

コーダ規格化法により推定した気象庁震度観測点のサイト増幅率を用いたリアルタイムサイト補正の試み Real-time correction of site amplification factors estimated by the coda normalization method

青木 重樹^{1*}, 干場 充之¹
Shigeki Aoki^{1*}, Mitsuyuki Hoshihara¹

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

1. はじめに

干場 (2011 地震学会) は震源や M の推定を介さずに、波動場のモニタリングを用いて地震動を予測する手法を提案している。その手法で用いるサイト補正はリアルタイム処理が可能であることが求められる。岩切・干場 (2011JpGU) は、スカラー量としての経験的サイト増幅率である平均震度差よりも、周波数依存する増幅率を補正に用いた方が震度予測誤差が小さくなることを示した。そのため、干場 (2012 地震学会) は周波数依存する増幅率を振幅特性としてもつような漸化式デジタルフィルターを設計し、これを時間軸上で逐次データに適用するというリアルタイム処理可能なサイト補正手法を構築した。本研究では、コーダ規格化法により系統的に導出した全国の気象庁震度観測点の周波数依存したサイト増幅率 [青木・干場, 2012 地震工学会] と同様の振幅特性をもつフィルターを設計し、サイト特性の補正実験を行ったので報告する。

2. サイト増幅率

青木・干場 (2012) では、1996-2010 年の強震観測報告に掲載された気象庁震度観測点の波形記録を用い、Takemoto et al. (2012BSSA) と同様な手法で中心周波数が 0.75 から 15.0Hz の 11 個の帯域の相対的なサイト増幅率を推定した。この手法は、各帯域でのコーダ波部分の三成分合成の RMS 振幅をデータとして、震源と波動伝播に関する項と全観測点の相対的なサイト増幅率を同時に最小自乗法で推定する。本解析では、時間窓 (幅 5 秒) は震源時の 60 秒後から 2.5 秒ずつ移動しながら 15 個設定した。このとき、S 波走時の 2 倍以上経過していないデータや、S/N が 2 以下のデータは利用しなかった。利用した地震は、日本およびその周辺の深さ 90km 以浅で発生したマグニチュード 4.0~7.4 の範囲にある計 370 個で、震央距離 200km 以内の観測点のデータのみを用いることとした。このとき、同一経過時間の時間窓で 8 個以上振幅データがない地震は推定に利用しなかった。以上の解析により 544-566 観測点の相対的なサイト増幅率が得られた。

これらの増幅率は、0.75~2Hz の低周波数側では、堆積層が厚い平野部などで増幅率が大きくなる特徴があり、より高周波数側では地域的なコントラストが弱くなることがわかった。また、高周波数側 (10Hz 以上) を除いて、微地形区分による増幅率や平均震度残差から推定された増幅率 [気象庁, 2012] と正の相関があることがわかった。

3. サイト補正実験

干場 (2012) のフィルターは、複数の 1 次と 2 次のアナログフィルターの結合で表現され、それらのフィルターのパラメータは、振幅特性がサイト増幅率と一致するように非線形最小自乗法で推定される。所要の漸化式デジタルフィルターは、このアナログフィルターに双一次変換とプリワーピングを適用することにより設計される。なお、これはサイト特性を付加するフィルター (コンボリューションフィルター) であるが、サイト特性を取り除くフィルター (デコンボリューションフィルター) についても、アナログフィルターの分母と分子を入れ替えれば、同様に設計可能である。本研究では、コーダ規格化法で求めた増幅率から上記の漸化式フィルターを設計するが、その際、対象の周波数帯域外については、0.75Hz あるいは 15Hz と同じ増幅率を持つものと仮定した。

サイト補正実験では、全観測点で共通のサイト特性をもつ波形を作成するために、補正対象の観測点に、その観測点のサイト特性をもつデコンボリューションフィルターを適用し、その後、共通の基準観測点のサイト特性をもつコンボリューションフィルターを適用した。また、補正前後の波形に功刀・他 (2008 地震 2) のフィルターを施し、震度計算を実施した。補正の効果を確認するため、いくつかの地震に対し、補正前後の震度分布を比較した。その結果、補正前の分布に見られる近接観測点間の大きな震度差 (外れ値) が、補正後は小さくなり、外れ値が解消される傾向があることがわかった。これは、このサイト補正がうまく機能していることを示している。

謝辞

本報告では、「強震観測報告」に掲載されている気象庁の震度観測点の記録を利用しました。

キーワード: サイト増幅率, コーダ規格化法, リアルタイム処理, 気象庁震度観測点, 地震動予測

Keywords: Site amplification factor, Coda normalization method, Real-time processing, JMA seismic intensity station, Prediction of ground motion