

RC造ト形柱梁接合部の構造性能に接合部補強筋及び変動軸力が及ぼす影響
その6 破壊性状、構造性能及び評価指標の検討

ト形柱梁接合部	接合部降伏	軸崩壊
柱梁強度比	接合部横補強筋	変動軸力

正会員	○西田 智康* ¹	同	小池 拓矢* ²
	同 鈴木 裕介* ³	同	前田 匡樹* ⁴
	同 藤原 薫* ²	同	迫田 丈志* ⁵

1 はじめに

その5では静的載荷実験の概要及び、実験結果として荷重-変形関係について述べた。その6では破壊性状及び各パラメータの影響について検討する。

2 破壊性状及び変形割合の推移

図-1に引張軸力を受ける負側加力時の層間変形に占める接合部変形及び梁変形の割合の推移を示す。変形割合は、柱、梁及び接合部に取付けた変位計より算出した各部材変形を基に導出した。

正加力時にはすべての試験体において、圧縮軸力の影響により柱梁強度比が大きくなるため梁部材の変形割合が大部分を占めており、梁曲げ降伏型の挙動を示した。負荷荷時では、小変形時には柱梁強度比が大きい値で推移しているため梁の変形が支配的であるが、加力サイクルが進むにつれ梁変形割合が減少し、接合部変形が増加した。また、この傾向は柱梁強度比が小さいほど顕著に見られた。

また負側で梁曲げ終局耐力計算値に到達した T15-30T6C5 試験体でも、接合部変形割合は他の試験体より小さかったものの、最終的に全体の変形割合の5割程度まで見られ、負側では良好な梁端曲げ降伏ヒンジが形成されたとは言えない結果であった。文献⁴⁾では、ヒンジゾーンを有する良好な梁降伏型となるための目安としては β_j が1.5より大きいことが必要であるとされており、T15-30T6C5試験体の負加力時の β_j が1.01であったことに起因すると考えられる。

3 各パラメータが与える影響の分析

本章以降では変動軸力下でト形接合部の静的載荷試験を行った既報^{1) 2)}の結果も併せて分析を行う。

3.1 破壊モード

図-2に各試験体の破壊モード一覧を圧縮軸力比及び接合部補強比をパラメータとして柱梁強度比別(1.2及び1.5)に示す。梁曲げ降伏型(●)は正負両載荷時ともに梁曲げ終局時の計算耐力を発揮した試験体、接合部降伏型(▲)は負載荷時に計算耐力に到達しなかった試験体と定義している。また、接合部降伏後高圧縮軸力によって、接合部コアコンクリートの圧壊や柱主筋の座屈とともに軸力・水平耐力が急激に低下した試験体を、接合部降伏→軸崩壊型(×)と定義している。

赤で示したプロットが本実験の試験体、黒破線が柱梁強度比1.2及び1.5それぞれにおける β_j が1.0となるときの接合部補強比を示している。なお、実験では柱梁強度比は正確に1.2及び1.5とはなっていないため、プロット

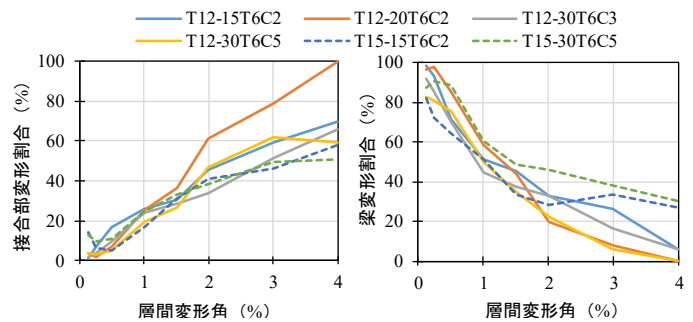


図-1 部材変形割合 (左: 接合部, 右: 梁)

