

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19360200

研究課題名（和文） 構造物崩壊過程のモンテカルロ・シミュレーション手法の開発

研究課題名（英文） Development of Monte Carlo simulation method for structural collapse

研究代表者

小國 健二（OGUNI KENJI）

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号：20323652

研究代表者の専門分野：応用力学・地震工学

科研費の分科・細目：土木工学 構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：破壊現象，PDS-FEM，RC 構造物，崩壊過程，確率挙動

## 1. 研究計画の概要

本研究では、地震動を受ける構造物が、健全な状態（弾性変形）から塑性変形、終局限界状態を経て崩壊に至る一連の過程をばらつきも含めて予測可能な解析手法を提案する。具体的には、

- (1) 破壊現象に適した解析手法，PDS-FEM を三次元動的弾塑性解析ツールとして整備，
- (2) 並列化による計算効率の向上，
- (3) 崩壊に至る過程のモンテカルロ・シミュレーション，

を行う。また、構造物の大規模な震動台（E-ディフェンスなど）実験の際に展開し、計算結果を検証のための計測装置として、時刻同期稠密機動センサネットワークを開発する。

## 2. 研究の進捗状況

研究期間の前半（2007年度から2008年度）においては、破壊現象の解析手法、粒子離散化有限要素法(PDS-FEM)を完成させた。

これを弾塑性有限要素解析の高速ソルバー、ADVENTURE に組み込み、RC（鉄筋コンクリート）構造物の中での亀裂進展を最後まで追跡可能な解析ツールとした。

さらにこれを ADVENTURE の商用版大規模解析ツール ADVENTURE クラスタに組み込んで、50 万要素程度の RC 橋脚モデルの地震動による破壊進展解析を行い、良好な解析結果を得た。

一方、震動台実験のための、時刻同期稠密機動センサネットワークについては、実機を用いた計測実験を行い、複雑な形状の RC 構造物内部に展開したネットワークでロバストな通信を確保しながら、100  $\mu$  秒程度の時刻同期を確保した加速度データの計測、回収に成功した。

研究期間の後半(2009 年度)においては、2008 年度までに整備した計算手法を用いて、以下の研究を行った。

## (1) RC 構造詳細モデルの崩壊過程のモンテカルロ・シミュレーション

動的弾塑性有限要素解析を行えるソフトウェア、ADVENTURE クラスタに PDS-FEM を組み込んで、実際の RC 構造物を模した解析モデルの動的崩壊過程の解析を行った。解析モデルは、RC 内部の鉄筋配置まで表現した構造詳細 CAD モデルに基づいて作成したものである。

## (2) 震動台実験のための時刻同期稠密機動センサネットワーク技術の開発

研究期間前半に開発した、時刻同期稠密機動センサネットワークにより、複雑な形状の構造物上に設置して、無線で時刻同期をとりながら 1000SPS 程度のサンプリングレート、16bit の分解能で 3 軸加速度計測を行えるようになった。この装置に、適切にフィルタなどを設計した MEMS 加速度計を実装した。実構造物の加速度を計測する実験を行い、計測・時刻同期・データ回収全てにおいて良好な結果を得た。

## 3. 現在までの達成度

当初の計画以上に進展している。

(理由)

2007～2010 年度の 4 年計画で開始した研究であるが、研究計画 3 年目の 2009 年度終了時までに当初予定していた研究をすべて終え、最終年度前申請により、基盤研究 A の新規課題に移行した。以上の理由により、現在までの達成度を 当初の計画以上に進展していると自己評価した。

#### 4. 今後の研究の推進方策

最終年度前申請により移行した基盤研究 A の新規課題において、センサネットワークによる計測と実空間シミュレーションを統合した研究を推進する。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

- (1) Kenji Oguni, M.L.L. Wijerathne, Tomoo Okinaka and Muneo Hori, Crack propagation analysis using PDS-FEM and comparison with fracture experiment, *Mechanics of Materials*, 査読有, 41, 1242-1252, 2009.
- (2) M.L.L. Wijerathne, K. Oguni and M. Hori, Numerical analysis of growing crack problems using particle discretization scheme, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 査読有, DOI: 10.1001/nme.2620, 2009.
- (3) 沖中知雄, 堀宗朗, 小国健二, 超高速ビデオカメラと X-FEM を用いた平行亀裂の進展経路に関する基礎的研究, *土木学会論文集*, 査読有, 65, 2, 321-334, 2009.
- (4) N. Kame, S. Saito and K. Oguni, Quasi-static analysis of strike fault growth in layered media. *Geophysics Journal International*, 査読有, 173, 309-314, 2008.
- (5) M. Saeki, K. Oguni, J. Inoue and M. Hori, Hierarchical Localization of Sensor Network for Infrastructure Monitoring, *Journal of Infrastructure Systems*, 査読有, 14, 1, 15-26, 2008.

〔学会発表〕(計 4 件)

- (1) M.L.L. Wijerathne, H. Sakaguchi, K. Oguni and M. Hori, 3D-FEM-beta: an efficient numerical method for modeling 3D fracture, *ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, 査読有, 2007.

〔図書〕(計 1 件)

- (1) 社団法人 土木学会 応用力学委員会 計算力学章委員会 編, 丸善, いまさら聞けない計算力学の常識, 2008, 共著, 小国健二, pp155 - pp164.