

I - B 202 全無限媒質のグリーン関数を用いた3次元境界要素法の精度に関する検討

清水建設 正員 片岡俊一
東京工業大学 正員 大町達夫

1. はじめに 境界要素法(以下、BEMと称する)を用いて、複雑な多層地盤の地震動伝播を計算する場合、基本解としては全無限媒質のグリーン関数が適切であろう。全無限媒質のグリーン関数を用いて地表面(自由表面)を表現するには、地表面に置いた要素の表面力をゼロとすることになる。このような取り扱いをした場合には、対象とする波長に対応した適切なモデル化をする必要があることが指摘されている^{例えれば1)}。そこで、本報告では平行成層地盤を対象に、BEMの結果と離散化波数法(以下f-k法と称する)の結果とを比較することで、要素の大きさ及びモデル領域の広さが解の精度に与える影響を検討してみた。

2. 計算モデル ここでは、表-1に示す二層地盤を対象とする。BEMによる計算²⁾では、図-1に示すような2種類の大きさの領域のモデル、Model-M(21.6km x 21.6km)、Model-S(21.6km x 16.2 km)を考え、地表面を一边0.6kmの四角形要素に、層境界を一边約1kmの要素に離散化した。f-k法のプログラムは、Hisada (1995)³⁾を用いた。震源は点震源であり、走向はx方向、傾斜は90度、レーキは-165度の右横ずれ、震源深さは2kmとしている。また両手法の比較には震源時間関数を仮定する必要はないが、プログラムの都合上ライズタイム1秒のramp関数としている。計算は振動数域で、BEM、f-k法ともに、0.01Hz間隔で1.0Hzまで行った。減衰は、BEMでは考慮しておらず、f-k法では微量とした。図-2に表-1から定まるRayleigh波、Love波の理論分散曲線を示す。

3. 計算結果と考察 図-3は、P4,P5,P6におけるradial 方向とtransverse 方向の速度成分のフーリエスペクトルおよびf-k法の結果を基準としたスペクトル比である。このスペクトルは、バンド幅0.05HzのParzen windowで平滑化してある。図から次のようなことが指摘できる。

- 震源に近いP4では0.5Hz程度までは、BEMとf-k法の結果はほぼ等しい。但し、0.2Hzのピーク付近ではBEMはf-k法に比べてやや大きな値を与えている。またBEM間の比較では、より広い領域をモデル化したModel-Mの方がf-k法に近い。
- 0.5Hzを超えると、BEMの結果は小さくなっていく。これは、離散化による空間的なローパスフィルターの効果と考えられる。0.5Hzでは、Rayleigh波、Love波ともに位相速度は約1km/sであることから、波長は2kmとなる。要素の節点間隔が0.6kmであるので、節点間隔の3.5倍の波長まで表現できたことになる。
- transverse成分では、BEMのスペクトルの谷がf-k法のそれに比べて低振動数側に移行しているように見える。原因は今のところ不明であるが、領域法的な考えでは媒質が「柔らかくなった」とも考えられ、モデル領域の大きさの影響とも考えられる。また、スペクトル比が一旦小さくなった後に1に近づくが、これはスペクトル比が谷となる振動数がずれているために生じた見かけ上の現象である。
- P6はModel-Sではモデルの境界であり、Model-Mの方がf-k法の結果に近いものの、モデル間の差はそれほど大きいとは言えない。

4. おわりに 本報告では、全無限媒質のグリーン関数を用いた3次元境界要素法の精度について平行成層モデル

表 1 平行成層モデルの物性値

No.	Vs [km/s]	Vp [km/s]	ρ [t/m ³]	Thick- ness[m]
1	1.0	1.7	2.1	1.56
2	3.2	5.4	2.7	infinite

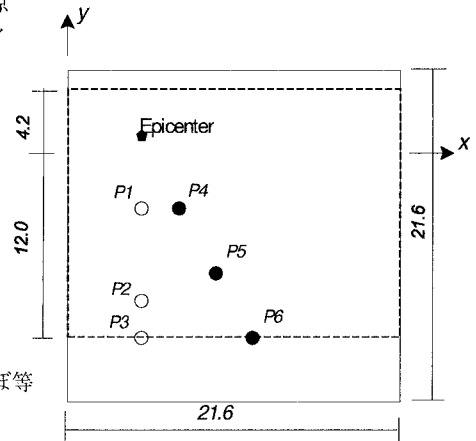


図 1 BEMのモデル化領域と震央・観測点位置

キーワード: 平行成層, 理論地震動, 離散化波数法, 周波数領域

連絡先: 135-8530 江東区越中島3-4-17, Tel:03-3820-5532, Fax:03-3820-5955, E-mail:kataoka@sit.shimz.co.jp

ルを用いて検討した。ここで用いているモデルは、精度を厳密に議論するためには少々複雑なモデルであったので、今後より単純なモデルを用いて検討する予定である。

参考文献 1)Kawase, H., Time-domain response of a semi-circular canyon for incident SV, P, and Rayleigh waves calculated by the discrete wavenumber boundary element method, BSSA, 78, 1415-1437, 1988. 2)片岡正次郎, 震源断層と地盤構造の三次元モデルを用いた地震動シミュレーション手法の開発, 東京工業大学学位論文, 1996. 3)Hisada, Y., An efficient method for computing Green's function for a layered half-space with sources and receivers at close depths (Part 2), BSSA, 85, 1080-1093, 1995.

