

## - 2 ピロティ建築物の耐震安全性確保方策の開発

### Research and Development on Performance Evaluation and Structural Control Methods for Buildings with Soft First Story To Ensure The Seismic Safety

(研究期間 平成 12 ~ 14 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

福山 洋

Hiroshi Fukuyama

福田俊文

Toshibumi Fukuta

勅使川原正臣

Masaomi Teshigawara

楠 浩一

Koichi Kusunoki

Synopsis- The objectives of this study is to make the rational and applicable seismic design procedure for RC *piloti* buildings, in which the strength and stiffness of the first story are extremely lower than those of the upper stories. In order to investigate the causes of collapse of RC *piloti* buildings, a series of substructure pseudo dynamic test on a 12-story RC *piloti* specimen had been carried out and the seismic behavior of it had been observed. On the other hand, a seismic design method for *piloti* story had been proposed, which is to increase the required lateral shear capacity of RC *piloti* story using an amplification factor  $\alpha_p$ .

**【研究目的及び経過】** 人口密度・建築物密度の高い都市部における集合住宅では、下層部分に駐車場や店舗等の大きな空間を確保することが建築計画に必要不可欠な場合が多い。構造上この種の建築物はピロティと呼ばれる。1995年の兵庫県南部地震による被害の教訓から、ピロティ建築物に対する設計・施工の自由度はかなり狭小なものとなっているが、その需要は都市部においては依然として極めて高い。このような背景を踏まえ、鉄筋コンクリート造ピロティ建築物に対してピロティ層での層降伏を許容し、設計の自由度を高めるとともに耐震安全性を確保する方策について研究・開発する。

**【研究内容】** 主な研究項目は、下記の4項目である。

- 1) 1995年の兵庫県南部地震において倒壊したピロティ建築物と類似の実大規模の部分架構試験体を用いた仮動的実験を行い、その地震時崩壊メカニズムおよび層崩壊原因について検討する。
- 2) 数種類の典型的なピロティ建築物の試設計を行い、それらの地震応答解析を行って実験でカバーできない範囲のデータを得る。
- 3) 上記実験および解析的研究の成果に基づき、ピロティ建築物の地震時層崩壊を防止するための設計クライテリアについて検討する。また、層崩壊の主たる原因を特定し構造指標を提案すると共に、この指標を用いた耐震設計法を開発する。
- 4) ピロティ建築物の地震時層崩壊防止に有効な制御デバイスの開発と、その施工法について検討する。

**【研究結果】**

1. ピロティ建築物のサブストラクチャー仮動的実験  
高層ピロティ建築物を模擬したサブストラクチャー

仮動的実験を実施した<sup>1)</sup>。試験体は、12層RC造ピロティ建築物の梁間方向構面で、実大の約1/2.5に縮小した下部2層を実際の加力対象とした。柱スパンは4mで、1層柱の内法高さは1.4mである。柱断面は1層および2層共に400mm×400mmである(図1)。

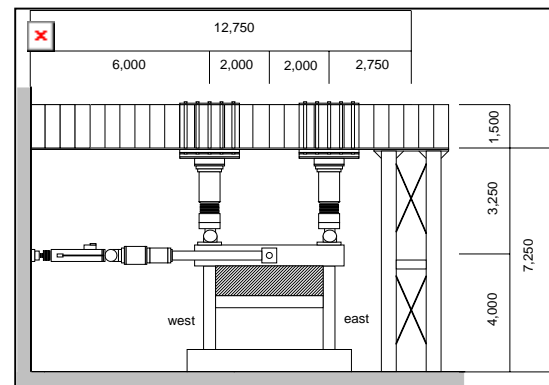


図1 サブストラクチャー仮動的実験状況

El Centro 地震(1940)の最大速度を 10cm/sec に基準化した入力においては、試験体の剛性低下はほとんど認められず、ほぼ弾性範囲で挙動した。El Centro 地震の最大速度 50cm/sec 入力では、変形角 1/155 で 1 層柱の柱脚が曲げ降伏し、層崩壊メカニズムが形成された。JMA 神戸地震波 NS 成分(1995)を入力した実験の試験体 1 層部分の荷重 - 変形関係を図 2 に示す。1 層の最大変形および最大せん断力は 48.15mm ( $R_1=1/29$ ) と 627.8kN であり、最大残留変形は -13.91mm および +20.9mm であった。層崩壊メカニズム形成後の耐力低下はほとんど認められなかった。

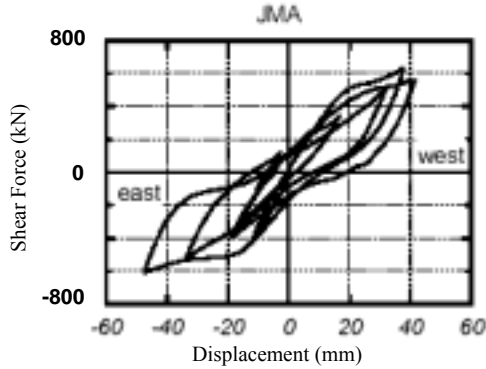


図2 荷重 - 変形関係

今回実施した12層ピロティ建築物に対する実験では、入力地震波レベルが大きくなるに従って、最下層における変形集中が顕著であった。しかし、変動軸力レベル  $N / (b \cdot D \cdot F_c)$  が  $-0.15 \sim 0.52$  (引張側は  $N / (p_g \cdot \sigma_y)$  で  $-0.92$ ) 程度と極めて大きかったにもかかわらず、圧縮側柱の靱性が大きかったため、JMA神戸地震波入力においても最大応答時における耐力低下は認められなかった。

