

ドーピー建設工業(株) 東北支店 正会員 ○ 荏司 雄一  
 東北工業大学 工学部 土木工学科 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切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 秒間のウィンドウを対象とし、波形の切り出しは、前後にウィンドウ長さの 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

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  $O_{ij}(f)$  は、

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

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  $\bar{O}_{ij}(f)$  は、

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

となる。

(1) と (2) 式から、常用対数を取り線形化すると、

$$\log \bar{O}_{ij}(f) = \log S_i(f) + \log G_j(f) + \log R_{ref}^{-1} + \log\left(e^{\left(\frac{-\pi f R_{ij}}{Q_S(f) V_S}\right)}\right) \quad (3)$$

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>2)</sup>を用いて解くことにより、周波数ごとの  $S_i(f)$ 、 $G_j(f)$ 、 $Q_S(f)$  を決定できる。

また、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綱短大 (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、 $S_i = 1$

( $\log S_1 = 0$ ) 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。図-3 に長町-利府構造線に直交する地盤断面の代表例を示す。図-3 からわかるように、長町-利府構造線（観測点 13 近傍）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、東側観測点の増幅度は西側観測点のそれに比べ、相対的に大きいだけでなく、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。全体的に見て 5, 6Hz から 10Hz までの周波数帯域でサイト特性が低下傾向にあるのに対して、S05\_SENH ではそれが低下せずに維持されているのが特徴となっている。

次に、S 波重複反射理論に基づく理論増幅特性との比較例を図-2 に示す。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。また、松川・他<sup>3)</sup>の本研究と同じ観測点で強震動スペクトルと常時微動スペクトルを比較した研究があるが、その結果ともインバージョン結果は大局的に見て矛盾していない。

これらのことから、SHOK をリファレンスサイトとした拘束条件およびインバージョンモデルは概ね妥当であると考えられる。

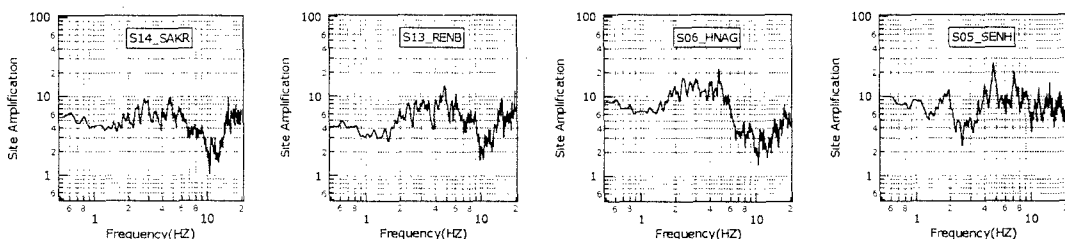


図-1 代表的観測点のサイト特性

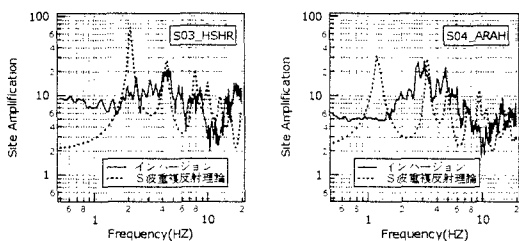


図-2 インバージョン結果と  
S 波重複反射理論との比較例

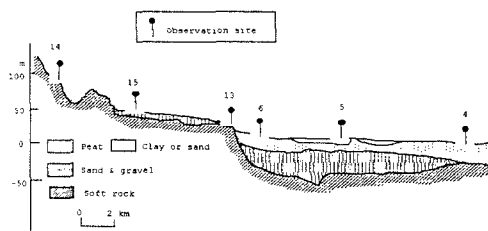


図-3 地盤構造断面

#### 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) Menke, W., *Geophysical Data Analysis: discrete inverse theory*, Academic Press Inc., San Diego, California, 1989
- 3) 松川忠司, 神山眞, 鈴木順一: 直下地震によるアレー強震動特性と常時微動との関係, 第 25 回地震工学研究発表会講演論文集, Vol.1, pp.169-172, 1999