また、観測記録による震度の算定も同様の方法で行った。詳細は「参考文献1」を参照とする。

5. 算定結果

各地震の地表面付近における加速度時刻歴の再現状況を確認したが、紙面の都合上、発生している最大せん断ひずみが小さい地震として、ワイルドライフ(E)、ウトナイ、大きい地震としてワイルドライフ(S)、ポートアイランドの4地震についての加速度時刻歴の再現状況を図-1に示す。図中の左側はSHAKE、右側はMDMの結果である。また、最大せん断ひずみを図-2に、剛性低下率の最小値を図-3に示す。最大せん断ひずみは、せん断ひずみが最大となる要素について示す。剛性低下率  $G/G_0$  は、最大せん断ひずみが発生する地盤要素を対象に、SHAKEでは計算の結果直接得られる収束剛性と初期剛性の比で、MDMでは最大せん断ひずみに相当する  $G/G_0$  で示す。SHAKE、MDMに基づき算定した震度（以下、SHAKE、MDMによる震度）を、地震観測記録に基づき算定した震度（以下、地震観測記録による震度）と対象地震ごとに比較した結果を図-4に示す。

図-2～3に示す地震のうち左側から順に宮城県船岡までは、SHAKEの最大せん断ひずみが0.2%程度以下で、剛性低下率の最小値が40%程度までしか低下していない地震であり、これらの地震は加速度時刻歴の再現状況がSHAKE、MDMともに良好であり（図-1に示すワイルドライフ(E)、ウトナイ）、SHAKE、MDMによる震度はともに地震観測記録による震度を全地震で再現できている。しかし、最大せん断ひずみが、それを超える地震については、SHAKEによる加速度時刻歴の再現状況は良くないため（図-1に示すワイルドライフ(S)、ポートアイランド）、地震観測記録による震度を再現できている地震は1つだけである。一方、MDMによる加速度時刻歴の再現状況は良好であるため、全地震について地震観測記録による震度を再現できている。

6. まとめ

- ・現地試験結果に基づいて解析条件を設定しても、SHAKEでは震度5強以上となる地震では、適切な震度予測ができなかった。
- ・MDMによる加速度時刻歴は全地震で良好に再現できており<sup>4)</sup>、震度6強までを含む全地震において適切な震度予測ができた。

**謝辞** 本研究を実施するにあたり、観測地震波等の情報を提供していただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

**参考文献** 1) 上田稔, 遠藤大輔, 今枝靖博, 恒川和久, 永坂英明: N値により初期速度構造を設定した場合の地盤地震応答解析に基づき算定した震度の精度, 第58回土木学会年次学術講演会, 2003年 2) 上田稔, 遠藤大輔, 恒川和久, 今枝靖博, 永坂英明: 震度算定における地盤地震応答解析の精度向上の試み, 第58回土木学会年次学術講演会, 2003年 3) 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9月 4) 上田稔, 山崎浩之, 恒川和久: レベル2地震を含む11地点の鉛直アレー地震観測記録と液状化の有無の再現解析, 土木学会 レベル2地震動による液状化に関するシンポジウム, 2003年

(42.0)  
(5.1)

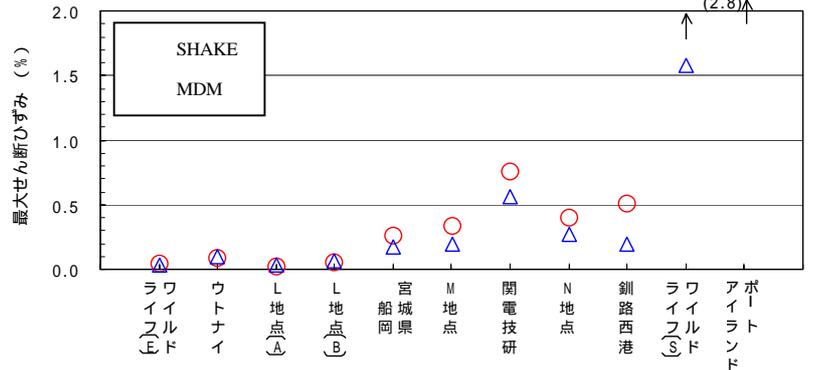


図-2 最大せん断ひずみ

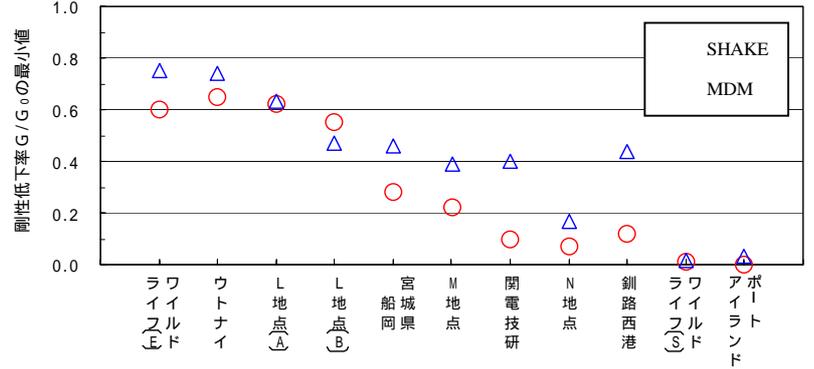


図-3 剛性低下率  $G/G_0$  の最小値

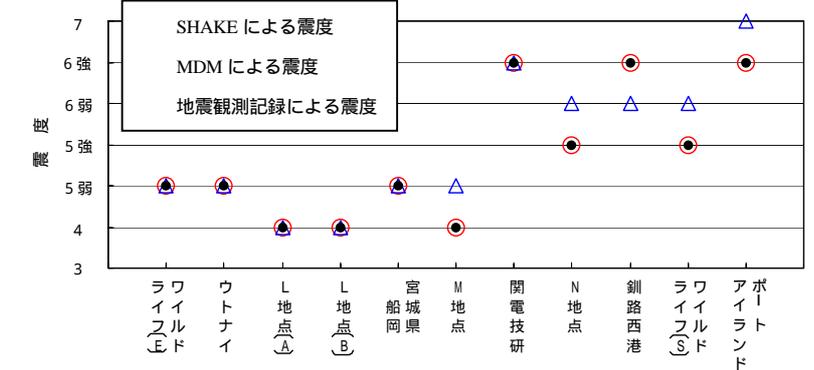


図-4 震度の再現状況