

# 1) - 10 新耐震基準で設計された鉄筋コンクリート造建築物の地震後継続使用のための耐震性評価手法の開発【安全・安心】

## Development on seismic performance evaluation for existing RC buildings with post-EQ continuous use

(研究開発期間 令和元～3年度)

構造研究グループ Dept. of Structural Engineering	向井 智久 MUKAI Tomohisa 平出 務 HIRADE Tsutomu	渡邊 秀和 WATANABE Hidekazu 井上 波彦 INOUE Namihiko 鹿嶋 俊英 KASHIMA Toshihide	中村 聡宏 NAKAMURA Akihiro 南部 禎士 NANBU Yoshihito	有木 克良 ARIKI Katsuyoshi 毎田 悠承 MAIDA Yusuke
国際地震工学センター International Institute of Seismology and earthquake engineering		大塚 悠里 Otsuka Yuri		

This research develops the seismic performance evaluation method for R/C buildings with post-EQ continuous use. This study focuses on three research items, 1) seismic evaluation method and seismic retrofit design method for R/C soft-first story buildings considering the building damage due to the 2016 Kumamoto EQ, 2) seismic design method for R/C foundation structural system with high deformability under severe EQ, 3) damage judgement method for R/C buildings using innovative measurement equipment such as 3d laser scanner and GNSS information. Finally, this study summaries the obtained effective knowledges.

### 【研究開発の目的及び経過】

本研究課題は、平成28年度から3カ年実施した指定課題の後継である。前課題で得られた①熊本地震で被災した建築物における地震後継続使用性評価の分析、②既存建築物の地震後継続使用性を確保する技術開発、③既存中高層建築物の地震後継続使用性を確保するための耐震改修工法の技術開発、④被災建築物の地震後継続使用性判定に資するツールに関する成果を踏まえ、新耐震以降のRC造既存建築物の地震後の継続使用性確保に資する検討として、以下2つの項目の検討を目的とする。

1. 近年の大地震による被害が顕在化している部位を対象として、地震時における耐震性評価手法を取り纏める。  
(研究テーマ1および2)
2. 被災建築物の迅速な被災判定に資する検討を行う。  
(研究テーマ3)

### 【研究開発の内容】

- 1) 研究テーマ1：新耐震以降の既存RC造建築物を対象とした地震後継続使用性の評価手法と継続使用性確保のための補強設計手法に関する検討として、前課題において、熊本地震で被害が顕著であったRC造ピロティ建築物を対象としてその脆弱性に関する評価と、前課題で検討していた補強工法を用いた実験解析検討を行い、地震後継続使用性を高めた補強工法の評価方法を提示する。
- 2) 研究テーマ2：大地震後に継続使用を確保できる既製コンクリート杭等を用いた基礎構造システムの設計手法

に関する検討として、前課題で靱性能に問題があった既製コンクリート杭の高靱性化手法を開発し、大地震後の建築物の継続使用性を確保する設計方法を提示する。

- 3) 研究テーマ3：被災建築物の迅速な損傷性状評価手法に関する検討として、前課題で有用性が確認された装置を対象に、被災後即時判定するセンサシステムおよび被災後に建築物の外観の損傷評価手法の開発を行い、被災建築物の損傷性状評価としての有効性を提示する。

### 【研究開発の結果】

#### 1) 研究テーマ1

- ①熊本地震によって大破した新耐震以降に建設された既存RC造建築物の被害情報の収集・分析  
熊本地震によって大破した新耐震以降に設計された既存RC造建築物の図面情報等を収集し、それに基づき現行基準で大地震時の損傷を十分に制御できない課題を明らかにするとともに、継続使用性を阻害する地震被害分析結果を建築研究資料<sup>1)</sup>として纏めた。
- ②既存RC造建築物の継続使用性評価に関する研究部材および架構実験結果(図1)に基づき、新耐震以降設計されたピロティ架構の脆弱性評価方法を検討し、現行設計基準で対応すべき課題および被災度区分判定基準に反映すべき内容をまとめた。
- ③既存RC造建築物の継続使用性確保のための補強設計手法に関する研究

超高強度繊維コンクリートパネルの貼付補強工法を用いた補強した部材・架構実験結果に基づき、新耐震以降設計されたピロティ架構の地震後継続使用を確保できる補強設計のための解析モデルを提案し、その試設計を纏めた。

2) 研究テーマ2

①既製コンクリート杭等を用いた靱性型基礎構造システム開発

杭・部分架構の実験結果(図2)より、鋼管拘束した中実杭およびパイルキャップ内に埋め込んだ接合面で降伏させる方法を開発し、既製コンクリート杭を用いた基礎構造システムに靱性能を付与できることを確認した。

