

数値震動台開発の現状

実大規模構造物の動的崩壊シミュレーションを目指して

兵庫耐震工学研究センター 招聘研究員 井根達比古



はじめに

航空・電子等技術審議会の「地震防災研究基盤の効果的な整備のあり方について」（諮問第24号）への答申によれば、数値震動台の整備については「地震災害時空間シミュレーション」の構成要素として重要であり、1) 実大規模震動実験による数理モデルの開発、2) 実験結果の再現計算が可能、3) 構造破壊過程の計算が可能、の3つが要件としてあげられています。

これを受け、防災科研では、数値震動台研究開発分科会（委員長：堀宗朗東大教授）を立ち上げ、実大規模構造物の動的崩壊解析が可能な数値解析技術の開発を最終目的とし、超並列化計算、構造破壊過程の解析理論の開発、並びに既存耐震研究の高度化の研究を行っています。以下、数値震動台開発について、現状での開発状況や今後の開発予定などを説明します。

プラットフォーム

数値震動台開発では、ソリッド要素による非線形動的有限要素法を使用します。

クラッシュ（圧壊）現象あるいは地震崩壊現象のような強非線形問題では、もともと構造部材内で平面であったものは、変形後も平面を保つと言う薄肉仮定（断面保持、断面剛の仮定）が成立しないので、その定量評価には固体力学に基づく計算が必要です。そのため、ソリッド要素による有限要素法を用います。線形連立方

程式の解法や並列化計算アルゴリズム、入出力ルーチン（計算の前後処理）などの構造解析に共通の部分に関して、汎用構造力学用 FEM コードをプラットフォーム（計算に共通のモジュール群）として使用するのが便利で、数値震動台開発の省力化でも有利となります。

このプラットフォームとして今回、ADVC を使用しています。これは、超並列化計算機能では世界有数の性能を有しており、ソリッド要素モデルでは必然的に超大規模計算となることに対応できるよう選定されました。

破壊過程のシミュレーション

コンクリートなどの脆性破壊材料では、ひび割れのような変位、歪みの不連続を扱うことが必要です。今回の数値震動台開発では、数理有限要素法的視点から、不連続体力学に適した PDS-FEM（粒子離散化法）を開発し、数値震動台に組み込む予定です。

開発の現状

ここでは、いくつかの計算事例についてご紹介します。計算結果の動画などは、下記 URL をご覧下さい。（<http://www.bosai.go.jp/hyogo/project/e-sim2008.html>）

a) 超高層鉄骨造建築モデルの地震崩壊解析

31階建ての超高層鉄骨造建築をソリッド要素によってモデル化し、1階切り出しモデル、5階切り出しモデルを作成し、地震加速度波を

作用させ、動的崩壊解析を実施して、ADVCの地震応答解析機能を検証しました(図1、2)。現在、東大T2Kにより31階全体モデルを計算中です。さらに、つくば本所のスーパーコンピュータにもADVCをインストール・チューニングし、全体モデルに対し確認計算を実行中です。

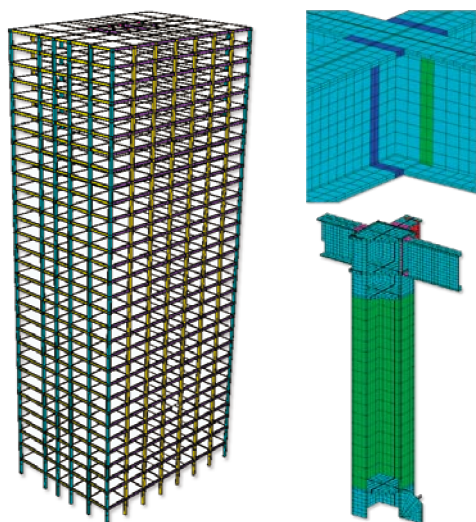


図1 超高層鉄骨造建築モデル

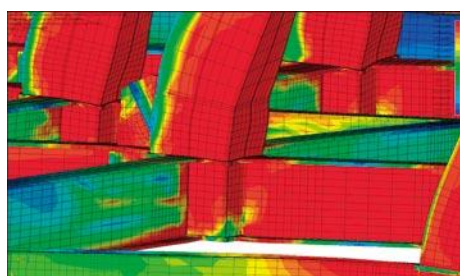


図2 1階部分の変形と損傷(相当塑性ひずみ)

b) 都市統合地震シミュレーション

本システムは都市領域全体の地震崩壊現象を予測するものです。このシステムは、地震波動計算、構造物応答計算、災害対応計算の3つのモジュールから構成されています。

このシミュレーションでは、GISを援用した地盤も含む構造計算用入力データ自動作成モジュールを開発し、東京23区の入力データを作成して、非線形動的計算ソフト(プロトタイプ)による都市領域地震動的応答計算に成功しています(図3、4)。現在、可視化を含むシステムの高度化を作業中です。



図3 都市領域地震動的応答計算モデル



図4 複数の建物が大きく揺れる様子

c) 構造要素による鉄骨造建築崩壊解析

構造要素(shell要素)による角形鋼管の局部座屈解析(図5)、方杖ダンパーの崩壊解析などを通じ、既存耐震技術の高度化と耐震要素の最適化研究を目指しております。

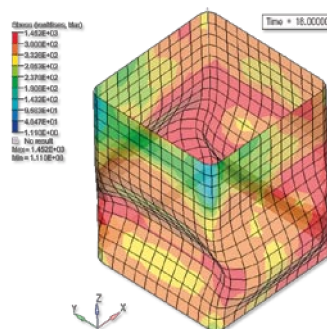


図5 角形鋼管柱の局部座屈(変形と相当応力)

今後の予定

31階建ての超高層鉄骨造建築の計算に引き続き、今後、E-ディフェンスで実施された、4階建ての鉄骨造建物崩壊実験やRC造橋脚振動破壊実験等の再現計算を行い、数値震動台の性能を検証しつつ、改良を加えていく予定です。