

B-19

長周期地震動を受ける超高層 RC 造建物の柱梁接合部の性能に関する研究

(その1 実験概要)

Experimental Study of Beam-Column Joints in RC High-Rise Building under Long-Period Earthquake Ground Motion  
(Part 1. Outline of Test)

○佐々木 成紀<sup>1</sup>, 古谷 章<sup>2</sup>, 北嶋 圭三<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>

\*Naruki Sasaki<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>

The purpose of this study is to investigate the response and performance of columns in RC high-rise buildings under a long-period earthquake. The static and dynamic tests RC beam-column Joints are performed in this study. In this paper, the outline of test is presented.

1. はじめに

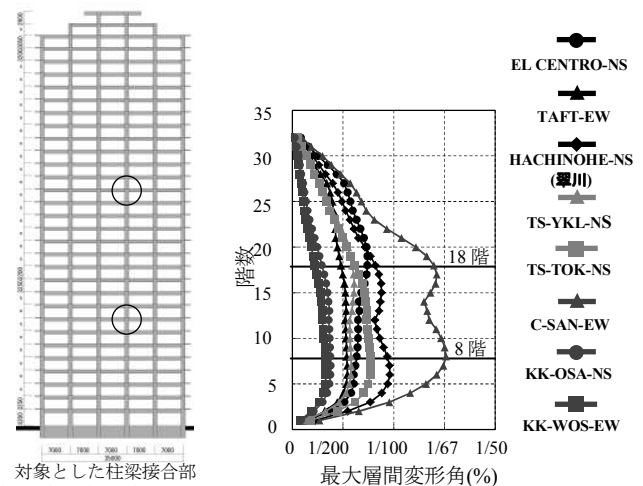
試設計を行った超高層 RC 造建物の柱梁接合部を対象に、長周期地震動を受けた際の応答性状を想定した大変形に至るまでの多数回繰返しの静的及び動的載荷実験を行った。

2. 試験体概要

一昨年の研究<sup>1)</sup>で(財)日本建築センター発行「ビルディングレター」<sup>2)</sup>の超高層建築物性能評価・評定シートのうち2001年3月～2011年11月号までに掲載された免震構造を除く評定建物245件より作成したデータベースを参考に超高層 RC 造建物の試設計(以下プロトタイプ)を行った。プロトタイプはスパン数 X 方向 5, Y 方向 4, 地上 30 階建て、軒高約 100m, 1 次固有周期約 2 秒である。建物の軸組図を図 1 に、プロトタイプに対する設計用地震動による X 方向の最大応答層間変形角分布を Fig.2 に示す。国土交通省中部地方整備局が長周期地震動を模擬して作成した名古屋三の丸を想定観測地点とした東海・東南海地震 C-SAN-EW(三の丸波)では一般的なクライテリアである層間変形角 1/100 を超える応答値が中間階で得られた。この中間階の柱梁接合部を実験対象とした。また、柱と梁の曲げ耐力比が接合部挙動に及ぼす影響を調べることも目的としているため同耐力比が 2 以上の接合部の性能に余裕のある 8 階と 2 以下となる 18 階の柱梁接合部を対象とした約 1/4 の縮尺モデルを試験体とした。

試験体概要を Table 1 に、コンクリートの材料試験結果を Table 2 に、鉄筋の材料試験結果を Table 3 に、試験体形状及び配筋詳細図を Fig.2 に示す。各階 2 体ずつ計 4 体の試験体に対して静的および動的載荷実験を実施した。8 階試験体の主な構造諸元は、柱断面  $b_c \times D_c = 250 \times 250 \text{mm}$ , 梁断面  $b_b \times D_b = 170 \times 230 \text{mm}$ , コンクリート設計基準強度  $F_c = 60 \text{N/mm}^2$ , 梁主筋 D16(SD390)

で接合部内通し配筋, 高強度せん断補強筋 S6(KSS785, 溶接閉鎖型)であり, 軸力比  $\eta = 0.25$ , とした。18 階試験体は 8 階試験体と同一断面で, コンクリート設計基



