

I - B 101 横浜市高密度強震観測点を対象とした地盤特性評価方法の比較

建設省	正会員	西田 秀明
東京工業大学総理工	正会員	年縄 巧
東京工業大学総理工		翠川 三郎
横浜市総務局		阿部 進

1.はじめに

地盤特性を評価する手法としては、地震動や微動、地盤データなどを用いる方法がある。しかし、これらから求めた地盤特性がどのように対応するのかについては、これらのデータがそろった場合に限られているため検討例は少ない。本研究は、横浜市高密度強震計ネットワーク観測点を対象として、前報までの検討¹⁾に続き、新しく得られたデータを加えて、さらに詳細な地盤特性の検討をおこなった。

2.解析方法

地震動からは、10 地震の記録を用いて、加速度波形から S 波初動以降 20.47 秒間での水平動成分を合成した振幅スペクトルを求め、基盤スペクトルで除して求めた（以下、強震スペクトル比と呼ぶ）。基盤スペクトルは、基盤動の空間的な変化を考慮して、市内に点在するほぼ軟岩が露頭している 5 観測点の水平動成分を合成したスペクトルから、基盤点までの距離の逆数を重みとして与えて求めた。

微動からは、20.47 秒間×3 本の速度波形から水平合成成分を上下成分で除し H/V スペクトル比を求めた。なお、地震動と微動のスペクトルの平滑化には、対数型 Window²⁾を用いた。

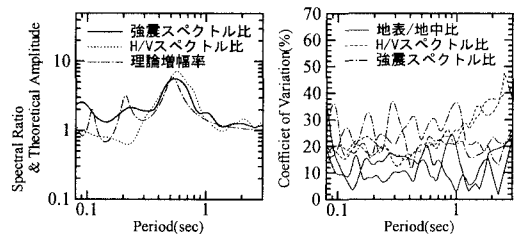
地盤データからは、重複反射理論に基づく SH 波の解放基盤に対する理論増幅率を求めた。この際、基盤は S 波速度 600m/s、Q 値は周波数依存型³⁾、入射は鉛直と仮定して求めた。また、S 波速度 600m/s の層まで調査がされていない場合は、PS 検層最下層と基盤との平均速度を持つ 5m の中間層を仮定した。

以上で求めた各スペクトル比および理論増幅率の例を図 1 に示す。これらを、0.1～2.0 秒の周期帯域を対象として、周期および増幅特性の観点から地盤特性を比較、検討する。強震スペクトル比と理論増幅率は最も長周期側のピークを、H/V スペクトル比は最大ピークの周期とピーク値を読みとった。以後、ピーク周期、ピーク値を、強震スペクトル比は T_s 、 A_s 、H/V スペクトル比は T_p 、 A_p 、理論増幅率は T_G 、 A_G とする。

ここで、比較の際、建物の影響が各記録に入っている可能性が大きい点は除外することとし、この基準として 5 階建以上の建物に隣接している場合とした。また、記録にノイズの影響が大きい 1 点も除外した。これらと基盤点を除く 133 点について検討した。

3. スペクトル比のばらつきの評価

スペクトル比は、地震、微動とも記録毎にある程度ばらつきがあるので、地盤特性の比較をおこなう前に、ばらつきの程度を評価する。また、最も地盤特性を正確に抽出している鉛直アレイ点での地表と地中のスペクトル比についても評価する。ここで、H/V スペクトル比は、6 点での定点連続観測記録を用いる。評価は、スペクトル比が各周期帯において正規分布していると仮定して変動係数を求めておこなった。このうちの一例を例として図 2 に示す。この結果、変動係数は場所やピークの大小などによらず、地震の地表と地中のスペクトル比で 10～20%、強震スペクトル比で 20～40%、H/V スペクトル比で 20～30% と比較的安定していることがわかる。



(左) 図1 スペクトル比の比較の例 (KHS)

(右) 図2 各スペクトル比の変動係数の例

Keywords: 地盤特性、地震動、微動、地盤データ
〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259 TEL 045-924-5607 FAX 045-924-5574

4. 周期特性の比較

最初に強震スペクトル比と微動 H/V スペクトル比の比較を図 3 に示す。ピーク周期は、多くの点では 1:1 に対応しているものの、 T_s が短周期の観測点でばらつきが大きい。これは、さほどピークが明瞭でない場合はピーク周期としての安定性に欠けるためである。そこで、ピークが明瞭な場合として、微動の T_p が 0.2 秒以上かつ A_p が 3 未満の 37 観測点(図 3 の○)を除いて比較すると、ばらついていた点がほぼ取り除かれ、ほぼ 1:1 に対応した。ここで除外した点は、ほとんどの場合 A_s も小さく、表層厚が薄い砂質土が厚く堆積しており基盤とのコントラストが小さい傾向があった。また、特に砂質土が厚く堆積している場合のスペクトル比の形状は、対象周期帯の全体でほぼ 2~3 程度の値をとっていることから、コントラストの大小以外にもピークを不明瞭にする要因がある可能性がある。対照的に、微動の T_p が 0.2 秒以下かつ A_p が 3 未満については、値は小さいが明瞭なピークをもつ。このような観測点は比較的堅固な地盤に薄い層があることが多い。

