

B-49

長周期地震動を受ける超高層 RC 造建物の最下層中柱を対象とした多数回繰り返し載荷実験  
(その 3 実験概要及び実験結果)

Cyclic Loading Tests of Middle column of Bottom in RC High-Rise Building under Long-Period Earthquake Ground Motion  
(Part3. Experimental Result of the Capacity of Horizontal Loaded RC Column under Dynamic and Static Loading)

○伊藤 渚<sup>1</sup>, 古谷 章<sup>2</sup>, 北嶋 圭二<sup>3</sup>, 楠 浩一<sup>4</sup>, 田才 晃<sup>4</sup>, 中西 三和<sup>3</sup>, 安達 洋<sup>3</sup>  
\*Nagisa Ito<sup>1</sup>, Akira Furuya<sup>2</sup> Keiji Kitajima<sup>3</sup> Koichi Kusunoki<sup>4</sup> Akira Tasai<sup>4</sup> Mitsukazu Nakanishi<sup>3</sup> Hiromi Adachi<sup>3</sup>

This paper presents the results of RC column specimens under dynamic and static horizontal loading. The effects of strain rate and maximum load are investigated.

1. はじめに

超高層 RC 造建物の最下層中柱を対象に、塑性率  $\mu < 2$  の変形レベルにおける多数回繰り返し載荷実験を静的及び動的に行った。本報(その 3)では実験概要及び実験結果について述べる。

2. 試験体概要

試験体概要を Table 1 に、鉄筋の材料試験結果を Table 2 に、コンクリートの材料試験結果を Table 3 に、試験体形状及び配筋詳細図を Fig.1 に、歪ゲージ及びパイゲージ取り付け図を Fig.2 に示す。試験体は、超高層 RC 造建物の最下層中柱を想定した実大柱の約 1/5.5 の縮尺模型であり、同一形状の 2 体の試験体に対して静的及び動的載荷実験を実施した。主な構造諸元は、柱断面  $b \times D = 200 \times 200 \text{mm}$  柱内法高さ  $H = 1000 \text{mm}$  (シアスパン比  $M/QD = 2.5$ ), コンクリート設計基準強度  $F_c = 60 \text{N/mm}^2$ , 主筋 8-D13 (SD390,  $P_g = 2.53\%$ ), 高強度せん断補強筋 2-S6@30 (KSS785,  $P_w = 1.06\%$ , 溶接閉鎖型) であり、軸力比  $\eta = 0.3$  ( $\eta = N/bDF_c$ ), せん断余裕度 1.23 とした。なお、実建物の最下層柱の反曲点高比 ( $y$ ) がおよそ 1.0 であるのに対し、実験では装置の関係で  $y = 0.5$  と異なることから、基準柱高さ  $H = 500 \text{mm}$  を 2.0 倍した柱内法高さ  $H = 1000 \text{mm}$  の試験体とすることにより、地震時の最下層柱脚のモーメントを再現した。

3. 載荷装置及び載荷方法

載荷装置図及び測定方法を Fig.3 に示す。実験は本学大型構造物試験センター内テストフロアに設置した通称研式載荷装置を用いて行った。試験体の上下は十分に剛なスタブを設け、そのスタブを反力床に固定したベッドと上部の加力 L 字ビームに PC 鋼棒で圧着した。L 字ビームはパンタグラフ機構で平行に維持されるため、試験体は逆対称の変形状態となる。水平力は反力壁に取付けたアクチュエータにより負荷し、変位制御で正負交番繰返し載荷を行った。軸力は鉛直加力用ジ

Table.1 Outline of Specimens

試験体名称	載荷方法	軸力比 $\eta$	寸法 $b \times D \times H [\text{mm}]$	M/Qd	主筋	せん断補強筋	コンクリート設計基準強度 $F_c$ [ $\text{N/mm}^2$ ]	せん断余裕度
静的載荷試験体	静的	0.3	200 × 200 × 1000	2.5	8-D13 (SD390) $P_g = 2.53\%$	2-S6@30 (kss785) $P_w = 1.06\%$	60	1.23
動的載荷試験体	動的							

Table.2 Concrete Testing

試験体名称	圧縮強度 $\sigma_B$ [ $\text{N/mm}^2$ ]	ヤング係数 $E \times 10^4$ [ $\text{N/mm}^2$ ]	割裂引張強度 $\sigma_T$ [ $\text{N/mm}^2$ ]
静的載荷試験体	61.3	3.59	4.84
動的載荷試験体	64.7	3.50	5.55

