

統合的な震災評価に関する基礎検討

東北大学 学生会員 伊丹 洋人
 東北大学 正員 市村 強
 東京大学 正員 堀 宗朗

1. はじめに

(1) 社会的背景

震災対策を考える上で、インフラストラクチャーシステムに関わる総合地震防災技術の開発が現在求められている。これは、構造物単体の耐震性能のような「点」での評価に加えて、システムとして機能するインフラネットワーク全体を見通した「面」としても評価することである。この2つの評価軸が揃う事で多面的でより高度な震災の評価が可能になる。

(2) 統合地震シミュレータ

社会基盤のシステムとしての震災評価を行うために「統合地震シミュレータ」という解析コンセプトが提案されている¹⁾。このシミュレータは、まずGISに蓄積したCADデータや道路網などの電子情報から、計算機上に仮想電子都市をモデル化する。そして、地盤中での地震波の伝播、地表にある構造物の応答のシミュレーションを連成させ、起こりうる地震に対して構造物がどのように応答するかを解析し、被害を予測するものである。(図-1 参照)

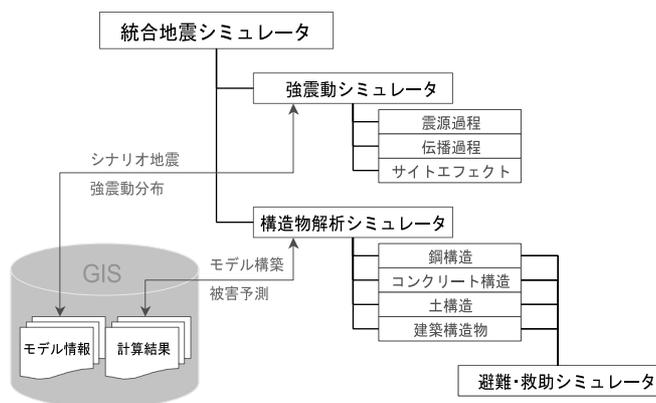


図-1 統合地震シミュレータの概要

つまりこのシミュレータは、地震の発生から地盤、構造物の応答までを統合的に解析するものであり、また、個々の構造物の応答を統合することで街全体としての震災を評価するものである。そして発展的には、単に震災情報を得るだけでなく、震災時の避難・救助に役立つと考えられている。

本研究では、このシミュレータのプロトタイプを作成し、例題を使ってその有用性を示す。

2. 統合地震シミュレータのプロトタイプ

本研究では、この統合地震シミュレータのプロトタイプとなるシステムを開発した。このシステムでは、対象領域を2つに分割して通常の有限要素法とボクセル有限要素法を組み合わせで解析している。

有限要素法を用いた領域は、四面体要素でメッシュ分割した。目的とする構造物は複雑な形状であることが多いので、それに対応できるようになっている。ボクセル有限要素法を用いた領域では、直方体要素(ボクセル)でメッシュ分割した。この領域を地盤部分に適用することで、解析領域を広く取ることが可能になっている。つまり、境界条件からの悪影響を軽減しつつ、計算精度を有限要素法と変えることなく計算負荷を軽減している。

線形弾性体を仮定し、時間積分はNewmark- β 法を用いている。また側面の境界条件として半無限吸収境界を適用した。概略を図-2に示す。

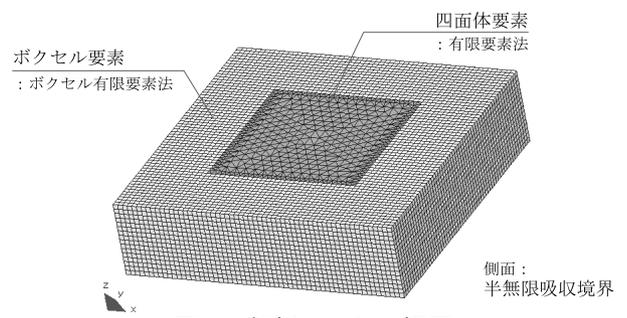


図-2 解析ツールの概要

また、モデリングをする際は、目的とする構造物を一般のCADソフトを使用して作成し、そのレイヤーごとにデータを管理している。レイヤーの異なる構造物にそれぞれIDを割り振り、構造物ごとの地震動に対する応答を詳細に検証することが可能である。

3. 適用例

本シミュレーションの有用性を示すために、架空の都市モデルについて解析・考察する。

(1) モデルの概要

適用例として用いる仮想都市モデルを図-3に示す。住宅地や高速道路のインターチェンジを簡易的にモデル化したものである。

解析対象は800[m] × 800[m] × 50[m]で、そのうち有限要素領域は400[m] × 440[m] × 10[m]となっている（要素数676740，節点数138693）。また，ボクセル有限領域は一辺2.5[m]刻みでメッシュ作成した（要素数1935360，節点数1928745）。このモデルのデータは，構造物の種類によってlayerを分類した。計算の精度は，10[Hz]まで保証している。計算の時間間隔は0.01[sec]，計算時間は2.56[sec]である。

