

常時微動から推定した和歌山県田辺市の 地盤振動特性

辻原 治¹・田代 彰吾²・沢田 勉³

¹正会員 博士(工学) 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島77)

²正会員 ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社 (〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町2-21-1)

³正会員 工博 徳島大学 工学部建設工学科 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

和歌山県田辺市街において常時微動観測を行い、地盤振動特性の推定を行った。まず、ボーリングデータが得られている10地点について、S波の重複反射を仮定して求めた周波数応答関数と常時微動観測記録から得られたH/Vスペクトル(振動の水平成分と上下成分のスペクトルの比)を比較し、いくつかの地点で良好な対応を示すことを確認した。そして、田辺市街を縦横250mの格子で区切り、合計109点での常時微動観測記録から表層地盤の周波数特性を推定した。その結果、振動特性からみた田辺市の地盤は、旧田辺区域に相当する中心部とそれを取り巻く区域に分けることができ、それは表層地質の構成によく対応するものであることがわかった。

Key Words : micro-tremor, ground motion, natural frequency

1. はじめに

耐震設計を行うためには、構造物の動特性のみならず、地震動の特性を的確に把握する必要がある。地表の地震動特性は、震源特性、伝播経路およびサイト特性等の影響を受け複雑に変化する。とくに、わが国のように比較的軟らかい層を持つ平野部では、表層の地盤構造が地表地震動に大きな影響を及ぼす。

地盤構造や地盤振動特性を推定するために、ボーリング調査や物理探査による方法が用いられるが、経済的な制約等により、それらの適用には限界がある。地域において多数の地点で効率よく地盤振動特性を推定するためには、計器の設置や移動が容易であり、かつ簡便であることから常時微動の観測が有利になる。

近年、地盤の振動特性を常時微動観測から推定する研究が盛んに行われている¹⁾。これまでの研究から、長周期帯域(1~10秒程度)の卓越周期が比較的深い構造を、短周期帯域(1秒以下)の卓越周期が比較的浅い地盤構造の性質を表すことが認められている。

本研究では、和歌山県田辺市の市街において地盤の常時微動観測を行い、表層地盤の振動特性を推定した。また、いくつかの地点におけるボーリング資料を用いて計算した表層地盤の周波数応答関数と常時微動から得られるスペクトル比を比較し、その整合性について検討した。

2. 田辺市の表層地質²⁾

田辺市街を含む田辺平野の表層地質は、左会津川流域の礫・砂泥層、右会津川流域・会津川西側の礫層、会津川東側の砂層と3つの領域に分けられる。田辺平野を生成したのは主として秋津川と三栖川の土砂搬出による堆積と浜流による土砂の打ちあげである。そして秋津川と三栖川とは下万呂のフキシ、湊の小泉方面から一つはJR紀伊田辺駅前、闘鶏神社前の線と、他は現在の会津川筋を切戸あたりから紺屋町、本町、下片町の線と二つの川筋となって流れ、その間に旧田辺区域が三角州となり、その三角州が発達して砂丘となり、一帯の松原となっていたものと見られている。しかし、土砂の堆積がますます激しく土地の隆起を受けるに至って、神子浜方面に流れていた川道は低湿地となり、さらに堤防ができ三角州の東側の川は陸となっている。また西側の川筋も堤防によって少し西側に寄せられ現在の会津川筋となった。この川の土砂の流出は現在も盛んである。江川地区は、大正以来埋立によって区域を著しく広げており、元町においても同様である。

3. 観測地点および観測方法

観測地点は、田辺市街を250mメッシュで分割した区域のほぼ中心とし、合計109である。観測は1998年7月11日から8月1日にかけて、交通振動

や生活振動の影響を受けにくい早朝5時から7時の約2時間行った。また、コンクリート路盤、アスファルト路盤の場所は避け、空き地等できるだけ土の部分で観測することとした。センサーには速度計を用い、各地点で水平2方向と上下方向の振動を、サンプリング周波数100Hzで一分間計測した。

