

平成21年4月24日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19560575

研究課題名（和文） 半剛接ハイブリッド骨組の構造性能解析コードの開発

研究課題名（英文） Developed of structural analysis code for semi-rigid hybrid frames

研究代表者

修行 稔

長崎大学・工学部構造工学科・教授

研究者番号：70039668

研究成果の概要：本研究で開発した「学校屋内運動場の耐震性能診断システム」は、鉄筋コンクリート（RC）または鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）の柱の上に鉄骨の骨組（形状は任意）が載っている形の屋内運動場骨組を、鉄骨柱脚のベースプレートの半剛接性と限界曲げモーメントおよび基礎の限界転倒モーメントを常に監視しながら、その力学的挙動を骨組の崩壊状態まで追跡できる性能を有するソフトウェア・システムである。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 建築構造・材料

キーワード：繊維化塑性関節モデル，ハイブリッド骨組，弾塑性大変形解析

## 1. 研究開始当初の背景

学校施設は、地震発生時に児童や生徒の安全を確保せねばならず、地域住民の緊急避難場所としても重要な役割を持つため、その耐震性能を向上させることは重要であり急務でもある。ところが、現実にはこれがなかなか進展せず、この現状を踏まえて平成15年7月に「学校施設耐震化推進指針」が文部科学省で策定され、地方公共団体に向けて学校施設の耐震化推進の要望が出されている。

もちろん、これ以前から各県とも耐震診断委員会を設置し、特にここ数年は精力的に学校施設の耐震診断や耐震補強設計を実施してきているところである。本申請の研究代表

者も、長崎県耐震診断委員会の委員としてこれまで260棟程度の学校施設の審査を行ってきたが、校舎については、前述の指針でも推奨されている「2001年改訂版既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」に準拠した市販ソフトウェアでそれ程支障なく診断ができるものの、鉄筋コンクリートまたは鉄骨鉄筋コンクリート造の上部に鉄骨造の骨組が載っている屋内運動場の耐震診断は、文部科学省が策定した「屋内運動場等の耐震性能診断基準」にある鉄骨柱脚の半剛接性や鉄筋コンクリート柱の転倒限界などを考慮した崩壊解析を行えるソフトウェアが存在していないため、耐震診断を請負った設計事務所は診断にかなりの労力を費やし、耐震診断委員会もその結果の妥当性の評

価に苦慮しているのが現状である。

## 2. 研究の目的

本研究は、申請者らが所有する半剛接ハイブリッド骨組のための崩壊解析コード（プログラム）を、前記の「屋内運動場等の耐震性能診断基準」が要求する項目をすべてプログラム内部でチェックしつつ解析を進めるように改変し、これまで手計算とコンピュータによる計算とを繰返さなければ不可能であった屋内運動場の耐震性能診断を、骨組の形状や使用材料の定数を入力するだけで1回の計算で診断結果を出せるように、言わば「屋内運動場の耐震性能診断に特化したソフトウェア・システム」の形で開発し、マニュアルを添えて無償で広く社会に公開するものである。

## 3. 研究の方法

本研究で開発する「学校屋内運動場の耐震性能診断システム」は、鉄筋コンクリート（RC）または鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）の柱の上に鉄骨の骨組（形状は任意）が載っている形の屋内運動場骨組を、鉄骨柱脚のベースプレートの半剛接性と限界曲げモーメントおよび基礎の限界転倒モーメントを常に監視しながら、その力学的挙動を骨組の崩壊状態まで追跡できる性能を有するソフトウェア・システムである。

所有する解析コードはもともと鋼骨組のためのものであるが、RC部材やSRC部材などが混在する骨組にも使用できるように、既に解析コードの変更には着手しており、既往の実験的研究に対応する解析を行って結果を比較することによって、コンクリートの構成式に関して妥当な仮定を導入すれば、SRC柱の弾塑性挙動を耐震性能診断上重要な最高荷重点までは良い精度で解析可能であることを確認している（繊維化塑性関節法のSRC部材への拡張、鋼構造年次論文報告集、第13巻、pp.515-522、2005）。

