

地盤構造モデルに対する地震動特性の感度に関する基礎的研究

東京工業大学	学生会員	○篠竹英介
東京工業大学	学生会員	遠藤剛
東京工業大学	正会員	市村強
東京大学地震研究所	正会員	堀宗朗

1. はじめに

構造物の地震被害軽減を考える上で、地震動予測の果たす役割は大きい。三次元地震波動場数値解析は地震動予測のひとつの有効な手法として考えられる。一方で、一般に地盤構造の完全な情報が得られているわけではなく、また、地震波動場計算のための地盤構造モデル構築の際に近似が行われることもある。構造物の応答計算に予測結果を使用する上で、これらの影響を検討する必要がある。本稿では、地盤構造モデルに対する地震動特性の感度について構造物応答、都市応答の観点から基礎的検討を行った。

2. 地盤構造モデルが構造物応答に及ぼす影響

図-1a) に点線で示す $38.4 \times 38.4(\text{km})$ を解析対象領域とし、図-1b) に示す地表面形状を持つ、深さ $50(\text{km})$ までの図-1c) に示す三次元地殻モデルを構築する。この三次元地殻モデルを model A と呼ぶ。地盤構造モデルに対する地震動特性の感度を検討するため、model A に摂動を与えた以下の二つのモデルも構築する。

model B: 地震動解析では有限差分法が用いられることが多いが、有限差分法では任意形状の地表面での応力フリー条件を取り扱うことが難しいため、地表面を水平に近似して地震動解析を行うことが多い。この近似の影響を検討するため、model A の地表面形状を水平としたモデル。

model C: 完全な地殻構造の情報は一般に得ることは難しい。地殻構造の層境の位置が地震動特性に及ぼす影響を検討するため、model A の1層目と2層目の層境界面深度を $125(\text{m})$ (1Hz 成分の波長の $1/4$) だけ下にずらしたモデル。

解析対象を線形動弾性とし、¹⁾により、上記の model A ~ C のモデルを用いて、表-1 に示す二つの地震の地震波動場の数値解析を行った。¹⁾は、必要な計算機資源を抑えつつ、地盤構造モデルの幾何形状

を正確に取り扱うことができる三次元有限要素解析手法である。対象周波数は 1Hz 以下とし、1 波長当たり 10 要素で分割した。

構造物応答の観点から地震動特性を評価する。まず、固有周期を T 、減衰比を 5% とした 1 質点系の最大応答速度分布を考える。case 1 で $T=1$ のときの最大速度応答分布を図-2a) に示す。海面での応答速度は 0 とした。A は model A の最大速度応答分布を示している。A-B, A-C は model A と model B, model A と model C の最大速度応答分布の相対差を表している。同様に、case 2 で $T=1$, case 1 で $T=4$ のときの最大速度応答分布及びその相対差を図-2b), 図-2c) に示す。図-2 における各 A の比較から、最大速度応答分布は地震及び固有周期によって異なることがわかる。また、各 A-B の比較から、地表面形状近似の影響は図-1b) に示す地表面形状の起伏が激しい領域に限定的であるが、その影響は地震によって異なることが分かる。この影響は固有周期が長くなるにつれて小さくなっていくことが分かる。さらに、各 A-C の比較から、地盤構造モデル層境の差異の影響も、地震によって異なるが、固有周期が長くなるにつれて小さくなっていくことが分かる。

3. 地盤構造モデルが都市の応答に及ぼす影響

都市 GIS データを用いて図-3 に示す 9000 棟の建物からなる都市モデルを構築した。model A ~ C を用いて計算した case 1 の地震動とこの都市モデルを用いて、統合地震シミュレータ²⁾により都市の地震時挙動想定を行う。なお、この都市モデルは図-1a) に示すに設置する。また、case 1 は小規模地震であるため地震動の振幅を 2000 倍して用いる。

model A を用いた case 1 の地震動による建物応答の最大層間変形角分布を図-4a) に示す。また、model B, model C を用いた場合との相対差を、図-4b), 図-4c) に示す。model B, model C における近似は、最大で 3 割程度の相対差を生じさせていることが分かる。

キーワード 地震動予測、地盤構造モデル、感度、構造物被害、統合地震シミュレータ

〒152-0033 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-3725 FAX 03-5734-3577

表-1 Properties of target earthquakes.

	date	lat.	long.	depth	strike	dip	rake	mag.	rise time
case 1	2005/6/1	35.5N	139.8E	29km	87°	68°	95°	M_w 3.8	0.17s
case 2	2001/9/18	35.4N	139.8E	35km	327°	71°	111°	M_w 4.5	0.38s

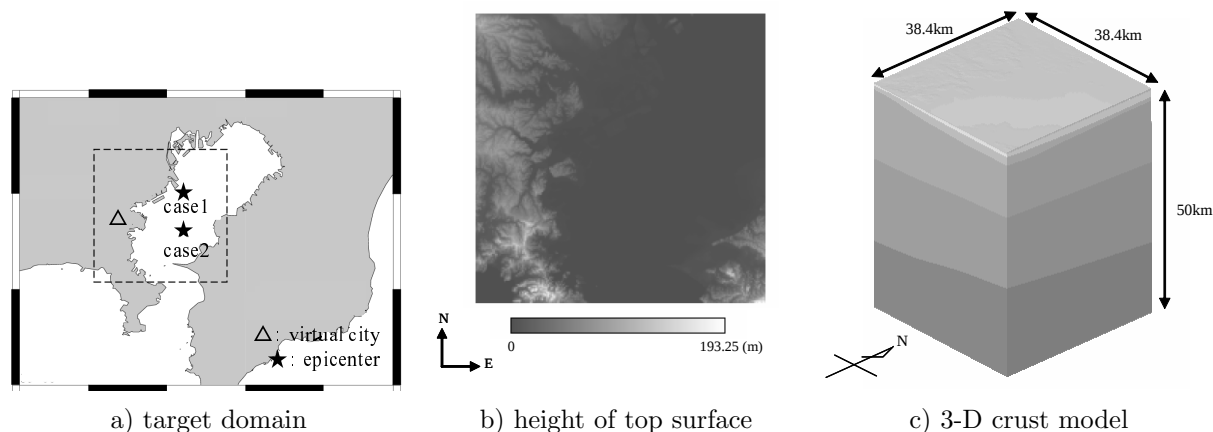


図-1 Target model.

