

粘性減衰を考慮した単独観測点処理における震央距離推定方法 Estimation of epicentral distance taking account of the effect of viscous attenuation for single station method of EEW

野田 俊太^{1*}, 山本 俊六¹, 岩田 直泰¹, 是永 将宏¹, 佐藤 新二¹
Shunta Noda^{1*}, Shunroku Yamamoto¹, Naoyasu Iwata¹, Masahiro Korenaga¹, Shinji Sato¹

¹ 鉄道総合技術研究所

¹ Railway Technical Research Institute

1. はじめに

気象庁の緊急地震速報システムや新幹線の早期地震防災システムには、地震を検知した観測点が単独で震央位置やマグニチュードを推定する単独観測点処理が用いられている。単独観測点処理は、複数の観測点のデータを用いた場合と比べて即時応答性に優れているものの、震央位置の推定精度が劣るという問題がある。

上述のシステムでは単独観測点処理として、B-法 [Odaka et al.(2003)] を用いて震央距離を推定している。この方法は、P波初動部分の上下動成分のエンベロープ波形に関数 $y=Bt \cdot \exp(-At)$ をフィッティングさせて得られる係数 B と震央距離の相関が良いという性質を利用して推定するものである。係数 B は、P波初動部分の振幅成長の傾きに対応した値である。また、山本・他(2010)は、P波極初動部を対象に B-法で用いるフィッティング関数を見直し、P波初動部分の傾きをより直接的に表す関数 $y=Ct$ をフィッティングさせる手法を提案している (C-法)。

一方、これまでの B-法では、B と C の関係は単純な線形の式 $\log B=a \cdot \log C+b$ (a, b: 定数) で表わされてきた。BあるいはCで表わされる傾きが振幅と高い相関を持つことを考慮すれば、その BもしくはCの関係は、より一般的な距離減衰式で表現することが適切と考えられる。つまり、関係式は $\log B=c \cdot \log C+d \cdot \log A+e$ (c, d, e: 定数, BはCに置き換えることができる) となる。右辺第一項は幾何減衰、第二項が粘性減衰の影響を表わす。一般に、粘性減衰の影響は特に震央距離がある程度以上離れたところで大きくなることが知られている。本研究では、BもしくはCとの関係において、粘性減衰の影響の項を考慮した式と考慮しない式を適用し比較を行なうことにより、その推定誤差の変化を検証した。

2. 解析方法と結果

ここでは、はじめに以下の方法で B および C の計算を行なった。

記録された加速度波形に中心周波数 10Hz のフィルターを掛けてバンドパス波形を求め、その波形の上下動成分からエンベロープ波形を計算する。

エンベロープ波形に関数 $Bt \cdot \exp(-At)$ あるいは Ct を最小二乗法によりフィッティングさせ、B および C を求める。

なお、B の計算には P 波の到達時刻から 2 秒間のデータを使用し、C の計算には同様に 0.5 秒間のデータを用いた。解析には、K-NET の各観測点において 1996 年から 2009 年の間に記録された M5.0 以上の波形データを用いた。

次に、B もしくは C との関係における粘性減衰の影響を検証するため、粘性減衰の影響による項を考慮した式と考慮しない式の各定数をそれぞれ回帰分析によって求めた。なお、その際 S/N 比の大小によって起こりうるトリガー漏れの影響を取り除くため、Fukushima and Tanaka(1990) に従いデータの選別を行なった。

さらに、上記の回帰式を用いて震央距離を推定し、真の震央距離に対する差の RMS を計算した。この際、粘性減衰項を入れた式は解くことができないため、求められた回帰式において 1km 毎の B および C を計算し、波形データから計算された B もしくは C との差が最も小さくなるときの B および C を推定震央距離とした。

解析の結果、B と C 共に、全データあるいは震央距離 100km 未満のデータに対しては粘性減衰の影響による項を考慮した場合、考慮しない場合で RMS はほぼ等しいが、震央距離 100km 以上のデータに対しては粘性減衰の影響による項を考慮した場合、RMS が約 25% 減少した。

この結果、震央距離と P 波初動の傾きの関係においては、粘性減衰を考慮した式を用いた方がより適切であると言える。特に、粘性減衰を考慮しない式を用いる場合、震央から離れた観測点のデータは精度が悪く、震央を実際よりも速めに推定する傾向を持つことになる。また、粘性減衰の影響を考慮することは、震央から最も近い観測点までの距離が長い海溝型の大地震などで特に効果的と考えられる。

3. 謝辞

本研究では、防災科学技術研究所の K-NET の波形記録を使用させていただきました。記して感謝いたします。

キーワード: 緊急地震速報, 早期地震検知, 単独観測点処理, B- 法

Keywords: Earthquake Early Warning, single station method, on site method, B-Delta method