ドーピー建設工業㈱ 正会員 荘司 雄一

## 東北工業大学工学部 正会員 神山 眞

1.はじめに

地震動は大別して震源特性,伝播経路,ローカルサイトの影響によって決まることが知られている.とり わけ,ローカルサイトの増幅特性(以下,サイト特性という)は,耐震設計のための入力地震動を評価する 際に重要となる.観測記録を用いてサイト特性の評価が可能であるならば,それは簡便かつ有効な経験的手 法と考えられる.しかしながら,観測された地震記録には,震源,伝播経路およびサイト特性の影響が含ま れており,それらを適切に分離した後に,サイト特性を評価しなければならない.そこで,本研究では, Small-Titan<sup>1)</sup>で得られた観測記録を用いて,S波の観測スペクトルを対数変換により線形化した式に適当な 拘束条件を与えた最小二乗法によるインバージョンを施し,震源特性,伝播経路特性,サイト特性の分離を 試み,仙台市圏のサイト特性を推定した.

2.データセット

インバージョンに用いた地震記録は, Small-Titan の 20 観測点で得られた 19 地震, 338 個の加速度記録で ある.S波部分は,初動を目視で読み取り,その初動から 10 秒間のウィンドウーを対象とし,波形の切り 出しは,前後にウィンドウー長さの 10%のコサインテーパをつけた.EW 成分,NS 成分のフーリエスペク トルを求め,得られた水平2成分をベクトル合成した水平動スペクトルをインバージョンの対象として解析 を行った.

3.インバージョンモデル<sup>2)</sup>

一般に,地震*i*による観測点*j*におけるS波の観測スペクトルO<sub>ii</sub>(f)は,

$$O_{ij}(f) = S_i(f)G_j(f)R_{ij}^{-1} exp\left(\frac{-\pi f R_{ij}}{Q_S(f)V_S}\right)$$
(1)

と表すことができる.ここで,  $S_i(f)$ は *i* 地震の震源スペクトル,  $G_j(f)$ は *j* 観測点のサイト特性,  $Q_s(f)$ は S 波に対する周波数ごとの Q値,  $R_{ij}$ は *j* 観測点における *i* 地震の震源距離,  $V_s$  は地殻の平均的な S 波速度 である.距離補正のための任意距離  $R_{ref}$ を導入すると,震源距離の補正を行った S 波の観測スペクトル  $\overline{O}_{ij}(f)$ は,

$$\overline{O}_{ij}(f) = \frac{R_{ij}}{R_{ref}}O_{ij}(f)$$
(2)

となる.

(1)と(2)式から,常用対数をとり線形化すると,

$$\log \overline{O}_{ij}(f) = \log S_i(f) + \log G_j(f) + \log R_{ref}^{-1} + \log(e) \left(\frac{-\pi f R_{ij}}{Q_s(f) V_s}\right)$$
(3)

となる.この線形化された連立方程式を特異値分解による最小二乗法 <sup>3)</sup>を用いて解くことにより,周波数 ごとの  $S_i(f)$ ,  $G_i(f)$ ,  $Q_s(f)$ を決定できる.

次に、仙台市圏の地盤構成で、基盤と考えられる安山岩の高館層が地表に露出する観測点が、尚絅短大

キーワード: S波インバージョン, サイト特性, 震源スペクトル, Q値

連絡先: 〒980-0014 仙台市青葉区本町 1-1-8 日本オフィスビル Tel:022-225-4756, Fax:022-265-7356

(S01\_SHOK,以下 SHOK とする)であることから,本研究では,拘束条件として SHOK をリファレンス サイトに設定した.従って,各観測点におけるインバージョンの結果は,SHOK のサイト特性を, $S_1 = 1$ (log  $S_1 = 0$ )としたときの相対的なサイト特性を示すことになる.

4.インバージョン結果

代表的な観測点のインバージョン結果を図 - 1 に示す. 仙台市圏は,長町-利府構造線を境に,それより 西部は洪積台地,東部は沖積低地と明確な対照を示している.そのことは,各観測点のサイト特性にも現わ れている.長町-利府構造線を境に,東側観測点SO5\_SENHの増幅度は,西側観測点S14\_SAKRの増幅度に 比べ,相対的に大きいだけではなく,観測点近傍の地盤の影響を反映して,各周波数帯域のサイト特性にも 顕著に違いが見られる.また,同じ東側の観測点でも,南に位置するSO3\_HSHRの増幅度に比べ,北に位 置するS17\_TAKAの増幅度は小さくなっている.このことは,基盤深さに対応しているものと考えられ, 長町-利府構造線の西側では基盤深さが浅く,東側では,北に向かうにつれて浅くなっているものと考えら れる.

図 - 2 に, S 波重複反射理論に基づく理論増幅特性との比較例を示す.これを見ると,低周波数側では一致していないものの, 3Hz より高周波数側では,比較的よく調和していることがわかる.

次に,インバージョンの結果,分離された $Q_s$ 値の逆数 $Q_s^{-1}$ を図-3に示す. $Q_s$ 値は,ほぼ周波数の 0.8 乗に比例している.これは,周波数の 0.5~0.9 乗に比例しているとの既往の研究結果と矛盾しない.

図 - 4 は,宮城県南部を震源とする地震の震源スペクトルの例で,本震で *M<sub>j</sub>*=5.0,余震で *M<sub>j</sub>*=3.5~4.0 の 震源スペクトルである.なお,震源スペクトルについては,今後詳細に検討する予定である.



## 参考文献

- 1) 荘司雄一,神山眞,浅田秋江: リアルタイム・オンライン・アレー強震観測システム Small-Titan の構築 とその記録の一例,第 25 回地震工学研究発表会講演論文集, Vol.1, pp.41-44, 1999
- 2)岩田知孝・入倉孝次郎:観測された地震波から,震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を 分離する試み,地震2,39,pp.579-593,1986
- 3) Menke, W., Geophysical Data Analysis: discrete inverse theory, Academic Press Inc., San Diego, California, 1989