

洪積丘陵地における表層地盤の不整形構造と地盤震動特性

正会員 ○鈴木章弘 *1 正会員 林 宏一 *2
正会員 高橋広人 *2 正会員 飛田 潤 *3
正会員 福和伸夫 *4

表層地盤 不整形 洪積丘陵地
3次元構造 差分法 地震観測

1. はじめに

一般的な建物に影響を及ぼす短周期域の地震動は、表層地盤の構造に大きく左右される。特にここで扱う洪積丘陵地では、地形の起伏や表層地盤の不整形性が顕著であり、さらに盛土・切土による地形改変の影響も大きい。

近年、深部地盤の3次元的地震動特性への影響が注目され、詳細な地下構造調査に基づく3次元地盤モデルを用いた地震波動伝播解析が盛んに行われている。一方、表層地盤における表面波伝播についての研究もあり¹⁾、地表や地中の不整形性の影響については、簡単な例について解析的に検討された例もあるが、詳細な地形や表層地盤構造を考慮したモデルを作成し、その地震波動伝播特性について検討した例はほとんどない。

筆者らは、多数のボーリングや浅層表面波探査、高密度の地震観測や常時微動計測により詳細な表層地盤3次元構造を推定する手法を提案している²⁾。本論ではこれにより作成した3次元表層地盤構造モデルを用いて、差分法による地震波動伝播シミュレーションを行った。

2. 東山キャンパス内における局所的な振動特性

対象とする名古屋大学東山キャンパスは、洪積丘陵地で尾根や谷が入り組んでおり、人工的な地形改変による盛土などの特徴的な地形がある。また多数の強震観測点の記録や常時微動観測結果、ボーリング・PS 検層・浅層表面波探査などの地盤データが得られている。

図1は東山キャンパスの地形および強震観測点の分布を示している。大きな矢印は、観測された地震動に特徴的な振動の偏向方向を示している³⁾。この特徴は10数Hzの短周期成分に主に見られ、谷を埋め立てた地点に関しては谷筋に平行方向の、尾根地点に関しては尾根筋に直交方向の振動が増幅される傾向がある。

3. 単純な不整形モデルによる検討

そこで、上記の観測記録に見られる特徴と地形の関係を考察するため、まず簡単な2次元モデルを用いて検討を行う。検討に用いる2次元モデルは、長さ200m、深さ100m、物性値 $V_s=300\text{m/s}$ 、 $Q=100$ の一様地盤モデル(図2)を基本とし、尾根地形モデル(図3)は尾根部長さ20m、高さ10m、崖部傾斜45度、谷埋立地形モデル(図4)は底面20m、深さ10m、崖部傾斜45度の谷部に $V_s=150\text{m/s}$ の盛土を仮定した。

以上のモデルを0.5mのグリッドで分割し、差分法⁴⁾を用いて波動伝播解析を行う。モデルの左右端部および下端部は吸収境界としている。

各モデルにはSV(平面内)方向およびSH(平面直交)方向の中心振動数5・10・15・20・25Hzのリッカー波を鉛直下方からの平面波として入力した。

図2は、一様地盤モデルにおける地表面での最大振幅を地中内受信点Aでの最大振幅で除したものである。長周期成分ほどモデル境界の影響が無視できないことがわかる。また減衰により短周期になるほど増幅率が小さくなっている。図3および図4は不整形性による地表面応答の影響について検討を行うため、尾根地形および谷埋立地形の地表面最大振幅を一様地盤の地表面最大振幅で除したものを示している。いずれのモデルにおいても、一様地盤と比較して不整形部分における最大振幅が増幅しており、短周期になるほど尾根または谷の肩の部分に集中する傾向が見られる。SV波とSH波入射の特性の違いはあるが、地震観測記録に見られる尾根・谷の方向性に対応した差違は必ずしも明確ではない。

4. 実際の詳細な表層地盤モデルによる検討

東山キャンパスを対象として作成した3次元表層地盤モデル²⁾から、図1に点線で示したA-A'断面を用いて2次元モデルで検討を行う。本モデルはボーリング資料のほか、切土・盛土の影響や微動アレー探査に基づいて作成されており、さらに1次元の地盤震動特性に関して地震観測記録との整合性を確認したモデルである。