入力波として，中心周波数1.0[Hz]，中心時間1.0[sec]のRicker Waveletを用いた。解析領域の底面のx方向に一様な平面波として入力している。

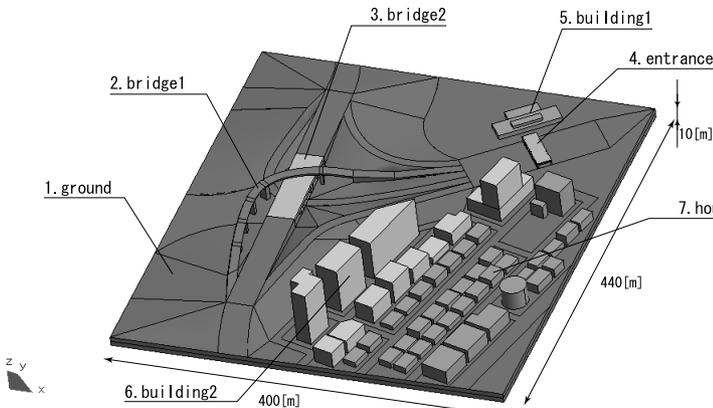


図-3 解析モデル（有限要素領域のみ）

(2) 解析結果

von Mises 応力コンターを bridge1, bridge2 について図-4に entrance について図-5に示す。これらから，各構造物の損傷の分布を評価することができる。図-4からはx方向に一様な入力波であったので，その方向の断面剛性の小さな橋脚部分で応力が大きくかかっていることが分かる。また，図-5からは同様の形状の柱でも，周りの構造物との相乗効果で損傷の度合いが異なっていることが分かる。

次に，building1, building2, houses の von Mises 応力コンターを図-6に示す。ここから広域的に地震動に対する被害を評価することができる。この図からは建物の大きさの違いによって応力の大きさが異なり，

4. 結論

本研究により，構造物のデータから，解析を通じて都市全体としての災害状況と個々の構造物の応答の

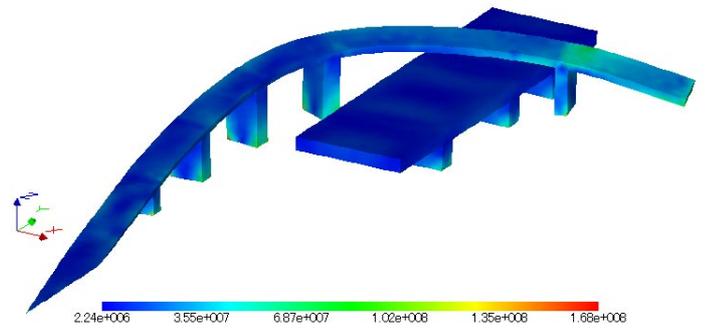


図-4 von Mises 応力 (bridge1, bridge2)

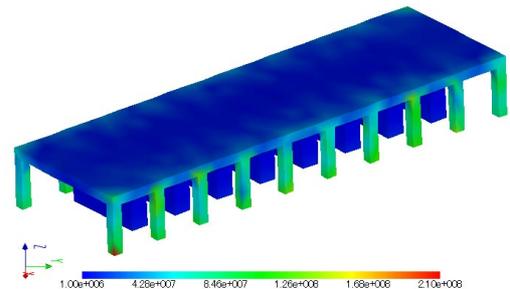


図-5 von Mises 応力 (entrance)

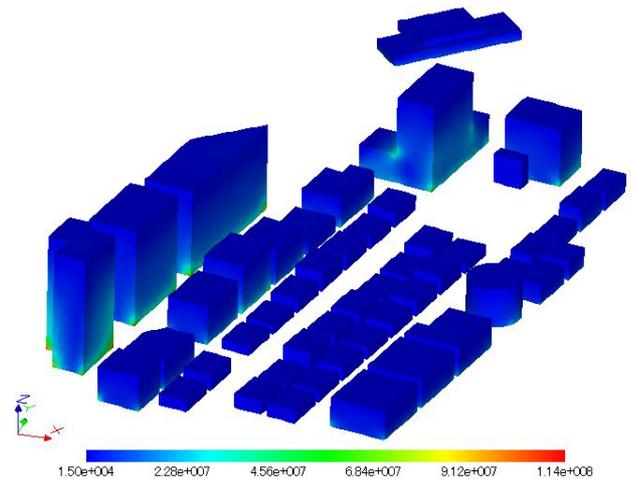


図-6 von Mises 応力 (building1, building2, houses)

様子を統合的に評価するプロセスを作ることができた。そして，適用例を通じてこの解析コンセプトの可能性を示すことができた。

シミュレーションの精度の向上を図るとともに，実際のデータに適用し，実用的な情報を取り出すことのできるプロセスをさらに模索する必要がある。

謝辞： 土木学会地震工学委員会統合地震シミュレータ開発小委員会の皆様及び社会技術システム研究地震防災研究グループの皆様には，助言をいただきまして，心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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.527-537, 2002.