

# 鉄筋コンクリート構造物の実大3次元震動破壊実験を対象としたシミュレータ開発

○秋山伸一<sup>1)</sup>・酒井新吉<sup>2)</sup>・三井雅一<sup>3)</sup>・金伝栄<sup>4)</sup>・佐藤一雄<sup>5)</sup>

- 1) 正会員 (株)CRCソリューションズ, 〒136-8581 江東区南砂 2-7-5, s-akiyama@crc.co.jp
- 2) 正会員 (株)CRCソリューションズ, 〒136-8581 江東区南砂 2-7-5, s\_sakai@crc.co.jp
- 3) 正会員 (株)CRCソリューションズ, 〒136-8581 江東区南砂 2-7-5, m-mitsui@crc.co.jp
- 4) 正会員 (株)CRCソリューションズ, 〒136-8581 江東区南砂 2-7-5, c-jin@crc.co.jp
- 5) 防災科学技術研究所, 〒305-0006 つくば市天王台 3-1, ksato@bosai.go.jp

## 1. はじめに

防災科学技術研究所では、兵庫県三木市に実大3次元震動破壊実験施設を建設し、今年から稼働を開始している。この施設で行われる実験は実大規模の構造物を対象としており、従来の小規模な実験と比べてより貴重な成果が得られるものと期待される。

こうした実験結果を有効に活用するためには、実験を精密に再現できるシミュレータの構築が望まれる。このような背景から、本研究では鉄筋コンクリート構造物を対象として、巨大地震によって損傷から崩壊に至るまでを高精度に予測するシミュレータの開発を進めている。

ここでは、本シミュレータの概要と鉄筋コンクリート構造物が損傷から崩壊に至る過程の解析に対する基礎的な検証結果について述べる。

## 2. シミュレータの概要と材料構成モデル

本シミュレータの開発は、次の点に留意している。

- ① 損傷の進展は陰解法に基づく解析モジュール、崩壊時の挙動は陽解法による解析モジュールに分け、解析の途中でこれらモジュールの切り替えを行い、強い非線形挙動にも対応可能とする。
- ② 将来の研究の進展により、新たに開発される材料構成モデルなども柔軟に組み込めるように、更新可能なプラットフォームとする。
- ③ 高度な非線形解析を安定して行うため、解析実行中に収束状況を監視し、必要に応じて中断やパラメータの変更を行い、解析を再開できる動的制御機能を搭載する。

上記の要求を満たし、将来に渡る保守性、拡張性に対応できる機能を持たせるため、本シミュレータの開発では、オブジェクト指向型のフレームワークを採用している点に大きな特徴がある。

鉄筋コンクリートの繰返し載荷の力学挙動を正確に表現するため、前川・福浦らによる材料構成則モデル<sup>1)</sup>を採用する。すなわち、鉄筋コンクリートの材料特性をコンクリート部分と鉄筋部分の応力-ひずみ関係の組合せで表現し、コンクリートのひび割れ前は弾塑性破壊モデル、ひび割れ後は分散ひび割れモデルを用いる。この材料構成則モデルの精度については要素レベルで検証が行われている<sup>2)</sup>。

