

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5 十字形柱梁部分架構の実験結果)

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

その4に続き、十字形架構の実験結果について述べる。

2. 層せん断力—層間変形角関係

図1に各試験体の層せん断力 (Q)—層間変形角 (R) 関係を示す。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り合いより求めた。柱梁曲げ強度比を基準試験体 MA-1 の 1.6 より 2.7 に大きくした一体打ち試験体 MA-5 とプレキャスト工法試験体 MA-8 は、 $R=1.5\%$ 付近で梁主筋が強度境界位置で降伏した。試験体 MA-5 は $R=3\%$ 、試験体 MA-8 は $R=4\%$ 時に最大耐力を迎えた。最大耐力は梁曲げ終局時層せん断力の計算値を試験体 MA-5 が約 4%、試験体 MA-8 が約 14% 上回る結果になった。またプレキャスト工法試験体 MA-8 は一体打ち試験体 MA-5 を比較すると最大耐力時の層せん断力及び層間変形角がともに大きく、最大耐力後の耐力低下率が小さかった。強度境界位置を $0.5D$ とした試験体 MA-6 は、 $R=2\%$ 付近で梁主筋が強度境界位置で降伏し、 $R=3\%$ 時に最大耐力となった。最大耐力は梁曲げ終局時層せん断力の計算値に達することなく約 4% 下回った。柱に中段筋を配筋した試験体 MA-7 は、 $R=1.5\%$ 付近で梁主筋が強度境界位置で降伏し、 $R=3\%$ 時に最大耐力となった。最大耐力は梁曲げ終局時層せん断力の計算値を約 7% 下回った。試験体 MA-5 と MA-8 は梁曲げ終局時層せん断力の計算値に到達しているため梁の耐力を発揮したが、試験体 MA-6 と MA-7 は梁の耐力を発揮できなかった。

3. 破壊性状

各試験体の最大耐力時の破壊状況を写真1に、各载荷サイクルのピーク時に観測した強度境界位置近傍の梁曲げひび割れ及び接合部斜めひび割れの最大ひび割れ幅—層間変形角関係を図2に示す。全試験体で最初に梁に曲げひび割れが発生し、その後接合部斜めひび割れが発生した。試験体 MA-5 と MA-7 は $R=1.5\%$ 以降に強度境界位置付近の梁曲げひび割れ幅が約 1mm 程度増大し、 $R=2\%$ 時には接合部斜めひび割れ幅と同等の約 3mm を示したが、 $R=3\%$ 以降は接合部斜めひび割れが増大した。最大耐力後に接合部の損傷が顕著になり耐力低下に繋がったと考えられる。特に試験体 MA-7 では、接合部斜めひび割れが柱頭及び柱脚方向へ大きく進展した。試験体 MA-6 は $R=1.5\%$ 以降接合部斜めひび割れ幅が梁曲げひび割れ幅を