ピロティ柱における軸力、せん断力および層間変形の相関関係より、最大応答時付近における引張側柱の降伏が高層ピロティ建築物の応答性状、特に、外力分布の変化やそれに伴うピロティ層への変形集中に大きく影響を与えることが明らかとなった。

2. ピロティ形式の分類と構造指標に関する検討

本研究で対象とする構造形式は、2層以上には連層耐震壁があり1層部分が純フレーム構造となるピロティ架構(以下、純ピロティ)、あるいは1層部分の一部に耐震壁を有するピロティ架構(以下、壁付ピロティ)である。壁付ピロティを含めて、ピロティ構造の崩壊形は図3に示すフローにより1層層崩壊と全体曲げ崩壊に分類することが出来る。本研究が対象とする崩壊形式は、1層部分での崩壊である。

一般に建築構造物の耐震設計においては、必要保有水平耐力  $Q_m$  は式(1)で計算される<sup>2)</sup>。

$$Q_{ud} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud} \tag{1}$$

1層の構造特性が比較的靱性に富むと判別された場合は  $D_s$  の値は小さくなり、結果として1層に要求される必要保有水平耐力は小さくなる。この場合は、建物全体で比較的一様に地震のエネルギーを吸収すると考えられる。しかし、ピロティ建物では、損傷が1層に集中するため、地震のエネルギーを殆どすべて1層で消費する必要があるため、式(1)により算出された必要保有水平耐力では1層に過大な変形が生じるおそれがある。そこで、ピロティ建築物の1層に対しては、式(2)により必要保有水平耐力を算出することを提案した。ここで、 $\alpha_p$  はエネルギー

集中を考慮して1層の変形量を許容値以下に抑えるための耐力割増係数である。

$$Q_{ud} = D_s \cdot F_e \cdot Q_{ud} \cdot \alpha_p \tag{2}$$

仮想仕事法を用いて、全体崩壊建物1層に生じる塑性率  $\mu$  とピロティ建物1層に生じる塑性率  $\mu'$  を等しくするために必要となる耐力割増係数  $\alpha_p$  を算出する。 $\mu = \mu' = 5.0$  における階数 20 階までの  $\alpha_p$  を算出すると図4のようになり、階数に応じて  $\alpha_p$  は大きくなり、10階建てで  $\alpha_p = 1.9 \sim 2.3$  となった。これは、10階建ピロティ建物で1層の塑性率を 5.0 程度に抑えるためには、1層に全体崩壊建物の 1.9~2.3 倍の耐力が必要であることを示している。

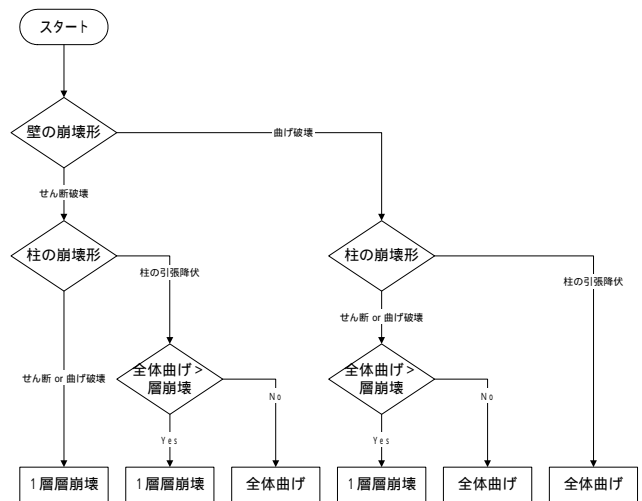


図3 ピロティ建築物の崩壊形式分類

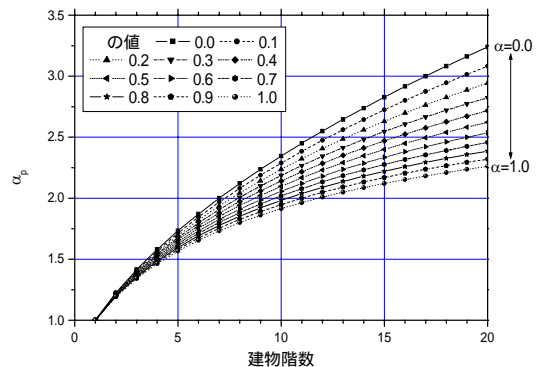


図4  $\alpha_p$  と階数の関係

【参考文献】

1. 春田孝浩、倉本洋、松本和行、楠浩一：12層鉄筋コンクリート造ピロティ建築物のサブストラクチャー仮動的実験、コンクリート工学年次論文集、Vol.24、No.2、2002年
2. 2001年版 建築物の構造関係技術基準解説書、(財)日本建築センター他編集、2001年