

長周期地震動を受ける超高層 RC 造建物の柱梁接合部の部材性能に関する研究
(その1 実験概要)

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

○伊藤 渚¹, 古谷 章², 北嶋 圭三³, 楠 浩一⁴, 田才 晃⁵, 中西 三和³, 安達 洋⁶
*Nagisa ito¹, Akira Furuya², Keiji Kitajima³, Koichi Kusunoki⁴, Akira Tasai⁵, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁶

The purpose of this study is to investigate the response and performance of beam-column Joints 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

継続時間が長い長周期地震動を受けた際の超高層 RC 造建物(以下, 超高層 RC)の構造性能については不明な点が多く, 構造物を構成する部材ごとにその影響を明らかにする必要がある。

本研究では, 長周期成分を含んだ揺れを長時間受け続けた際の超高層 RC の柱梁接合部の部材性能を把握する実験を行った。実験は, 同一断面寸法で柱梁曲げ耐力比(柱の曲げ耐力/梁の曲げ耐力: 計算値)の異なる 2 種類の試験体に対し, 最大耐力近傍付近の部材角での多数回繰り返し載荷実験を静的および動的に行い, RC 柱梁接合部の破壊状況と載荷方法の違いが部材挙動に及ぼす影響を確認する。

2. 試験体概要

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, 試験体形状および配筋詳細図を Fig.1 に示す。試験体は, 30 階建ての超高層 RC の 18 階および 24 階の十字型柱梁接合部を想定した縮尺約 1/4 の模型である。18 階を模擬した 18S, 18D 試験体(試験体名末尾 S: 静的, D: 動的)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 $F_c = 48 \text{N/mm}^2$, 梁主筋 8-D13(SD390, $P_g = 2.60\%$)で接合部内通し配筋, 高強度せん断補強筋 2-S6@35(KSS785, $P_w = 1.06\%$, 溶接閉鎖型)であり, 柱軸力比($\eta = N/bDF_c$) $\eta = 0.126$, 柱梁曲げ耐力比 2.05 とした。一方, 24 階を模擬した 24S, 24D 試験体は, 18S, 18D 試験体と同一断面寸法で, コンクリート設計基準強度 42N/mm^2 , 梁主筋 8-D13(SD345, $P_g = 2.60\%$), 柱軸力比 $\eta = 0.100$, 柱梁曲げ耐力比 1.80 とした。なお, 梁曲げ耐力の計算には鉄筋コンクリート構造計算規準・

同解説の梁曲げ耐力略算式を, 接合部せん断余裕度, 梁主筋付着強度, 設計用付着力の計算には靱性保障型耐震設計指針式をそれぞれ用い, 材料強度は材料試験結果を採用した。

Table.1 Details of Specimens

試験体名		18S 18D	24S 24D
柱	断面寸法	$b_c \times D_c = 250 \times 250 [\text{mm}]$	
	主筋	8-D13(SD390) $P_g = 1.63\%$	4-D13(SD345) $P_g = 0.81\%$
	せん断補強筋	2-S6@35(KSS785) $P_w = 0.72\%$	
	$F_c [\text{N/mm}^2]$	48	42
梁	断面寸法	$b_b \times D_b = 170 \times 230 [\text{mm}]$	
	主筋	8-D13(SD390) $P_g = 2.60\%$	8-D13(SD345) $P_g = 2.60\%$
	せん断補強筋	2-S6@35(KSS785) $P_w = 1.06$	
	$F_c [\text{N/mm}^2]$	48	42
接合部補強筋		2-S6@44(KSS785)	
柱軸力比		0.126	0.100
接合部付着余裕度		1.33	1.23
接合部せん断余裕度		1.05	1.19
柱梁曲げ耐力比		2.05	1.80

Table.2 Material Properties of Concrete

試験体名	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 $\sigma_T [\text{N/mm}^2]$
18S・18D	57.6	3.48	4.3
24S・24D	46.3	2.58	3.3

Table.3 Material Properties of Reinforcements

試験体名	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 (SD345)	384.7	2393	401.9	1.83
D13 (SD390)	426.3	2575	462.8	1.85
S6 (KSS785)	1066.1	9316	956.8	1.46

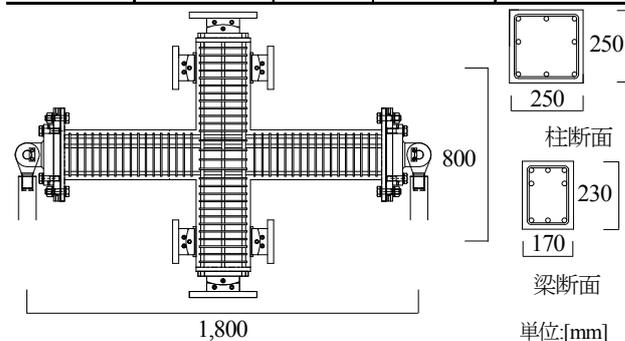


Fig.1 Detail of Specimen

1 : 日大理工・院(前)・海建 Graduate 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 : 東京大地震研究所・教員 Prof. Univ Tokyo.,Dr. Eng.

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

6 : 日大理工・名誉教授・海建 Emeritus Prof. Nihon Univ.,Dr. Eng.