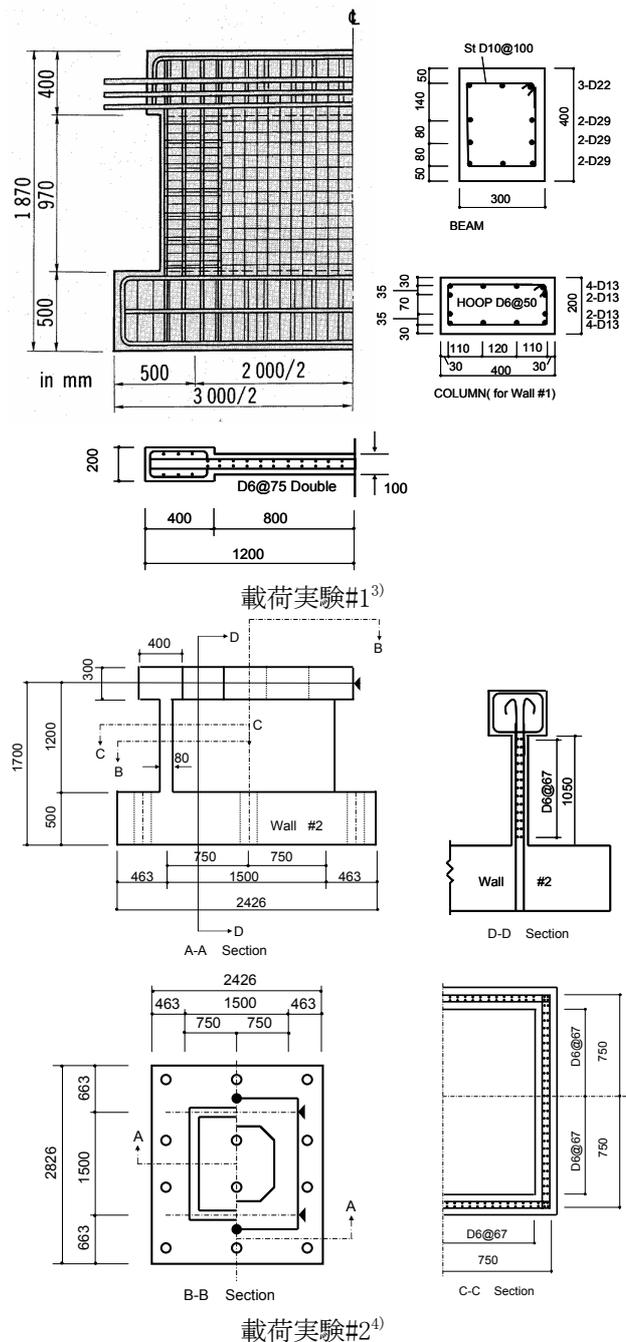


図-1 シミュレーションに用いた供試体

## 3. 載荷実験のシミュレーション

本シミュレータの解析精度を検証するために行った耐震壁試験体の載荷実験に対するシミュレーション

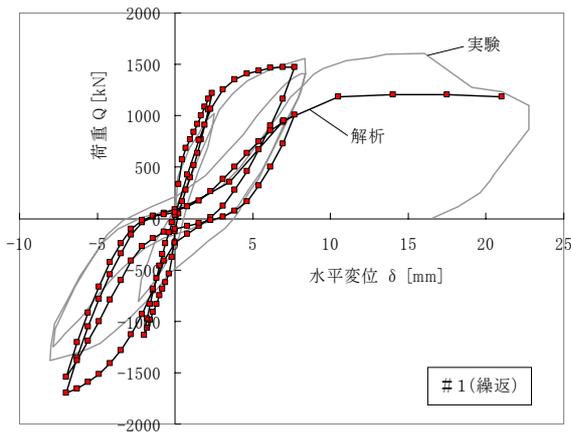


図-2 荷重-変位関係(載荷実験#1)

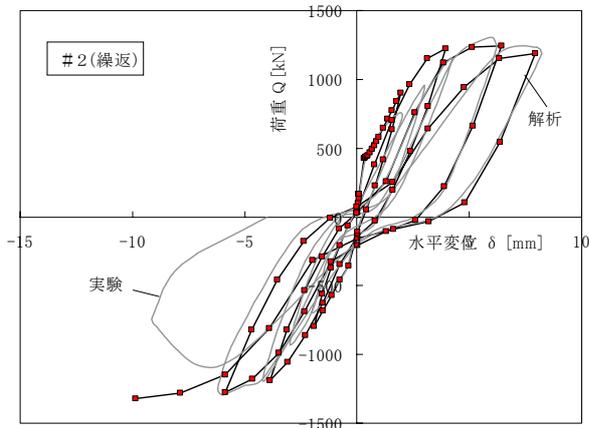


図-4 荷重-変位関係(載荷実験#2)

