

- 2 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 ~ 13 年度)

国際地震工学センター

福田俊文

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

Toshibumi Fukuta

構造研究グループ

加藤博人

福山洋

Dept. of Structural Engineering

Hiroto Kato

Hiroshi Fukuyama

Synopsis-Earthquake response test was implemented on the 12-storied Pilotis type reinforced concrete structure using pseudo dynamic testing method. Structural damage was concentrated into the 1st story. The lateral force and lateral drift distribution at the maximum response was influenced by yielding of the tension side column in the 1st story.

【研究目的及び経過】

ピロティ建築物は、1階を多目的スペースに活用できる利点を有しており、特に人口密度の高い地域に適した構造形式である。しかし、1層部分が独立柱で構成されているため耐震壁で構成されている上部層と比べて耐力・剛性が極端に低い場合が多い。そのため、1995年1月の兵庫県南部地震の際にはこの種の建築物の数多くが1層の層崩壊によって大きな被害を受けた。本研究では、先に、6層鉄筋コンクリート（RC）造ピロティ建築物のサブストラクチャー仮動的実験を実施し、ピロティ柱の軸力変動に伴う負担せん断力と破壊性状の関係等を明らかにしたが、本年度には、地震時に柱が大きな軸力変動を受ける高層ピロティ建築物の崩壊メカニズムの把握を目的として12層建築物に対するサブストラクチャー仮動的実験を実施し、柱の変動軸力がその崩壊メカニズムや変形モード等に与える影響を検討した。

【研究内容】

試験体は、12層RC造ピロティ建築物における梁間方向1構面の下層2層部分を想定し、1995年12月の告示改正以前の耐震規準に基づいて設計した実大建築物の約1/2.5縮小モデルである（図-1参照）。

実験には、各载荷ステップにおいて上部10層の地震時挙動を計算し、同時に下部2層の部分的な加力実験を行うことにより、建築物全体（本実験では12層建築物）の地震応答を再現するサブストラクチャー仮動的実験法を適用した。

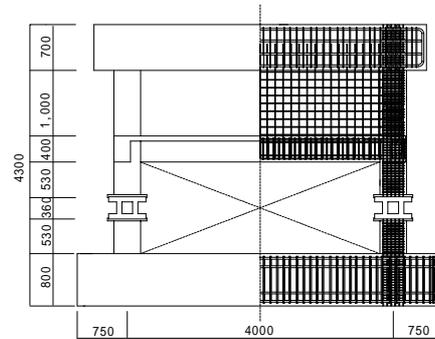


図-1 試験体概要

Test specimen

表-1 配筋詳細

Arrangement of reinforcement

| 場所 | 階 | 高さ (m) | B × D (cm) | 主筋 | 帯筋 |
|----|--------|--------|------------|--------|-------|
| 柱 | 2 | 1.4 | 40 × 40 | 16-D13 | D6@50 |
| | 1 | 1.8 | " | " | " |
| 梁 | | | 40 × 25 | 12-D13 | D6@80 |
| 壁 | 壁厚(cm) | | 配筋 | | |
| | 10 | | D10@80 | | |

12層骨組全体をMulti-spring Model²⁾を用いた詳細な解析を行なった結果、上部10層の耐震壁部分が曲げ・せん断ひび割れ強度に達しないことが確認されたため、仮動的実験時の上部10層の応答計算では、耐震壁を等価弾性柱に置換したフレームにモデル化した。また、上部10層は質量を各階床位置に、試験体部分に関しては質量を試

試験体頂部に集中させた。予備解析に基づいて粘性減衰を1次固有周期に対し3%の初期剛性比例型とした。応答解析の積分法についてはOperator-Splitting法を用い、積分刻みを0.01秒とした。実験に用いた地震波は、El Centro NSを10 cm/sec, 25 cm/secおよび50 cm/secに基準化した3波(以下, Elc-10, Elc-25およびElc-50と略記)およびJMA-Kobe NSの原波(以下, JMAと略記)の計4波である。試験体の相似則を考慮して、入力時間を $1/\sqrt{2.5}$ 倍している。