4. 地盤の周波数応答関数と微動のスペクトル比の比較

今回の観測地域には、いくつかの地点でボーリングデータが利用可能である³⁾。図-1および図-2にそれぞれボーリング地点と土質柱状図を示す。表-1は土質の凡例である。ボーリング地点ではN値が測定されている。それらのデータを用いてSH波の一次元重複反射理論により求めた最深部に対する地表の周波数応答関数と観測記録のスペクトル比とを比較した。ただし、地盤は水平多層構造としてモデル化した。また、層厚は土質柱状図を参考に決め、S波速度は各層におけるN値の平均から次式⁴⁾で求めることとした。

$$V_{Si} = 100N_i^{1/3} \quad (\text{粘性土層の場合})$$

$$V_{Si} = 80N_i^{1/3} \quad (\text{砂質土層の場合})$$

上式の V_{Si} 、 N_i はそれぞれ、第*i*層のS波速度と平均N値である。土の単位体積重量と減衰については不明であり、それぞれ全層一律で1.7t/m³、10パーセントとして計算した。基盤については、ボーリング調査で岩盤もしくはN値50程度以上の堅い層が現れている場合は、それを基盤と見なし、それ



図-1 ボーリング地点

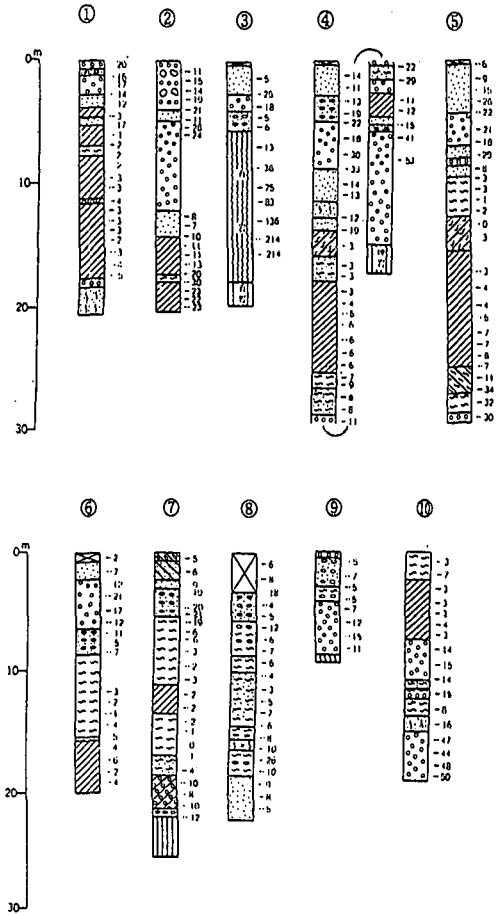


図-2 ボーリング地点の土質柱状図³⁾

表-1 土質の凡例

記号	土質名	記号	土質名
	玉石		砂混ざりシルト
	礫		砂混ざり粘土
	砂礫		シルト混ざり礫
	砂		シルト混ざり砂礫
	シルト		シルト混ざり砂
	粘土		シルト混ざり粘土
	玉石混ざり礫		粘土混ざり砂礫
	玉石混ざり砂礫		粘土混ざり砂
	礫混ざり玉石		粘土混ざりシルト
	礫混ざり砂礫		表土
	礫混ざり砂		風化岩
	礫混ざりシルト		岩盤
	礫混ざり粘土		貝殻
	砂礫混ざり粘土		埋木腐蝕
	砂混ざり礫		