対象とした柱梁接合部  
Fig.1 elevation of Prototype

Fig.2 Distribution of Maximum Story

Table.1 Outline of Specimens

試験体		8階試験体	18階試験体
柱	断面寸法	$b_c \times D_c = 250 \times 250 \text{mm}$	
	主筋	8-D16(SD390) $P_g = 2.55\%$ 8-D13(SD390) $P_g = 1.63\%$	
	帯筋	2-S6@35(KSS785) $P_w = 0.73\%$	
	$F_c [\text{N/mm}^2]$	60	42
梁	断面寸法	$b_b \times D_b = 170 \times 230 \text{mm}$	
	主筋	8-D16(SD390) $P_g = 4.07\%$	8-D13(SD390) $P_g = 2.59\%$
	あばら筋	2-S6@35(KSS785) $P_w = 1.07\%$	
	$F_c [\text{N/mm}^2]$	60	42
接合部補強筋		2-S6@44(KSS785) $P_w = 0.86\%$	
軸力比		0.25	0.126
接合部付着余裕度		1.24	1.15
接合部せん断余裕度		1.21	1.19
柱梁曲げ耐力比		2.41	1.87

Table.2 Concrete Testing

試験体名	圧縮強度 $\sigma_c [\text{N/mm}^2]$	ヤング係数 $E \times 10^4 [\text{N/mm}^2]$	割裂引張強度 $\sigma_T [\text{N/mm}^2]$
8階試験体	65.1	3.47	4.4
18階試験体	45.3	3.24	3.7

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 $E \times 10^4 [\text{N/mm}^2]$
D13(SD390)	413.3	2248	621.0	1.85
D16(SD390)	446.6	2552	621.4	1.84
S6(KSS785)	987.1	6966	1135.9	2.05

1 : 日大理工・院 (前)・海建 Graduate Student, Nihon Univ.

3 : 日大理工・教員・海建 Prof. Nihon Univ. Dr. Eng.

2 : 日本 ERI 株式会社 JAPAN ERI CO.,LTD.

4 : 横浜国大・教員・建築 Prof. Yokohama National Univ. Dr. Eng.

準強度  $F_c=42\text{N/mm}^2$ ，梁主筋 D13(SD390)，軸力比  $\eta=0.126$  とした。

### 3. 載荷装置および載荷方法

載荷装置図をFig.4 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建研式載荷装置を用いて行った。試験体は柱頭，柱脚および左右梁端をピンとし，地震時における接合部の応力状態を再現した。水平力は反力壁に取り付けたアクチュエータにより，変位制御で静的並びに動的に正負交番繰り返し載荷を行った。軸力は鉛直加力用ジャッキで荷重制御により負荷した。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従し，常に柱頭柱心に鉛直方向の定軸力を作用させた。静的および動的共に，水平方向のアクチュエータおよび軸方向の軸力用油圧ジャッキに組み込まれたロードセルにより試験体に作用する荷重を計測した。試験体の変位の測定は，試験体背面に取り付けた測定治具を用いて測定した。水平変位は，上下柱の支点間の相対変位をストローク式変位計により，軸方向の伸縮量は巻込型変位計により測定した。また，接合部パネルの鉛直，水平および対角変位をストローク式変位計で測定(Fig.5)した。歪ゲージは梁フェイスおよび柱フェイス位置の主筋に計10点，接合部内の主筋に計10点，接合部内のせん断補強筋に計8点に配置した。サンプリング間隔は動的載荷では0.01secとして多点同時計測を行った。

### 4. 加力スケジュール概要

プロトタイプに対する長周期地震動を模擬した C-SAN-EW(三の丸波)の地震入力による時刻歴応答解析の結果(Fig.6)を参考に加力スケジュールを定めた。動的載荷時の加力スケジュールをFig.7に，加力スケジュール項目をTable.4に示す。加力スケジュールは，部材角 (以下Rと称す)  $R=1/500, 1/200, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30, 1/20$ の漸増増分変位を与えた後，1/10の押切をして実験を終了とした。繰り返し回数は，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<sup>3)</sup>とした。また，加振周期 $T_D$ の決定に際しては，最大速度50.0cm/secとして規準化した八戸NS波(Lv2)で最大層間変形角 $R=1/100$ 相当を記録したこと，C-SAN-EW(三の丸波)で最大層間変形角 $R=1/75$ 相当の応答値を記録したことを参考として定めた。すなわち， $R=1/500$ と1/200の加振周期はプロトタイプの弾性1次固有周期(2.11sec)に基づき決定し， $R=1/100$ の加振周期は八戸NS波での最大応答時の等価周期(3.3sec)に基づき， $R=1/75$ およびその後の加振では三の丸波での最大応答時の等価周期(3.89sec)に基づき決定した。