上記の研究に際して、コンクリートの構成式として、シリンダー圧縮試験で得られる圧縮強度などの情報から二種類の構成式を仮定し、完全弾塑性体として扱っても最高荷重点までは上に述べたように良好な結果を出すことが確認できたが、コンクリートはその調合によって圧縮強度もそのときのひずみ値も様々に異なるため、前述の構成式の仮定がどの程度妥当なのかという点については明らかでない。さらに、コンクリートの劣化挙動の取扱いも未解決のまま残されている。

そこで平成19年度では、圧縮強度と鉄筋量の異なるSRCはり9体（圧縮強度3種類、鉄筋量3種類）について、2000kN万能試験機を用いた4点曲げ試験を実施するとともに、シリンダー圧縮試験から得られる材料定数からコンクリートの構成式を導出する手順をさまざまに変えて対応する解析を行い、「繊維化塑性関節法」に基づく解析コードでの解析に最も適合する構成式を模索する。

このSRC試験体の制作費として1体20万円の計180万円、コアとなるH形鋼から作製する引張り試験片が1本2万円の計10万円、ひずみゲージが供試体1体あたり30枚に加えて、鋼材と鉄筋の引張り試験およびコンクリート・シリンダー圧縮試験、それに予備用を考慮して計330枚の16万5千円を計上している。試験に必要な器具類は既に所有しているが、供試体は重量も大きく、多くのひずみゲージを貼付しなければならないので、製作や試験の実施にかなりの実験補助が必要である。この実験補助費として30万円を計上している。

上記の仕事と並行して、開発した解析コードが一般の設計技術者にも使いやすいように、前処理（プリプロセッサ）と後処理（ポストプロセッサ）の仕様を策定し、プログラムを作成する。この仕事は解析と同時進行での試行錯誤の繰返しが必要であるため、この仕事専用の高速なパーソナルコンピュータとし50万円程度のWindowsPCを購入する。プリプロセッサの主な仕事は、骨組の有限要素への分割とそのデータの生成、各要素断面形状や材料定数などの入力、境界条件や載荷条件などの入力が必要なものである。また、後処理は解析コードが出力する解析結果をいかに耐震性能評価に援用しやすい形で使用者に示すかがポイントである。

解析コードの開発は修行が、実験とプリ・ポストプロセッサの開発は島津が中心となって進める。プリ・ポストプロセッサの仕様の策定には、実際に学校屋内運動場の耐震性能診断を日常業務にしている実務者の方の協力が欠かせないので、実務者への謝金として平成19年度に30万円を計上している。

平成20年度では、実務での使用を視野に入れた解析コードの信頼性や安定性の向上、誤った使用法への対処など、解析コードの「強靭さ」の強化に力を注ぐ。少々の間違った使い方でも誤った解を出すようでは実用にならないので、この仕事には外部の実務者の協力が不可欠である。往々にしてソフトウェアの使用者は開発者の想像もしなかった使い方をする。地味ではあるがこの仕事は重要であ

る。

同じことがプリ・ポストプロセッサにも言える。この部分は設計者（使用者）と解析コードとのインターフェイスであり、使いやすいシステムにするためには、やはり複数の設計の実務者の協力が不可欠である。解析コードの開発は、実際に使う使用者とコード製作者との間で何回もの情報の交換が必要であり、かなりの時間を必要とする。これらの協力費として、平成20年度に120万円を計上している。

実務者の意見に基づいた解析プログラムの改良は修行が担当し、プリ・ポストプロセッサの仕上げには修行と島津が共同で当たる。

#### 4. 研究成果

本研究で開発した「学校屋内運動場の耐震性能診断システム」は、鉄筋コンクリート（RC）または鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）の柱の上に鉄骨の骨組（形状は任意）が載っている形の屋内運動場骨組を、鉄骨柱脚のベースプレートの半剛接性と限界曲げモーメントおよび基礎の限界転倒モーメントを常に監視しながら、その力学的挙動を骨組の崩壊状態まで追跡できる性能を有するソフトウェア・システムである。