Table.3 Reinforcement Testing

鉄筋名	降伏強度 $\sigma_y$ [ $\text{N/mm}^2$ ]	降伏歪 $\epsilon_y$ [ $\mu$ ]	引張強度 $\sigma_T$ [ $\text{N/mm}^2$ ]	ヤング係数 $E \times 10^5$ [ $\text{N/mm}^2$ ]
D13 (SD390)	418.2	2182	622.8	2.01
S6 (kss785)	1021.2	8104	1251.0	1.71

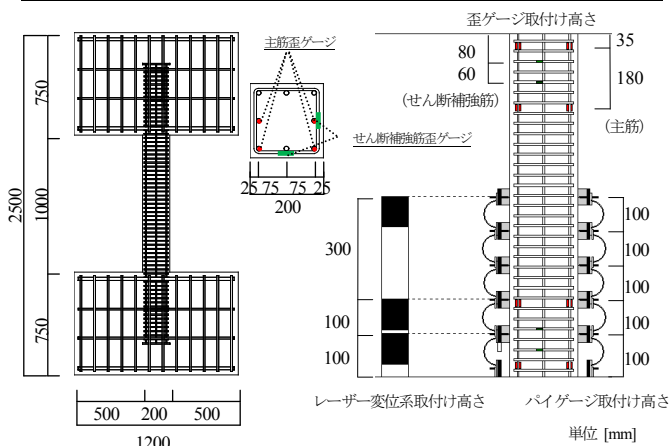


Fig.1 Specimens Detail

Fig.2 Figure of Strain Gage and PI Gage

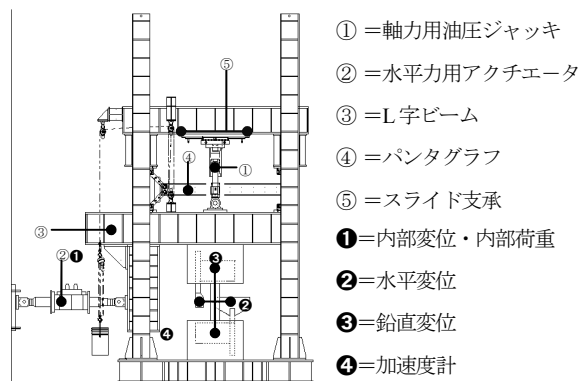


Fig.3 Outline of Loading Device and Measurement Method

1 : 日大理工・学部・海建 Student, Nihon Univ.  
2 : 日本 ERI 株式会社 JAPAN ERI CO.,LTD.

3 : 日大理工・教員・海建 Prof. Nihon Univ. Dr. Eng.  
4 : 横浜国大・教員・建築 Prof. Yokohama National Univ. Dr. Eng.

ジャッキにより負荷し、ジャッキ上面にスライド支承を設け、試験体の水平変位に追随し、常に柱頭柱心に定軸力が作用するように荷重制御した。

#### 4. 加力スケジュール概要

動的載荷時の加力スケジュールをFig.3に、加力スケジュールをTable.4に示す。加力スケジュールは、部材角 $R=1/500, 1/200, 1/100, 1/75$ の増分変位を与えた後、部材角 $R=1/200, 1/75$ を一对として、軸力支持能力喪失時までとした。繰返し回数は継続時間の長い地震動を再現するために、各部材角において10回とした。動的載荷時の周期 $T_D$ はプロトタイプの時刻歴応答解析結果を参考に、部材角 $R=1/500, 1/200$ はプロトタイプの固有周期 ( $T_P$ ) を、部材角 $R=1/100, 1/75$ はそれぞれの変形レベル時の等価周期に相似則 ( $T_D=T_P/\sqrt{5.5}$ ) を適用させたものとした。なお、静的載荷実験では、動的載荷時に使用した波の周期 $T_D$ を60倍に引き延ばして実験を行った。

#### 5. 実験結果

##### 水平荷重—部材角関係

水平荷重—部材角関係を Fig.4 に、最大荷重時一覧を Table.5 に、鉄筋降伏時一覧を Table.6 に、最終破壊形状を Fig.5 に示した。水平最大荷重は、動的載荷時が静的載荷時を上回った。

##### 静的載荷試験体

負側載荷時、部材角 $R=-0.93\%$ (部材角 $R=-1/100$ )で最大荷重-145.98kNに達し、繰返し回数を増す毎に徐々に水平耐力が低下した。部材角 $R=1/500$ のサイクル1回目で柱頭・柱脚に曲げひび割れが発生し、その後、曲げひび割れが進行した。部材角 $R=1/200$ のサイクル1回目で柱頭・柱脚の主筋で圧縮降伏が発生し、柱脚での圧壊が進行後、柱頭・柱脚のかぶりコンクリートが剥落した。その後の部材角 $R=1/200, 1/75$ を一对とした繰返し載荷により、部材角 $R=1/75$ (71cサイクル)の1回目でせん断補強筋が引張降伏し、部材角 $R=-1/75$ (サイクル-699サイクル)で主筋が座屈、せん断補強筋の破断と柱頭全体の圧壊により、軸力支持能力を喪失した。最終破壊形状は、曲げ降伏後の圧縮破壊である。

