

### - 3 構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の地震防災性向上に関する研究

#### Enhancement of Earthquake Performance of Infrastructures Based on Investigation into Fracturing Process

(研究期間 平成 11 ~ 15 年度)

構造研究グループ

Dept. of Structural Engineering

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

加藤博人

Hiroto Kato

福田俊文

Toshibumi Fukuta

楠浩一

Koichi Kusunoki

福山洋

Hiroshi Fukuyama

Pilotis RC building structures, which were severely damaged in 1995 Kobe Earthquake, have two types of irregularity; soft first story and eccentricity in plan. The research was implemented to make clear the failure mechanism of the structure by a set of large scale structural tests and analyses. The seismic design method based on evaluating failure mechanism of the entire structure was proposed; the ultimate lateral shear capacity of the pilotis story should be increased in accordance with the strength distribution along the height and the columns in the pilotis story should be deformable and bear the vertical load under large displacement.

**【研究目的及び経過】** 都市部の集合住宅に多く用いられ、1995年の兵庫県南部地震で大きな被害を被った鉄筋コンクリート造ピロティ構造は、二重の非整形性を有する。第一は高さ方向の非整形性で、1階などに店舗・駐車スペース、その上階に住居を配置することから上下階の剛性に大きなギャップが生じるものである。第二は、階段室等上下階の連絡を目的とした構造要素を配置することによる平面的な構造要素の偏りがねじれ振動を励起し建築物破壊の原因となるもので、平面的な非整形性である。このような非整形性を有するピロティ構造の地震時崩壊過程を構造実験・コンピュータ解析により解明し、この構造の破壊を決定付ける要因を分析し、更に、破壊過程を考慮した耐震設計法を提案することを研究目的とする。

研究の前半においては、高さ方向の非整形性を取上げ、剛性率を補うパラメータを追求し、それを基に耐震設計手法の枠組みを構築した。研究の後半においては平面的な非整形性の問題にメスを入れ、耐震設計法への導入方法を検討した。

**【研究内容】** ピロティ構造物の地震時破壊過程を明らかにするため6層建築物の下部2層を取り出した縮小モデルにより擬似動的実験を実施した。実験では、部分架構の復元力特性をフィードバックデータにしながら上部架構の応答を考慮し、地震動に対する応答変位を部分架構に与えて応答挙動を実現した。柱の中央で軸力、せん断力、モーメントを計測することにより、ピロティ構造に特有の柱応力分布を実験的に明らかにした。実験と並行して主にピロティ架構を対象にした応答解析プログラ

ムを開発し、実験結果と比較することにより、その解析精度を検証した。この解析モデルを用い、6層、10層、14層の純ピロティ建築物(1層にはピロティ柱のみ水平抵抗要素を有する構造)の地震応答性状を、地震応答解析により明らかにした。

高層である12階建てを想定したピロティ建築物のサブストラクチャ構造実験を実施し、地震時破壊挙動を明らかにした。また、本実験により適用性を確認した解析手法を用いて高層ピロティ構造の地震挙動を解明した。これらの実験的および解析的検討を基に、高さ方向に非整形性を有するピロティ構造に関する耐震設計法の枠組みを作成した。

第二の非整形性である偏心によるねじれ振動時の破壊挙動を実験的に把握するため鉄骨造モデルによる仮動的地震応答実験を実施した。鉄骨造モデルは、部材に生じる応力を容易に計測することが可能であるために採用したものである。次に、多層骨組のねじれ応答を再現する実験手法として、サブストラクチャ仮動的実験法の開発を、鉄骨造試験体を用いて行い、鉄筋コンクリート造偏心建築物の地震応答実験に適用した。実験に用いた偏心率約0.2の試験体を基にして、1階ピロティ層の壁量を変化させて偏心の大きさを調整し、偏心率をパラメータ(0.0~0.3)とした解析を実施した。偏心率の増大に伴いピロティ層の回転応答は大きくなるが、重心位置での並進方向応答変形(はり間、あるいは桁行方向)はさほど変化しないことが分かった。今回の検討では、偏心率が小さい範囲ではピロティ層の応答変形が偏心の影響によって著しく増大する傾向は見られず、剛性率並びに偏心率

の影響をそれぞれ考慮する既往の耐震設計手法が適応可能であるとの結論を得た。これらの検討結果を基に、先に纏めたピロティ建築物の耐震設計法に、偏心の効果如何に反映させるかの検討をおこない、ピロティ建築物の耐震設計フローに「偏心による柱の変形性能の検討ツール（揺れ応答による柱の変形の割増、柱の応答に応じたせん断補強）」として取り込んだ。

