

サイト増幅評価に対する P 波位相における正規化 H/V スペクトルの有効性

東北工業大学 正会員 ○神山 眞
 々 学生員 佐藤公平
 々 正会員 松川忠司
 ドービー建設工業 正会員 荘司雄一

1. はじめに

ローカルサイトによる増幅特性を評価する簡易手法として地表における1点3成分記録のH/Vスペクトルが多用される。この手法は常時微動を対象とした場合、Rayleigh波の水平動と鉛直動の特徴を利用した手法として解釈される。一方、地震動に対しては明確な理論的な背景のないまま、暗黙のうちにS波主要動を対象とした水平動スペクトルの鉛直動スペクトルに対する比として用いられることが多い。サイト増幅評価のための本来のH/Vスペクトルの応用はレシーバー関数の周波数領域表現に根拠を置いたものであるから、基盤への入射波の厳密な波動識別が必要である。筆者らは、この観点から基盤入射波の波動変換を考慮して、S波主要動よりP波初動の位相のH/Vスペクトルにより豊富なサイト増幅情報が含まれること指摘するとともに、P波初動におけるH/Vスペクトルの有効性を主張している^{1), 2)}。本小文はこれらの指摘や主張を理論的に補足して述べたものである。

2. H/V スペクトルと基盤入射の波動変換との関係

周知のようにP波、SV波各々が地震基盤に入射したときP-SV変換波、SV-P変換波が発生して複雑な重複反射が表層内で起きる。従って、それぞれの変換波の発生状況によっては基盤入射波の性質とは無関係のサイト増幅特性が地表のH/Vスペクトルに現れることがあり得る。つまり、基盤にSV波が入射したときの地表での位相のH/Vスペクトルが必ずしもSV波を対象としたサイト増幅特性とはならない。これを確認するには簡単な地盤構造を仮定して、実際にP波、SV波を種々の入射角で入射させて理論的シミュレーションを実施することが手取り早い。そこで、表-1のような簡単な2層成層地盤を対象に種々の入射角を想定して地表のH/Vスペクトルなど各種スペクトル特性を算定した。その際、表層のポアソン比が鍵となることが予想されることから他のパラメータは固定して、表層のP波速度のみを段階的に変えて理論的な算定を行なった。ここでは紙数の関係から表層の $V_p=1000\text{m/s}$ のみの結果を示す。なお、数値的シミュレーションは通常のマトリックス法³⁾によった。

図-1はP波が代表的な入射角で入射したときの地表での水平動H、鉛直動Vの増幅スペクトルを求めたもの
 キーワード P波, SV波, H/Vスペクトル, サイト増幅, 正規化, ローカルサイト条件

連絡先 〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1 東北工業大学工学部環境情報工学科 TEL 022-229-1151

表-1 シミュレーション地盤モデル

Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Desn. (g/cm ³)	Qs	Qp
15	100	300-1000	1.8	100	200
∞	300	1500	2	400	400

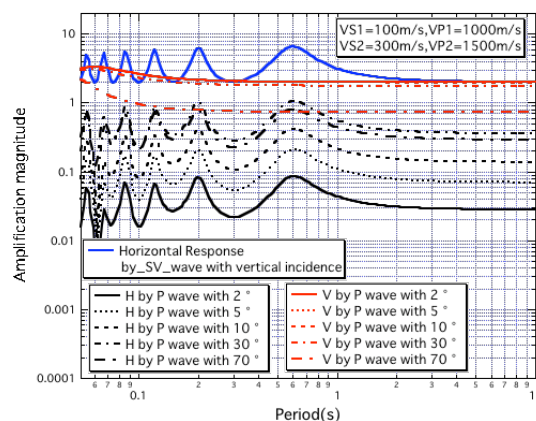


図-1 P波入射によるH, Vの増幅スペクトル

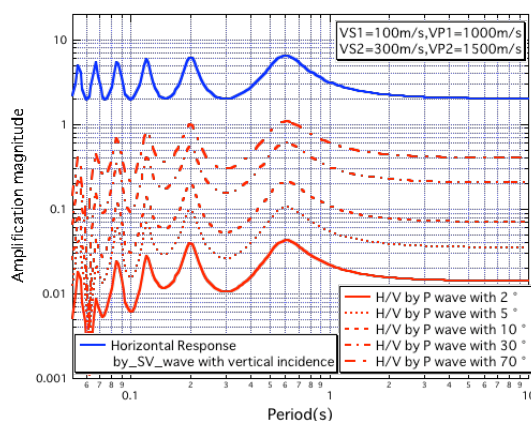


図-2 P波入射によるH/Vスペクトル

である．図-1 に示すように H は S 波速度構造，V は P 波速度構造で決定されていることがわかる．図-2 はその際の H/V スペクトルを示したものである．図-2 から，P 波入射の条件のもとでは H/V スペクトルの形状は入射角にはほぼ無関係に相似で，スペクトル振幅のみが入射角に応じて変化する．図-1，図-2 では S 波鉛直入射の H の増幅スペクトルも参考にプロットされているが，P 波の H/V スペクトルはスペクトル振幅こそ異なれ，形状はよく相似していることがわかる．一方，図-3，図-4 は同じものを SV 波入射に対して求めたものである．S 波入射では P 波入射と異なり，H，V の増幅は P，S 波の速度構造で単純に決まらず，従って H/V スペクトルも複雑な形状となり，しかも入射角によって大幅に変化する応答となる．SV 波の場合，このような入射角による H/V スペクトルの変動は地盤の P 波，S 波の速度構造の組み合わせによって多様に変化して，一様な特性は期待できない．