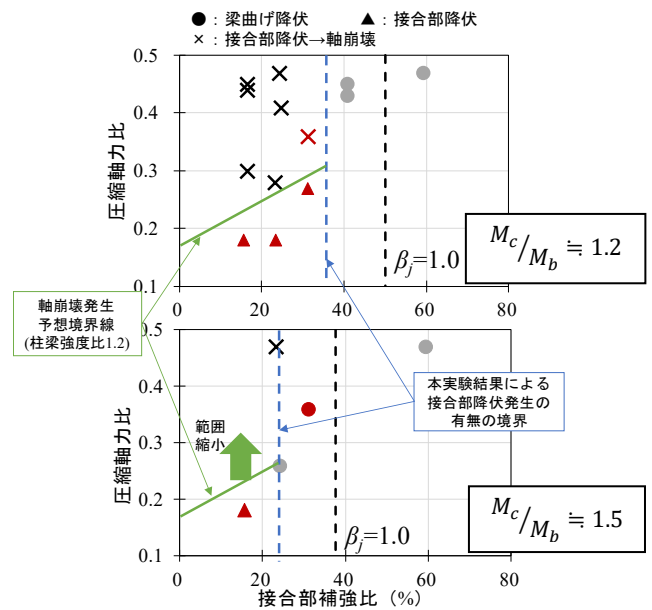


図-2 破壊モード

(上: 柱梁強度比 1.2, 下: 柱梁強度比 1.5)

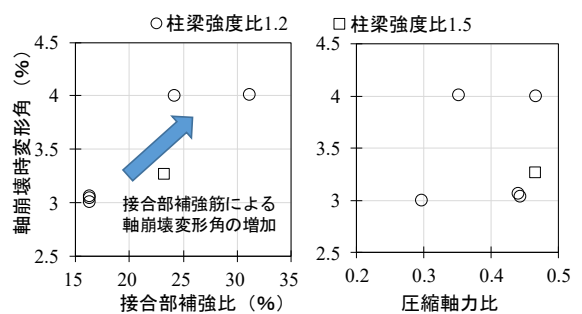


図-3 軸崩壊時変形角の検討

位置と黒破線の関係に若干のずれが生じる場合がある。

本研究及び既報¹⁾²⁾による接合部降伏の有無の境界を青破線で示した。軸崩壊は負加力時に接合部降伏が発生した場合のみ正加力時に発生しており、接合部降伏は軸崩壊発生の必要条件であることが推定される。よって負加力時に接合部降伏が発生する場合において、圧縮軸力の大きさをパラメータとし、軸崩壊の有無を検討する。

ここで、柱梁強度比 1.2 について既往研究及び本実験により明らかとなった軸崩壊発生の有無の暫定的な境界を実線で示す。軸崩壊の発生と接合部降伏、つまり接合部コアコンクリートの損傷が密接に関係すると推定し、一方で接合部横補強筋はその損傷の抑制に寄与するため、境界線に正の傾きを付けた。また、柱梁強度比が 1.5 の場合は実験データが不足しており推定が困難であるが、柱梁強度比 1.2 の場合よりも接合部降伏に対して安全側となるため、軸崩壊発生予想境界線は縦軸正方向に移動すると思われる。

3.2 軸崩壊発生時変形角の比較

図-3 に軸崩壊発生時変形角-接合部補強比及び圧縮軸力比関係を示す。軸崩壊発生時の変形角は最も小さい場合であっても層間変形角 3.0%以降であった。また、接合部補強比 25, 30%の試験体では 4%サイクル加力後に軸崩壊が発生しており、接合部横補強筋が増加するにつれ、軸崩壊発生時の変形角は増加する傾向が見られた。一方、圧縮軸力比が軸崩壊時変形角に与える影響はあまり見られなかった。

3.3 等価粘性減衰定数の比較

各試験体の減衰性能を評価するため、2.0%負側半サイクルにおける等価粘性減衰定数 h_{eq} を履歴ループより算出

した。図-4 に h_{eq} -塑性率関係及び圧縮軸力比関係を示す。破線は(3)式に示す限界耐力計算で用いられる h_{eq} -塑性率関係(文献⁵⁾参照)をグラフに示したものである。降伏変形は、負側サイクルでは降伏点が不明確であったため完全弾塑性体モデルに置き換え算出した。

$$h_{eq} = 0.05 + 0.25(1 - 1/\sqrt{\mu}) \quad (3)$$

接合部降伏が発生した試験体は、梁曲げ降伏となったものよりも h_{eq} はやや低い傾向にあり、(3)式で求められる h_{eq} より小さいものも見られた。また圧縮軸力が大きくなると、最終的な破壊モードに関わらず h_{eq} の値はやや小さくなる傾向であった。これは、圧縮軸力により正加力時の損傷が梁に集中し、負加力時の良好な履歴ループの形成に寄与したためであると考えられる。また軸崩壊をした試験体に特異な傾向は見られなかったため、2.0%サイクル以前の減衰性能は軸崩壊が発生しない試験体と同等の性能を発揮したといえる。