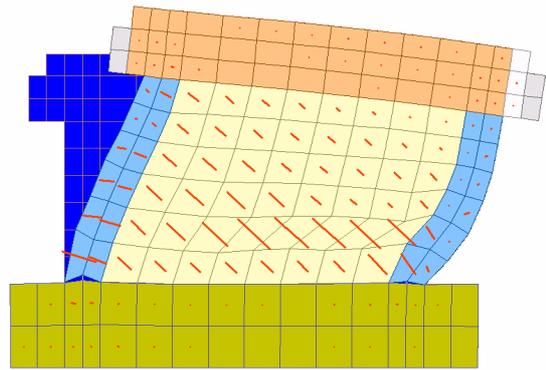


図-3 最大変形とひび割れ(載荷実験#1)

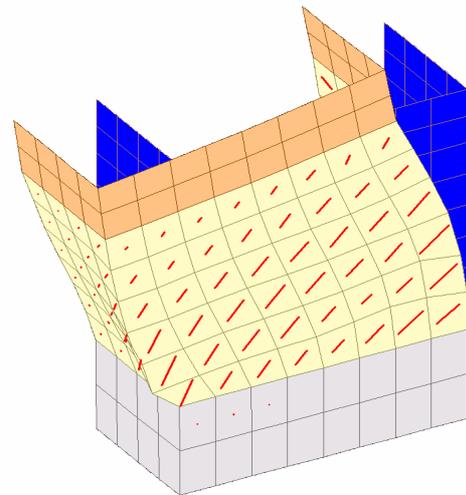


図-5 最大変形とひび割れ(載荷実験#2)

ン結果を示す。シミュレーション対象の試験体を図-1に示す。#1は1層1スパンの耐震壁<sup>3)</sup>、#2は原子炉建屋の構成部材である箱型耐震壁<sup>4)</sup>である。どちらの試験体も、左右の上端部から水平方向に荷重を繰返し加え載荷実験を行っている。

シミュレーションでは試験体の耐震壁、梁および柱を面内変形にも対応可能な4節点シェル要素でモデル化する。また、試験体や柱と固定基礎の間には、荷重によるコンクリートの開口と鉄筋の抜け出しを再現するために、接合要素を設けている。

図-2には載荷実験#1で荷重と水平変位の関係を示す。水平変位10mm以下の履歴ループで、シミュレーションは実験を比較的良く再現している。ただし、変位が10mmを越えて大きくなるとシミュレーションによる耐力は実験よりも小さくなる。図-3にはシミュレーションから得られる最大変形時のひび割れの状況を示す。実験では耐震壁中央の圧縮破壊で終局状態を迎えているのに対し、シミュレーションでは左側の柱が曲げ引張破壊を起こす。このように、両者に差異が見られる主な原因は、柱のモデル化に用いているシェル要素には柱断面を囲む帯筋の拘束効果が考慮されていないためと考えられる。

つぎに、載荷実験#2における荷重と水平変位の関

係を図-4に示す。この図ではシミュレーションによる履歴ループは実験結果に良く一致している。また、この実験の最大変形時のひび割れ状況を図-5に示す。実験ではフランジ側の壁が曲げ圧縮破壊し、ウェブ側の壁脚部がせん断破壊しているが、シミュレーションでも同様の破壊状況が見られる。したがって、シェル要素による箱型耐震壁のモデル化は妥当であると考えられる。

#### 4. まとめ

オブジェクト指向フレームワークによる震動破壊シミュレータを開発した。このシミュレータを用いて鉄筋コンクリートの載荷実験をシミュレーションした。シェル要素による壁部材のモデル化は妥当であるのに対し、柱のように帯筋を有する部材は現在開発中の3次元ソリッド要素の適用が望まれる。さらに、損傷から崩壊へと状態の大きな変化を伴う挙動の合理的評価方法の確立が今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 福浦尚之：4方向にひび割れを有する鉄筋コンクリート要素の履歴依存型構成モデル，東京大学学位論文，1998。
- 2) 酒井新吉，他：実大構造物震動破壊実験シミュレーションシステムの開発，計算工学講演論文集，Vol. 10, 343-346, 2005。
- 3) 青山博之，他：増設RC耐震壁の耐力と変形能の評価に関する実験的研究，日本建築学会学術講演梗概集，pp. 1407-1410, 1982。
- 4) 秋野金次，他：原子力建屋の復元力特性実験（小型及び部分模型，その4），日本建築学会学術講演梗概集，pp. 963-964, 1982。