

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4 実験パラメータの影響分析及び強度低下率の検討

ト形柱梁接合部	接合部曲げ降伏	柱梁強度比
接合部横補強筋	変動軸力	軸崩壊

1 はじめに

本報では、その3に引き続き実験パラメータの影響分析及び強度低下率の検討について述べる。なお、本報の分析・検討においては既往の実験結果^{1), 4), 5), 6)}も併せて示している。

2 実験パラメータの影響分析

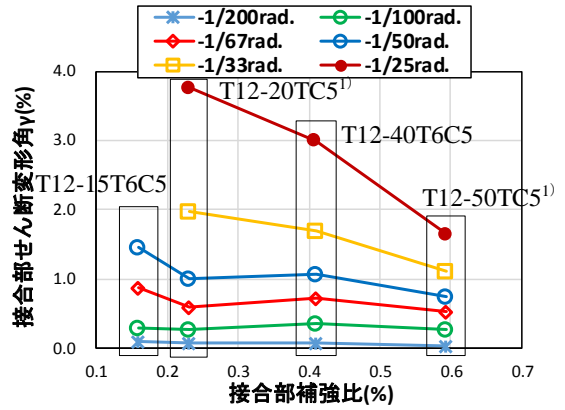
図-1に負側の接合部せん断変形角(γ)—接合部補強比関係を示す。同図より小変形時は試験体間で大きな差は確認されなかったが、 $-1/67rad.$ 以降では徐々に接合部補強筋量による影響が表れ始め、接合部補強比が大きいほど接合部の変形が抑制される傾向にあった。接合部補強比の増大が接合部の変形抑制に有効に働いたと考えられる。

図-2に負側の実験値/梁曲げ耐力計算値—接合部補強比関係を示す。ここで高変動軸力試験体は引張軸力比 $-0.6 \cdot -0.3$ 、圧縮軸力比 $0.5 \cdot 0.3$ のいずれかの組み合わせである。負側の柱梁耐力比が1.2または1.5の場合、全試験体を通して接合部補強比の増大に伴って架構の耐力が上昇することを確認した。しかし、変動軸力の有無によりその補強効果の程度には異なる傾向が見られた。変動軸力 $\neq 0$ 試験体³⁾において接合部補強比60%で耐力が頭打ちとなり、計算耐力を発揮できなかったのに対し、高変動軸力試験体では接合部補強比40%以上とすることで梁曲げ耐力計算値を満足した。高変動軸力試験体は正載荷時において圧縮軸力の影響により架構が梁曲げ降伏型の挙動へと移行し、接合部損傷が変動軸力 $\neq 0$ 試験体よりも抑制されたことがその要因として考えられる。

図-3に高変動軸力試験体における正側の圧縮軸力比—接合部補強比関係を示す。ここで柱梁強度比1.2及び1.5試験体を別グラフにわけて示しており、図中には軸崩壊の発生予想境界線を示した。ここで軸崩壊とは、接合部パネルのコンクリート剥落・圧壊が激しくなり、導入された圧縮軸力が梁曲げ耐力計算値から算出した目標圧縮軸力の80%以下程度となった場合、もしくは柱主筋の座屈や接合部横補強筋の破断とともに著しい軸崩壊が発生した場合と定義した。同図より、最終的に軸崩壊を生じた試験体は、各種パラメータに関わらず、柱梁強度比が小さくなる負荷側において必ず接合部曲げ降伏を生じている。このことより軸崩壊の発生防止条件は、架構の接合部曲げ降伏を防止することと密接な関係にあると考えられるため、ここでは本実験結果に基づき接合部曲げ降伏と軸崩壊との発生防止条件を統一して以下に示す。

柱梁強度比1.2の場合、接合部補強比0.4程度で両者が防止可能であった。また柱梁強度比1.5の場合、接合部補強比0.2~0.4の範囲内で防止可能であると思われる。なお、軸崩壊