### 5. まとめ

本報では実験概要について報告した。次報では実験結果について報告する。

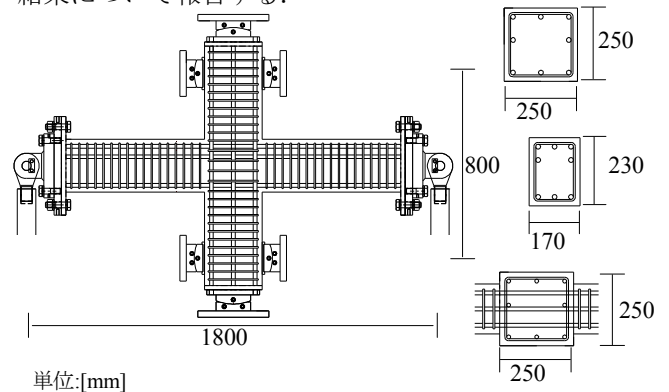


Fig.3 Specimens Detail

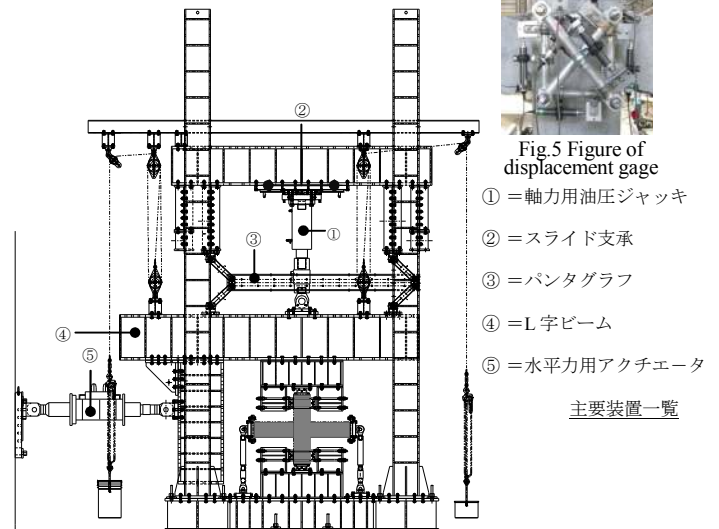


Fig.4 Outline of Loading Device and Measurement Method

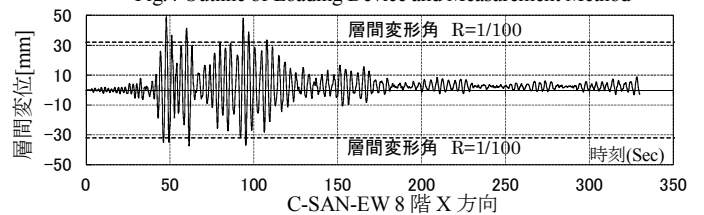


Fig.6 Time History of Relative Story Responses

Table.4 Summary of Loading Schedule

部材角R[rad]	1/500	1/200	1/100	1/75	1/50	1/30	1/20
目標変位[mm]	1.6	4	8	10.7	16	26.7	40
繰返し回数[回]	10	10	10	10	10	10	10
プロトタイプの 周期T[sec]	固有周期	層間変形角 1/100相当の 等価周期		層間変形角1/75時の 最大速度を一定に設定			
	2.11	3.3	3.89				
動的載荷実験時 周期 $T_D T = \sqrt{4}$	1.05	1.65	1.95	2.92	4.86	7.29	

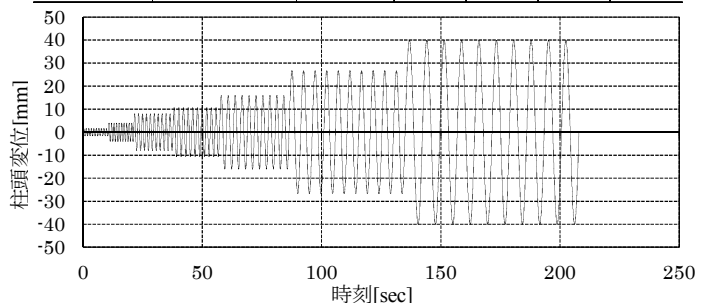


Fig.7 Loading Schedule