

多数回繰返し载荷を受ける RC 造スラブ付十字形柱梁接合部の構造性能に関する実験的研究
(その1 実験概要)

Experimental Study on Structural Performance of RC Interior Column-Beam Joints with Slab under Multi Cyclic Loading
Part 1 Outline of Test

○今津祥地郎¹, 新井義友¹, 草川和広², 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴

*Shojiro Imadu¹, Yoshitomo Arai¹, Kazuhiro Kusakawa², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

Abstract: This paper presents the outline of experiment.

1. はじめに

2003 年の十勝沖地震や 2011 年の東北地方太平洋沖地震において、超高層建物が受けた長周期地震動による継続時間の長い多数回繰返し挙動が注目された。また、2016 年熊本地震においても、震源付近で強い地震動を複数回受けることによる建物被害が報告された。今後発生が予想される南海トラフを震源とする巨大地震においても、長周期地震動や多数回繰返しの強震動が高層建物の挙動に及ぼす影響が危惧されている¹⁾²⁾。

鉄筋コンクリート(以降、RC)造建物の柱梁接合部の設計において、現行の計算規準³⁾では梁曲げ降伏が先行する接合部であっても、柱梁強度比(柱と梁の危険断面が曲げ終局強度に至る時の節点位置での曲げモーメントの比)が小さい場合には、接合部内に生じた斜めひび割れによって 4 分割された部分が、柱ないしは梁部材と一緒に回転し変形が増大することにより、接合部の破壊が急激に進展する接合部降伏破壊⁴⁾となることが指摘されている。

このような背景により、昨年度⁵⁾は柱梁強度比が 1.2 及び 1.9 の RC 造建物の十字形柱梁接合部を対象に載荷実験を行った。実験での最終破壊形状は接合部せん断破壊の様相を呈していたが、柱の曲げひび割れと接合部斜めひび割れが繋がり接合部の破壊が進展したことや鉄筋の降伏状況、接合部入力せん断力の急激な低下が生じていないことなどから、最終破壊性状は接合部降伏破壊と判定された。また、柱軸力比(作用させた軸力を柱の断面積とコンクリート強度の積で割った値)を変え柱梁強度比を 1.9 と高くしたため、実験では接合部に著しい損傷が生じるだけでなく、接合部内の柱主筋の座屈に伴い柱の鉛直変位が急激に増加し、柱の軸力保持能力の低下が生じていた。

本研究では、柱軸力比を一定とし柱主筋径と降伏強度を変え柱梁強度比を高くした試験体での載荷実験と、接合部への損傷が生じ始めた原因となるひび割れの発

生及び進展に及ぼすスラブの影響を確認するため接合部にスラブを取り付けた試験体の載荷実験を行う。試験体は、スラブ無しで柱梁強度比が 1.4 及び 1.9 の試験体に対して、スラブが有る試験体の計 4 体である。各試験体の比較検討の関連を Fig.1 に示す。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

Table1 に試験体概要を、Table2 に材料試験結果一覧を、Fig.2 に試験体形状及び配筋詳細図を示す。試験体は、RC 造建物の十字形柱梁接合部を想定した 1/4 の縮尺試験体とし、接合部せん断破壊が生じない梁曲げ降伏先行型の試験体を 4 体製作した。試験体名は、スラブ無しで柱梁強度比(CBR:Column-to-Beam Strength Ratio)1.4 の試験体を CBR1.4, スラブ無しで柱梁強度比 1.9 の試験体を CBR1.9, スラブ(SL)付きで柱梁強度比