②負担応力に応じた杭基礎構造システム検討・③大地震を想定した地震後継続使用性を確保するための構造設計手法に関する検討

杭頭部の半剛接工法および①で検討した工法を対象として、大地震後の継続使用性を確保するための試設計を通して、ここで用いた工法の有用性を確認するとともに、大地震時の設計方法についての課題を取り纏めた。

3) 研究テーマ3

①革新的計測装置から得られるデータに基づく地震後における被災建築物外観の損傷状態評価手法の開発<sup>2)</sup>

計測した部材および架構試験体を対象に、点群情報(図3)並びに高解像度写真(図4)を用いた建築物の損傷評価手法を開発し、前者は残留変形およびコンクリート表面の浮き剥落面積の評価、後者はひび割れ幅評価のための条件及び手法とその精度を明らかにした。また被災地で計測するため、UAVを用いて損傷した実大架構試験体に対して実施し、それらから得られるデータにおいても前述の評価ができることを確認した。

②衛星情報を活用した地震応答観測データに基づく損傷状態評価手法の開発

地震時に計測されるデータから建築物の被災度を判定手法構築のため、実大5層架構実験データを用いてその手法を提案し、それらの妥当性を既往の実大動的架構実験結果を用いて検証<sup>3)</sup>(図5)した。また複数の屋外における振動実験を行い、衛星測位センサの計測精度結果を纏めるとともに、前課題で纏めた必要要件を満足するようなシステムの構築を建築研究所本館に対して試み、その地震観測が自動的にできることを確認した。さらには長崎県端島における30号棟において継続計測を行い、建築物がある一定方向に変形し続けている状況を確認した。また構造ヘルスマニタリング技術に使用されるセンサの標準試験法等を提示し、今後多地点における建築物の地震応答観測を行うための基盤構築を行った。



図1 ピロティ柱の補強効果確認実験

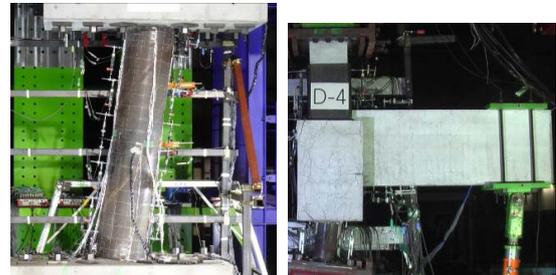


図2 杭頭部および部分架構の構造実験

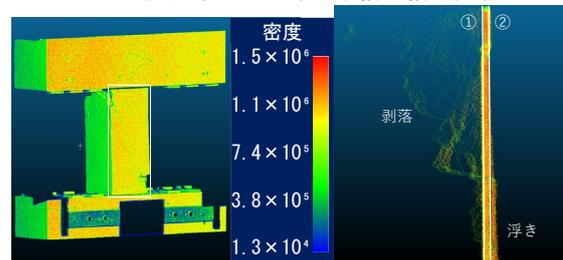


図3 柱部材の損傷評価のための点群データ

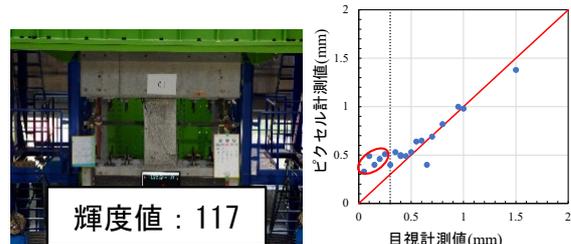


図4 高解像度写真を用いたひび割れ幅評価

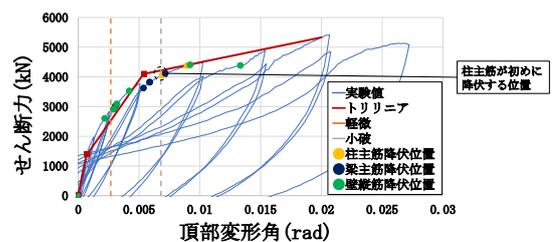


図5 被災度判定結果と架構の荷重変形関係

[参考文献]

- 1) 向井・渡邊他：熊本地震で被災した鉄筋コンクリート造建築物を対象とした地震後継続使用確保に資する検討，建築研究資料 No.204, 2021.10
- 2) 向井：被災判定のための応答計測・損傷評価技術の動向，日本建築学会構造部門 RC 構造 PD, RC 構造の性能規定型耐震設計の現状と将来—性能規定化から約 20 年—, 2021.9
- 3) 向井：鉄筋および鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針の解説，被災度区分判定基準および復旧技術指針 WEB 講習（第 2 期）, 2021.10