

スペクトルインバージョンによる逗子地域のサイト特性に関する研究

名古屋大学大学院(学生会員) ○ 香山雄治

首都大学東京(正会員) 小田 義也

首都大学東京(フェロー会員) 岩橋 敬広

1. 目的

首都大学東京岩橋研究室では、逗子地域で、表層地盤(5点)および地中(-30m:1点)で地震観測を実施し、地震時の地盤の応答特性に関する研究を行っている。今まで、主として工学的基盤から上部の表層地盤の増幅特性について検討を進めてきた。しかし、強震動予測を行うには工学的基盤のみならず地震基盤からの増幅特性を把握することが重要である。本研究は、逗子地域のデータとK-NET,KIK-NETのデータを用いて、スペクトルインバージョンにより震源特性、伝播経路特性、サイト特性を分離し、地震基盤からの増幅特性を検討したものである。

2. 研究手法 2.1 解析方法

(1)スペクトルインバージョンの定式化

地表面で観測される地震波のスペクトル $O(f)$ は、一般に周波数を f とすると、震源特性 $S(f)$ 、伝播経路特性 $P(f)$ 、サイト特性 $G(f)$ の掛け合わせ((2.1)式)で表される。

$$O(f) = S(f)P(f)G(f) \cdots \cdots (2.1)$$

さらに、震源距離を r 、地震基盤内の減衰を $Q(f)$ 、S波速度を β ($=3.8\text{km/s}$)とし、伝播経路特性 $P(f)$ を次の式((2.2)式)で表されると仮定した。

$$P(f) = \frac{1}{r} \exp\left(-\frac{\pi f r}{Q(f)\beta}\right) \cdots \cdots (2.2)$$

((2.2)式を((2.1)式に代入し、対数をとることによって次の式を得る。

$$\log O(f) = -\log r + \log S(f) + \log G(f) - \log\left(\frac{\pi f r}{Q(f)\beta}\right) \cdots \cdots (2.3)$$

本解析では((2.3)式に観測データを適用し、条件付の最小二乗法で解くことにより、周波数 f ごとの $S(f)$ 、 $G(f)$ 、 $Q(f)$ を分離、算定し、それぞれの特性について検討、評価する。

2.2 観測データ

(1) 観測点(図1)・ 都立大観測点:逗子市内6点

(地表面5点・地下30m 1点)・K-NET 観測点:南関東96点
(全て地表面)・KIK-NET 観測点:厚木1点(地下1800m 1点)

(2)波形データ 1998年から2003年までに観測された43地震で

観測された水平2成分(NS・EW)、合計4894個の波形データを用い、

解析した。解析では、都立大観測点地下30mを工学的基盤、KIK-NET 観測点厚木を地震基盤と想定した。

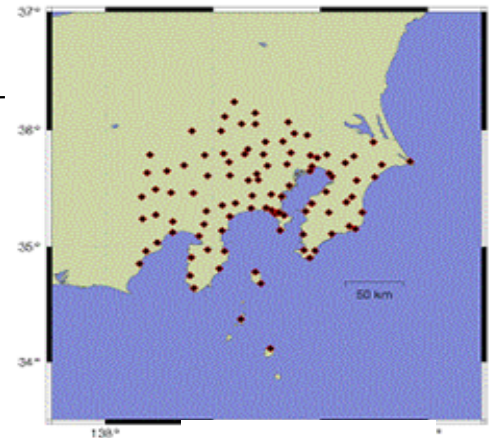


図1 観測点

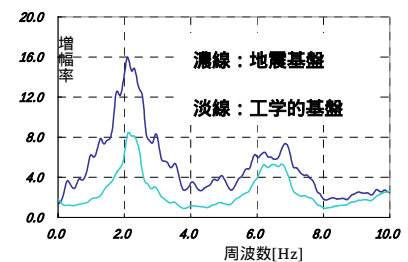


図2 本研究による地震基盤と工学的基盤の比較

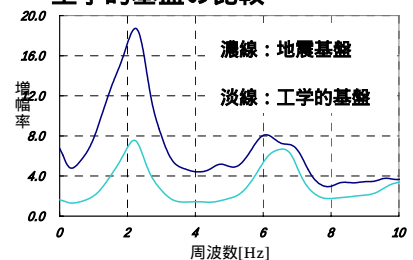


図3 既往の伝達関数による地震基盤と工学的基盤の比較

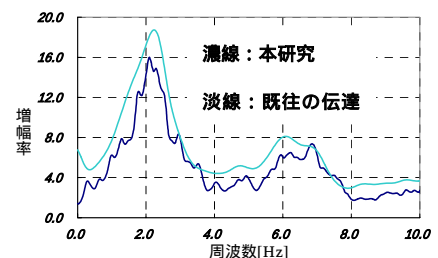


図4 既往の伝達関数と本研究の比較(地震基盤)

