

統合地震シミュレータのプロトタイプ開発 に関する基礎研究

東北大学大学院	正員	市村強
東北大学大学院	正員	寺田賢二郎
東京大学地震研究所	正員	堀宗朗
東北大学大学院	学生員	山川貴弘

1. はじめに

合理的な震災対策策定のためには、どのような震災が起こりうるのかを明らかにし、適切な評価を下す必要がある。統合震災シミュレータ¹⁾は、(i) GIS/CAD データなどのデジタルデータを用いて計算機上に都市の再構成を試み、(ii) これをコンクリート・土・鋼・建築構造などの各構造物のシミュレーションツールと高分解能強震動シミュレータとを連成させることによりどのように揺れるかを一括解析し、(iii) その結果・影響に対して評価を下すことを目指している。

このように統合的に街全体を評価することにより、構造物単体の耐震評価などだけではなく、例えば、道路閉塞などにより道路ネットワークが寸断された場合の影響評価や平均的に与えられているフラジリティカーブの精緻化などの面的な震災評価を支援することが可能になると考えられる。

本論文では、統合地震シミュレータのプロトタイプ開発のために、上述の (i)~(iii) の流れを踏まえたシステムの構築を行い、幾つかのケーススタディを行い、本システムの有用性を示した。

2. 統合地震シミュレータのプロトタイプの構築

統合地震シミュレータのプロトタイプ開発のために 1×2km（東西×南北）の領域の仮想的な街を考える。この街の建築構造物に関する CAD データ、ボーリングデータ、50 mメッシュ標高データがデジタルデータとして与えられているとする。これらのデータから図-1 のように計算機上に街を再構成した。地盤構造は、ボーリングデータより、Yang *et al.*²⁾の方法により層序をもとめ、塩野³⁾の方法により層境界をもとめた。

この再構成された都市と高分解能強震動シミュレータ及び建築構造物のシミュレータを用いて、この街の揺れをシミュレーションする。ケーススタディとして 3 ケースの周期の違う入射波を考えた。case 1 では周期 0.25 秒、case 2 では周期 0.5 秒、case 3 では周期 1.0

秒のサイン 1 波振幅 1 の平面波を工学的基盤直下より入射した。

図-1 に示した地盤構造と入射波により強震動のシミュレーションを行った。簡単のため、微小変形線形弾性体と仮定し、有限要素法により離散化し空間分解能を 1 m として 3 次的に動的解析を行った。各ケースの最大速度分布を図-2 に示す。地盤の 3 次元構造を反映して強震動分布に偏りがみられることがわかる。また、入射波の周期が長くなるにつれ、強震動分布の偏りが弱まることから、入射波の主要成分の波長と地盤構造の不均質性のレンジスケールとの関係が、強震動分布の偏りの強弱に影響を及ぼしていることが分かる。これは地震が異なれば揺れ方が異なることを示しており、今後は、直下からの入力だけでなく傾きもった入射波を入力した場合での傾向を検討することや、これらの条件の変化でどの程度揺れ方が異なるのかなどを明らかにすることが、高分解能で強震動シミュレーションを行う上で検討すべきことと考えられる。

上記で得られた高分解能強震動情報を用いて、建築構造物のシミュレーションを行った。簡単のため、Yang *et al.*²⁾と同様に地盤との連成を考慮しない簡便な近似モード解析により構造物の動的解析を行った。結果の一例を、図-3 に建物の損傷を表す指標の一つである層間変位角の分布として各ケースについて示す。各ケースで層間変位角の分布が異なっていることが分かる。全体の傾向は、入射波の周期と建物固有周期の関係により説明されうるが、局所的にこの関係からでは説明できない箇所があり、これは強震動分布の偏りを考慮することにより説明される。このような観点からも、シミュレーションを積み上げることによって街の挙動をもとめ、統合的に評価を行う本システムの有効性が示されると考えられる。

Key Words: 地震防災, 統合地震シミュレータ

〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉 06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 e-mail: t-ichim@msd.civil.tohoku.ac.jp