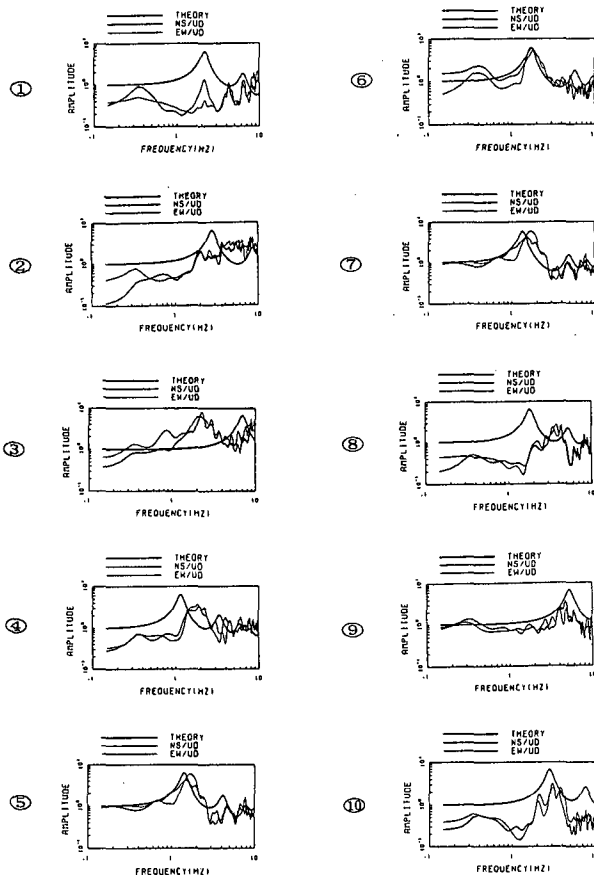


図-3 ボーリング地点の周波数応答関数と H/V スペクトル

以外の地点については基盤以浅を調査したものとみなして計算している。

図-3に周波数応答関数と常時微動観測により得られた上下動と水平動のフーリエスペクトル振幅比(H/V スペクトル)を示す。常時微動の水平成分として NS, EW 方向の振動速度を用いている。これらの H/V スペクトルと周波数応答関数を比較すると⑤, ⑥, ⑦, ⑨の地点でその対応が非常に良好である。また, ①, ②, ⑩においても卓越周期をおおむねとらえている。

今回用いたボーリングデータは昭和 53 年に発行された資料に基づくもので, その後, 河川堤防の改修や宅地造成等があったことを考慮すると, 10 地点中 7 地点において, おおむね良好な結果が得られたことにより, 表層地盤の振動特性の評価に常時微動観測が有効であると判断できる。なお, 観測記録の H/V スペクトルは, 水平および上下のフーリエスペクトルをそれぞれ 0.4Hz のバンド幅で平滑化して比をとっている。

5. 田辺市地盤の振動特性の推定結果および考察

109 個のすべての観測点での H/V スペクトルを図

4に示す。横軸は周波数である。

以下に, 常時微動観測より推定される表層地盤の振動特性について述べる。

- ①会津川より西側は, 2, 4, 6, 8 Hz 付近に H/V スペクトルのピークがみられるが, 概して 4 Hz または 6 Hz のピークが卓越する比較的固い地盤を有している。
- ②会津川と小泉, JR 紀伊田辺駅, 闘鶏神社の線に挟まれた三角州上に発展した旧田辺区域は, 2 Hz 付近で H/V スペクトルに顕著なピークが見られる比較的軟らかい地盤構造を有している。
- ③小泉, JR 紀伊田辺駅, 闘鶏神社前の線より東側では, 2 Hz 付近に H/V スペクトルのピークがあるものの, 4, 6, 8 Hz 付近にもピークがあり, どちらかといえば高振動数側のピークが卓越している。このことから, この区域は①で述べた区域と同様に比較的固い地盤を有している。

図-4の H/V スペクトルについて, 卓越周波数が 1~3 Hz, 3~6 Hz および 6 Hz 以上の 3 種類で整理し, それぞれ地図上に●の大きさによって表した結果を図-5に示す。この図から, 田辺市街の地盤振動特性が旧田辺区域とそれを取り巻く区域とに大別できることがわかる。このことは, 2 章で述べた表層地質の概要と調和的である。

