

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3 接合部補強筋と変動軸力を変数とした実験概要及び結果

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

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

1 はじめに

本報では前報¹⁾で報告した実験の継続研究として、接合部補強比及び変動軸力がト形柱梁接合部の構造性能に及ぼす影響について更なる検討を行う。本報ではこれらを変数とした4体の試験体に関する実験概要及び実験結果について述べる。

2 実験概要

2.1 試験体計画

表-1に試験体一覧を示す。なお、表中の各計算値は表-2、表-3の材料試験結果の値を用いて算出している。曲げ終局強度はACI基準²⁾を用いて算出した。本試験体は、高層RC造建物下層部を想定したト形柱梁接合部部分架構である。大規模及び中規模地震時において、外柱には高変動軸力の作用が想定されるが、これを再現するため、引張軸力比-0.6または-0.3から圧縮軸力比0.3または0.5までの変動軸力を入力する計画とした。ここで、引張軸力比は軸力に対する柱全主筋の降伏応力の比($N/(a_g \sigma_y)$)、圧縮軸力比は軸力に対する柱の最大圧縮応力の比($N/(bD\sigma_B)$)として定義している。ここで、 N は柱軸力、 a_g は主筋全断面積、 σ_y は鉄筋降伏強度、 B は柱幅、 D は柱せい、 σ_B はコンクリート圧縮強度、である。

負荷荷時は、接合部曲げ降伏が生じるよう柱梁強度比1.2程度となるように軸力と柱主筋を調整した。正載荷時は、接合部曲げ降伏した後の架構の下層部で、釣合軸力を越えるような大地震を想定した軸力比0.5、または釣合軸力を越えない中規模地震を想定した軸力比0.3の軸力を受けた場合の架構の軸力保持性能を確認できる計画である。接合部補強比は梁引張主筋の引張力に対する接合部横補強筋の引張力と定義し、0.15または0.2、0.4の3パターンとした(試験体名称は図-1参照)。

2.2 試験体概要

図-1に試験体配筋図を示す。本研究の試験体の形状・寸法は、比較・検討のため前報¹⁾の試験体と同様とし、計4体の試験体を計画した。柱断面は250×250mm、梁断面は225×275mm、梁スパンは1850mm、階高は1350mmである。柱梁強度比について、梁せん断力による変動軸力が下柱に引張軸力として作用する負荷荷時に1.2とした。

2.3 加力計画

加力装置と変動軸力の導入ルールは前報¹⁾の計画と同様で

表-2 コンクリート材料試験結果

試験体	呼び強度 F_c (MPa)	材齢 (日)	圧縮強度 (MPa)	ヤング係数 (MPa)	圧縮強度時歪 (μ)	割裂強度 (MPa)
T12-15T6C3	50	58	75.0	3.42×10^4	2854	3.4
T12-15T6C5		76	76.0	3.24×10^4	2900	3.2
T12-40T6C5		93	75.2	3.33×10^4	2966	3.0
T12-20T3C5		111	81.2	3.78×10^4	2664	3.8

ある。軸力は梁せん断力に比例させるように制御し、梁せん断力が梁曲げ耐力計算値に達した時に目標軸力比が負荷荷時に-0.6または-0.3、正載荷時に0.3または0.5になるようした。

表-1 試験体一覧

試験体名	T12-40 T6C5	T12-20 T3C5	T12-15 T6C3	T12-15 T6C5	
定着種類	機械式				
柱(250×250mm)	主筋	12-D16 (SD345)	12-D13 (SD295)	12-D16(SD345)	
	帯筋	2-D6@50(SD295)			
	階高(mm)	1350			
梁(225×275mm)	主筋	5-D13(SD490)			
	あばら筋	2-D6@50(SD295)			
	スパン(mm)	1850			
接合部横補強筋	2-D6 5set (SD295)	2-D6 3set (SD295)	2-D6 2set (SD295)	2-D6 2set (SD295)	
接合部補強比	0.41	0.25	0.16		
せん断補強筋比	柱	0.0051			
	梁	0.0084			
P_w	接合部	0.0057	0.0034	0.0023	
	下柱軸力比	正 0.45 負 -0.60	0.41 -0.30	0.30 -0.60	0.44
上柱軸力(kN)	正	2000		1300	2000
	負	-450	-65	-450	
下柱軸力(kN)	正	2100		1400	2100
	負	-550	-165	-550	
柱梁強度比	正	4.60	4.37	4.71	4.64
	負	1.22	1.29	1.22	
強度低下率 β_f	正	1.63	1.51	1.54	1.52
	負	0.96	0.90	0.84	