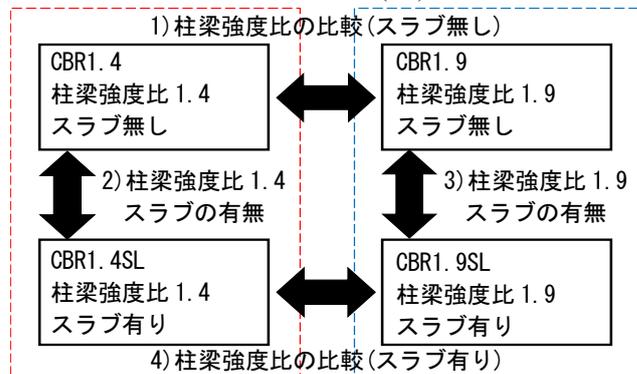


Fig.1 Comparison of Test Body

Table1 List of Material

試験体名	CBR1.4	CBR1.4SL	CBR1.9	CBR1.9SL
載荷方法	静的漸増増分載荷			
コンクリート強度 [N/mm ²]	54			
梁	主筋	14-D13 (SD345)		
	せん断補強筋	2-S6@35 (KSS785)		
柱	主筋	12-D10 (SD295)	12-D13 (SD345)	
	せん断補強筋	4-S6@30 (KSS785)		
接合部	横補強筋	2-S6 (KSS785)		
	せん断余裕度	1.6		
	付着余裕度	1.24		
スラブの有無	無	有	無	有
柱梁強度比	1.4		1.9	
強度低下率 β _l	1.4		1.6	
軸力比 η	0.15			

1 : 日大理工・学部・海建 2 : 日大理工・院(前)・海建 3 : 日大理工・教員・海建 4 : 日大・名誉教授

1.4 の試験体を CBR1.4SL, スラブ付きで柱梁強度比 1.9 の試験体を CBR1.9SL とした. スラブ厚は 50mm で, スラブ幅は柱面から片側 100mm とした. なお, Table1 には柱梁接合部の挙動に及ぼす主な設計因子として, 接合部せん断余裕度(接合部せん断終局強度と梁主筋降伏時接合部入力せん断力の比), 付着余裕度(付着強度と梁通し主筋が接合部両端で引張及び圧縮の降伏強度に達した時に生じる付着応力の比)⁶⁾, 柱梁強度比, 柱梁接合部降伏による強度低下率⁷⁾を示している. Table1 の計算結果は, Table2 に示す材料試験結果を用いて算出した値であり, CBR1.4SL と CBR1.9SL はスラブによる効果を計算に考慮していない.

2.2 载荷概要

Fig.3 に载荷装置を示す. 実験は本学大型構造物試験センター内に設置されている通称建研式载荷装置を用いて行った. 試験体は柱頭, 柱脚をピン支持, 左右の梁端部をローラー支持とし, 地震時に生じる接合部の応力状態を再現した. 水平力は, 反力壁に取り付けた油圧ジャッキにより, 柱頭の変位制御で正負交番繰返し载荷を行った. 油圧ジャッキ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. 柱軸力は, 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, 常に柱頭図心に定軸力が作用するように荷重制御した. 荷重の計測は水平加力用の油圧ジャッキに組み込まれたロードセルを用いた. また, 梁端部に設置したロードセルにより梁せん断力を計測した. 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た. また, 鉄筋のひずみは, 主に接合部周辺の柱主筋, 梁主筋, せん断補強筋にひずみゲージを取り付け計測した.

2.3 加力スケジュール概要

Table3 に加力スケジュール概要, Fig.4 に加力スケジュールを示す. 実験は部材角(以降, 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

Table2 Material Properties of Concrete and Reinforcement

鉄筋	降伏強度 [N/mm ²]	降伏ひずみ [μ]	引張強度 [N/mm ²]	ヤング係数 [×10 ³ N/mm ²]
D10	352	1772	508	208
D13	366	2066	547	196
D4	312	1820	508	199
S6	927	7052	1092	199
コンクリート	圧縮強度 [N/mm ²]	圧縮時ひずみ [μ]	割裂強度 [N/mm ²]	ヤング係数 [×10 ³ N/mm ²]
CBR1.4	54	2500	3.2	31
CBR1.9	54	2467	2.9	30
CBR1.4SL	54	2517	3.2	30
CBR1.9SL	54	2251	2.9	31

与えた. 各部材角の繰返し回数(サイクル数)は, 継続時間の長い地震動を再現するために 10 回⁸⁾とした.

