

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

(その3 ト形柱梁部分架構の実験結果)

正会員 ○小田 稔 1*
同 村上 研 2*
同 岸田 慎司 3*
同 村田 義行 4*
同 北山 和宏 5*

鉄筋コンクリート造 ト形柱梁接合部 部分高強度化鉄筋
柱梁曲げ耐力比 強度境界位置 ヒンジリロケーション

1. はじめに

その2に引き続き、ト形架構の実験結果について述べる。

2. 層せん断力と層間変形角関係

各試験体の層せん断力-層間変形角関係を図1に、表1に実験結果一覧を示す。層せん断力は実験で計測した梁せん断力を用いて力の釣合いより求めた。図中の破線は、平面保持を仮定した断面解析による強度境界位置での梁曲げ終局モーメントより求めた層せん断力、□は強度境界位置で梁主筋が降伏した点である。

一体打ちの基準試験体 MB-1 では R=1.5%時に強度境界位置の梁主筋が降伏し、R=3%時に柱主筋が降伏した。最大耐力は、正、負、両向きともに R=3%時となった。最大耐力後の耐力低下は13.7%であった。一体打ちで軸力を変動させた MB-2 では、変動軸力の影響により荷重の方向で性状が異なった。正荷重時においては、R=1%時に強度境界位置の梁主筋が降伏し、フェイス位置において高強度化部分の梁主筋が降伏し、R=4%時に最大耐力となり、耐力低下は16.5%であった。一方、負荷重時においては、R=2%荷重時の R=1%時に強度境界位置の梁主筋が降伏し、R=3%時に最大耐力となり、耐力低下は5.7%であった。プレキャスト試験体の MB-3 では、R=1.5%時に強度境界位

置の梁主筋が降伏し、R=3%時にフェイス位置において高強度化部分の梁主筋が降伏し、負荷重時では R=3%で最大となり、正荷重時においては、R=4%時に最大耐力となり、耐力低下は15.4%となった。一体打ちの MB-1 とプレキャストの MB-3 では最大層せん断力の実験値と計算値が概ね一致した。軸力を変動させた MB-2 では、正負で差が生じ、実験値が計算値を正荷重時は11%上回り、負荷重時は16%下回った。MB-1 と MB-3 を比べると、MB-3 の最大層せん断力は MB-1 より正荷重時で10%上回り、負荷重時で5%上回った。

3. 破壊性状

最大層せん断力時の破壊状況を図2に示す。図中の黒線が正荷重時、赤線が負荷重時を示す。

すべての試験体において梁曲げひび割れが最初に入り、その後接合部せん断ひび割れが発生した。軸力を変動させた MB-2 の正荷重時とプレキャストの MB-3 の正荷重時には梁の強度境界位置に大きな曲げひび割れが確認できたが、一体打ちの MB-1 では顕著に見られなかった。MB-1 と MB-3 を比べると、両試験体とも R=1.3%付近に強度境界位置で梁主筋が降伏したが、最大層せん断力時は柱梁接合部に顕著な損傷を生じた。接合部のひび割れ状況に