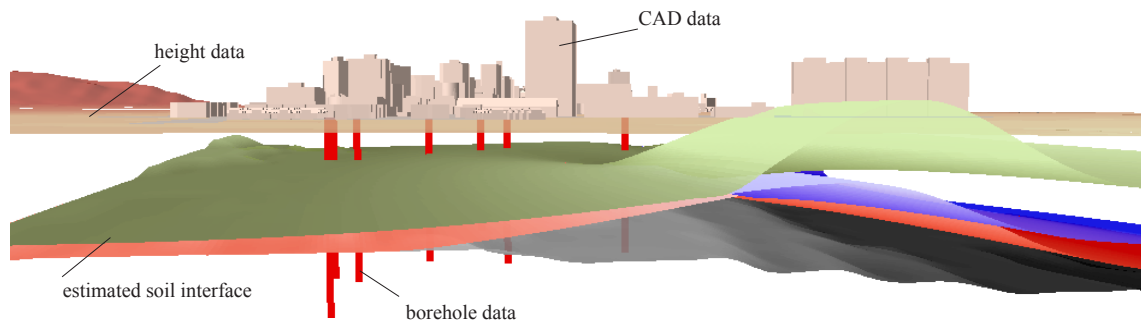


図-1 各種デジタルデータから構築された都市

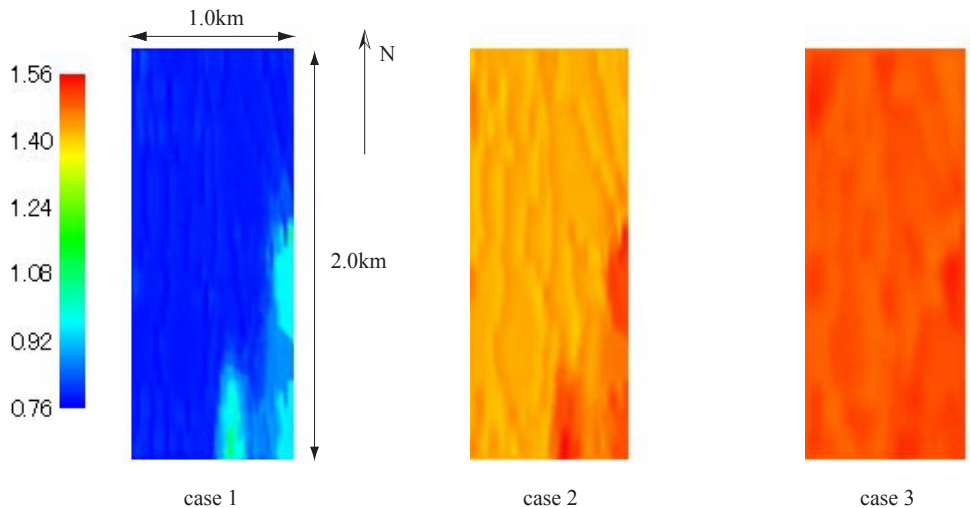


図-2 各ケースの最大速度分布

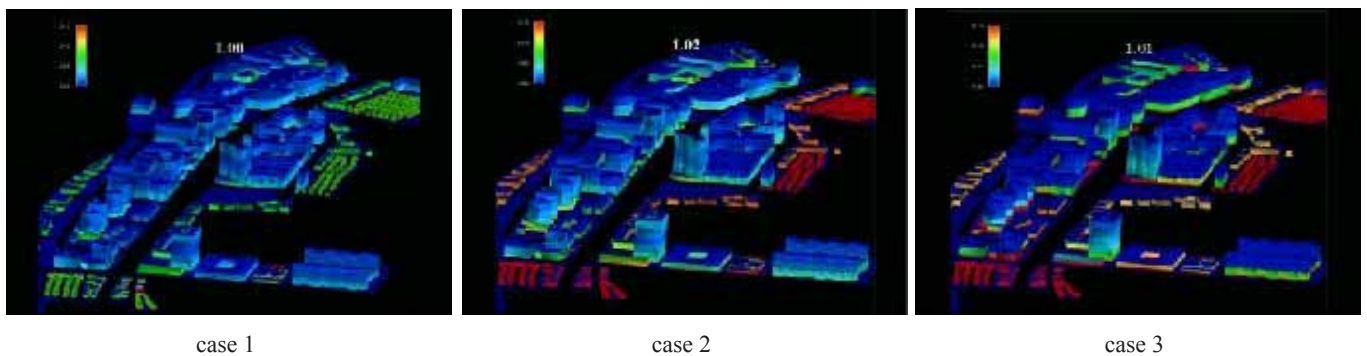


図-3 各ケースの層間変位角分布

3. まとめ

本論文では、統合地震シミュレータのプロトタイプ開発のための基本的なシステムの構築を行い、幾つかのケーススタディを行い、統合的に震災をシミュレーションし、評価を下すことの必要性及び本システムの有用性を示した。今後は、より多くの構造物のシミュレータを取り込み、より実際の都市での震災のシミュレーションを試みる。また、各種シミュレータ間のデータの受け渡しのためのプロトコルの検討も行う。さらに、データに対する結果の鋭敏さを検討することにより、どの程度の評価のためには、どの程度のデータが必要なのかについてなどについても検討を行う。

謝辞 土木学会地震工学委員会統合地震シミュレータ研究小委員会の皆様から有益なコメントをいただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) Ichimura, T. and Hori, M: Macro-Micro Analysis for Prediction of Strong Motion Distribution in Metropolis, *J. Struct. Mech. Earthquake Eng., JSCE*, No. 654/ -52, pp.51-61, 2000.
- 2) Yang, F., Ichimura, T. and Hori, M: Earthquake Simulation in Virtual Metropolis Using Strong Motion Simulator and Geographic Information System, *Journal of Applied Mechanics JSCE*, Vol.5, pp.527-534, 2002.
- 3) 塩野清治, 弘原海清, 升本真二: 最適化原理による地層面の推定, *情報地質* (12), pp.299-328, 1987.