

兵庫県南部地震の鉛直アレー記録に基づいた拡張ベイズ法による地盤物性の同定

中央大学理工学部 学生会員 涌波 晶弘
中央大学理工学部 正会員 國生 剛治
中央大学理工学部 学生会員 青柳 寮大

1.はじめに 兵庫県南部地震では、震源近傍の第4紀層の深部で最大0.6Gを超える強い加速度が観測された。また、震源断層近傍の4地点に設置された鉛直アレー地震観測システムでの本震や多くの余震記録も得られている。この本震記録と余震記録を用いて地盤の同定解析を行い、強震記録と弱震記録の結果を比較した。前報¹⁾、前々報²⁾では関西電力(株)総合技術研究所構内で観測された記録を用いたが、今回は関西電力(株)高砂発電所構内で観測された地震の本震、余震記録をもとに、同構内における動的地盤物性の同定解析を行った。

2.解析方法 本研究では拡張ベイズ法を用いて、鉛直アレー観測記録から得られるスペクトル比と一次元重複反射理論による伝達関数とが適合するように地盤物性を同定する。同定する地盤物性はS波速度と減衰で、層厚、単位体積重量は既知とする。また減衰の周波数依存性は考慮しないで解析を行い、理論値にも観測記録と同じバンド幅0.3HzのParzenウィンドウにより平滑化を行う。GL-0m/GL-25.0mでの解析対象周波数は、0.5~15Hzで、GL-0m/GL-100mでの解析対象周波数は、0.1~10Hzとする。また、パラメータの数が多いのでまずGL-0m/GL-25.0mのスペクトル比を用い地盤物性を同定し、その結果をGL-0m/GL-100mの解析の時に用いて、GL-25.0m/GL-100mの地盤物性を同定した。

3.兵庫県南部地震の鉛直アレー余震記録を対象とした解析

まず弱地震である余震の鉛直アレー記録を用いて解析を行った。図1は実測の平均スペクトル比と同定解析後の伝達関数の比較である。GL-0m/GL-100mにおけるピーク的位置は一次、二次、三次ともよく合っている。Amplification Factorは、一次ピークでかなり大きく評価しているものの二次、三次のピークではよく合っている。図2は、同定された物性値を用いGL-100mに観測地震波を入力した重複反射理論に基づいた線形順解析でGL-0mとGL-25.0mの地震波を求め、実際の観測波と比較したものである。GL-0m、GL-25.0mとも、ほぼ全体的によく一致している。また、最大加速度も観測記録とよく一致している。よって余震の同定解析結果はよく実地盤の性状を表しているといえる。

4.兵庫県南部地震の鉛直アレー本震記録を対象とした解析

鉛直アレー記録では明瞭な地盤の非線形応答挙動が得られ、地盤の非線形性や、液状化によって地表の加速度がかえって低減する現象が捉えられた。³⁾

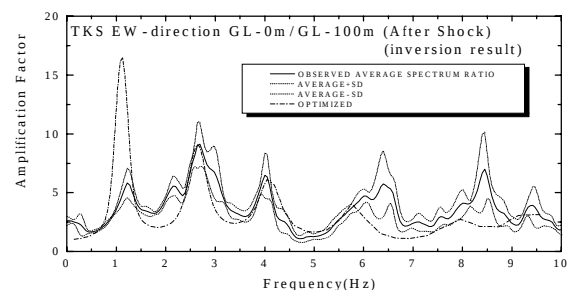


図1 余震の観測平均スペクトル比と伝達関数の比較

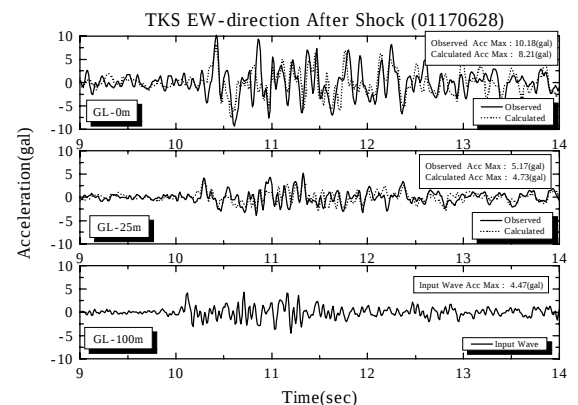


図2 余震の観測記録と計算結果の時刻歴の比較

キーワード：鉛直アレー、同定解析、ベイズ法

連絡先：〒112-8551 文京区春日1-13-27 中央大学理工学部土木工学科土質研究室、TEL 03-3817-1799

そこで本震記録を用いて地盤物性の同定を行い、それを余震時の非線形性があまりない時と特性を対比する事により土の非線形特性を調べた。図3が本震記録における実測のスペクトル比と同定解析後の伝達関数の比較である。一次ピークの位置はよく一致していて、Amplification Factorもよくあっている。図4は余震記録の解析によって求まった