##### 動的載荷試験体

負側載荷時、部材角 $R=-0.94\%$ (部材角 $R=-1/100$ )で最大荷重-158.64kNに達し、繰返し回数を増す毎に徐々に水平耐力が低下した。部材角 $R=1/200$ のサイクル1回目で柱頭・柱脚の主筋で圧縮降伏、その後の部材角 $R=1/200, 1/75$ を一对とした繰返し載荷により、部材角 $R=1/75$ (112cサイクル)の2回目でせん断補強筋が圧縮降伏した。部材角 $R=1/75$ (サイクル571サイクル)で、軸力支持能力を

喪失した。最終破壊形状は、静的載荷実験と同様曲げ降伏後の圧縮破壊である。

#### 6. まとめ

本報では、実験概要及び実験結果について報告した。次報にて引き続き実験結果について報告する。

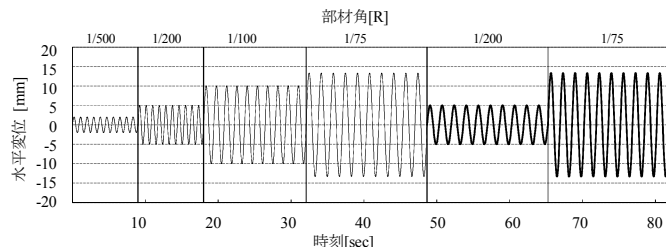
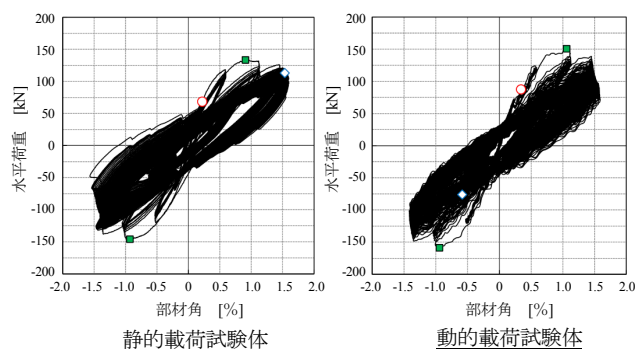


Fig.3 Loading Schedule

Table.4 Summary of Loading Schedule

	1/500	1/200	1/100	1/75	1/200	1/75
目標変位 [mm]	2	5	10	13.3	5	13.3
目標部材角 [%]	0.2	0.5	1	1.33	0.5	1.33
繰返し回数 [回]	10					
周期 [sec]	2.11		3.3		3.89	
時刻歴応答解析	固有周期		部材角 $R=1/100$ 相当の等価周期		部材角 $R=1/75$ 相当の等価周期	
動的載荷実験時周期 $T_D$ [sec]	0.9		1.41		1.66	
静的載荷実験時周期 $T_s$ [sec]	54		84.6		99.6	



■ 最大荷重点 ○ 主筋降伏点 ◇ せん断補強筋降伏点

Fig.4 Horizontal Load-Horizontal

Table.5 Maximum Load List

試験体名	最大荷重時			
	正側載荷		負側載荷	
	水平荷重[kN]	部材角[%]	水平荷重[kN]	部材角[%]
静的載荷試験体	133.3	0.90	-146.0	-0.93
動的載荷試験体	150.7	1.06	-158.6	-0.94

Table.6 Surrendered Rebar List

試験体名	主筋降伏時		せん断補強筋	
	水平荷重[kN]	部材角[%]	水平荷重[kN]	部材角[%]
静的載荷試験体	68.5	0.22	113.1	1.53
動的載荷試験体	87.4	0.34	-76.2	-0.58

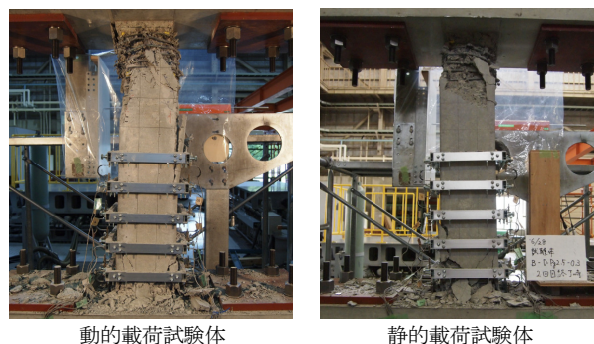


Fig.5 Destruction Figure after Horizontal