3.4 強度低下率 β_j の評価精度に関する検討

図-5 に文献³⁾より算出した強度低下率 β_j と、試験体耐力低下率(負側実験値耐力/梁曲げ終局耐力計算値)の関係を示す。ここから、強度指標 β_j は変動軸力試験体において軸力変動レベルによらず、比較的精度よく耐力低下を評価することが出来ていることがわかる。

4 まとめ

負側の柱梁強度比が 1.2 および 1.5 の高変動軸力を受けるト形柱梁接合部に対し、変動軸力、接合部補強比をパラメータとして静的載荷試験を行い、破壊性状及び各種構造性能について検討し、以下の知見が得られた。

- 1) 負側載荷時に接合部降伏が発生した場合にのみ正載荷時に高圧縮軸力を受けると軸崩壊が発生する。柱梁強度比 1.2 の場合は接合部補強比 35%前後、圧縮軸力比 0.3 前後、柱梁強度比 1.5 の場合は接合部補強比 20%前後、圧縮軸力比 0.3~0.4 程度に、それぞれ接合部降伏及び軸崩壊の有無の境界線が存在すると推測できる。
- 2) 軸崩壊が発生する変形角は、最も小さいもので 3.0%であった。また、接合部補強筋が増加すると、軸崩壊発生時の変形角も増加する傾向が見られた。
- 3) 接合部降伏が発生すると履歴ループがスリップ性状を示し、等価粘性減衰定数も梁降伏型と比較してやや小さい値を示した。接合部降伏する試験体において、最終的な軸崩壊の有無による軸崩壊前の等価粘性減衰定数 ($R=1/50\text{rad.時}$) の違いは見られなかった。
- 4) 強度低下率 β_j は変動軸力レベルによらず、実験における接合部降伏による耐力低下を比較的精度よく推定することが出来た。

【謝辞】及び【参考文献】

本稿その5にまとめて示す。

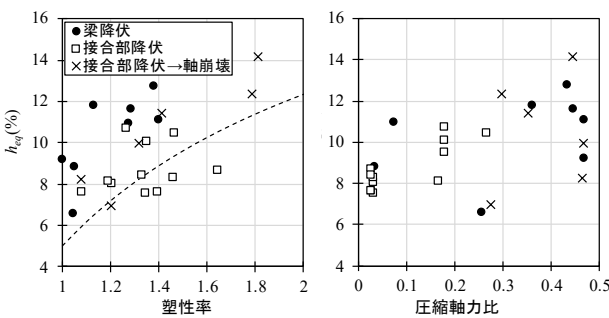


図-4 等価粘性減衰定数の検討

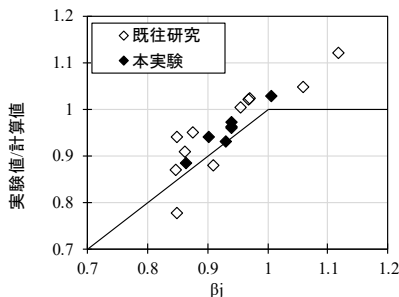


図-5 強度低下率 β_j と実験値の比較

*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
 *2 (株)鈴木建築設計事務所
 *3 大阪市立大学大学院工学研究科 講師・博士(工学)
 *4 東北大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)
 *5 (株)堀江建築工学研究所

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku University
 *2 Suzuki Architectural Design Office Co., Ltd
 *3 Lecturer, Graduate School of Eng., Osaka City University, Dr. Eng.
 *4 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.
 *5 Horie Engineering and Architectural Research Institute Co., Ltd