[研究結果]

Elc-50 入力に対する試験体の1層柱の荷重-変形関係を荷重ステップと対応させて図-2に示す。

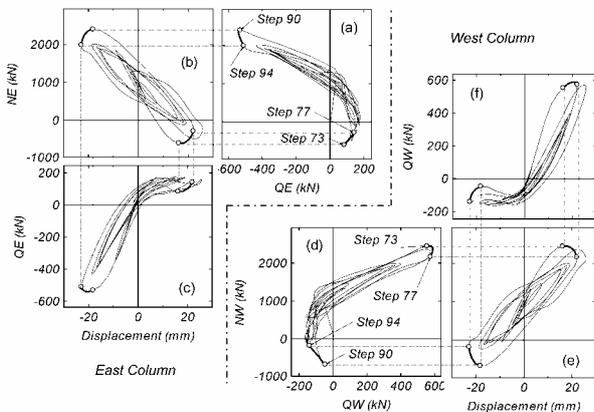


図-2 Elc-50 入力時の1層柱の荷重変形関係

Lateral shear, axial force-drift relation of 1st story columns under Elc-50 input

試験体の破壊経過を以下に述べる。Elc-10 入力において、1層の層間変位角 (R_1) が $1/487$ のときに西側の柱とスタブのきわに、 $R_1=1/617$ のときに東側1層柱脚に、ひび割れが発生した。Elc-25 入力では、Elc-10 入力時と比べて履歴面積が大きくなり、西方向載荷時において $R_1=1/156$ (532.1kN) で東側1層柱が引張軸力に起因する曲げ降伏に至った。1層の最大変形は 11.79mm ($R_1=1/119$)、最大せん断力は 602.6kN、最大残留変形は -2.2mm および +1.72mm であった。Elc-50 入力では、東方向載荷でも $R_1=1/155$ (514.6kN) で西側1層柱の柱脚が引張軸力に起因する曲げ降伏に至り、層崩壊メカニズムが形成された。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。また、終局時の1層の最大変形は 48.15mm ($R_1=1/29$)、最大せん断力は 627.8kN、最大残留変形は -13.91mm および +20.9mm であった。

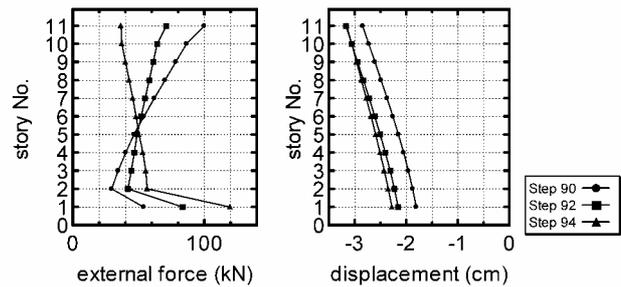


図-3 各載荷ステップの外力分布と変形分布

Lateral force and displacement distribution at Step 90 to 94

図-3 は、Step90~94における各層の外力分布と変形分布を示したものである。変形モードに関して、荷重ステップの増加に伴う上部10層の変形分布の変化はほとんど認められず、変形が下部2層(実際は最下層)に集中していることが示される。また、外力分布に関しては、軸力が増加から減少に反転点するStep90から最大応答変形点のStep94に至るまで、分布形はトップヘビー型から等分布型に変化している。

以上の実験結果から、高層ピロティ建築物の場合、最大応答付近での引張側柱の降伏が応答性状、特に、変動軸力の反転に伴う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分かった。

[参考文献]

- 1) 中塚善博, 倉本洋, 松本和行, 壁谷澤寿海: 6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.22, No.3, pp.31-36, 2000
- 2) Gu, J., Inoue, N. and Shibata, A.: Inelastic Analysis of RC Member Subjected to Seismic Loads by Using MS Model, Journal of Structural Engineering, Architectural Institute of Japan, Vol. 44B, pp.157-166, Mar. 1998 Japan, Vol. 44B, pp.157-166, Mar. 1998