

コーダ規格化法によるサイト増幅特性の推定 (4) 全国強震観測網における増幅特性の統一的推定と地表と地中の比較

Site amplification factors derived from coda normalization method (4) amplification factors at borehole and surface

竹本 帝人^{1*}, 古村 孝志², 前田 拓人², 野口 科子²

Teito Takemoto^{1*}, Takashi Furumura², Takuto Maeda², Shinako Noguchi²

¹ 東京大学地震研究所, ² 東京大学総合防災情報研究センター

¹ERI, the Univ. of Tokyo, ²CIDIR, the Univ. of Tokyo

はじめに

我々は、これまでコーダ規格化法 (e.g. Phillips and Aki, 1986) を日本の高密度強震観測網の強震データに適用して、各地点の S 波の増幅特性を周波数帯域毎に詳しく評価し、サイト増幅と表層地質との関連を議論するとともに、求められたサイト増幅特性を用いた基盤上相当の震度の推定等への適用や、地震動の距離減衰式に基づく大地震の震度推定の高精度化に向けた検討を進めてきた (竹本・他, 2009)。また、東北日本の基盤強震観測網 KiK-net の地表地震計と地中地震計におけるサイト増幅係数の比較 (竹本・他, 2010) から、ある観測点の地表点と地中観測点における増幅特性が 2 Hz 以上では系統的に異なることを明らかにした。

本研究では、岩盤地点に対する地中および地表の S 波増幅特性について定量的に議論をするために、従来の解析をさらに進めて全国に展開されている KiK-net の地表地震計、地中地震計および広帯域強震計 F-net 観測点すべてを用いた同時インバージョンを行い統一的なサイト増幅特性の推定を行った。

使用データと解析方法

コーダ規格化法によりサイト増幅特性を求める手順 (竹本・他, 2009) に基づき解析を行った。本解析では、コーダ波の振幅がサイト増幅係数と地震波放射エネルギー項の積に比例するという性質を利用して、多数の地震の同じ経過時間におけるコーダ波振幅から観測点間の相対サイト増幅特性を推定する。2000 年-2010 年に日本周辺で発生した 48 個の地震に対し、震源距離が 100 km 以内の KiK-net (地中・地表) および F-net 強震計の記録を用いて解析を進めた。まず観測波形にバンドパスフィルター (0.5-1 Hz, 1-2 Hz, 2-4 Hz, 4-8 Hz) を掛け、それぞれ地震発生時から 60 秒から 65 秒の間の平均 RMS 振幅値を求める。周波数帯域ごとにすべての地震・観測点のデータを同時に用いたインバージョンにより、サイト増幅係数と地震波放射エネルギー項を最小二乗法により求める。ただし、本手法で推定される増幅特性はすべて相対値であるため、岩盤サイトである F-net 観測点の一点での増幅係数が 1 (0 dB) となるような拘束条件を与えた。

地表と地中の増幅係数

求められた増幅係数の空間分布を地表観測点、地中観測点それぞれについて比較検討した。高周波数帯域 (4-8 Hz) でのサイト増幅特性は、地表に比べて地中の増幅係数が相対的に小さく、地表平均増幅率は 8.6 dB であるのに対し、地中平均率は 4.5 dB となった。また地中の増幅係数は 0 dB 周辺の狭い範囲に集中しており、5-10 dB を中心に分布する地表の増幅係数との間での相関は悪い (相関係数 $r = 0.52$)。高周波数帯域では、地震動の増幅が主に KiK-net 地中観測点設置深度 (100 m-200 m) 以浅の比較的浅い場所の構造の影響を受けているためであると考えられる。

ところが、低周波数帯域 (0.5-1 Hz) においては地表と地中で推定されたサイト増幅特性に大きな分布の差は見られず、地表地震計からの推定値と地中地震計からの推定値の間の相関が良い ($r = 0.88$) ことが明らかになった。また、地表・地中どちらにおいても北海道の一部で 20 dB を超える極めて大きな推定値が得られた。一方、岩盤サイトと同程度の増幅 (0 dB 前後) を持つ観測点も多数あり、低周波数帯域では増幅係数の値の分布の幅が広いことが大きな特徴である。それに比べ、高周波数帯域では地表・地中両方で増幅の空間的バラツキが小さく、場所に大きく依らない増幅特性を示すことが明らかになった。

謝辞

防災科学技術研究所の KiK-net および F-net の観測データを使用した。

キーワード: コーダ規格化法, サイト増幅

Keywords: coda normalization, site amplification