図5左上にA-A'断面の地表地形および表層地盤速度構造のモデルを示す。またa)~e)は、15HzのSV平面波入射の応答について、波動入力時から地表面到達までの波動伝播のスナップショットを示す。特に表層部分での細かな地盤構造の変化に応じた複雑な反射波や、地表面の地形、特に埋立・盛土部分における波動の集中などがみられ、地形や地中の不整形性による波動伝播特性への影響が確認できる。

5. まとめ

本論では、地形や表層地盤の不整形性による短周期波動の伝播特性に及ぼす影響について、詳細な2次元モデルと差分法で検討を行った。筆者らが展開してきた表層地盤構造の推定法による成果が詳細モデルに生かされて

いる。結果として不整形性の影響は明確に捉えられた。地震観測記録との対応、系統的なモデルによる一般的な傾向の検討、さらには3次元モデルによる解析などが今後の課題である。

参考文献

- 1) 時松孝次、宮寺泰生：短周期微動に含まれるレイリー波の特性と地盤構造の関係、日本建築学会構造論文集、第439号、pp81, 1994
- 2) 高橋広人：地域スケールに応じた表層地盤のモデリング及び強震動予測手法に関する研究、名古屋大学大学院環境学研究科学学位論文、2007
- 3) 木村憲司 ほか：地形改変の進んだ丘陵地における浅部地盤モデルの構築（その3）地震観測記録に基づく表層地盤の震動特性の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造B-2、p.205, 2005.
- 4) Koichi Hayashi, Daniel R. Burns, and M Nafi Toksoz : Discontinuous-Grid Finite-Difference Seismic Modeling Including Surface Topography, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.91, Num.6, 2001

