

部分的に高強度した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価

(その7 実験概要)

正会員	○村田 義行 1*	同	道正 壮晴 2*
同	山谷 裕介 3*	同	岸田 慎司 4*
同	北山 和宏 5*	同	村上 研 6*

鉄筋コンクリート	柱梁接合部	部分高強度化鉄筋
ヒンジリロケーション	柱梁曲げ耐力比	接合部降伏破壊

## 1. はじめに

梁にヒンジリロケーションを用いた柱梁接合部は、複雑な応力が作用する柱梁接合部付近で降伏をさせずに意図的に塑性ヒンジを形成する位置を柱面から移動させることである。一般的な鉄筋コンクリート (RC) 架構において、柱と梁の曲げ終局耐力の比 (柱梁曲げ耐力比) が 1 に近い場合、柱梁接合部の降伏破壊により梁の曲げ耐力が十分に発揮されない場合がある<sup>1)</sup>。これを防ぐために柱梁曲げ耐力比を大きくすると柱の配筋が過密となって施工が困難になる。そこで従来の工法で梁のヒンジリロケーションを実現するためには、接合部内からヒンジ領域内に主筋量が多くなるので接合部内の配筋がさらに厳しくなることが想定できる。本研究では、主筋として使用する鉄筋を部分的に高強度化 (部分高強度化鉄筋) することによって高強度部分と普通強度部分の境界位置 (強度境界位置) に塑性ヒンジ位置を移動させ、柱梁接合部を弾性に保持すれば、その損傷を低減できると考える。昨年度の実験結果より、強度境界位置で主筋が降伏する時の節点モーメントの比である柱梁曲げ耐力比が 2.0 以上あったにも関わらず最終的な破壊状況としては接合部破壊となった<sup>2)</sup>。この結果から接合部破壊に至る要因が接合部横補強筋が最大耐力より前に降伏していることにあると考え、今年度試験体の変数とした。

昨年度の試験体 MA-5, MB-4 を基準試験体として、接合部横補強筋や梁主筋の配筋方法および柱の軸力変動の影響を実験変数とし、柱梁接合部に与える影響の検討を平面十字形柱梁部分架構及び平面ト形柱梁部分架構に正負交番繰返し載荷実験で行った。また、昨年度同様にプレキャスト工法に対する構造特性の検討も行った。

## 2. 試験体概要

図 1 に試験体概要を、表 1 に試験体諸元、表 2, 表 3 に鋼材、コンクリートの材料特性を示す。試験体は縮尺 1/2 スケールの平面十字形 4 体 (MA シリーズ) とト形 4 体 (MB シリーズ) とし、梁断面を 250mm×400mm, 柱断面を 350mm×350mm, 柱芯から梁端部支持点までを 1600mm, 梁芯から上柱及び下柱支持点までを各々 1415mm とした。接合部降伏による強度低下率  $\beta_j$  や接合部補強比では、梁主筋の降伏時引張力  $T_y$  の値に強度境界位置で梁曲げ降伏が生じるときの柱面での梁主筋の引張力を用いて算出した。十字形試験体の基準試験体は、柱梁曲げ耐力比 2.05 の試験体 MA-5 とした。ト形試験体の基準試験体は、柱梁曲げ耐力比 2.5 程度の試験体 MB-4 とした。柱、梁部材に部分高強度化鉄筋を使用し、各主筋の高強度範囲は、柱・梁せい ( $D$ ) に対して  $1D$  とした。

