ワイルドライフにおける Elmore Ranch 地震と Superstition Hills 地震の 鉛直アレー地震観測記録の再現解析

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

ìm

115°30'

115°45

1.はじめに

地盤の地震応答解析法の信頼性を確認するには,同一地点におけるいくつかの鉛直アレー 地震観測記録を対象に,地盤の速度構造や非線形性等の解析条件を統一的に設定して再現解 析を実施し,良好な再現結果を得る必要がある.このような観点から,著者らは,既に地盤 の剛性と減衰のひずみ依存性を精度良く再現できる MDM モデル¹⁾を用いた全応力非線形解 析により、いくつかの地点の鉛直アレー地震観測記録を対象に再現解析を実施し、良好な再 現結果を得ている²⁾. そこで,本稿では,アメリカのカリフォルニア州,ワイルドライフの 地震観測地点において,1987年に観測された Elmore Ranch 地震,および液状化したと考え られる Superstition Hills 地震の2つの地震の鉛直アレー観測記録に対して MDM モデルを用 いた全応力非線形解析(以下, MDM)による再現解析を実施した結果について述べる.

2.地盤構成と地震計設置位置,再現解析の概要

検討対象地点であるワイルドライフの地震観測地点の平面位置を, Elmore Ranch 地震, Superstition Hills 地震の震源地と合わせて図-1 に示す³⁾. また, ワイルドライフの地震観測 地点の地盤構成と Vs の深度分布を,地震計設置位置(印)と合わせて図-2 に示す⁴⁾. 解 析では、地盤モデル最下部(GL-7.5m)における観測加速度時刻歴を入力し、地表面(GL-0m) における地震計での加速度記録の再現を行う.

3.解析条件の設定

(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(クロスホール法)に よるせん断波速度(以下, Vs)に基づき設定した⁴⁾.

(2) 地盤の剛性と減衰のひずみ依存性の設定 地盤の剛性と減衰のひずみ依存性は MDM モデル¹⁾により考慮する.ひずみ依存性データは,せん断ひずみ(以下,)が0.01%程度 までの微小ひずみ領域については,GL-4.13mにおける供試体の共振法試験によるせん断剛 性~せん断ひずみ(以下,G~)関係⁵⁾より設定し, が0.1%から1%程度のひずみ領域 については, Superstition Hills 地震のNS, EW 成分の観測加速度時刻歴より算定したせん断 応力~せん断ひずみ(以下,~)関係(図-3)から得られるG~関係より設定した.

共振法試験によるせん断剛性低下率~せん断ひずみ(以下,G/G₀~)関係,観測加速度 時刻歴より算定した ~ 関係から得られる G/G₀~ 関係,減衰定数~せん断ひずみ(以 下,h~)関係,およびこれらの G/G₀~ 関係,h~ 関係に対する MDM モデルによる 剛性と減衰のひずみ依存性の再現状況を図-4 に示す.図中の凡例に示す SH-EW, SH-NS はそれぞれ, Superstition Hills 地震の EW, NS 方向成分を表している. 共振法による G/G₀は =0.00034%以下では1.0で一定, =0.00034%以上では徐々に小さくなり, =0.01%付近で

観測加速度時刻歴から求めた G/G₀ と概ね一致している.一方,観測加速度時刻歴から求め たhは, =0.02%付近で 5~15%, =0.1%付近で 10~28%,

=1%付近で10~20%と、G/G0に比べてばらつきが大きい.MDM モデルのパラメータを決定する際には G/G₀, h のデータに合う ようにフィッティングし,h については微小ひずみ領域では G/G0=1.0 で一定のところで, h=0 となるように設定した. それ より が大きい領域では,観測加速度時刻歴から求めたhの下 限値付近を通り, =1.0%で h=15% 程度となるように設定した. (3) その他の解析条件 その他の解析条件については、今ま でに実施してきた再現解析と同様の方法²⁾で設定した.解析メ ッシュサイズは、1.0m 程度とした.積分方法は Wilson 法とし, その係数は 1.4,積分時間刻みは 0.001 秒とした.また, 解を安 定して求めるために,剛性比例型レーリー減衰を考慮し,その 係数は0.0008とした.

Salton Sea 33°15′ M = 5.9 地震観測地点 M = 6.2 Elmore Ranch 地震 33°00′ Sillon (86) M = 6.6 Superstition Hills 地震 El Centro 🏢 8 32°45' 10 km United States Mexico









図-3 観測加速度時刻歴より算定した ~ 関係

キーワード MDM モデル, ワイルドライフ, Elmore Ranch 地震, Superstition Hills 地震, 再現解析, 全応力非線形解析

連 絡 先 〒455-0054 名古屋市港区遠若町 3-7-1 (株)シーテック TEL:052-651-4092 FAX:052-651-2349

4.解析結果

地表面における加速度時刻歴,フーリエスペクトルの再現状況を図-5に示す.

Elmore Ranch 地震については,加速度時刻歴で比較すると, NS, EW 成分ともに観測記録と解析結果はほぼ一致しており, 再現状況は良好である.また,フーリエスペクトルで比較する と,4Hz 付近で再現状況が良好でないものの,再現状況は概ね 良好である.

Superstition Hills 地震については,加速度時刻歴で比較すると, NS 成分は10~20 秒付近のパルス的に卓越した観測記録の振幅 の再現状況が良好でない.EW 成分は14 秒付近で液状化してい ると考えられる地震波の長周期化後の観測記録と解析結果の 位相のずれはあるものの,全体的に再現状況は良好である.フ



ーリエスペクトルで比較すると, NS, EW成分ともに1~4Hzの低振動数領域で観測記録と解析結果のずれはあるものの, 再現状況は概ね良好である.

<u>5.まとめ</u>

ワイルドライフにおける Elmore Ranch 地震, Superstition Hills 地震の2つの鉛直アレー地震観測記録を対象に,今まで再現解析を実施した地点と同様に解析条件を統一的に設定して, MDM による再現解析を実施した結果,2 地震ともに良好な再現結果を得ることができた.

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,I-B111,pp.220-221,1999 年9月 2) 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,レベル2地震動による液状化 に関するシンポジウム論文集,pp.357-364,2003.6 3) T.Leslie Youd, Thomas L.Holzer: PIEZOMETER PERFORMANCE AT WILDLIFE LIQUEFACTION SITE, CALIFORNIA, pp.976 4) JAMES GERARD BIERSCHWALE, B.S.C.E: ANALYTICAL EVALUATION OF LIQUEFACTION POTENTIAL OF SANDS SUBJECTED TO THE 1981 WESTMORLAND EARTHQUAKE, THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN, pp.7-10, 1984.8 5) Mourad Zeghal, Ahmed-W.Elgamal: ANALYSIS OF SITE LIQUEFACTION USING EARTHQUAKE RECORDS, pp.1007



図-5 加速度時刻歴とフーリエスペクトルの再現状況