

I 国土交通省 住宅・建築関連先導技術開発助成事業

I-1 集合住宅向けソフトランディング型耐震補強の実用化に関する研究開発

Study and Development of Soft – Landing Retrofitting System for RC Buildings

(研究期間 平成 17～19 年度)

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

福山 洋
Hiroshi Fukuyama
向井智久
Tomohisa Mukai
諏訪田晴彦
Haruhiko Suwada
田尻清太郎
Seitaro Tajiri

This study proposed a new retrofitting method for relatively low seismic performance RC buildings, especially for soft-first-story buildings. The concept of the method is that the new column, which has the base-isolation system at its middle height, is attached to the existing column by the compression force with PC bars. The existing column will fail in shear during an earthquake, and then the building becomes to be base-isolated. One of the big advantages of this method is that the retrofitting cost can be low compared to the conventional base-isolation retrofitting technique, since the existing columns do not have to be cut prior to an earthquake, which costs a lot. The paper will present the outline of the system and the results of experimental tests which includes shaking table test and static loading tests.

【研究目的及び経過】

兵庫県南部地震では新耐震設計以前の建築物だけでなく、新耐震以降の建築物にも被害が見られた。中でも RC 造の集合住宅、特にピロティ構造のように建物全体のうち特定の階だけ壊れる被害が目立った。しかし、上記のような耐震性に問題がある集合住宅の補強は遅々として進んでいない状況にある。その主たる理由は、安価でかつ短工期の居ながらの補強手法が開発されていないことにある。本研究では、地震時の被害が最弱層（例えばピロティ層）に集中する現象を利用し、積極的に最弱層に被害を制御しながら集中させ、他の階の被害をなくそうとするものである。その基本コンセプトは、地震時に最弱層の既存柱が破壊して落階するような場合を対象とし、既存柱の横に予め免震装置を有する新設柱を設置し、免震装置は既存躯体と連結させずに、地震によって既存柱が破壊し落階すると同時に新設柱にソフトランディングさせようとするものである。本研究では層レベルの振動台実験および柱単体のランディング機構に関する静的加力実験を行った。その結果を以下に報告する。

【研究内容】

本研究では、以下の 3 項目について研究を行った。

- 1) ソフトランディングを模擬した振動実験
- 2) 鉛直荷重の伝達
- 3) 崩壊形に関する検討

【研究結果】

- 1) ソフトランディングを模擬した振動実験

本補強法の実現性を検討するため 10 階建てのピロティ建物で、相似率は振動台の容量と RC 柱に使用する材料の都合上から 1/14.7 とした縮小振動実験を行った。

RC 柱の耐力や損傷程度がばらついている場合には、柱崩壊時に建物全体のねじれ振動が起きる可能性が高い。

そこで、破壊形式の異なる柱が混在し、柱の破壊進行過程において偏心が生じ、錘のねじれ振動が発生させる振動実験を行った。

柱試験体は、せん断補強して靱性を高めた曲げ破壊型の柱（以下、曲げ型）と、せん断補強なしで脆性的せん断破壊をする柱（以下、せん断型）の 2 種類である。縮小モデルはこれらの柱試験体の組合せからなる。各縮小モデルにおける柱試験体の組み合わせを図 1 に示す。Case1 は一体の柱試験体がせん断型、残りが曲げ型の場合で、ねじれは小さいと予想される。Case2 は加振方向に対し偏心がなく、ねじれない場合である。Case3 にはねじれが予想され、Case4 が最も大きくねじれると予想される。

各実験 Case の、錘が免震装置に乗り移るまでの各加振について、水平変位 δ_x の最大値とねじれ回転角 θ の最大値をプロットしたものを図 2 に示す。ここでは、地震入力に対する構造物の最大応答水平変位と最大応答回転角との間には線形に近い関係が見られ、その傾きは偏心率の大きさにより変化する傾向がみられる。この性質を利用して免震装置の設計に必要な変位量を推定することが可能であると考えられる。