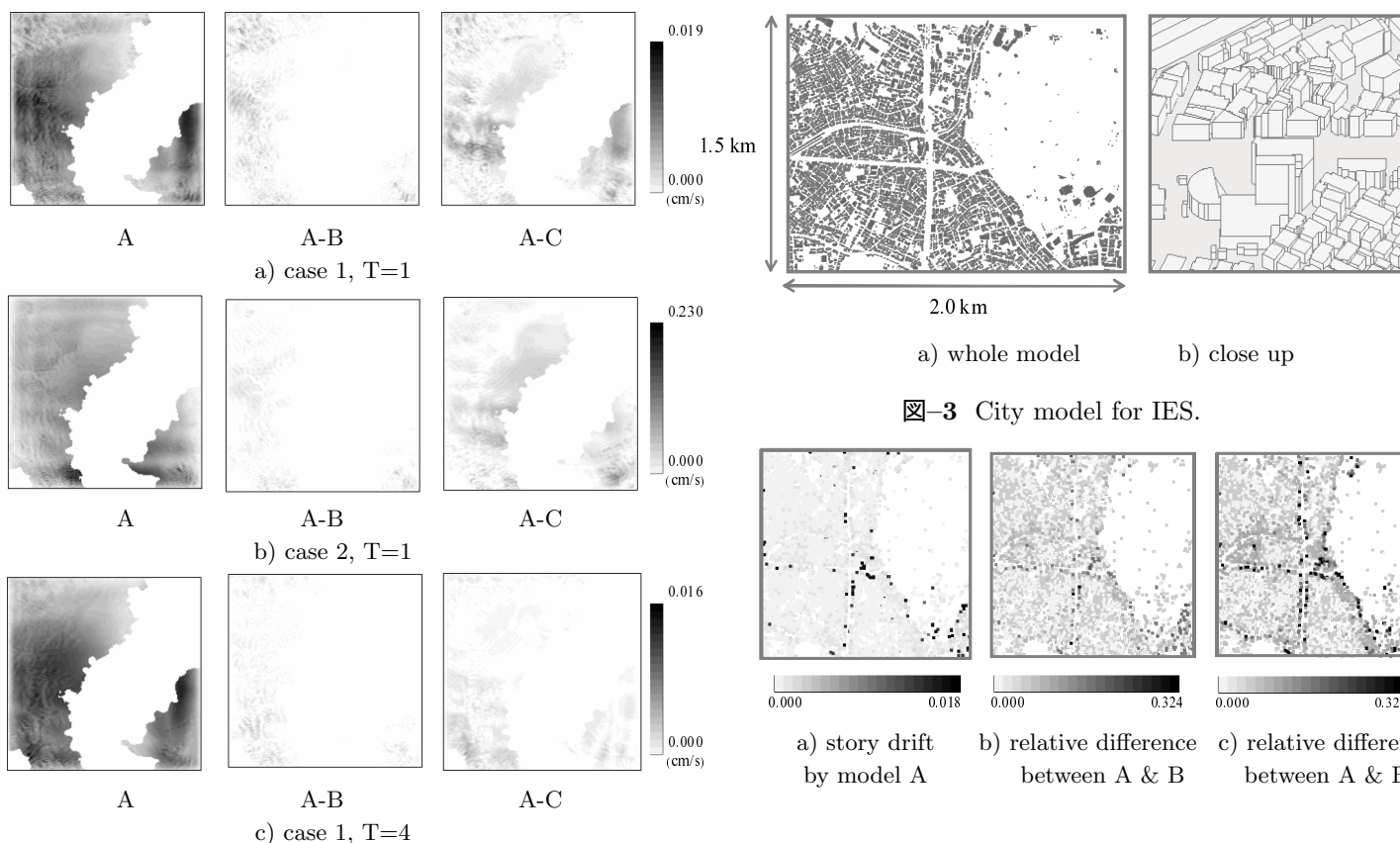


図-3 City model for IES.

図-2 Max response velocity. (EW component)

4. まとめ

南関東地方の三次元地盤構造を用いた地震動解析を行い、地盤構造モデルに対する構造物応答、都市応答の感度について検討した。今後、より詳細な検討を行いこれらの影響を整理すると共に、三次元形状の近似をせずに解析可能な手法や地盤構造モデルの曖昧さを考慮して解析可能な手法の開発を進める予定である。

図-4 Distribution of story drift and relative difference.

参考文献

- 1) T. Ichimura, M. Hori, J. Bielak, and E. Shinotake, Multiresolution Structured and Unstructured Finite Element Method for Three-Dimensional Attenuated Earthquake Ground Motion Modeling in Basins including Topography, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2007 12, no. 4701.
- 2) T. Ichimura, M. Hori, K. Terada, T. Yamakawa, On Integrated Earthquake Simulator Prototype: Combination of Numerical Simulation and Geographical Information System, Structural Eng./Earthquake Eng., Vol.22, No.2, pp. 233s-243s, 2005 October, DOI: 10.2208/jscseee.22.233s.