次に強震スペクトル比と理論増幅率を比較を図 4 に示す。なお、ここでは地震計位置とボーリング調査位置が 30m 以上離れている点も除いた 131 点を対象とした。両者は、長周期側では比較的良好に対応しているものの短周期側ではばらつきが大きい。これは、短周期になるにつれて、層厚などのわずかな違いが大きく影響するためであり、特にこの周期帯域での地盤データからの評価は難しいといえる。

5. 増幅特性の比較

強震スペクトル比と微動 H/V スペクトル比を比較(133 点)を図 5 に示す。ピーク値は、周期に比べてばらつきは大きいものの正の相関がある。そこで、この関係を原点を通るようにして回帰計算して求めた結果、 $A_s=0.87A_p$ (相関係数 0.76) となった。回帰式の相関係数がそれほど高いとはいえないが、地震、微動ともにスペクトル比にある程度ばらつきがあることを考慮すれば、地震の増幅特性は微動からある程度推定できるといえる。

強震スペクトル比と理論増幅率を比較(131 点)を図 6 に示す。地震動と微動の比較の場合よりばらつきが大きく倍半分ほどある。この原因としては、基盤や中間層、Q 値、入射条件の設定などがあげられる。特に Q 値は、ピーク値に大きく影響するが、適切な Q 値の推定は鉛直アレイ記録があるなど限られた場合にしかできないため、任意の点での理論増幅率の算定には反映できない。このことから、理論増幅率は増幅特性についても評価が難しいといえる。

6. まとめ

地震動と微動および地盤データにより地盤特性を求め、これらを比較、検討して次の結果を得た。

- 1) 強震スペクトル比と微動 H/V スペクトル比を比較した結果、ピーク周期は一定条件下でほぼ一致し、ピーク値は、正の相関があり、この関係を回帰計算して求める $A_s=0.87A_p$ (相関係数 0.76) となった。
- 2) 強震スペクトル比と理論増幅率を比較した結果、ピーク周期は長周期側では比較的良好に対応するものの、短周期側ではばらつきが大きく、ピーク値は倍半分ほどのばらつきがあった。このことから、対象周期帯域においては、理論増幅率から地盤特性を評価することは難しいことがわかった。

参考文献

- 1) 西田秀明・年縄巧・翠川三郎・阿部進：横浜市高密度強震観測点における微動と地震動のスペクトル特性の比較, 土木学会第 53 回学術講演会, pp.446-447, 1998.
- 2) 紺野克昭・大町達夫：常時微動の水平/上下スペクトル比を用いる増幅倍率の推定に適した平滑化とその適用例, 土木学会論文集 No.525/I-33, pp.247-259, 1995.
- 3) 福島美光・翠川三郎：周波数依存性を考慮した表層地盤の平均的な Q^{-1} 値とそれに基づく地盤増幅率の評価, 日本建築学会構造系論文集 第 460 号, pp37-46, 1994.

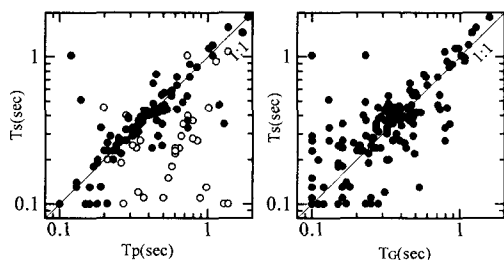


図 3 T_p と T_s の比較

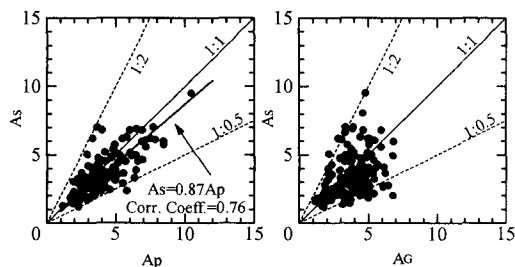


図 4 T_p と T_s の比較

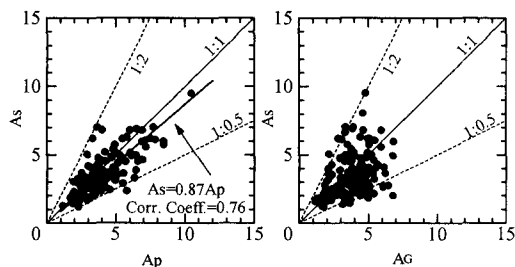


図 5 A_p と A_s の比較

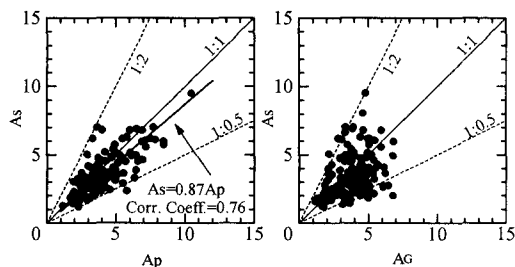


図 6 A_p と A_s の比較