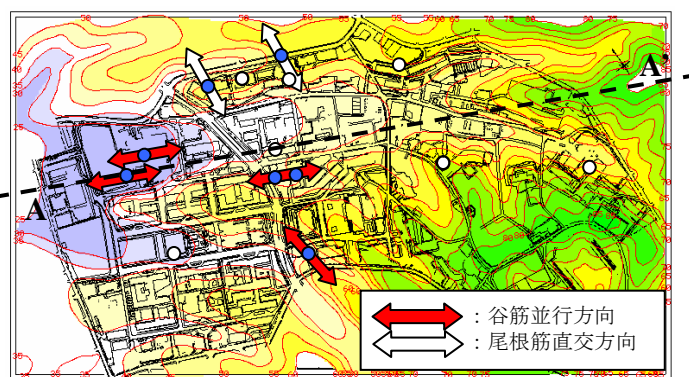


図1 東山キャンパスの地形と強震観測地点、および地震観測記録に見られる特徴的な振動方向

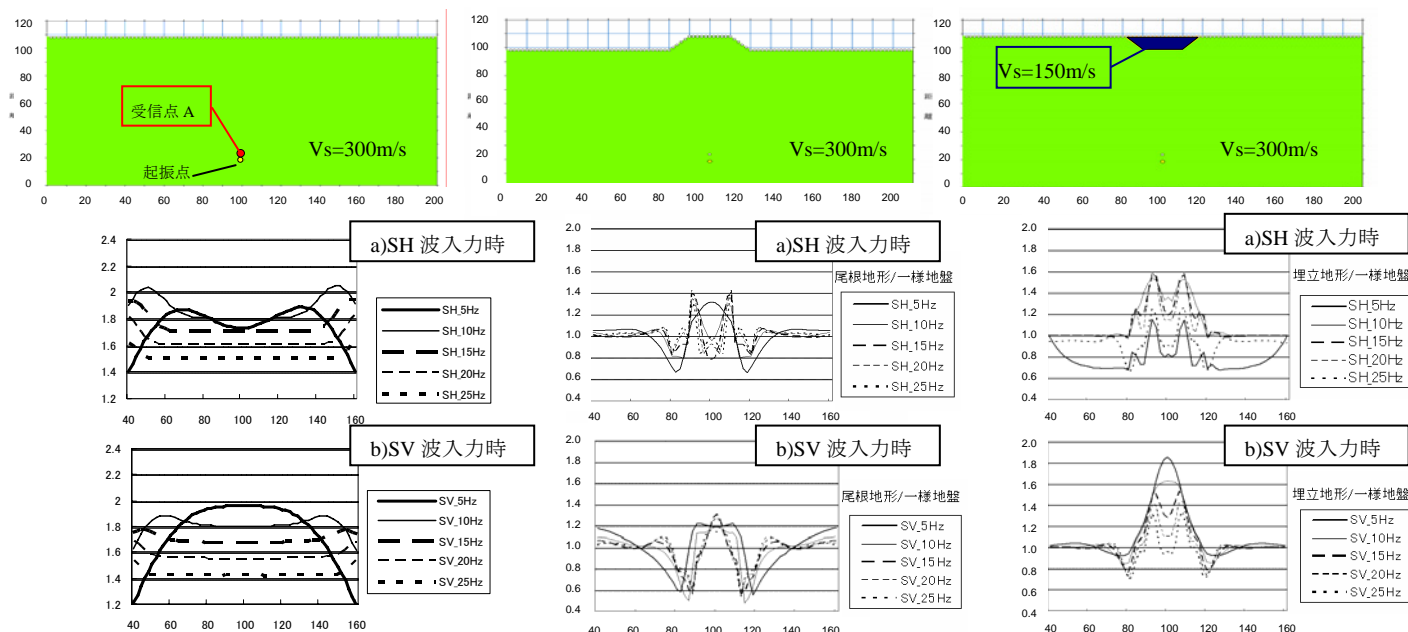


図2：一様地盤における地表面最大振幅 / 受信点Aにおける最大振幅

図3：尾根地形における地表面最大振幅 / 一様地盤地表面最大振幅

図4：谷埋立地形における地表面最大振幅 / 一様地盤地表面最大振幅

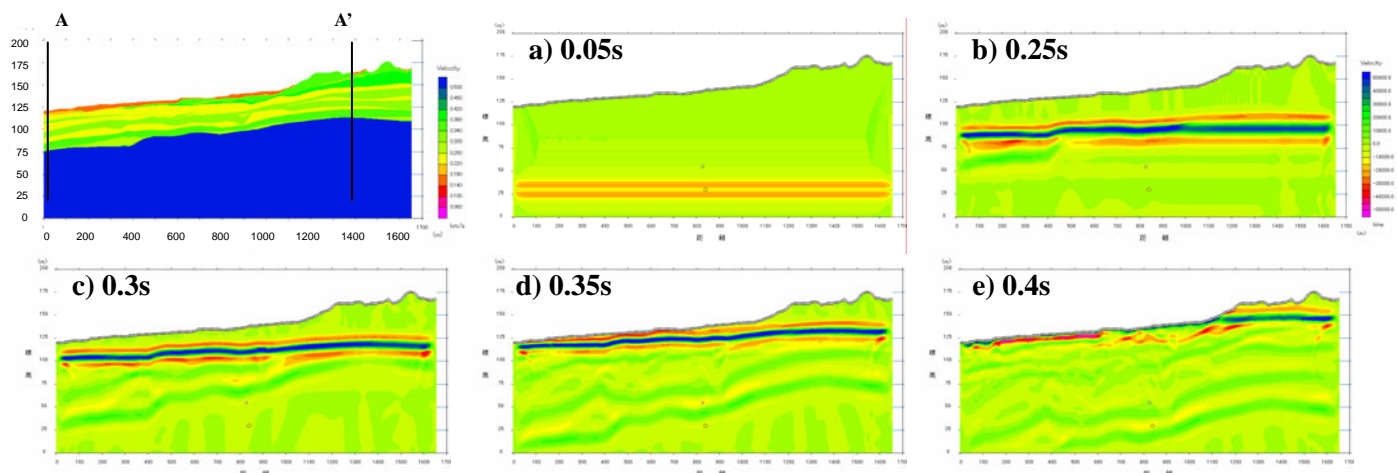


図5：東山キャンパス3次元表層地盤モデルの断面(A-A')およびSV波（15Hz）入力時の波動伝播

*1 名古屋大学大学院環境学研究科 大学院研究生
 *2 応用地質株式会社
 *3 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授
 *4 名古屋大学大学院環境学研究科 教授

*1 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
 *2 Oyo Corporation
 *3 Assoc.Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
 *4 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ.