

## 1) - 2 大地震後に防災拠点施設の機能を維持できる耐震性能向上技術の開発【安全・安心】

### Development of seismic upgrade techniques for building with post-earthquake functional use

(研究開発期間 平成 26～28 年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

向井 智久  
MUKAI Tomohisa

坂下 雅信  
SAKASHITA  
Masanobu

平出 務  
HIRADE  
Tsutomu

長谷川 隆  
HASEGAWA  
Takashi

中村 聡宏  
NAKAMURA Akihiro

The objective of study is to develop the seismic upgrade technique for existing crucial RC buildings such as governmental office and gymnasium and following items is carried out;

(1) propose of damage evaluation method and seismic upgrade techniques to mitigate severe damage for vulnerable elements, (2) evaluation of seismic upgrade effect for frame level, (3) application of seismic upgrade method for building with post-earthquake functional use

As a result of these investigations, each technique to mitigate severe damage under severe earthquake for RC non-structural walls, joints between RC column and steel roof and concrete piles is developed and the effectiveness of each technique is confirmed. Moreover, seismic upgrade method to guarantee the post-earthquake functional use of existing crucial building is proposed and some evaluation examples to verify the method are shown.

#### 【研究開発の目的及び経過】

2011 年の東日本大震災によって主たる防災拠点施設である庁舎や避難施設の被害として、新耐震基準で設計された建築物は、建築物全体が倒壊するような事例は確認されていないものの、地震後継続使用できない事例が確認され、地震後、施設の機能を維持させるために別途適切な耐震対策が必要であることを示唆している。

そこで本研究は地震後の防災拠点施設となる既存 RC 造庁舎および学校・体育館が、大地震後に機能を維持できる耐震性向上技術の開発を実施した。

#### 【研究開発の内容】

東日本大震災にて被害が顕在化した RC 造非耐力壁を有する建築物、RC 造鉄骨置き屋根体育館、コンクリート杭基礎を有する RC 造建築物を対象に (1) 部位の継続使用性のための損傷評価と補強工法の提案、(2) 架構による補強効果の評価と解析モデルの構築、(3) 補強された施設の大地震後の機能維持に資する耐震性能評価手法の適用を実施した。

#### 1) RC 造壁に関する検討

新築を想定した壁厚が大きく、ダブル配筋された方立て壁試験体、と既存の非耐力壁である方立て壁に超高強度繊維補強コンクリートを用いた壁を増設した試験体を製作し、それらの構造性能の向上と損傷低減効果について確認した。

RC 造の方立て壁を有する 2 層 1 スパンの部分架構に対する構造実験 (図 1 参照) を行い、水平変形に応じて方立て壁に生じる軸力の大きさを計測し、その特徴を評価するための実験データを収集した。その結果を用いて、方立て壁の損傷評価や負担せん断力評価などを解析的に行った。また近年示された日本建築学会の規準に基づき、設計された袖壁付き柱の特徴の分析を行った。さらに熊本地震で被災した共同住宅の非耐力壁の損傷評価を目的として、現地調査や図面収集を行い、建物の解析モデルの構築に関する検討を実施した。

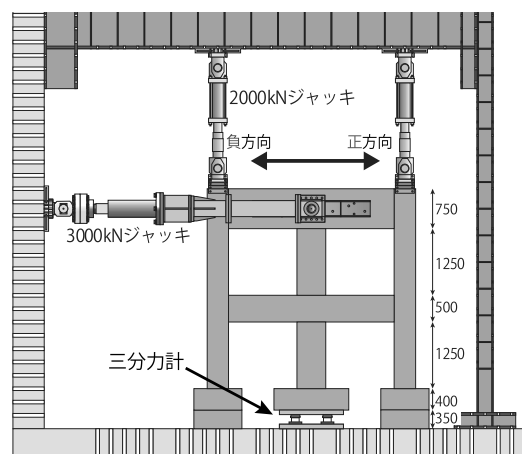


図 1 加力セットアップ

## 2) 鉄骨置き屋根支承部に関する検討

体育館の RC 架構と S 造屋根の接合部（定着部）について、別途実施された接合部（定着部）の静的載荷実験の結果に基づいて、柱-屋根の部分架構における振動台実験（写真 1 参照）を行い、被害状況の再現、検証を行った。コンクリートが側方破壊する試験体の荷重-変形関係とコンクリートの破壊面の状況の写真を示す。コンクリートが側方破壊した耐力は、文献 1) による計算値と概ね一致し、地震被害で観察されたアンカーボルトの破断やコンクリートの側方破壊・崩落といった現象を振動台実験で再現できた。また、コンクリートを鋼板で補強した試験体は、側方破壊耐力の計算値に達した後も、コンクリートにひび割れがほとんど生じることなく、鋼板による補強が、コンクリート崩落の防止に有効であることが確認できた。