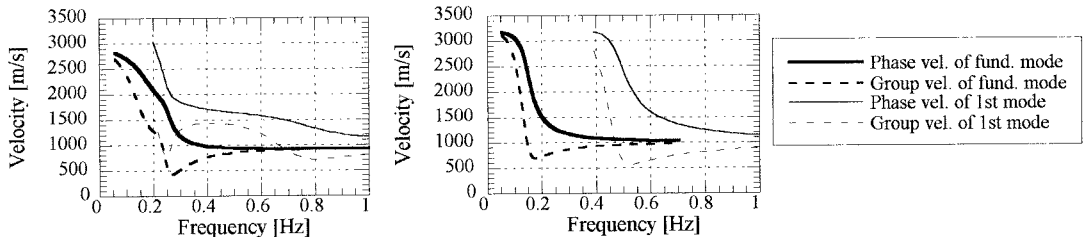
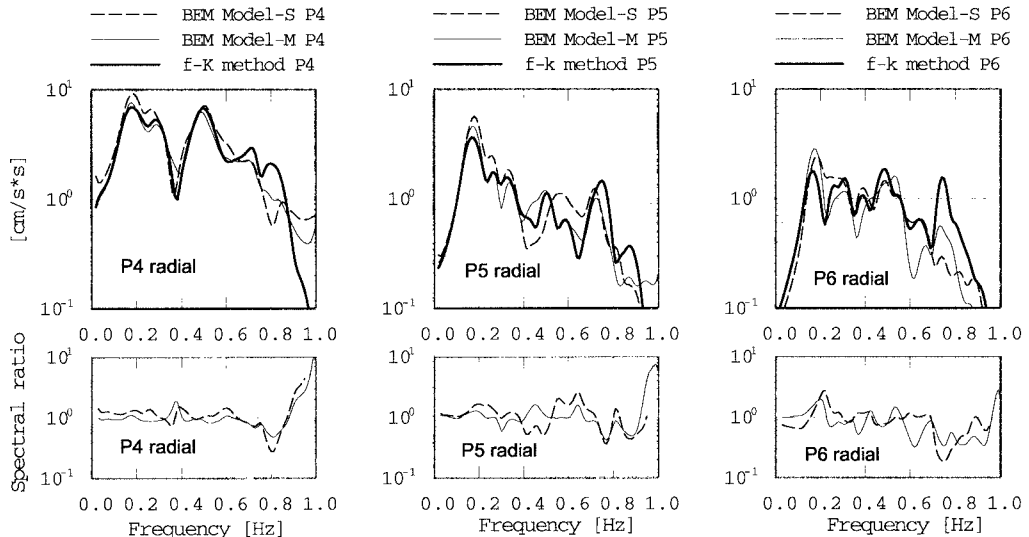
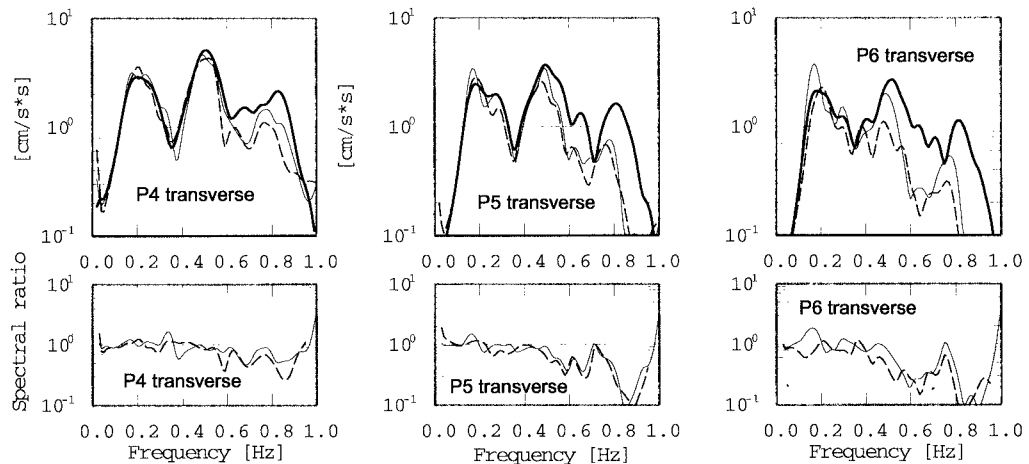


図2 Rayleigh波とLove波の理論分散曲線



(a) Radial component



(b) Transverse component

図3 点P4, P5, P6における計算地動のradial成分(上)とtransverse成分(下)のフーリエスペクトルとスペクトル比