キーワード: 地震観測データ、スペクトルインバージョン、逗子、サイト特性、震源スペクトル

連絡先: 東京都八王子市南大沢1-1 TEL:0426-77-1111(内線4585) Fax:0426-77-2772

3. 結果

3.1 サイト特性：逗子のサイト特性の一例(逗子小学校)を以下に示す。

- (1) 図2にスペクトルインバージョンによる地震基盤からの増幅特性(濃線)、工学的基盤からの増幅特性結果(淡線)を示す。
- (2) 図3に既往の手法(地表/地下)による地震基盤からの増幅特性(濃線)、工学的基盤からの増幅特性(淡線)を示す。
- (3) (1),(2)の2つの手法による地震基盤からの増幅特性解析結果の比較図を図4に示す。
- (4) 既往の伝達関数と比較した結果、増幅のピークを持つ周波数(卓越振動数)をはじめ、ピークの値もよい対応を示している。図2、図3に示すように地震基盤からの地表面までの増幅率と、工学的基盤から地表面までの増幅を比較すると増幅率のピークこそ違うが特性を表す卓越振動数には違いが見られず、地震基盤から工学的基盤までの間には周波数依存性はほぼ見られない。これらから工学的基盤からの増幅率が地震時の地表面の挙動に大きく影響することがわかる。

3.2 震源スペクトル

すべての地震に対する震源スペクトルを算定し震源特性を評価した。既往の研究による ω^2 モデルによるとコーナー周波数よりも低周波側では f^2 に比例し、高周波側ではほぼ一定である。図5に示すように ω^2 モデルから求められる震源スペクトル(太線)と良い対応を示した。特に、地表面での地震時応答特性を考える上で重要とされる1~10Hzの帯域では、周波数依存性を持たず、ほぼ一定であることが確認できた。

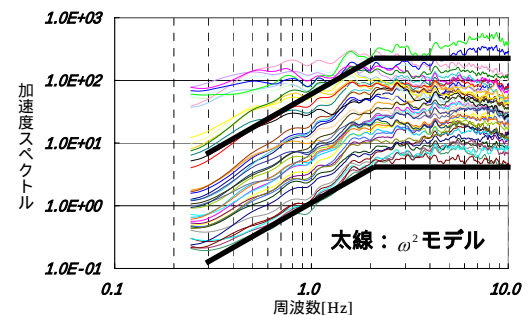


図5 全地震の震源スペクトル

3.3 伝播経路特性

Q値の解析結果を図6に示す。10Hz付近よりも高周波側では増加傾向にあり、1~10Hz付近ではほぼ一定である。減衰は極めて小さく、地震波は地震基盤内ではほとんど減衰しない。(減衰定数 $h = 1/2Q$, 減衰0.1~0.3%)

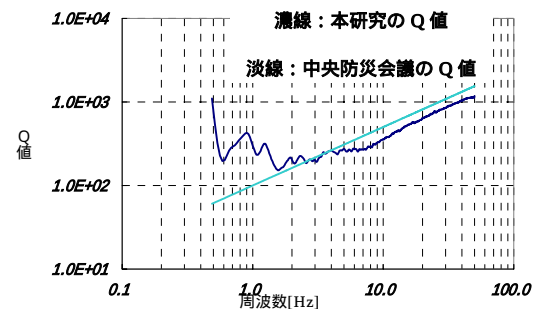


図6 Q値解析結果

さらに、既往の研究によるQ値(淡線)と比較すると10Hz以上ではよく一致しているが10Hz以下では差が見られた。

3.4 まとめ

サイト特性、震源特性、伝播経路特性とともに既往の値と概ね良い対応を示し精度よく分離できた。今回対象とした逗子地域ではこれらの特性は地震基盤内では強い周波数依存性を持たず、表層地盤による影響が大きいという結果が得られた。本手法は、地震基盤からの増幅特性のみならず、震源スペクトル、伝播経路特性も評価できるという点で、今後強震動予測を行う上で有用な手法であると考えられる。

4. 参考文献

- 野津厚・佐藤陽子・菅野高弘(2002):羽田空港の地震動特性に関する研究(第2報)スペクトルインバージョンによるサイト特性
- 岩田知孝・入倉孝次郎(1986):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
- 塚田哲史(2004):強震記録を用いた逗子地域のサイト特性と被害想定に関する研究, 平成15年度東京都立大学大学院修士論文
- 岩楯広広、小田義也 強地震観測アレーがとらえたローカルサイトエフェクター地震観測データに基づく逗子地域の不整形表層地盤の地震応答特性—東京都立大学総合都市研究 第80号 2003