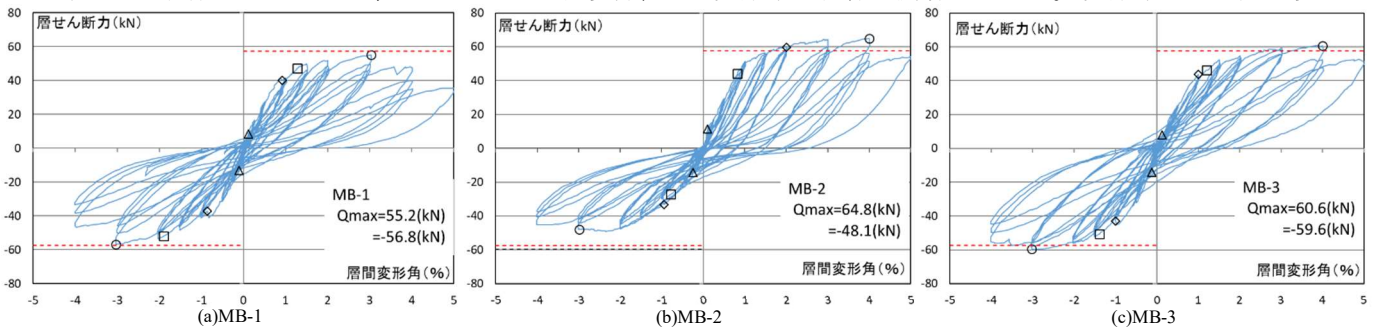


図1 層せん断力-層間変形角関係

表1 実験結果一覧

試験体	梁曲げひび割れ				梁主筋(普通強度)降伏				柱主筋降伏				最大耐力				
	正		負		正		負		正		負		正		負		
	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	
MB-1	8.39	0.12	-13.21	-0.10	47.04	1.28	-51.78	-1.90	未降伏	-56.27	-2.94	55.19	3.04	-56.76	-3.04		
MB-2	11.30	0.10	-14.46	-0.25	43.97	0.82	-27.18	-0.78	未降伏	-48.45	-2.18	64.83	4.00	-48.12	-2.99		
MB-3	7.81	0.13	-14.21	-0.12	46.29	1.20	-50.70	-1.38	未降伏	-56.93	-3.33	60.59	4.01	-59.59	-3.03		
試験体	接合部せん断ひび割れ				梁主筋(高強度)降伏				補強筋降伏								
	正		負		正		負		正		負		正		負		
	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	Q(kN)	R(%)	
MB-1	39.98	0.92	-37.07	-0.86	未降伏		未降伏		31.17	0.79	-40.06	-0.96					
MB-2	59.76	2.00	-33.16	-0.95	59.42	1.83	未降伏		62.33	2.34	-28.67	-0.97					
MB-3	43.80	1.00	-42.89	-1.00	59.09	2.99	-57.76	-2.36	46.29	1.20	-41.22	-1.00					

Seismic Performance Evaluation of Reinforced Concrete Beam-column Subassembly with Partially High-Strengthened Reinforcing Bar (Part3: Test Results for Exterior Beam-Column Subassemblies)

*1 ODA Minoru, *2 MURAKAMI Ken,
*3 KISHIDA Shinji, *4 MURATA Yoshiyuki
*5 KITAYAMA Kazuhiro

において、負荷荷時に MB-3 のほうがひび割れの数が多くみられた。変動軸力による MB-2 の正載荷の最大層せん断力時(軸力比=0.15)には強度境界位置付近に大きな梁曲げひび割れを確認でき、柱梁接合部の損傷は小さかったが、負荷荷の最大層せん断力(軸力=0)には柱梁接合部に顕著な損傷を生じた。このことから、MB-2 において正負で耐力の差が生じたのは、負荷荷時に柱梁接合部に損傷が集中し、梁の曲げ耐力を十分に発揮できなかったことが原因であると考えられる。

4. 各部材の変形成分

図3に各試験体の層間変位を構成する柱、梁及び柱梁接合部の変形成分を示す。梁及び柱変形ともに試験体に設置した変位計より求め、梁・柱のたわみによる変形と梁・柱端部に生じるひび割れの開きによる変形を加算して求めた。接合部変形は全体の層間変位から梁と柱の変形を控除して求めた。MB-1 では R=1.0%までは梁の変形成分が接合部を上回ったが、それ以降は接合部の変形成分が大きく増大した。MB-2 では正載荷時は接合部の変形が抑制され、梁の変形成分が大きかったが、負載荷時は梁がほとんど変形せず、接合部が大きく変形した。MB-3 では、R=1.5%までは、MB-1 と同じような推移を示したが、R=2%以降は、梁の変形成分が大きくなった。このことから、MB-1 では接合部破壊型と判断し、MB-2 では正負で柱梁曲げ強度比 η が変化したため、正載荷時は梁破壊型、負載荷時は接合部破壊型と、正負で破壊性状が異なると考えられる。

5. 主筋のひずみ分布

正載荷時 R=5%までの MB-1 の梁主筋ひずみ分布を図4に示す。図には危険断面位置、および強度境界位置を示す。R=1.5%時に強度境界位置近傍で梁主筋が降伏したが、ひずみの分布は危険断面位置まで一定の割合で増加しており、危険断面位置では実験終了まで弾性状態であった。