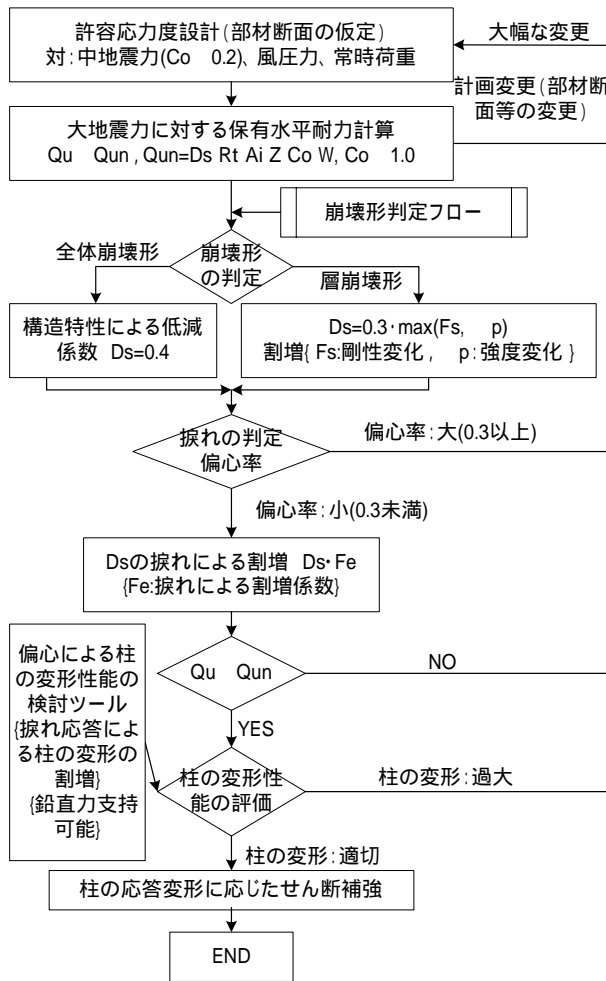


図 1 耐震設計のフロー

【研究結果】 本研究成果として提案する鉄筋コンクリート造ピロティ構造の耐震設計フローを図 1 に示す。ピロティ建築物の耐震設計は、ルート 3 の保有水平耐力計算を行う設計手法として纏めたが、その内訳は、ピロティ階の水平耐力の割増、ピロティ柱等のせん断設計と仕様規定である。

本設計フローで想定する崩壊形はピロティ階柱の曲げ降伏による層崩壊か、引張側柱の全引張降伏による全体曲げ崩壊とする。層崩壊するものは、特定層にエネルギーが集中する影響を考慮し必要保有水平耐力を割り増す。

また、崩壊形が全体曲げ形になることが想定される場合には、想定崩壊形と異なる崩壊形に対する水平耐力の余裕を有すること。以上が設計の基本方針である。

偏心による回転変形の影響は図 3 に示すように、回転変形により割増された柱の変形が限界値以下に収まることを確認する手法を採用しているが、層間変形-回転変形-偏心率の定量的関係を提案するまでには至っていない。今後の課題である。

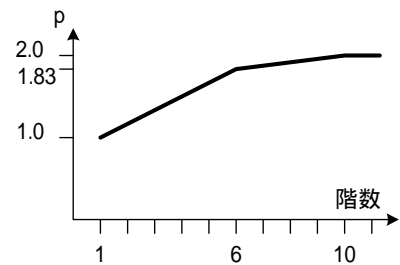


図 2 高さ方向の強度変化による割増率  $\alpha_p$

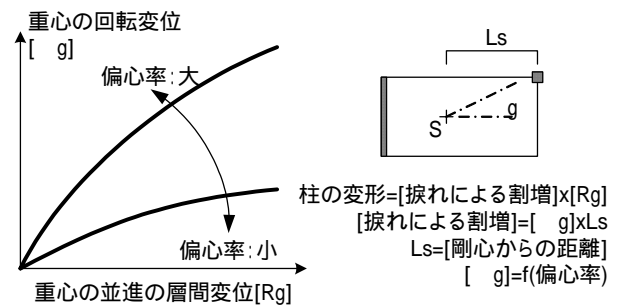


図 3 並進の層間変位と偏心による回転変形

【参考文献】

- 1 福田俊文, 他: 鉄筋コンクリート造ピロティ建築物の崩壊メカニズムに関する研究 □ 6 層平面フレームのサブストラクチャー仮動的実験 □, 第 1 回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム 2000 年 3 月
- 2 真田靖士, 他: 耐震壁を有する鉄筋コンクリート造ピロティ建物の動的実験, 構造工学論文集, Vol.47B, pp.511-520, 2001 年 3 月
- 3 加藤博人, 他: 偏心を有する鉄骨造骨組のねじれ地震応答性状に関する実験研究, 鋼構造年次論文報告集, 第 9 巻, pp.389-396, 2001 年 11 月
- 4 隈澤文俊, 他: 一軸・二軸偏心した鉄骨造骨組のねじれ地震応答性状に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 第 10 巻, pp.383-390, 2002 年 11 月