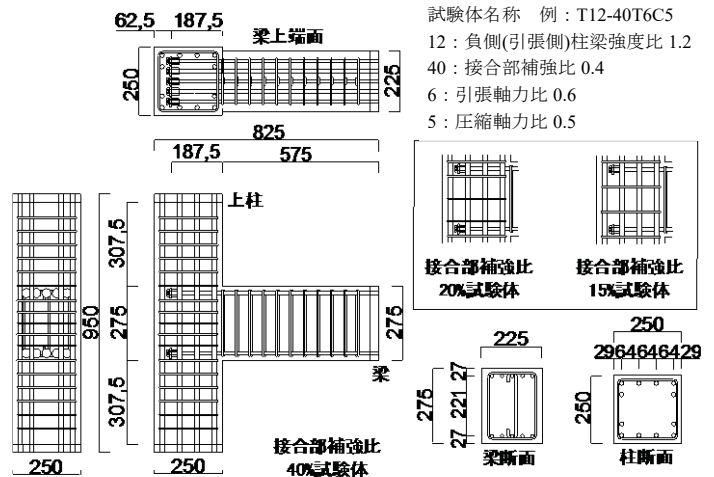


図-1 試験体配筋図(単位:mm)

表-3 鉄筋材料試験結果

鉄筋	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	降伏歪 (μ)	ヤング係数 (MPa)	
あばら筋	436.9	539.8	4340	1.88×10^5	
帯筋					
梁主筋	534.3	670.1	2735	1.95×10^5	
柱主筋	D16(SD345)	382.4	553.8	1935	1.98×10^5
	D13(SD295)	361.7	543.5	1803	2.01×10^5

※D6の降伏点は0.2%オフセット法により求めた。

Effect of Joint Transverse Reinforcement and Fluctuating Axial Force on Structural Performance of Exterior Beam-Column Joint Part3 Experiment outline and results with joint transverse reinforcement and fluctuating axial force as variables

JIN Kiwoong¹, MURAKAMI Hisashi², HU Yanbing³, MAEDA Masaki⁴, SUZUKI Yusuke⁵, FUJIWARA Kaoru⁶, KIYOHARA Toshihiko⁷, KOIKE Takuya⁶