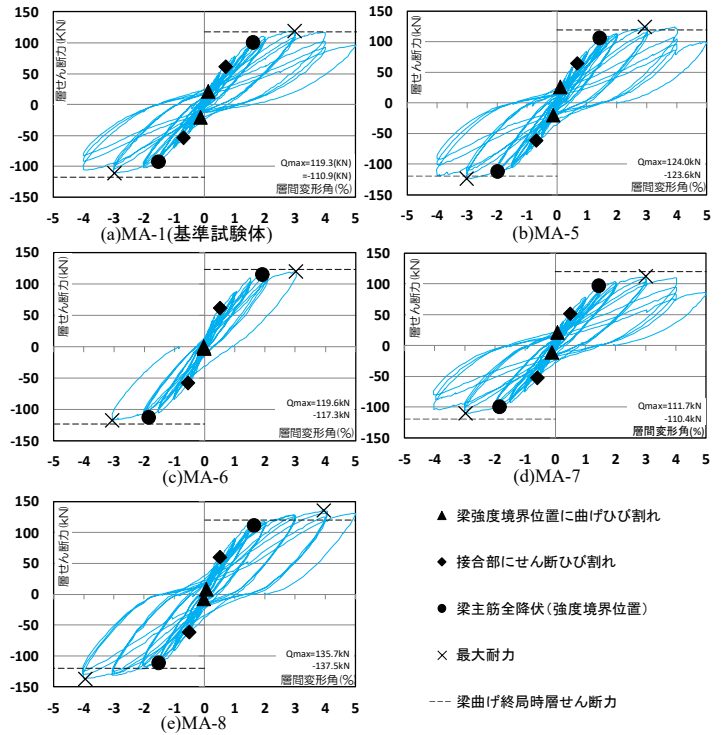


図1 層せん断力—層間変形角関係

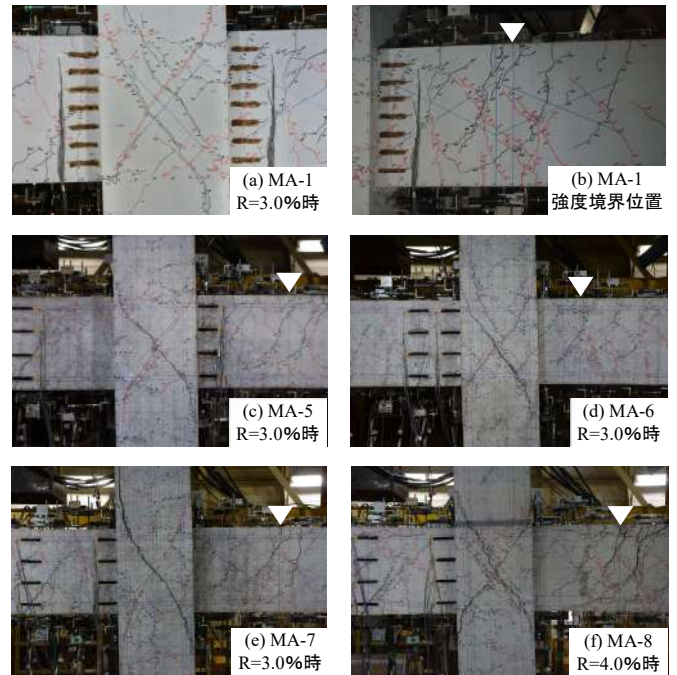


写真1 最大耐力時の破壊状況

上回り、接合部に損傷が顕著になり、 $R=3\%$ 時に接合部のかぶりコンクリート剥落が発生した。プレキャスト工法試験体 MA-8 は一体打ち試験体 MA-5 よりも梁と接合部共に多くのひび割れが発生し、 $R=1.5\%$ から最大耐力 $R=4\%$ で梁曲げひび割れ幅が増大し接合部斜めひび割れ幅を大きく上回った。また変形が大きくなるにつれて、梁のかぶりコンクリート圧壊や残留ひび割れが顕著となった。

4. 各部材の変形成分

図3に各試験体の層間変形を構成する柱・梁及び柱梁接合部の正載荷時の変形成分を示す。破線は直接測定した層間変形である。基準試験体 MA-1 より柱梁曲げ強度比を大きくした試験体 MA-5 は、最大耐力である $R=3\%$ までは梁の変形量が最も大きかったが、 $R=4\%$ では接合部の変形量が急激に増加し、梁の変形量を上回った。このことから最大耐力後に接合部の損傷が顕著だったことが分かる。梁主筋の強度境界位置を $0.5D$ とした試験体 MA-6 は $R=1.5\%$ までは梁の変形量が最も大きく、 $R=2.0\%$ で梁と接合部の変形量が同等となり、最大耐力である $R=3.0\%$ では接合部の変形量が最も大きくなった。このことから主筋の高強度範囲が柱梁接合部の損傷に影響することが分かった。柱に中段筋を配筋した試験体 MA-7 は、最大耐力時の $R=3.0\%$ までは梁の変形量が最も大きく、その後 $R=4\%$ で接合部の変形量が最も大きくなった。このことから柱の中段筋は接合部内の変形には効果を示さないことが分かった。以上のことから一体打ち試験体 MA-5、MA-6、MA-7 の最終破壊形式は、梁曲げ降伏後の大変形時接合部破壊型となった。プレキャスト工法試験体 MA-8 は最大耐力の $R=4\%$ まで梁の変形量が最も大きかった。また一体打ちの試験体 MA-5 とプレキャスト工法の試験体 MA-8 では試験体 MA-8 が梁に変形が集中している結果になった。

