

断層トラップ波の観測による茂住祐延断層の深部構造

水野高志・西上欽也・伊藤久男・桑原保人

はじめに 跡津川断層系の茂住・祐延断層では地下約 300m に全長約 500 m の活断層調査坑道が掘削された。坑道内では断層破砕帯に直交する 3 成分地震計アレイ (約 10 - 15m 間隔、3 2 点) による観測が行われ、ノイズの少ない自然地震波形がサンプリング周波数 500Hz で収録された (伊藤・他, 2000)。我々は断層トラップ波をとまなう自然地震波形を抽出し、その群速度の解析と波形モデリングにより、断層破砕帯の深部構造を推定した。

データと解析 1997 年 5 月 28 日から 2001 年 6 月 1 日までに茂住・祐延断層、および跡津川断層周辺の一辺約 80km の正方形領域で発生し、かつアレイで観測された 154 イベントを解析した。S 波とその後続波部分に対し、偏向性、分散性、卓越周波数、アレイ内部での振幅分布、およびみかけ速度を検討し、典型的な断層トラップ波の性質を示す地震を抽出し、断層帯構造を推定した。断層帯の構造は無限媒質中の低速度層 (一層) としてモデル化し、震源観測点間は一様な構造を持つとして解析を行った。幅、S 波速度、 Q_s (周波数依存無) を未知パラメータとするグリッドサーチ法を適用し、群速度分散曲線と波形のモデリングを行い、最適なモデルパラメータを得た。群速度分散曲線の計算では、平面波の重ね合わせの解としてトラップ波をモデル化し、さらに断層帯内外の Q_s の効果は無視した。また、波形計算では、Ben-Zion and Aki (1990) の鉛直多層構造中における line source によるスカラー波の解析解を用いた。なお、断層帯外側の S 波速度は 3.4 km/s、断層帯内外の密度は $2.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ と仮定した。分散曲線のモデリングではアレイ観測点の内、断層帯内部に位置する mz08 点を、波形モデリングでは、最初に mz08 点のみをモデリングし、その後、mz08 を含む断層帯内外に位置する 8 点をモデリングした。

結果と考察 154 イベントのうち、アレイの北東方向 (祐延ダムから有峰湖東方) の茂住・祐延断層上に発生した 9 イベントで特徴的な波群がみられた。この波群は、(1)断層平行、および上下動

成分において S 波初動直後 0.5 から 1 秒の間に最大振幅を持ち、(2)5-12Hz の間で群速度の分散 (正分散) がみられ、(3)断層破砕帯とその近傍の観測点で最大の振幅を取り、また(4)断層直交アレイに対する見かけ速度がほぼ無限大である。さらに(5)断層の面内で振動し、かつ S 波的なパーティクルモーションを取る。破砕帯内部の観測点のこれらの記録を震源距離に対してプロットすると、S 波よりもおそい、みかけ速度 3.0 km/s 程度の波群であることがわかった。以上の結果から、この波群は震源より伝播してきた基本モードの Love 波型断層トラップ波と考えられる。次にまず、群速度分散曲線のモデリングを行った。幅は 190 - 360 m、S 波速度は 2.8 - 3.1 km/s と推定され、観測に対するフィッティングは良い。さらに、9 例に対して mz08 の記録のみ波形モデリングをおこなうと、フィットは断層破砕帯の幅を 160 - 400 m、S 波速度を 2.9 - 3.1 km/s、 Q_s が 60-90 とするとき最も良い。さらに mz08 のモデリングの際に相関係数が 0.35 以上を取ったパラメータの組み合わせに対して、mz08 を含む 8 点の波形をモデリングした。その結果、mz08 のモデリングと同様、幅を 130-380 m、S 波速度を 2.9 - 3.1 km/s、 Q_s を 60-90 とするとき、波形をもっとも良く説明できたが、断層帯の外側の観測点において、モデルの振幅が観測より大きくなる傾向がみられた。これは使用したモデルの限界を示している可能性がある。したがって、mz08 のモデリングで得られた構造を解とした。推定された断層破砕帯の幅は調査坑道で観察された、破砕された岩盤の範囲 (2 つの破砕帯合わせて約 200m) の分布の幅とほぼ調和的である。このことは、断層帯の幅は深さ 10 km 程度まで地表とほぼ同じである可能性を示唆している。