

## ランダム水平成層地盤内の散乱による地震動の位相特性

日本技術開発(株) 正員 福島 康宏  
 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

### 1. はじめに

地震動がサイトにおいて増幅されるとき、地盤材料の不均質性(ランダムネス)によって散乱波が発生するが、このような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

ランダム媒質中の散乱波の挙動を前方多重後方1次散乱(MFSB:multiple-forescattering single-backscattering)近似<sup>1)</sup>で解析する。これは、前方散乱波については、媒質を波の伝播の主方向に垂直なスクリーンに切り、各スクリーンで媒質のランダムネスにより位相変化させることにより波動散乱を表す phase screen method<sup>2)3)</sup>と同様であるが、各スクリーンにおいて1回反射(後方散乱)を考える。MFSB近似に反射・透過係数法<sup>4)</sup>を組み合わせることによって各スクリーンおよび層境界における後方散乱を考慮した水平成層地盤の地震応答特性を求める。なお、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<sup>5)</sup>を用いる。

### 3. 解析結果

図1に示す表層地盤と基盤からなる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。

図2~4に例として、平均S波速度100m/s、相関距離1m、速度構成のゆらぎ5%の場合の結果を示す。それぞれ(a)が後方散乱を無視する場合、(b)が各スクリーンで後方散乱を考慮する場合の結果である。図2は時刻歴波形である。後方散乱を考慮した(b)のほうが後方散乱を無視した(a)よりも継続時間が長くなっている。図3はフーリエ振幅スペクトルである。数Hz程度の領域において、後方散乱を無視する(a)に比べて後方散乱を考慮する(b)の方がフーリエ振幅のピーク値は小さくなっている。図4は群遅延時間スペクトルである。(a),(b)ともに図3のフーリエ振幅のピークをとる周波数において群遅延時間も大きくなっている。10Hz程度以上の高周波域において、後方散乱を考慮する(b)の方が後方散乱を無視する(a)より群遅延時間のばらつきが大きくなっている。

媒質のパラメータ(速度構成のゆらぎ、相関距離)、後方散乱考慮の有無の違いによる結果をまとめると次のようになる。

- 1)速度構成のゆらぎが大きくなると群遅延時間のばらつきが大きくなり継続時間が長くなる。フーリエ振幅が増幅する周波数においては群遅延時間のばらつきも大きくなる。
- 2)相関距離が大きくなると10Hz程度以下の領域でのフーリエ振幅の減衰が大きくなる。これは相関距離が大きくなるにつれて散乱の影響が低周波側に及ぶことから説明できる。群遅延時間のばらつきについては、ゆらぎが大きい場合には、相関距離を大きくすると群遅延時間のばらつく周波数帯が低周波側に移動する傾向が見られる。
- 3)後方散乱を考慮しない場合と各スクリーンで1回考慮する場合を比較すると、ゆらぎが大きい場合、後方散乱を考慮する方が継続時間は長くなる。フーリエ振幅については10Hz程度以下の領域では後方散乱を考慮する方が小さい傾向が見られる。群遅延時間は高周波域でばらつきが大きくなった。

キーワード：ランダム媒質、散乱、位相特性、サイト特性、地盤震動  
 連絡先：日本技術開発(株) (〒164 東京都中野区本町 5-33-11 Tel: 03-5341-5111)

#### 4. まとめ

ランダム水平成層地盤の地震応答を求めた。その結果、フーリエ振幅が増幅する周波数においては群遅延時間のばらつきが大きくなることがわかった。相関距離や速度構成のゆらぎが大きいほど継続時間は長くなり、群遅延時間のばらつきも大きくなった。後方散乱を無視する場合と後方散乱を1回考慮する場合の結果を比較すると、考慮する方が長い継続時間となり、高周波域での群遅延時間のばらつきが大きくなった。今後さらに詳細な検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) Wu, R.S.: Synthetic Seismograms in Heterogeneous Media by One-return Approximation, Pure. Appl. Geoph., Vol. 99, No. B1, pp. 155-173, 1996.
- 2) 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.
- 3) Hoshiya, M.: Large Fluctuation of Wave Amplitude Produced by Small Fluctuation of Velocity Structure, Phys. Earth Planet. Interiors, Vol. 120, pp. 201-217, 2000.
- 4) Kennett, B.L.N.: Seismic Wave Propagation in Stratified Media, Cambridge University Press, 1983.
- 5) 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.

