

阪神地域(尼崎～東灘)での地震記録に見られる特徴的な後続波
 Characteristic Late Arrivals of Strong Motion Records
 between Amagasaki and Higashinada in the Hanshin District

○田中宏樹・岩田知孝・浅野公之

○Hiroki TANAKA, Tomotaka IWATA, Kimuyuki Asano

After S-wave arrival, distinctive later phases are observed on strong motion records from local moderate size events at Amagasaki Station of CEORKA. The later phases appeared repeatedly with an interval of about 4 s. We firstly analyzed the observed distinctive later phases using two horizontal component data and found that the polarization angles and the linearity of those phases changed systematically with according to the number of reverberations. On the contrary, at Ashiya station, this kind of distinctive phases is not observed. Those findings suggest that the three-dimensional basin velocity structure affects the reverberation characteristics. To confirm the observation characteristics, we then conducted the three-dimensional ground motion simulations up to 2Hz using a three-dimensional basin velocity structure model (Sekiguchi et al., 2013) and a double-couple point source model. The simulation reproduces the observation well and proved that those systematic characteristics of the distinctive later phases are caused by the three-dimensional shape of the basin/bedrock interface.

関西地震観測研究協議会の尼崎観測点(兵庫県尼崎市)で得られた強震波形記録の中に、直達 S 波到達の後に約 4 秒間隔の特徴的な後続波群が見られる記録があることが報告されている(赤澤・香川, 1996)。Fig. 1 の黒線は、1995 年 1 月 19 日 1 時 0 分のイベントの観測記録例(M=4.2、深さ 13.08km、震央距離 11.08km)である。発震後約 6 秒に直達 S 波が到達していて、発震後約 10, 14, 18 秒に特徴的な後続波群が見られる。なお、上下動成分にはそのような特徴的な後続波群は見られない。

赤澤(2003)は、Transverse 成分に注目した目視による波群の解析を行い、こうした特徴的な波群が顕著に見られる震央方位を特定した。そして、この特徴的な波群が地表面と構造境界面(堆積層と地震基盤境界)での S 波の多重反射によるものとして、二次元地下構造モデルを仮定し、均一な放射特性を持つ線震源からリッカー波を放出した二次元 SH 波動場シミュレーションを行い、直達 S 波と 1 回反射波の走時と振幅の再現に成功した。

なお、尼崎観測点は大阪堆積盆地の北東部に位置し、地震基盤上面の深さは約 1.6km とした。

本研究では、特徴的な波群を抽出するため楕円近似を用いたより客観的な手法を提案した。この手法では、適切な時間窓内の水平面内の粒子軌跡を楕円で近似し、時間窓をずらしながら近似楕円の時刻歴を作成、長半径のピークが現れる時刻を波群走時として同定する。同定された時刻での近似楕円の長軸方位を波群の振動方向として与える。

この手法に従い、1995~2015 年までの記録を水平 2 成分を用いて解析した。解析の結果、特徴的な波群が見られるイベント震央は尼崎観測点の南西～北西～北東側かつ尼崎観測点周辺に集中し、赤澤(2003)と同様の結果を得た。振動方向に注目すると、波群は Transverse 成分に卓越しているものばかりではなく、波群を追うにつれて振動方向に変化が見られた。その変化は 3 つの震央方向のグループに系統的に分けられる特徴を見出

し、赤澤(2003)では得られていない、振動方向の系統的な変化が確認された。

この特徴的な波群が尼崎観測点以外でも見られていないか調べるために、尼崎観測点付近の観測点として、1995年兵庫県南部地震の臨時余震観測で設置された芦屋観測点(兵庫県芦屋市)の記録に対しても同様の解析を行った。芦屋観測点は、六甲山地の麓にあり、大阪堆積盆地の北縁に当たる。地震基盤上面の深さは約1.2kmと、尼崎観測点と大きくは異なっていないため、尼崎観測点で見られる約4秒間隔の特徴的な反射波が、芦屋観測点でも同様に、同程度の時間間隔で見られることが期待されると考え、この観測点を選択した。解析の結果、尼崎観測点で見られた約4秒間隔の特徴的な波群は見られなかったが、これとは様相の異なる約2秒間隔の波群が観測されていることが分かった。

