



## 高層ビルの大規模耐震構造解析 構造物の耐震シミュレーションを行う計算システム「数値震動台 (E-Simulator)」の開発

研究・開発機関 : (独)防災科学技術研究所・数値振動台研究開発分科会  
 ソフトウェア開発支援 : (株)アライドエンジニアリング  
 利用施設 : 東京工業大学 TSUBAME、東京大学 T2K  
 計算規模 : 計算速度 TSUBAME 1.2Tflops (16 ノード)、  
 T2K 3.5Tflops (24 ノード)  
 利用ソフトウェア : 汎用並列有限要素法コード (ADVENTURECluster)

### Before

- 建築構造物の耐震評価は構造モデルを用いて行われてきました。また、防災科学技術研究所は、地震によるより詳細な破壊過程を解明するため、世界最大の実大三次元震動破壊実験施設 (E-Defense) を建設し、多くの実験を行ってきました。
- 構造モデルでは崩壊過程の再現には限界があります。実験施設でも、評価すべき建築構造物の規模、コストの面から限界があります。
- 建築構造物の耐震評価を、ソリッド要素を用いた有限要素法解析を使って行う試みは、計算規模が膨大になるため従来は不可能とされており、世界にも例がありません。

### After

- 様々な構造物の崩壊に至る地震時挙動をシミュレーションできる数値解析システム「数値震動台 (E-Simulator)」を開発しています。数値震動台は実大三次元震動破壊実験施設を補完するものです。
- 数値震動台は、汎用並列有限要素法コード (ADVENTURECluster) をベースに開発され、三次元有限要素法による建築構造物の動的な破壊過程の評価が可能になります。

### 背景と目的

防災科学技術研究所は、実大三次元震動破壊実験施設 (E-Defense) による実物大実験を補完し、また実験計画策定等にも活用する目的で、数値震動台 (E-Simulator) の開発に取り組んでいます。

数値震動台とは、コンピュータを用いて、様々な構造物の崩壊に至る地震時挙動をシミュレーションできる数値解析システムであり、耐震技術の高度化や都市の地震防災促進に役立つ

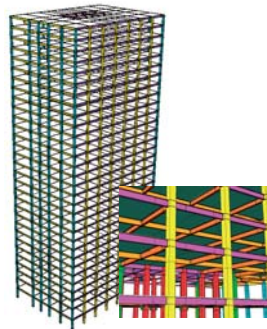


図1. 31階鉄骨造超高層ビル  
震動解析用 CAD モデル

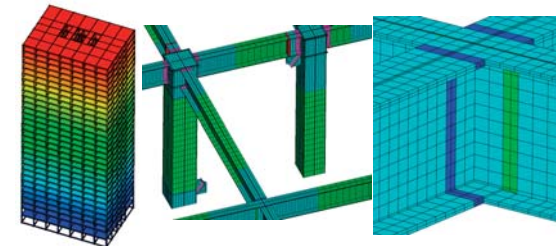


図2. 解析モデルの詳細

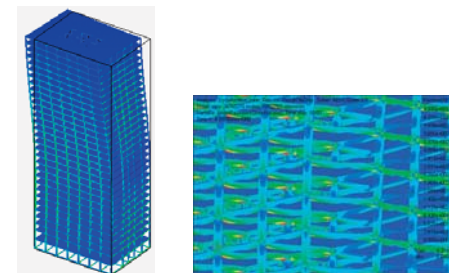


図3. 31階モデルの動解析結果

(右図の赤い部分は鉄骨が塑性変形していることを示しています。)

ことができます (図1)。解析コードは、文部科学省プロジェクトの成果である ADVENTURE をベースに開発された商用汎用有限要素法構造解析コード「ADVENTURECluster」を基にしています。この手法は超並列計算機能を有し、それに対応する超高速線形ソルバーを搭載し、世界最高の超大規模計算が可能で、このプラットフォームに地震応答解析機能を追加し、E-Simulator のプロトタイプを開発しています。

### 利用成果

今回、E-Simulator のプロトタイプを開発し、31階鉄骨造超高層ビルの詳細な解析モデルを作成し、その基本性能を検証しました。110メートル以上の超高層ビルを10センチ単位でモデル化しており、これは通常のモデルの100倍以上の細かさであるが、世界最高の超大規模計算を適用することで耐震計算が可能となりました。

阪神・淡路大震災の地震波やそれを拡大した地震波を使い、地震による揺れや建物の損傷を再現できることが確認されました。超高層ビルでは多数の箇所に小さい損傷が複雑に起こり崩壊に至りますが、この計算では損傷一つ一つを細かいところまで正確に表現できることが確認されました。従来の方法ではこのような細かい損傷を精密に扱うことは困難でしたが、E-Simulator ではこれらの損傷を厳密に再現でき、高い予測精度が見込まれます。

今後、E-Simulator を用いて、高層ビルや高速道路、原子力発電所等の超大型構造物の耐震シミュレーションを行うことを目標としています。