6. まとめ

変動軸力を受ける試験体 MB-2 の正載荷時(圧縮軸力増大側)を除くと、柱梁接合部の変形成分が大きく柱梁接合部に損傷が集中したため、強度境界位置での梁曲げ破壊には至らなかった。変動軸力の MB-2 では正負載荷で耐力に差があり、圧縮軸力比が最大 0.15 になる正載荷では強度境界位置付近に大きな梁曲げひび割れが見られ、部分高強度化鉄筋によってリローケテッド・ヒンジが良好に形成されて柱梁接合部の損傷低減に寄与したが、軸力 0 となる負載荷では梁の変形が小さく、柱梁接合部の損傷が顕著になった。プレキャスト工法にした場合でも、一体打ちと力学特性に大きな違いは、見られなかった。

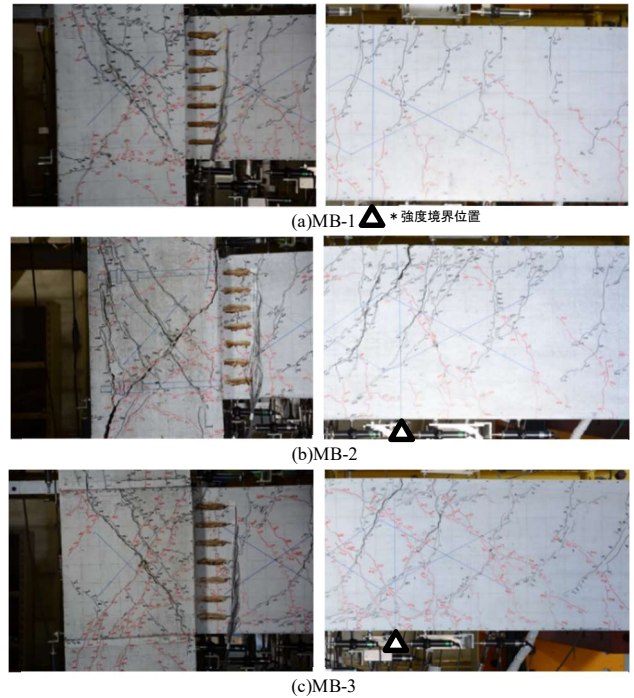


図2 最大耐力時の破壊状況

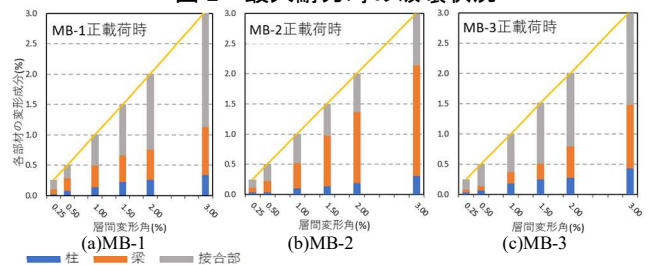


図3 各部材の変形成分

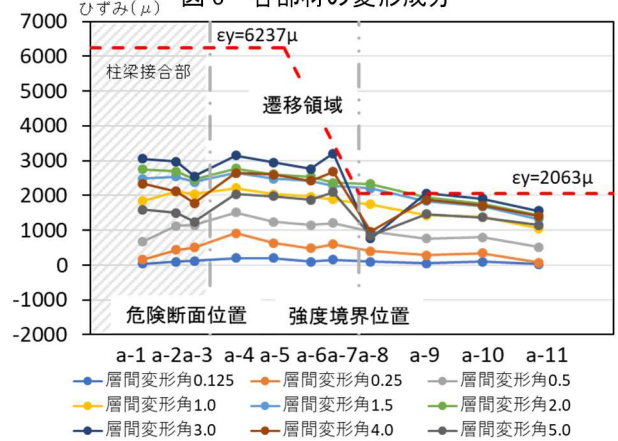


図4 MB-1 梁主筋のひずみ分布

【謝辞】本研究は三井住友建設(株)と高周波熱錬(株)との共同で行ったものです。また、実験は首都大学東京の大型構造物実験棟で行いました。北山研究室の卒論生長谷川君、岸田研究室の卒論生田中君、榎本君をはじめ多くの方々の多大な協力を得ました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 楠原文雄, 塩原等: 鉄筋コンクリート造ト形柱梁接合部の終局モーメント算定法, 日本建築学会構造系論文集, 第78巻, 第693号, pp.1949-1958, 2013.11

*1 首都大学東京大学院 都市環境学研究所建築学域 教授 工博
 *2 芝浦工業大学 理工学研究科建設工学専攻 修士課程
 *3 芝浦工業大学建築学部建築学科 教授 博士(工学)
 *4 三井住友建設株式会社
 *5 高周波熱錬株式会社 博士(工学)

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