今年度実験を行った試験体は、接合部横補強筋の総断面積 (接合部横補強筋比) を基準試験体と同等とし、接

表 1 試験体諸元

試験体名	MA-5	MA-9	MA-10	MA-11	MA-12	MB-4	MB-9	MB-10	MB-11	MB-12	
作成年度	2018	2019	2019	2019	2019	2018	2019	2019	2019	2019	
試験体形状	一体打ち	一体打ち	一体打ち	一体打ち	PCa	一体打ち	一体打ち	一体打ち	一体打ち	変動軸力	
コンクリート強度(N/mm <sup>2</sup> )	36.8	39.3	42.7	41.1	45.5	31.3	41.4	43.7	46.4	47.2	
配筋	梁主筋	1段目	4-D16	4-D16	2-D16 2-D13	2-D16	4-D16	4-D16	4-D16	2-D16	4-D16
		2段目	—	—	2-D16	2-D16	—	—	—	2-D16	—
	柱主筋	10-D19	10-D19	10-D19	10-D19	10-D19	6-D19	6-D19	8-D19	8-D19	8-D19
高強度	梁主筋(mm)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	
	柱主筋(mm)	350	350	350	350	350	350	350	350	350	
軸力比	0.10	0.07	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0~0.1	
接合部横補強筋	2-D6 6組	2-U7.1 5組	2-D6 6組	2-D6 6組	2-U7.1 5組	2-D6 6組	2-U7.1 5組	2-U7.1 5組	2-D6 6組	2-U7.1 5組	
接合部補強筋量(%)	0.36	0.37	0.39	0.43	0.37	0.35	0.37	0.37	0.41	0.37	
接合部補強比	0.37	1.14	0.27	0.38	1.14	0.37	1.14	1.14	0.3	1.13	
主筋含む接合部補強比	—	—	1.26	1.95	—	—	—	—	1.87	—	
接合部せん断余裕度	1.12	1.20	1.15	1.23	1.33	1.40	1.74	1.81	1.87	1.93	
柱梁曲げ強度比	2.05	1.99	2.07	2.17	1.95	2.25~2.5	2.49~2.76	3.11~3.36	3.14~3.39	2.44~4.07	
強度低下率 $\beta_j$	1.58	1.82	1.36	1.52	1.80	1.22~.28	1.82~1.87	1.93~1.97	1.20~1.25	1.81~2.15	

Seismic Performance Evaluation of Reinforced Concrete Beam-Column Subassembly with Partially High-Strengthened Reinforcing Bar (Part7: Outline of Tests)

\*1 MURATA Yoshiyuki \*2 DOSHO Masaharu  
\*3 YAMAYA Yusuke \*4 KISHIDA Shinji  
\*5 KITAYAMA Kazuhiro \*6 MURAKAMI Ken

合部横補強筋の降伏引張力の総和に対する梁主筋の降伏引張力の総和の比（接合部補強比）が柱梁接合部の最終破壊状況に与える影響の把握を目的に、設計を行った。

試験体 MA-9、MB-9、MB-10 は、接合部横補強筋を基準試験体の D6（SD295）から U7.1 に変更し、接合部補強比を基準試験体 MA-5 の 0.37 から 1.14 とした。試験体 MA-10 は、梁を二段配筋とし、二段目の部分高強度化した梁主筋が柱梁接合部内において、接合部の損傷低減に寄与することを想定し、接合部補強比を基準試験体の 0.37 から 1.26 とした。梁の配筋方法は、一段目に 2-D16、2-D13 の 4 本を配筋し、二段目に 2-D13 とした。試験体 MA-11、MB-11 は、MA-10 同様に梁を二段配筋とし、基準試験体と梁主筋量を同等として、二段目の主筋を含む接合部補強比を 1.95 とした。試験体 MA-12 は、MA-9 をプレキャスト工法とし、梁主筋は接合部中央で、柱主筋は下柱上端にそれぞれネジ継手を使用し、梁部材はプレキャスト、柱部材は現場打ちを想定し、製作した。試験体 MB-12 は試験体 MB-10 と同一配筋とし、軸力を変動させて加力を行うものとした。