5. 梁主筋のひずみ分布

一体打ち試験体 MA-5 の層間変形角 5% までの梁主筋のひずみ分布を図4に示す。 $R=1.5\%$ 時に引張側の強度境界位置（ゲージ位置4）で降伏ひずみに達した。また圧縮側の強度境界位置でも降伏に達したが、これは残留ひずみと考える。強度境界位置から柱梁接合部内のひずみの値も約 3500μ と大きいが、弾性限界や降伏ひずみには達

していなかった。また基準試験体 MA-1 と比較すると、柱梁曲げ強度比を増加させると強度境界位置のひずみの値が大きくなり、柱梁接合部内のひずみの値が小さくなると想定したが、強度境界位置の高強度側でのひずみの値が大きくなっていること以外に差異はなかった。

6. まとめ

柱梁曲げ強度比を基準試験体 MA-1 の 1.6 より 2.7 に大きくした一体打ち試験体 MA-5 と柱に中段筋を配筋した試験体 MA-7 は基準試験体と基準試験体 MA-1 を比較すると、層間変形角 $R=3\%$ までは梁の変形量が大きかったが、その後の大変形時に柱梁接合部に損傷が顕著だったため、基準試験体 MA-1 と差異がなかった。強度境界位置を $0.5D$ とした試験体 MA-6 と基準試験体を比較すると、MA-6 は梁の耐力を発揮できず基準試験体より脆性的な破壊形式であった。このことから一体打ち試験体 MA-5、MA-6、MA-7 は、 $R=2\%$ までは梁降伏型のヒンジロケーションの傾向であったが最大耐力後の大変形時には接合部の変形量が増大していることから最終破壊性状は明瞭な結果が得られなかった。プレキャスト試験体 MA-8 は変形成分から一体打ち試験体よりも同等以上の性能があった。

参考文献

- 1) University of Toronto : Response-2000, Response Version 1.0.5, 2000

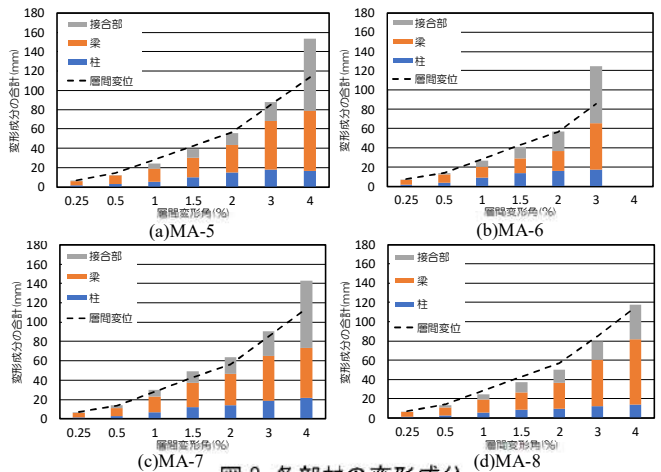


図3 各部材の変形成分

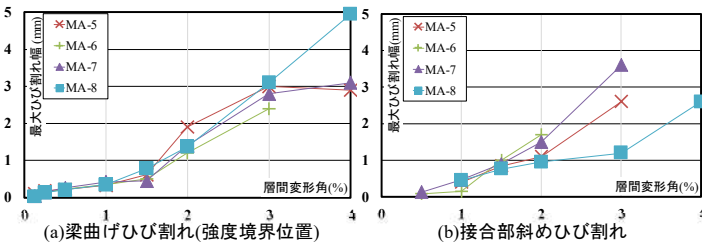


図2 最大ひび割れ幅—層間変形角関係

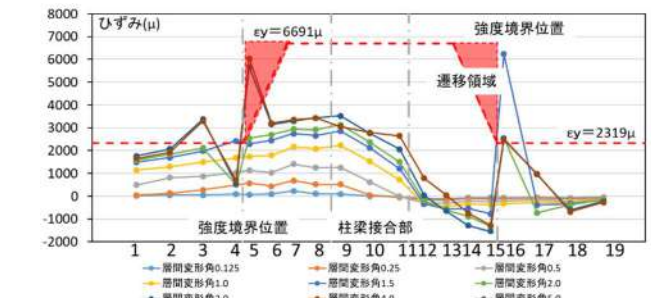


図4 MA-5 梁主筋のひずみ分布

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

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