3. まとめ

柱梁強度比の影響, スラブの有無による影響を把握するために行った実験の概要について示した.

- 【参考文献】
- 1) 大川出:東日本大震災の最終報告を踏まえて③長周期地震動の評価について, 独立研究法人建築研究所, 2012.6
 - 2) 南海トラフの巨大地震モデル検討会他:南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告, 2015.12
 - 3) 鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説, 日本建築学会 2016.4
 - 4) 塩原等:鉄筋コンクリート柱梁接合部:見逃された破壊機構, 日本建築学会構造系論文集, No631,pp.1641-1648,2008.9
 - 5) 横澤輝:多数回繰返し载荷を受ける高層 RC 建造物の十字形柱梁接合部の構造性能に関する実験的研究, 日本大学大学院理工学研究科修士論文, 2018
 - 6) 日本建築学会:鉄筋コンクリート建造物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999
 - 7) 塩原等:鉄筋コンクリート柱梁接合部における接合部降伏破壊の終局強度の実用的算定法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp389,2014.9
 - 8) 出水俊彦他:長周期地震動を受ける RC 造超高層建築物の構造性能(1,5,6), 日本建築学会大会学術講演会梗概集, pp495500,507-510,2009

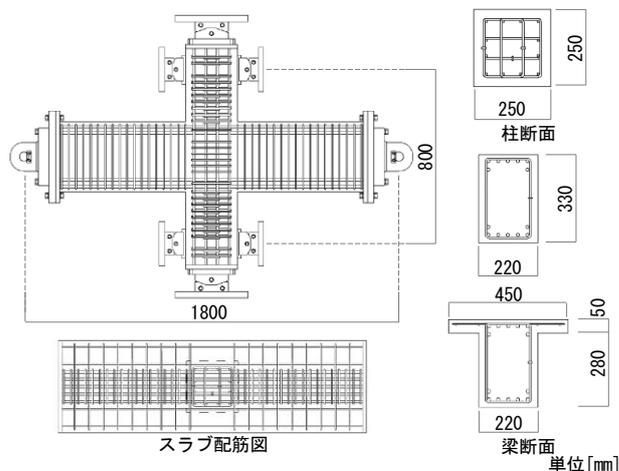


Fig. 2 Detail of Specimens

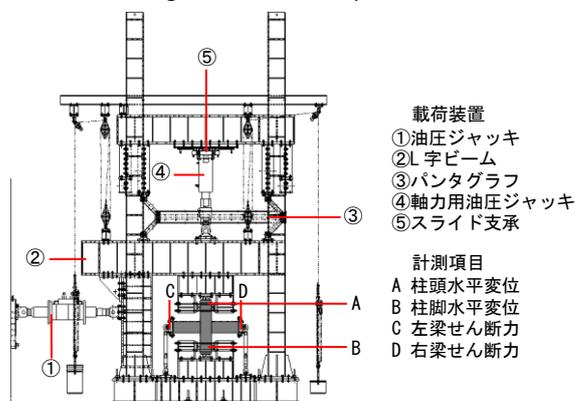


Fig. 3 Loading Outline

Table3 Summary of Loading Schedule

部材角R[rad]	1/500	1/200	1/100	1/75	1/50	1/30	1/20
サイクル[C]	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70
繰返し回数[回]	10						
目標変位[mm]	1.6	4.0	8.0	10.7	16.0	26.7	40.0
目標部材角[%]	0.2	0.5	1.0	1.3	2.0	3.3	5.0

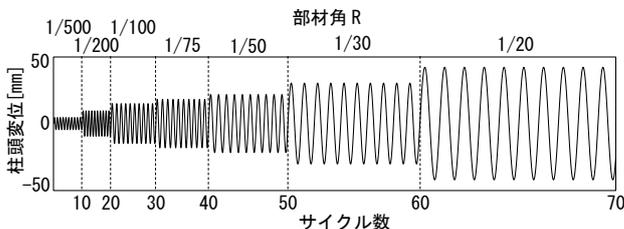


Fig. 4 Loading Schedule