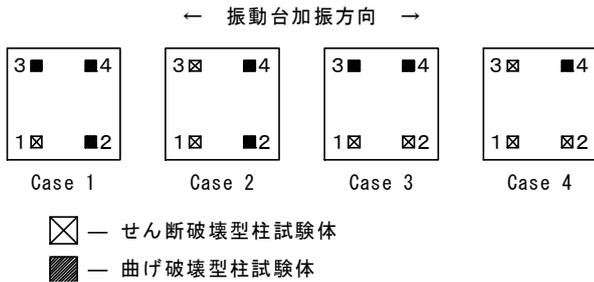


図 1 振動実験における柱試験体の組合せ

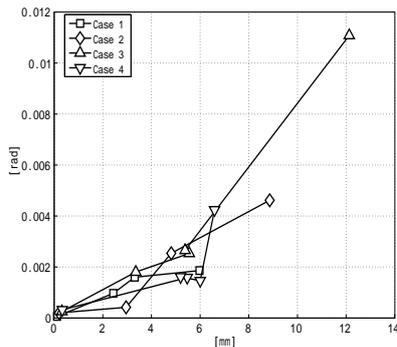


図 2 ねじれ回転角と水平変位の関係

2) 鉛直荷重の伝達

ソフトランディング補強工法の実現のためには、最弱層における既存 RC 柱の破壊順序の制御が必要であり、ひいては各既存 RC 柱の破壊性状の制御が必要である。ここでは図 3 に示すように既存 RC 柱の柱頭、柱脚部分に鋼材を圧着することによるせん断スパンの調整（短柱化）を想定した柱試験体の静的加力試験を実施し、柱の破壊性状の制御可能性を実験的に検討した。本手法により、既存 RC 柱の曲げ終局強度が上昇し、試験体はせん断破壊が先行した。また、試験体はせん断破壊後もかなり大きな変形に至るまで鉛直荷重を支持し続けた。また、圧着力により耐力時の変形の制御も可能である。

新設柱と既存柱を PC 鋼棒で圧着する場合の接合面の摩擦係数 μ 、せん断割増係数 α を明らかにする必要がある。そこで、H18 年度には同一圧着力下で、水平力と鉛直力の組み合わせをパラメータとした図 4 に示すような実験を行った。その結果を元に、水平力と鉛直力の組み合わせ下での設計式を提案した。また、H19 年度には、8 種類の異なる圧着力が接合面に与える影響を実験的に検討した。鉛直載荷試験から μ を求め、水平載荷試験から α を得た。実験の結果から、 α を 1、 μ を 0.5 程度にしておけば終局強度を安全に評価できることがわかった。ここで、 α は全塑性ねじれモーメント耐力算出時のせん断応力度 τ_{tu} の鉛直耐力算出時のせん断応力度 τ_u に対する倍率である。

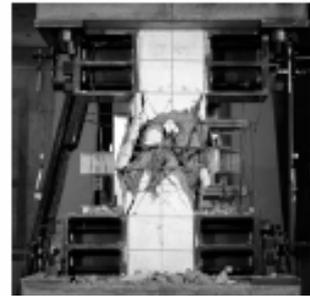


図 3 鋼材圧着による柱の破壊制御実験例

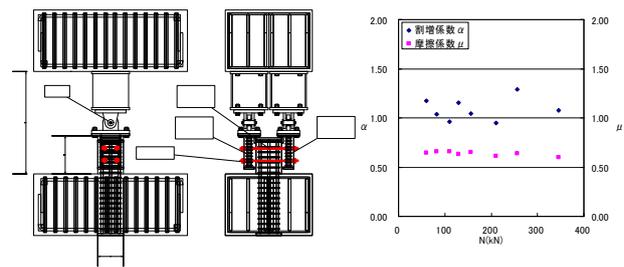


図 4 圧着部の μ および α に関する実験例



図 5 二層式 LRB の開発に関する実験例

ソフトランディング耐震補強に適用可能な免震装置の開発として、水平変形性能を向上させた、図 5 に示すような二層式 LRB を製作し、実験によりその性能を確認した。

3) 崩壊形に関する検討

損傷が確実に特定層に集中することを保障するために RC の耐震診断を利用し弱点層を特定する方法の検討を行った。

【参考文献】

- 1) 渡辺、勅使川原、福山、楠、向井、諏訪田：集合住宅向けソフトランディング補強の実用化に関する研究（その 4 破壊形式の異なる 4 本の柱からなる縮小モデルによる振動台実験）、日本建築学会大会学術講演梗概集、2006 年、B-2
- 2) 渡辺、勅使川原、福山、楠、鈴木、小田：集合住宅向けソフトランディング補強の実用化に関する研究（柱頭柱脚への鋼材圧着による既存 RC 柱の破壊性状制御に関する考察）、日本建築学会大会学術講演梗概集、2007 年、C-2
- 3) 梶、洪井、楠、田才：ソフトランディング補強における新設柱部と既存柱の圧着面での応力伝達機構とその性能に関する実験的研究（その 1～その 2）、日本建築学会大会学術講演梗概集、2007 年、C-2