6. まとめ

本研究は, 和歌山県田辺市街における地盤振動特性を常時微動観測によって推定し, 地震発生の際の被害を予測することに役立つ資料を提供することを目的とした。

以下に得られた成果を述べる。

- 1) 地表で観測した常時微動の水平成分と鉛直成分のフーリエスペクトル振幅比は, SH 波の重複反射理論により求めた周波数応答関数と, いくつかのボーリング地点で良好な対応を示した。
- 2) 田辺市は, 会津川より西側では, 概して 4 Hz 又は 6 Hz のピークが卓越する比較的固い地盤を有し, 旧田辺区域では 2 Hz 付近でスペクトルに顕著なピークが見られる比較的軟らかい地盤構造を有している。それより東側では, 西側と同様に 4~8 Hz でピークが卓越する比較的固い地盤であることが分かった。

参考文献

- 1) 中村豊: 常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定, 鉄道総研報告, Vol.2, No.4, 1988.
- 2) 田辺市編集兼発行: 田辺市誌, pp.5-10, 1971.
- 3) 和歌山県発行: 表層地質図 田辺・印南, 1978.
- 4) 日本道路協会編集発行: 道路橋示方書 (V耐震設計編)・同解説, p.43, 1996.

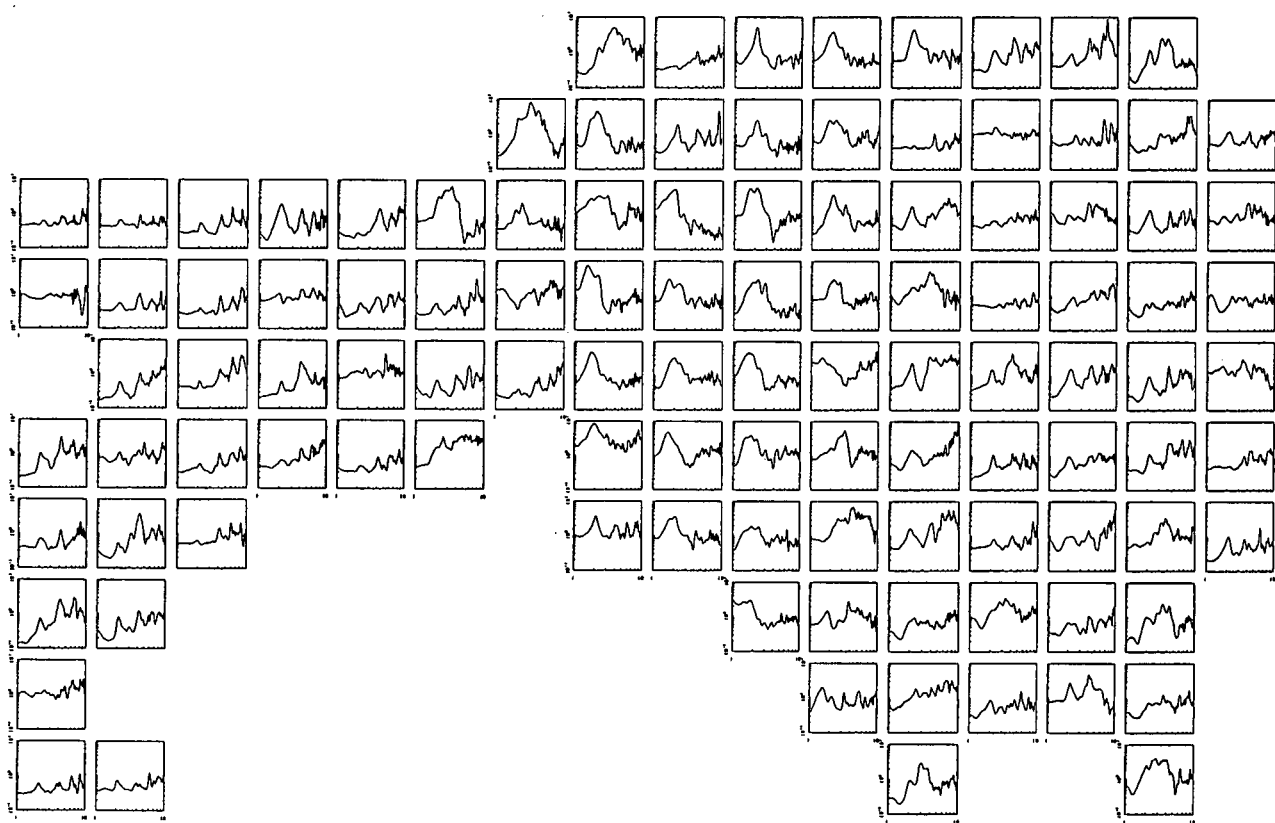


図-4 常時微動のH/Vスペクトル（水平成分としてNS成分を使用）

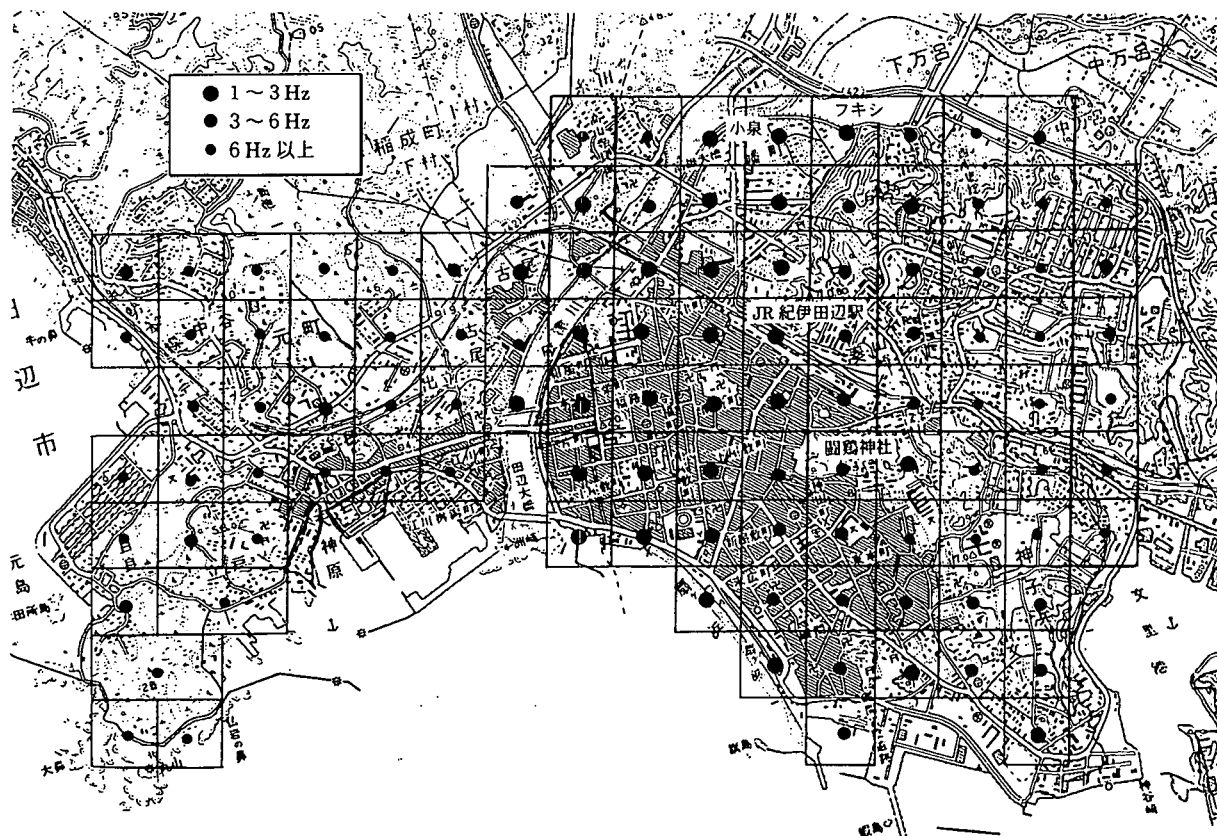


図-5 常時微動のH/Vスペクトルにおける卓越周波数