正会員	○村上 久志*1	同	胡 焱冰*2
	晉 沂雄*3	同	前田 匡樹*4
	鈴木 裕介*5	同	藤原 薫*6
	迫田 丈志*7	同	小池 拓矢*6



※引張軸力比 -0.6 、圧縮軸力比 0.5
図-1 接合部せん断変形角 γ - 接合部補強比関係

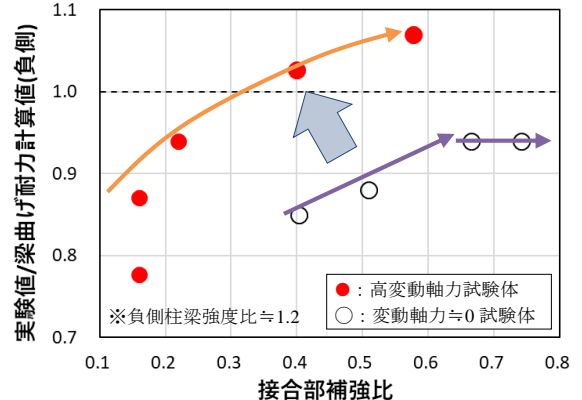


図-2 負側実験耐力—接合部補強比関係

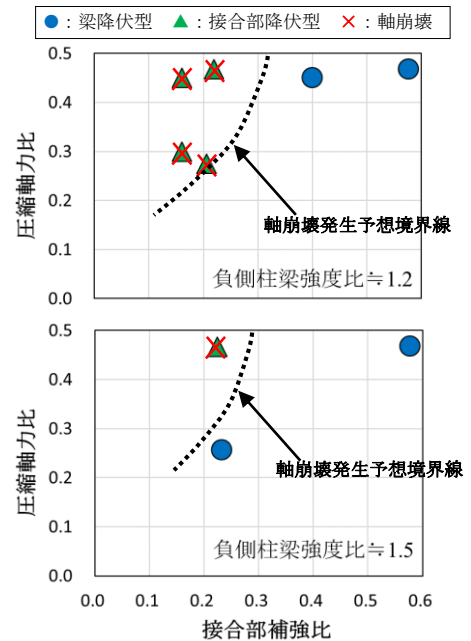


図-3 圧縮軸力比—接合部補強比関係

Effect of Joint Transverse Reinforcement and Fluctuating Axial Force on Structural Performance of Exterior Beam-Column Joint
Part4 Influence of experimental parameters and discussion of the strength reduction ratio

MURAKAMI Hisashi¹, HU Yanbing², JIN Kiwoong³,
MAEDA Masaki⁴, SUZUKI Yusuke⁵, FUJIWARA Kaoru⁶,
SAKUTA Joji⁷, KOIKE Takuya⁶

発生試験体において急激な耐力低下が生じたのはいずれも層間変形角 3.0%以降の大変形時であった。今後、柱梁強度比・接合部補強比・軸力比と軸力保持能力との関係については更なる検討を行う予定である。

3 架構強度低下率 β_j と実験値の比較

図-4 に文献 3)より算出した強度低下率 β_j (式 (1)) と試験体耐力 (負側の実験値/梁曲げ耐力計算値) との関係を示し、図-5 に文献 7)より算出した接合部終局モーメント M_j から換算した強度低下率 (M_j/M_{bu}) と試験体耐力との関係を示す。

$$\beta_j = \left\{ 0.85 - \frac{\sum A_s f_y}{b_j D_b F_c} + \frac{1}{4} \left(\frac{\tilde{M}_{cu} + \tilde{M}'_{cu}}{\tilde{M}_{bu}} \xi_a - 1 \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{\sum A_{pw} f_y}{\sum A_s f_y} \right) \right\} \xi_r \quad (1)$$

図-4にて変動軸力=0試験体は実験値が計算値を下回り、危険側の評価となる試験体が多く見られる。また、高変動軸力試験体は変動軸力=0試験体と比較して高く推移する傾向にあった。対して、図-5における M_j より精算した強度低下率は軸力の有無によらず実験値を概ね精度良く評価する結果であった。この要因として、文献 7)による M_j の精算法では接合部曲げ降伏において 3 つの変形機構 (I~III) を仮定しそれぞれの精算値の内、最小値を採用するのに対して、文献 3)の指針式は一つの変形機構を想定して、略算的に算出されるものであるためと考えられる。以上より今後の課題として指針式で想定している以外の変形機構においても実用的に簡略化された式へと展開すること等が考えられる。

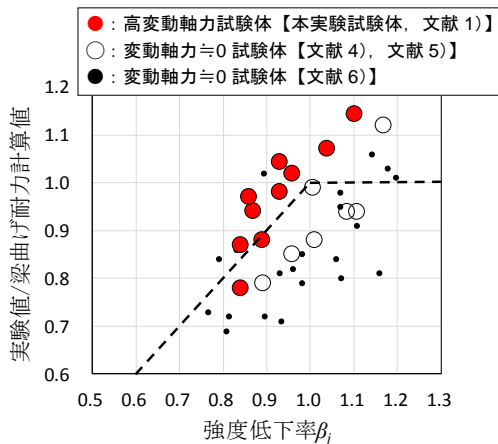


図-4 試験体耐力-強度低下率 β_j 関係 (負側)