## 3) コンクリート杭基礎に関する検討

上部構造と下部構造からなる部分架構試験体（写真 2）に対して構造実験を実施した後に、生じた損傷を補修・補強し、その後再度構造実験を実施し、構造特性の回復度合いや発生した損傷状態に関するデータを収集した。実験変数とした杭種は RC、SC 杭であり、両試験体ともにパイルキャップ内の配筋は袴筋とベース筋からなる。最終破壊状況は、RC 杭試験体が杭頭部の圧壊となり、補修補強を施し、SC 杭試験体はパイルキャップのせん断破壊であるため、補修のみを実施した。その結果、RC 杭試験体は補修前に比べ最大耐力が正載荷時で約 13% 増加し、各部材の変形性能は補修前程度に改善している。一方、SC 杭試験体を補修した場合には、耐力上昇は見込めず、最終的にパイルキャップのせん断破壊し、パイルキャップが破壊した場合に構造性能を十分に回復させることが困難であることが明らかとなった。

一方、場所打ち杭の耐震性能および損傷後の補修・補強方法を明らかにするための構造実験（写真 3）を実施した。曲げ破壊型の杭体はせん断余裕度が小さい場合には曲げ降伏後にせん断破壊が生じ、耐力が低下すること、せん断破壊型の杭体はせん断破壊により著しく耐力が低下することが確認された。杭体の耐力は、等価な矩形断面に柱の耐力評価式を適用することで、概ね評価できることを示した。また、損傷後の杭体に対して、モルタルにより補修することで、補修前の 8 割程度まで耐震性能を復旧することができること、あと施工アンカーを用いた鋼板巻き立て補強により剛性・耐力を大幅に向上できる（図 2 参照）ことを示した。

## 【研究開発の結果】

以上の検討より、RC 造非耐力壁、鉄骨置き屋根体育館の支承部のおよびコンクリート杭基礎の損傷軽減と耐力向上に資する技術をそれぞれ開発し、それらの補強効果を確認し解析モデルに必要な知見を得た。それらを用いて地震後継続使用性を確保するための補強設計方法を提案した。

## 【参考文献】

- 1) 各種合成構造設計指針・同解説，日本建築学会，2011.4



写真 1 振動台実験の加振装置全景

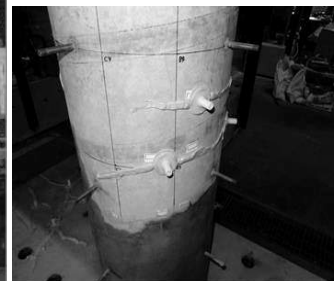
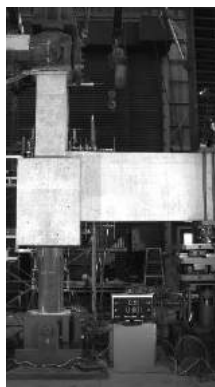


写真 2 試験体景 写真 3 場所打ち杭試験体

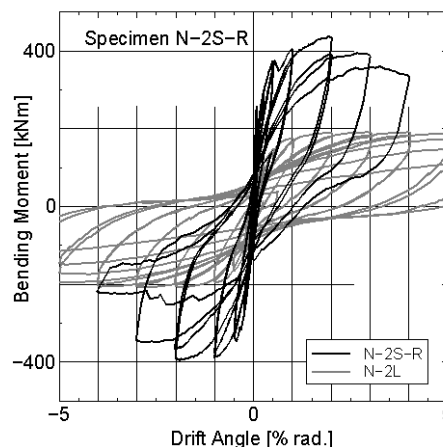


図 2 補修補強後の荷重変形関係