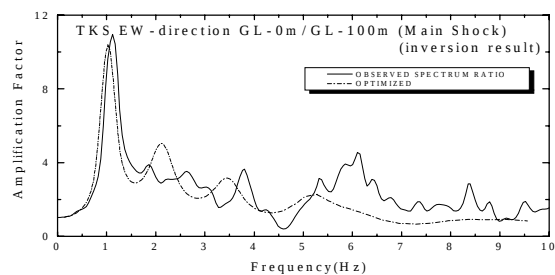


図3 本震の観測スペクトル比と伝達関数との比較

た V_s と本震記録の解析によって求まった V_s との比較で、図5は同じく減衰比 h についての比較である。GL-13m よりも浅い層では、余震で求まった V_s よりも本震で求まった V_s は約 30%の割合で減少し、またそれよりも深い層では、減少の割合が約 10%以下となっている。本震記録により求まった減衰比 h は GL-13m より浅い層で 10%以上、それより深い層では 10%以下になっており、余震時の値に比べて明らかに大きい。

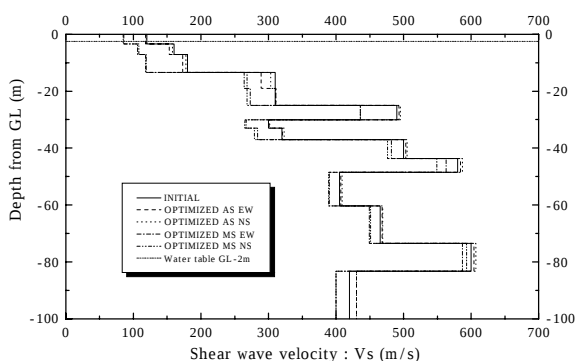


図4 余震、本震同定解析で求まった S 波速度の比較

次に同定された物性値を用いて本震波形による順解析を行い観測波形との対比をした。図6は順解析で GL-100m の入力波から GL-0m と GL-25.0m の地震波を求め、実際の観測波と比較したものである。全体的によく一致し最大加速度もよく合う。よって本震の同定解析結果も実地盤の性状をよく表している。

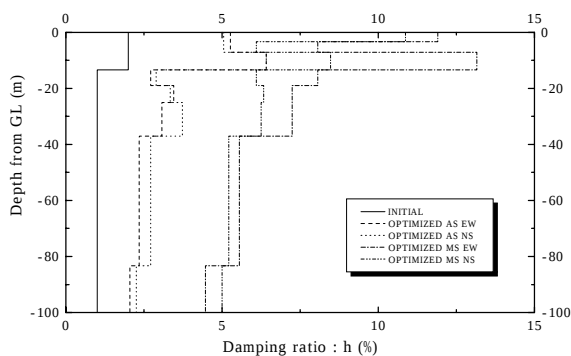


図5 余震、本震同定解析で求まった減衰比の比較

5.まとめ (1)余震の同定解析結果は実地盤の性状をよく表しているといえる。(2)余震に比べ本震で求まった S 波速度は、GL-13m より浅い層で 30%程度、それより深い層では 10%以下の割合で減少している(3)本震の同定解析結果より、減衰比については GL-13m より浅い層で 10%以上、それより深い層では 10%以下になっている。

以上の結果より、本震の地盤物性は余震に比べて非線形挙動の影響が強く、明らかに S 波速度が低下し、減衰は増加していることが分かった。

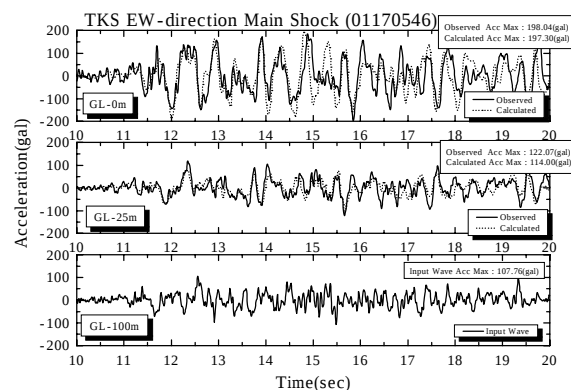


図6 本震の観測記録と計算結果の時刻歴の比較

<謝辞> 今回用いた地震データを提供していただいた関西電力(株)建設部ならびに解析ソフトの提供とご指導をいただいた佐藤工業(株)の末富岩雄様に感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 國生剛治、青柳寮大：兵庫県南部地震の鉛直アレー記録に基づいた拡張ベイズ法による地盤物性の同定第 34 回地盤工学研究発表会投稿中、2) 國生剛治、青柳寮大：兵庫県南部地震の鉛直アレー余震記録に基づいた拡張ベイズ法による地盤物性の同定：土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集 /I-B、pp154-155、3) 國生剛治、松本正毅、他：兵庫県南部地震の鉛直アレー記録によるサイトの非線形増幅特性：第 10 回地震工学シンポジウム論文集/第 1 分冊、pp999-1004