

京都大学防災研究所 正員 澤田 純男

京都大学防災研究所 正員 本田 利器

京都大学工学部 学生員 ○福島 康宏

1. はじめに

地震動のサイト特性に影響を与える因子のひとつとして地盤材料の不均質性(ランダムネス)があげられる。そこで、地盤のランダムネスによって発生する散乱波が地震動の位相特性に与える影響について検討した。

2. 解析手法

ランダム媒質中の波動伝播を考える。散乱波は前方散乱近似を用いることにより周波数領域で波動方程式を媒質のランダムネスを考慮して解く **phase screen method**¹⁾²⁾で解析する。この方法では、3次元媒質は波の伝播の主方向に垂直な2次元のスクリーンの連続として表される。これに反射・透過係数法³⁾を組み合わせることによって水平成層地盤の地震応答特性を求める。位相特性の表現には平均群遅延時間スペクトル、分散群遅延時間スペクトル⁴⁾を用いる。

3. 解析結果

図1に示す2層系地盤に地震動が鉛直入射する場合の応答関数を考える。なお、スクリーン間隔は0.5mとした。これは、相関距離と同じオーダーの波長に対しては大きい、低周波の波を考える場合には、波長に対して十分小さいので、妥当であるといえる。

図2～4に平均S波速度100m/sの場合の結果を示す。それぞれ(a)がフーリエ振幅スペクトル、(b)が群遅延時間スペクトルである。図2は相関距離2m、速度構成のゆらぎ2%の場合である。4～6Hzにおいて減衰が見られるが、この領域で群遅延時間のばらつきはほとんど見られない。7Hz程度以上の領域では増幅が見られ、群遅延時間のばらつきも大きくなっている。速度構成のゆらぎのない場合と比較して、7.2Hzにおける σ_{gr} は1.10倍となっている。図3は相関距離2m、速度構成のゆらぎ5%の場合である。速度構成のゆらぎ2%の場合と同様に4～6Hzにおいて減衰が見られるが、減衰はゆらぎ2%の場合より大きくなっている。この領域で群遅延時間のばらつきはほとんど見られない。7Hz程度以上の領域では増幅が見られ、群遅延時間のばらつきも大きくなっている。この領域での増幅のピーク、群遅延時間のばらつきはともに、ゆらぎ2%の場合より大きくなっている。速度構成のゆらぎのない場合と比較して、 σ_{gr} は7.2Hzにおいて1.31倍となっている。また、20Hzにおいては2.03倍に広がっているが、これは図4に示す相関距離4mの場合に比べて高周波まで散乱の影響が及んでいることを示している。図4は相関距離4m、速度構成のゆらぎ5%の場合である。フーリエ振幅が4～6Hzにおいて減衰し、この領域で群遅延時間はさほどばらつかないことは、相関距離2mの場合と同様である。減衰は、相関距離2mの場合より大きくなっている。7Hz程度以上の領域ではフーリエ振幅の増幅が見られ、群遅延時間のばらつきも大きくなっている。速度構成のゆらぎのない場合と比較して、7.2Hzにおける σ_{gr} は1.31倍となっている。

以上をまとめると次のようになる。

- 1) 地盤のS波速度により違いはあるものの、数Hz～10Hz前後の領域でフーリエ振幅の減衰が生じる。さらに高周波領域では逆に増幅が生じ、この領域では群遅延時間もばらつきが大きくなっている。S波速度が大きいほど散乱の影響は高周波側に表れ、かつ小さくなっている。
- 2) 相関距離が大きくなるほど数Hz～10Hz前後の領域での減衰が大きくなっている。これは、相関距離が大きいほど低周波側に散乱の影響が現れることから説明できる。

3) 速度構成のゆらぎの大きさと振幅が増幅する周波数における σ_{gr} の関係については、ゆらぎ2%の場合はゆらぎなしの約1.1倍、ゆらぎ5%の場合はゆらぎなしの約1.3倍になっている。

4. おわりに

ランダム水平成層地盤の地震応答を求めた。その結果、数Hz以上でフーリエ振幅が減衰し、さらに高周波領域では増幅が生じ、それに伴い、群遅延時間のばらつきが大きくなることがわかった。今後さらに詳細な検討が必要である。また、今回用いた方法では、応答関数を求める際、無限等比級数の和を用いているため同じ散乱が繰り返されるとい問題点があるため、この点の改良が必要である。

参考文献

- 1) Martine, J. M. and S. M. Flatte:
Intensity image and statistics from numerical simulation of plane wave propagation in 3-D random media, Appl. Optics. 27: pp. 2111-2126, 1988.
- 2) Hoshiya, M.: Large Fluctuation of Wave Amplitude Produced by Small Fluctuation of Velocity Structure, Phys. Earth Planet. Interiors, 1998. (inprint)
- 3) Kennett, B. L. N.: Seismic Wave Propagation in Stratified Media, Cambridge University Press, 1983.
- 4) 澤田・盛川・土岐・横山: 地震動の位相スペクトルにおける伝播経路特性とサイト特性の分離, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, 第1分冊, pp. 915-920, 1998.