ソフトウェアシステムは下記 WEB サイト上で無償公開している。

<http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/shugyo>

#### 5. 主な発表論文等

（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 8 件）

1. 修行稔, 島津勝, 林田幸浩, 翁浩之, 木村まい: 繊維化塑性関節モデルによる鋼骨組の動的立体解析, 鋼構造年次論文報告集, 第 16 巻, pp.225-230(2008.11)
  2. 林田幸浩, 修行稔, 島津勝, 山田良子, 高橋克哉: 圧縮材の弾塑性座屈挙動に及ぼす偏心と材端剛性の影響, 鋼構造年次論文報告集, 第 16 巻, pp.217-224 (2008.11)
  3. 島津勝, 修行稔, 池田亘, 柴田尚知, 馬込康介: SRC 長柱の曲げ崩壊解析, 鋼構造年次論文報告集, 第 16 巻, pp.383-388 (2008.11)
  4. 島津勝, 修行稔, 林田幸浩, 岩永洋尚, 池田亘: 繊維化塑性関節モデルによる鋼
- コンクリート混合骨組の弾塑性解析, 鋼構造年次論文報告集, 第 16 巻, pp.389-394 (2008.11)
5. 島津勝, 林田幸浩, 修行稔, 塩田憲章, 岩本弘: コンクリートスラブの合成効果を考慮した鋼骨組の解析, 鋼構造年次論文報告集, 第 16 巻, pp.365-370 (2008.11)
  6. 修行稔, 島津勝, 林田幸浩, 岩永洋尚: 曲げで壊れる鋼コンクリート合成部材および骨組の弾塑性解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 631 号, pp.1535-1542(2008.9)
  7. 林田幸浩, 下川健吾, 修行稔: 繊維化塑性関節モデルによる溝形鋼部材の弾塑性座屈解析, 鋼構造年次論文報告集, 第 15 巻, pp.1-6 (2007.11)
  8. 林田幸浩, 島津勝, 修行稔: 繊維化塑性関節モデルの平面骨組構造解析における精度, 鋼構造年次論文報告集, 第 15 巻, pp.15-20 (2007.11)
- 〔学会発表〕（計 8 件）
1. 林田幸浩, 山田良子, 高橋克哉, 島津勝, 修行稔: 圧縮材の弾塑性座屈挙動に及ぼす偏心と材端剛性の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.295-296 (2008.9)、広島
  2. 塩田憲章, 岩本弘, 島津勝, 林田幸浩, 修行稔: コンクリートスラブの合成効果を考慮した鋼骨組の解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.297-298 (2008.9)、広島
  3. 島津勝, 林田幸浩, 池田亘, 修行稔: 繊維化塑性関節モデルによる鋼コンクリート混合骨組の崩壊解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.307-308(2008.9)、広島
  4. 池田亘・柴田尚知・馬込康介・島津勝・修行稔: SRC 長柱の曲げ崩壊解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.309-310 (2008.9)、広島
  5. 翁浩之, 木村まい, 修行稔, 島津勝, 林田幸浩: 繊維化塑性関節モデルによる骨組の動的立体解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.371-372 (2008.9)、広島
  6. 島津勝, 林田幸浩, 修行稔: 鉄筋コンクリート部材の非線形解析に関する研究, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 47 号, pp.529-532 (2008.3)、熊本
  7. 下川健吾, 林田幸浩, 修行稔: 繊維化塑性関節モデルによる溝形鋼部材の弾塑性座屈解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.271-272 (2007.9)、福岡
  8. 林田幸浩, 修行稔: 繊維化塑性関節モデルの平面骨組構造解析における精度, 日

本建築学会大会学術講演梗概集，  
pp.241-242 (2007.9)、福岡

〔その他〕

ホームページ

<http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/shugyo>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

修行 稔

長崎大学・工学部構造工学科・教授

研究者番号：70039668

### (2) 研究分担者

島津 勝

長崎大学・工学部構造工学科・助教

研究者番号：30363469