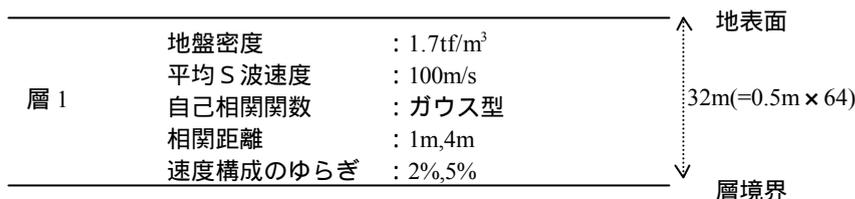
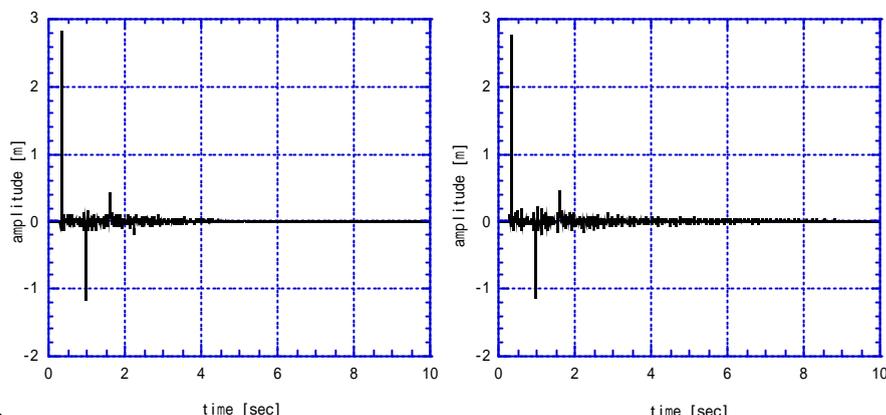
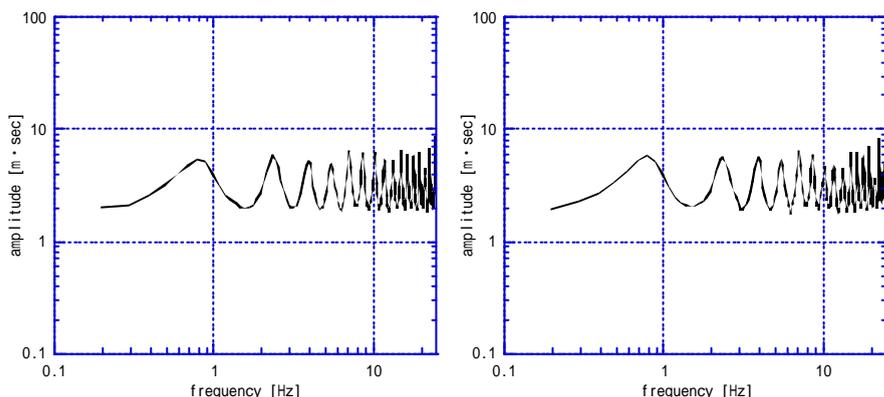


図 1 解析モデル地盤



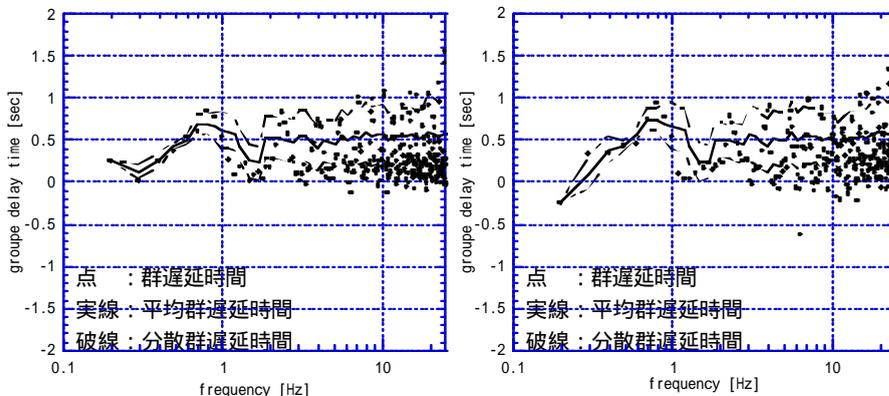
(a)後方散乱を無視する場合 (b)後方散乱を考慮する場合

図 2 時刻歴波形



(a)後方散乱を無視する場合 (b)後方散乱を考慮する場合

図 3 フーリエ振幅スペクトル



(a)後方散乱を無視する場合 (b)後方散乱を考慮する場合

図 4 群遅延時間スペクトル