3. 荷重装置および実験方法

荷重装置図を Fig.2 に、接合部変位測定治具を Photo.1 に、主筋およびせん断補強筋に取り付けた歪ゲージ位置を 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されている通称建研式荷重装置を用いて行った。試験体の支持条件は、柱頭・柱脚および左右の梁端部をピン支持とし、地震時に生じる接合部の応力状態を再現した。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荷重を行った。アクチュエータによって負荷した水平力は L 字ビームを介して試験体に伝達され、L 字ビームはパンタグラフ機構により水平に維持されている。軸力は軸力用油圧ジャッキにより一定軸力を負荷した。軸力用油圧ジャッキ上部にスライド支承を設けることで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で載荷した。荷重の計測項目は、静的および動的ともに水平方向のアクチュエータおよび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。また、試験体の水平変位は、柱頭部分に取り付けたストローク式変位計を用いて計測し、鉛直変位は、柱部材に取り付けた巻き込み式変位計を用いて計測した。また、接合部パネルゾーンで鉛直、水平、対角変位を測定している。鉄筋の歪は、梁主筋上端一段筋、梁主筋上端二段筋、梁主筋下端筋、柱主筋、接合部内主筋およびせん断補強筋に歪ゲージを取り付け計測した。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

動的載荷時の加力スケジュールを Fig.4 に、加力スケジ

ュール概要を Table.4 に示す。加力スケジュールは、最大耐力を経験する部材角(以下 R と称す)1/50[rad]まで、R=1/500, 1/200, 1/100, 1/75, 1/50 の漸増増分変位を与えた後、R=1/200, 1/50 を 1set として、15set 繰返した。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。また、動的載荷時の加振周期 T_D はプロトタイプの時刻歴応答解析結果を参考に決定した。R=1/500, 1/200 はプロトタイプの固有周期 (T_P) を、R=1/100 は層間変形角 R=1/100 相当の等価周期を、R=1/75 以降は層間変形角 R=1/75 相当の等価周期に相似則 ($T_D=T_P/\sqrt{4}$) を適用させたものとした。

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。

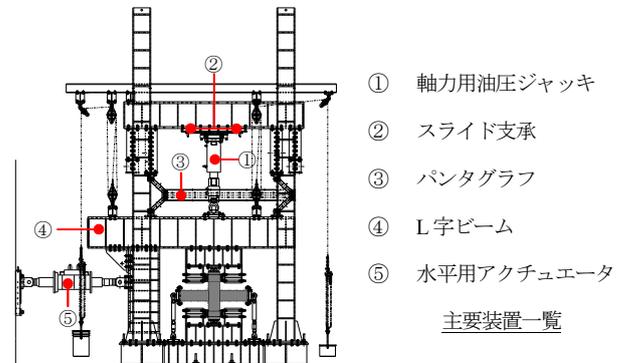


Fig.2 Outline of Loading Device and Measurement Method



Photo.1 Displacement Gage of Panel Zone

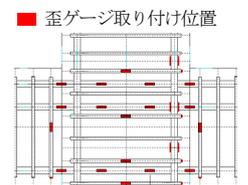


Fig.3 Strain Gage

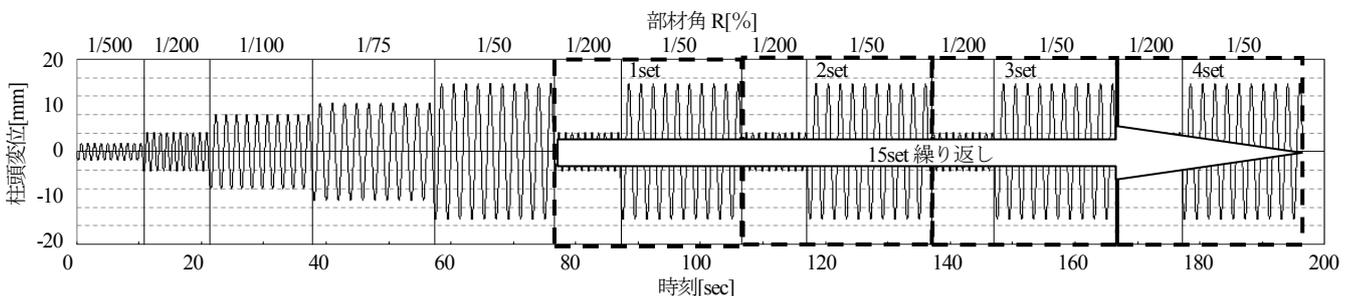


Fig.4 Loading Schedule

Table.4 Summary of Loading Schedule

部材角[R]	1/500	1/200	1/100	1/75	1/50	1/200	1/50	1/200	1/50	1/200	1/50	1/200	1/50
サイクル[C]	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	111~120	121~130	131~140
set						1set	2set		3set		4set		
目標変位[mm]	1.6	4.0	8.0	10.7	16.0	4.0	16.0	4.0	16.0	4.0	16.0	4.0	16.0
目標部材角[%]	0.2	0.5	1.0	1.3	2.0	0.5	2.0	0.5	2.0	0.5	2.0	0.5	2.0
繰返し回数[回]	10												
プロトタイプの周期 T_P [sec]	2.11		3.3			3.89							
時刻歴応答解析	固有周期		層間変形角 R=1/100 相当の等価周期			層間変形角 R=1/75 相当の等価周期							
動的載荷実験時 周期 $T_D=T_P/\sqrt{4}$	1.05		1.65			1.95							