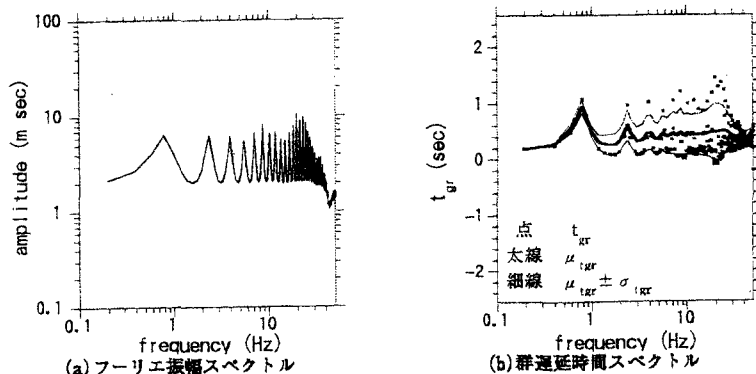
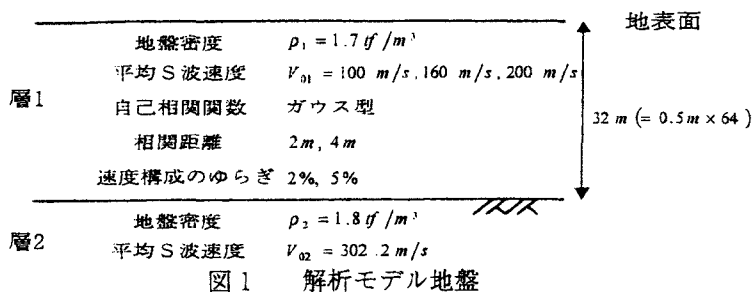


図2 平均 S 波速度100m/s, 相関距離2m, 速度構成のゆらぎ2%の場合

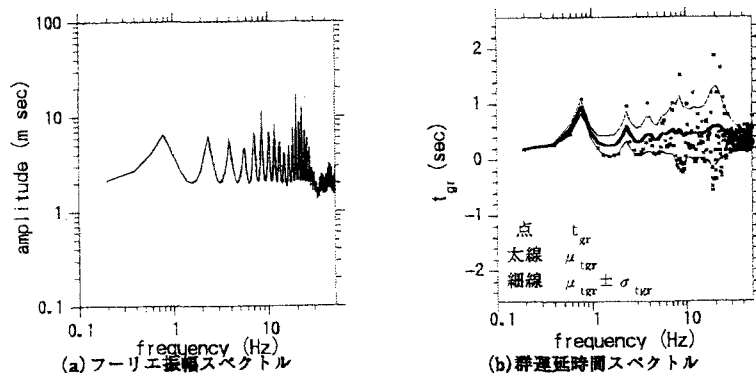


図3 平均 S 波速度100m/s, 相関距離2m, 速度構成のゆらぎ5%の場合

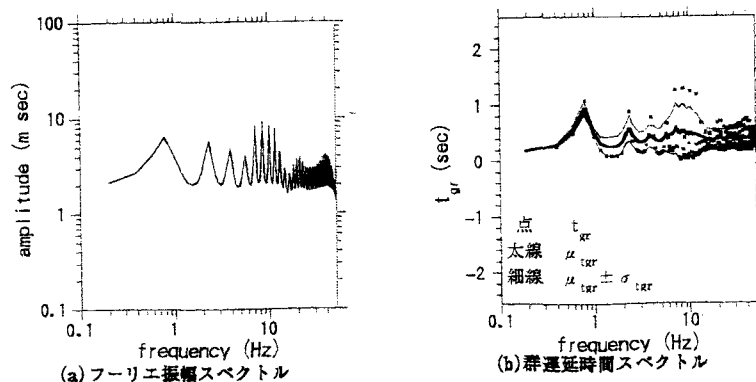


図4 平均 S 波速度100m/s, 相関距離4m, 速度構成のゆらぎ5%の場合