

精密制御定常震源システム(ACROSS)解析における震源近傍地盤振動の不安定性除去

Correction of the near-source vibration instability in ACROSS analysis

生田 領野[1], 見須 裕美[2], 山岡 耕春[3]

ryoya ikuta[1], Hiromi Misu[2], Koshun Yamaoka[3]

[1] 名大・理・地球惑星, [2] 立命館大・理工・物理, [3] 名大・理・地震火山センター

[1] Earth and Planetary Sci. Nagoya Univ., [2] Physics Sci, Ritsumeikan Univ, [3] RC. Seis. & Volc., Nagoya University

<http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/across/index.html>

淡路島野島断層近傍における精密制御定常震源システム(ACROSS)を用いた 15 ヶ月間連続の地震波伝搬特性モニターの結果から、震源周辺地盤の状態変動の影響を取除いて改めて地震波速度変動を推定した。

我々は地殻の弾性、非弾性的性質の時間変動を定常観測する手段として、震源装置-観測系からなる精密制御定常震源システム(ACROSS)を開発中である。現在採用している震源は、回転軸に対して偏心させたおもりをサーボモーターで回し、遠心力による正弦波を発生する。その特徴は、震源の動きが精密に制御されることであり、低出力でも長時間の重ね合わせ(スタック)によって高いシグナル ノイズ比を獲得できるため周囲の地盤を破壊せず、再現性が高く連続での観測に適している。

震源装置は断層近傍の地表に低周波(LF)機、高周波(HF)機の 2 台が設置され、これらから送信された弾性波は深さ 800m と 1700m の 2 本のボアホール底に設置された 3 成分速度型地震計によって受信される。ACROSS 震源装置は、GPS 時計に同期して偏心錘を回転し、振幅が周波数の 2 乗に比例した正弦波の力を発生する。それぞれ異なる周波数帯域で周波数変調(FM)し、複数の周波数の正弦波を発生させている。震源装置と地震計は水平方向に 200m 程度離れているが、ボアホールが深いため、空間的には震源装置のほぼ真下に地震計が設置されていることになる。連続記録されている地震波の記録は 100 秒ごとに 36 回加算したもの(つまり 1 時間加算)を一つのファイルとして保存される。それぞれの地震計で観測された地震波の周波数スペクトルを震源で発生している力の理論的な周波数スペクトルで補正し、その後逆フーリエ変換をして時系列の伝達関数(時刻ゼロに震源でパルスが発生した場合の観測点での時系列信号に相当するもの)を得ている。この伝達関数の P 波、S 波に相当する部分を取り出し、P、S 波の走時の変化を波形相関の方法で検出することができる。この際、走時の変動には大きな 1 日周期の変動が現れており、これを避けるため、今回データは 24 時間の移動平均をとったものを扱っている。

走時の長期的変動をみると、変動幅は ± 1 ミリ秒前後であった。800m 孔底での P と S の走時はそれぞれ 0.3 秒と 0.5 秒程度であるので、走時に対する変動率は 0.2~0.3% 程度である。

しかしこの変動要因の大部分が震源付近にあることが判っている。震源室内に設置された地震計で震源近傍地盤の振動の位相をモニターした結果、その時間変動が P、S 波の時間変動のモニター結果と良い相関があることが判った。震源装置の位相は GPS 時計に同期して精密に制御されている(数 μ 秒)が、周辺地盤の物性が時間変化するためにその振動特性が変化するものと思われる。

この震源周辺地盤の振動特性の変動を補正して地下深部の伝達関数を推定することを試みた。800m ボアホール底での各成分の観測記録が震源近傍の地震計記録の線形結合で表されると仮定し、室内地表 3 箇所と深さ 10m のボアホール底に設置された 3 成分地震計、計 12 成分の地震計記録からこの期間での結合係数の期待値を最尤法で求めた。震源近傍地震計記録の変化分と、伝達関数の変化分がそれぞれの期待値に比べて充分小さいと仮定すると、伝達関数の期待値と震源近傍地震計記録の時間変化分のコンボリューションが震源挙動の変動が観測記録に影響する部分になる。これを観測記録から差し引くことで改めて震源近傍の変動を含まない観測記録に相当するものが得られた。これを用いて改めて走時変動を算出した。S 波については降雨に同期した変動が消え、その長期的変動幅は 1/3 程度になっている。S 波では震源周辺地盤の変動に影響されない有意な走時変動が分離されたと考えられる。こうして得られた時間変動から、変動原因に言及していきたい。ただし P 波についてはその変動幅は必ずしも小さくなっておらず、この原因の一つとしてデータの SN 比が S 波の半分以下であることが考えられる。また P、S 波ともに、補正後の変動がどの程度有意であるのかの評価手法が必須である。