特徴的な波群及びその震動特性の再現と波群伝播の特徴を探るために、ダブルカップル点震源モデルと、大阪堆積盆地三次元地下構造モデル(関口・他, 2013)を用いた、差分法による三次元波動場シミュレーションを行った。波群が明瞭に確認できたイベントを選び出し、既往研究で決定された震源メカニズム解を用いた定量的な再現を行った。ここでは、Fig. 1に示したイベントに対する計算結果を紹介する。観測波形に見られる3波の特徴的な波群が再現できた(Fig. 1の赤線)。また、波群の振動方向が変化している特徴まである程度再現ができた。震央—観測点間測線での計算波形のペーストアップから、尼崎観測点は、特徴的な波群が顕著に見えやすい位置にあることが分かり、こうした顕著に見えやすい領域は限られていることも分かった。また、震央—観測点間の深さ断面での波群伝播の様子から、こうした約4秒間隔の特徴的な波群は、直達S波が地表面と構造境界面で多重反射することで生じていることを立証した。

一方、芦屋観測点は、震央—観測点間での計算波形のペーストアップから、堆積盆地の縁に近いために、堆積盆地の縁で生じる回折波の到達が堆

積層と地震基盤境界での反射波の到達と重なるために、独立では見えにくい位置であることが示された。一方、観測波形にも見られた約2秒間隔の波群は計算波形にも見られ、震央—観測点間の深さ断面での波群伝播の様子から、約2秒間隔の波群は約4秒間隔の異なる2つの波群が約2秒おきに交互に到達していることがわかった。このうち、先行の波群は、尼崎観測点で見られる特徴的な波群と同じ直達S波及びその多重反射波で、後行の波群は、先行の波群に対してそれぞれ位相が反転していることから、直達S波が堆積盆地境界の縁に入射して二次的に生じた回折波起源の波群と考えられ、震央—観測点間の構造境界の形状が支配する波群と考えられる。

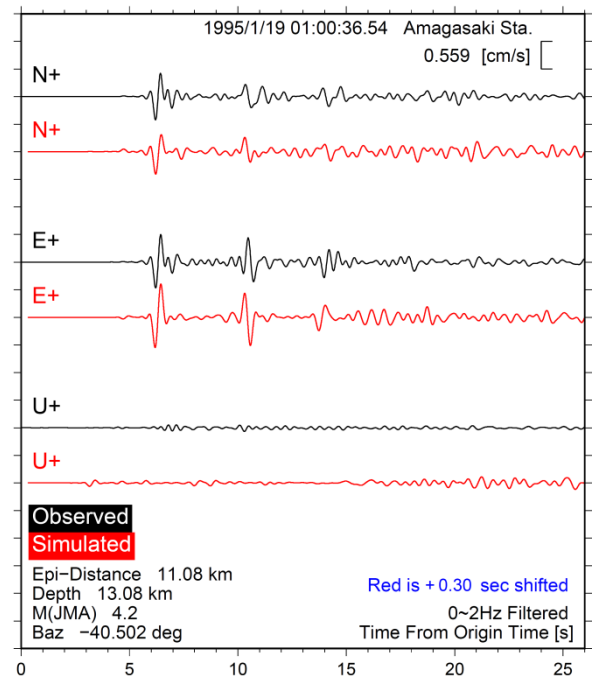


Figure 1 特徴的な波群が顕著に見られる、尼崎観測点での観測速度波形(黒線)と、計算波形(赤線)の一例。1波目の走時を合わせている。

謝辞

本研究では、関西地震観測研究協議会及び1995年兵庫県南部地震合同強震観測グループによって得られた観測データを使用しました。また、解析には、気象庁一元震源カタログの震源情報を、数値計算には、F-net等の震源メカニズム解を使用しました。記して感謝致します。