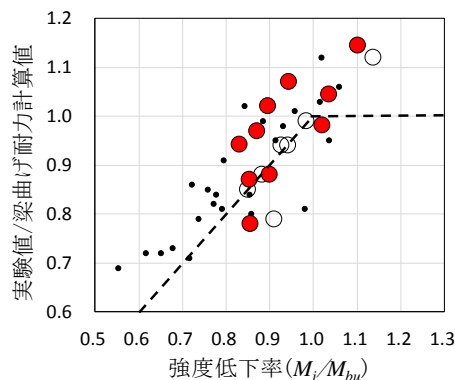


図-5 試験体耐力-強度低下率 (M_j/M_{bu}) 関係 (負側)

4 まとめ

負側の柱梁強度比が 1.0 に近いト形柱梁接合部部分架構を対象に、接合部補強比及び高変動軸力が架構の耐力及び破壊性状に及ぼす影響について検討し、以下の知見が得られた。

- 1) 接合部補強比の増大による架構耐力の上昇及び接合部変形の抑制効果を確認した。また、架構耐力の上昇においてその補強効果は変動軸力の有無により異なった。一定軸力下の場合は接合部補強比 60% で耐力が頭打ちとなり梁曲げ降伏耐力計算値に達しなかったのに対し、高層建物を想定した変動軸力が作用する場合は接合部補強比 40% で計算耐力に達した。
- 2) 本実験で想定した高変動軸力において接合部曲げ降伏及び軸崩壊の発生防止条件は次の通りである。柱梁強度比 1.2 の場合、接合部補強比 0.4 程度で両者が防止可能であり、柱梁強度比 1.5 の場合、補強比 0.2~0.4 の範囲内で防止できる。なお軸崩壊発生はいずれも層間変形角 3% 以降であった。
- 3) 接合部終局モーメント M_j より換算した強度低下率は実験結果を精度良く評価できたのに対し、保有水平耐力計算規準式の β_j は変動軸力=0試験体において危険側の評価となるものが数多く存在した。今後の課題として、 β_j で想定している以外の変形機構においても実用的に簡略化された式へと展開することが考えられる。

謝辞

本研究は、(一社)ニューテック研究会の「機械式定着工法研究委員会」の研究の一部として実施したもので、実験の計画・設計・実施に際しては、(株)堀江建築工学研究所、(株)鈴木建築設計事務所、東京鉄鋼(株)、朝日工業(株)及び各関係大学者の皆様より、技術資料・助言・鉄筋等の提供を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 村上久志, 晋折雄, 鈴木裕介, 前田匡樹, 他: 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 1~2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.519-522, 2017.8
- 2) ACI Committee 318: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-11), 2011
- 3) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算基準 (案)・同解説, 2016
- 4) 小池拓矢, 太田哲朗, 鈴木裕介, 前田匡樹, 他: 柱梁曲げ耐力比の小さい RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に及ぼす横補強筋の影響, その 1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.211-212, 2015.9
- 5) 太田哲朗, 伊藤衛, 鈴木裕介, 前田匡樹, 他: RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に及ぼす横補強筋及び軸力の影響, その 1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.361-366, 2014.9
- 6) 楠原文雄, 塩原等: 柱と梁の曲げ強度の比が小さい鉄筋コンクリート造ト形柱梁接合部の耐震性能, 日本建築学会構造系論文集, 第 78 巻, 第 693 号, pp.1939-1948, 2013.11
- 7) 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
- 8) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 2011

*1 株式会社 安藤・間
 *2 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
 *3 明治大学理工学部建築学科 専任講師・博士 (工学)
 *4 東北大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)
 *5 大阪市立大学大学院工学研究科 講師・博士 (工学)
 *6 (株)鈴木建築設計事務所
 *7 (株)堀江建築工学研究所・博士 (工学)

*1 Hazama Ando Corporation
 *2 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku University
 *3 Assistant Professor, Department of Architecture, Meiji University, Dr. Eng.
 *4 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.
 *5 Lecturer, Graduate School of Eng., Osaka City Univ., Dr. Eng.
 *6 Suzuki Architectural Design Office Co., Ltd
 *7 Horie Engineering and Architectural Research Institute Co., Ltd., Dr. Eng.