

スペクトルインバージョンにおける岩盤サイトの選定に関する一考察

Study of Constraint Condition on Spectral Inversion

山田 雅行[1]; 野津 厚[2]; 長尾 毅[3]

Masayuki Yamada[1]; Atsushi Nozu[2]; Takashi Nagao[3]

[1] ニュージェック; [2] 港空研; [3] 国交省・国総研

[1] NEWJEC; [2] PARI; [3] National Institute for Land, Infrastructure Management

<http://www.newjec.co.jp/>

1. はじめに

地震観測記録から震源特性, 伝播経路特性, サイト増幅特性を求める手法, すなわちスペクトルインバージョンは 1981 年に Andrews によって提案され, その後, Papageorgiou and Aki (1983), Sato (1985), 岩田・入倉 (1986) などによって拡張・発展を遂げてきている。しかし, スペクトルインバージョンでは, サイト増幅特性が岩盤サイトに対する相対値として得られるため, 岩盤サイトの選択によっては, その値が大きく影響を受けることが知られている。

岩田・入倉 (1986) では, サイト増幅特性が 2 以上となる拘束条件を与えて最小 2 乗解を求めている。これは, 周波数毎に最小のサイト増幅特性を与える点を岩盤サイトとして採用することに対応する。佐藤・巽 (2002) では, 地震観測地点の中からその地盤データを参照して最も条件のよい地点を岩盤サイトとして参照している。野津ら (2003) では, 予備解析の結果から低周波側において平均的に最も増幅特性の小さな地点を岩盤サイトとして参照している。後二者は, 周波数によらず同一のサイトを岩盤サイトとして選択していることが共通している。

このうち岩田・入倉 (1986) の方法では, 厚い堆積層上にある観測点など, 堆積層の Q 値の影響で高周波成分の減衰しやすい観測点が, 高周波側では岩盤サイトとして選択されてしまうことが問題となることがある。一方, 後二者においては, 有効な周波数範囲が限定され易いことが課題として残されており, スペクトルインバージョン手法の適用範囲を制限している要因のひとつとなっている。具体的には, 岩盤サイトとして選択された観測点においても, 高周波側では増幅の生じている場合が考えられ, 当該周波数においては, サイト増幅特性が過小評価される可能性がある。

そこで著者らは, ある程度の広帯域をカバーでき, しかも一定の物理的意味を持つ拘束条件 (岩盤サイト) の設定方法を提案し, その有効性について議論を行った。

2. 岩盤点の選定方法

スペクトルインバージョンは, 地震観測記録 $A0(\omega)$ を震源の特性 $AS(\omega)$, 伝播経路特性 $AP(\omega)$ と地震観測点の増幅特性 (地震基盤 ~ 地震観測点) $AG(\omega)$ の掛け算によって式 (1) のように表し, 周波数ごとに最小二乗法的に解いて, $AS(\omega)$, $AP(\omega)$ と $AG(\omega)$ を分離する手法である。

$$A0(\omega) = AS(\omega) \cdot AP(\omega) \cdot AG(\omega) \quad (1)$$

このとき対象周波数範囲で増幅の無い地点を岩盤サイトとして選定できることが理想であるが, このような理想的な岩盤サイトが得られることはまれである。

式 (1) は各周波数において独立に成り立つため, 岩盤サイトも各周波数に対して独立に設定することが可能である。そこで, 著者らは予備インバージョン解析結果に基づいて, 周波数ごとにサイト増幅特性の最も小さい地点を仮定の岩盤サイトとして選定することとした。ただし, 軟弱地盤において高周波数領域の振幅が小さくなることを考慮して, 岩盤サイトとして採用する地点を表層付近の S 波速度が十分に大きい地点に限定した。具体的には地表から 10m までの平均 S 波速度が 400m 以上の地点から岩盤サイトを選択した。また, 個々の記録の特性が結果に大きく影響することを避けるため, 複数 (5 地震程度) の観測記録が得られている地点に限定した。

3. サイト増幅特性の算定結果

このように仮定岩盤を用いて行ったスペクトルインバージョン結果は, 野津ら (2003) の関東地方の結果と比較すると, 細部においては異なる部分があるものの, 大局的には一致度の高い結果が得られた。

また, 一次元重複反射理論に基づくサイト増幅特性と本検討によるサイト増幅特性の結果の比較を九州地方の結果に対して行った。ただし, スペクトルインバージョンで求まるサイト増幅特性には一次元重複反射理論では説明しづらい 3 次元効果なども一般には含まれている。そこで, 比較を行うサイトは, 3 次元効果の無視できない深い堆積層上のサイトを避け, 基盤層として V_s が 2000m/s より大きな値をもつ層が確認されている地点, 基盤までの深さが 20m 程度の地点に限定した。その結果, 増幅倍率, 卓越周波数などが概ね一致することが確認できた。

4. 謝辞

本検討には, 独立行政法人防災科学技術研究所・強震観測網 (K-NET) および基盤強震観測網 (KIK-NET) における地震観測記録を国土交通省国土技術政策総合研究所・港湾地域強震観測における地震観測記録とともに用いた。