### 3. 加力方法

加力装置を図 2 に示す。梁端部はローラー支持、下柱はピン支持とし、上柱の支持点にある鉛直、東西の各方向のジャッキにより载荷をした。加力は、MA シリーズおよび

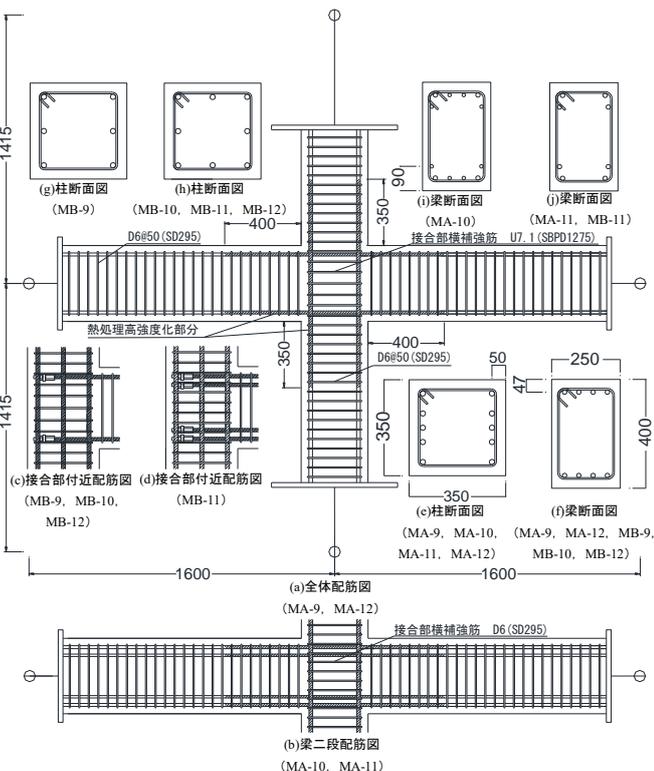


図 1 試験体概要

び MB-12 以外の MB シリーズは一定軸力（十字形：軸力比 0.1，ト形：0.05）を，ト形の MB-12 では変動軸力をそれぞれ層間変位制御で繰り返し水平力を载荷した。MB-12 では、水平力に比例して軸力を軸力比 0~0.1 の範囲で変動させた。軸力比が目標まで到達してから正载荷時は軸力比 0.1，負载荷時は軸力比 0 の一定軸力とした。

### 4. まとめ

本報（その 7）では、部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価に関する構造実験の概要を報告した。謝辞はその 9 に示す。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説, 2016
- 2) 岸田慎司ほか:部分的に高強度化した鉄筋を柱および梁主筋に用いた鉄筋コンクリート柱梁部分架構の耐震性能評価(その 4-6), 日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集, pp.135-140, 2019.9

表 2 鋼材の材料特性

鉄筋	降伏強度	降伏ひずみ	引張強度	弾性限界ひずみ
	(N/mm <sup>2</sup> )	%	(N/mm <sup>2</sup> )	%
D6(SD295)*	347	0.40	504	0.20
D13(SD345)	376	0.21	509	0.54
D13(SD700)*	948	0.74	1028	
D16(SD345)	401	0.22	558	0.48
D16(SD700)*	873	0.68	932	
D19(SD345)	403	0.26	557	0.46
D19(SD700)*	872	0.66	939	
U7.1*(参考値)	1257	0.92	1318	0.72

\* 0.2%オフセット

表 3 コンクリートの材料特性

試験体	圧縮強度	圧縮強度時ひずみ	割線剛性	割裂強度
	(N/mm <sup>2</sup> )	%	(×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
MA-5	36.8	0.20	2.9	3.3
MA-9	36.2	0.25	2.9	2.9
MA-10	43.2	0.26	3.1	3.2
MA-11	41.2	0.26	3.0	2.6
MA-12梁	42.6	0.25	3.1	3.2
MA-12柱	45.5	0.25	3.1	3.1
MB-4	31.3	0.21	2.7	3
MB-9	41.4	0.25	3.1	3.3
MB-10	43.7	0.22	3.3	3.1
MB-11	46.4	0.23	3.2	2.8
MB-12	47.2	0.23	3.2	2.5

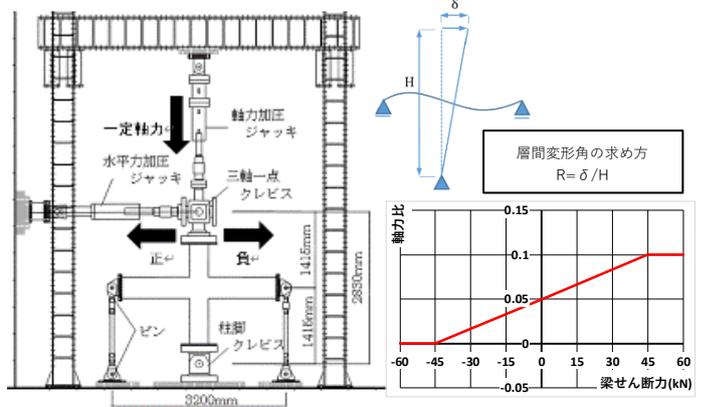


図 2 加力装置図及び軸力の载荷履歴 (MB-12)

\*1 高周波熱錬株式会社 博士 (工学)  
 \*2 東京都立大学大学院 都市環境科学研究科建築学域 修士課程  
 \*3 三井住友建設株式会社  
 \*4 芝浦工業大学建築学部建築学科 教授 博士 (工学)  
 \*5 東京都立大学大学院 都市環境科学研究科建築学域 教授 工博  
 \*6 芝浦工業大学 理工学研究科地球環境システム専攻 博士課程

\*1 NETUREN Company Limited, Dr Eng  
 \*2 Graduate Student, Tokyo Metropolitan Univ.  
 \*3 Sumitomo Mitsui Construction, Co.,Ltd  
 \*4 Professor, Shibaura Institute of Technology, Dr.Eng.  
 \*5 Professor, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.  
 \*6 Doctorate Student, Shibaura Institute of Technology