3. 正規化 H/V スペクトルの算定

上述の簡単な試行から SV 波を対象とした水平動 H のサイト増幅特性を評価するには SV 波位相の H/V スペクトルよりも P 波位相のそれが優れていることを確認できる．問題は P 波位相の H/V スペクトルの振幅をいかに調整して SV 波による H のサイト増幅スペクトルに近似させるかである．この目的に沿って，元の H/V スペクトルを適当な手法で正規化することを考えた．種々の正規化を試みたが，ここでは元の H/V スペクトルの周期 10 秒のスペクトル振幅と周期 0.05 秒から周期 10 秒の周期帯でのスペクトル振幅の極小の平均とそれを与える周期を両対数座標上で結ぶ直線の縦軸値が 2 となるような正規化の結果を紹介する．図-5 は P 波入射の条件で，表層が $V_p=1000\text{m/s}$ のケースについての正規化 H/V スペクトルの結果を示したものである．紙数の関係から表層の V_p の値が別のケースについては示し得ないが，スペクトル振幅の値は表層のポアソン比によって若干の変動を生じる．しかし，表層のポアソン比に依存するものの，図-5 に明らかなように入射角とはほぼ無関係に SV 波鉛直入射の増幅スペクトルをかなりの精度で近似できることがわかる．

4. むすび

紙数の関係から十分に意をつくせないが，P 波位相における正規化 H/V スペクトルはサイト増幅を評価する簡易手法として有効であることが理論的に指摘できる．実際の地震記録に適用した結果を適宜発表していきたいと考えている．

参考文献

- 1) 荘司，神山：第 1 回日本地震工学研究発表概要集，p69，2001，2) 佐藤，神山，松川：平成 16 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，p38-39，2005，3) Silva W. : BSSA Vol. 66, No. 5, p1539-1554, 1976

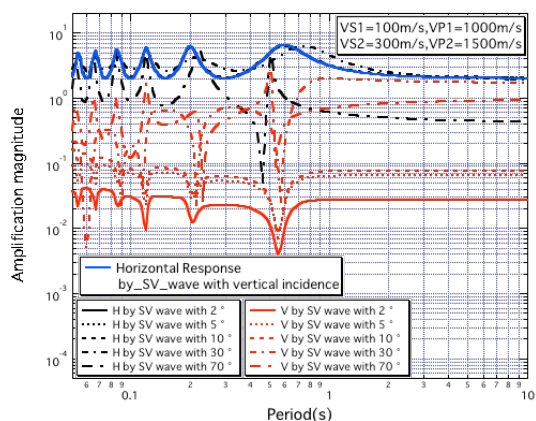


図-3 SV 波入射による H，V の増幅スペクトル

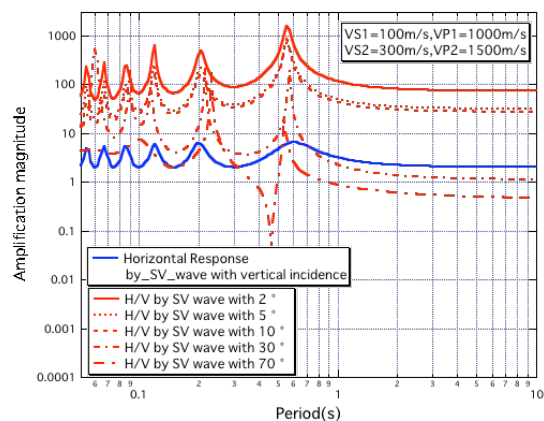


図-4 SV 波入射による H/V スペクトル

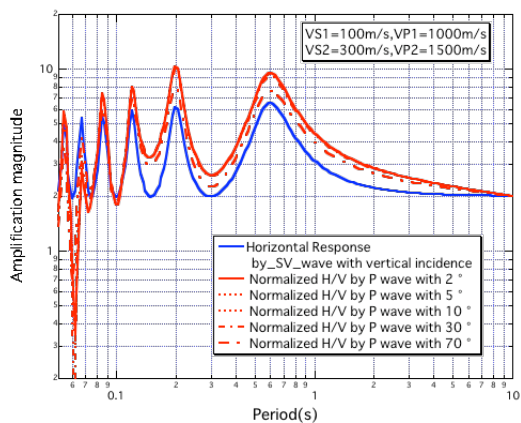


図-5 P 波入射による正規化 H/V スペクトル