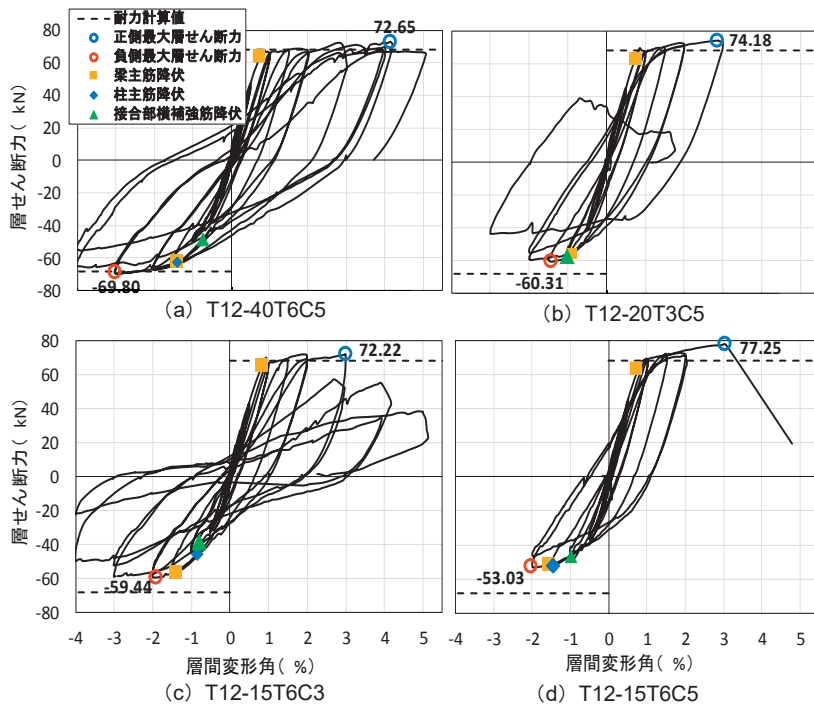


図-2 層せん断力-層間変形角関係

3 実験結果における荷重-変形関係及び破壊状況

図-2 に各試験体の層せん断力-層間変形角関係を示す。

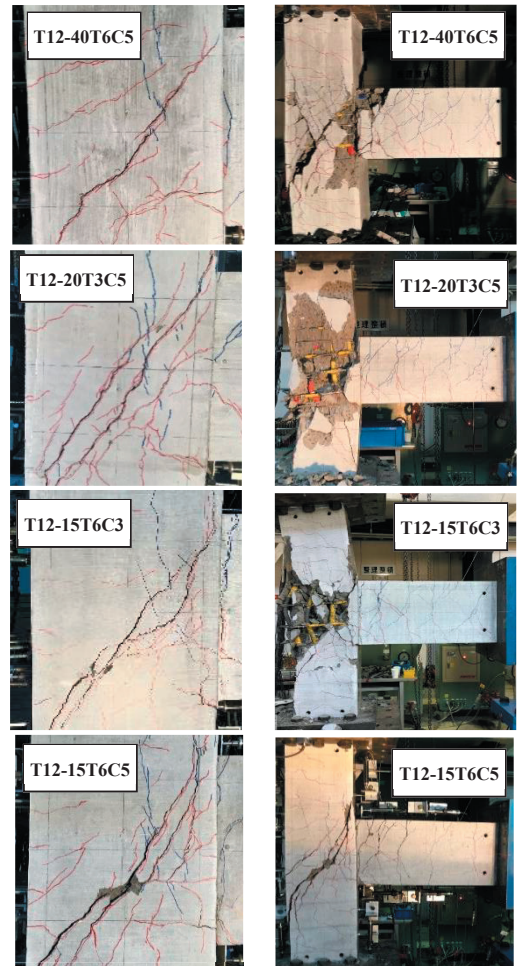
表中の破線は梁曲げ降伏耐力計算値である。

図-2(a)の T12-40T6C5 試験体は保有水平耐力指針式²⁾において、負荷荷時に接合部曲げ降伏と判定されているが、接合部補強比が大きいことから正負両側において最大耐力は梁曲げ耐力計算値に達し、1/20rad.サイクルに達しても耐力低下せず安定した履歴を描いたため、梁降伏型であると判断される。

図-2(b)の T12-20T3C5 試験体は引張軸力比を-0.3に低減させることで接合部損傷の低減を期待したが、負側において耐力は計算値に達しておらず接合部曲げ降伏が生じた。一方、柱梁強度比の大きい正側においては梁曲げ耐力計算値に達したが、負側の 1/33rad.サイクル以降、正側（圧縮軸力側）で圧壊した接合部のコアコンクリートの剥落が顕著となり、構造性能が大きく低下した。他の試験体に比べ柱主筋量が少なくなったため、接合部の損傷後に柱主筋の座屈が早期に発生したことが構造性能の低下に繋がったと考えられる。

図-2(c)の T12-15T6C3 試験体においても正側では梁曲げ耐力計算値を發揮したが、負側では接合部曲げ降伏が生じ、梁曲げ耐力計算値以下となった。その後、正側では 1/33 rad. サイクル 2 回目以降、軸力保持性能の低下が見られ、架構耐力が徐々に低下していった。履歴の形状について正側では最大耐力時まで紡錘形であったが、軸崩壊発生以後はスリップ形状が目立ち、負側においても同様に、履歴ループが細くスリップ形状が確認された。

図-2(d)の T12-15T6C5 試験体は T12-15T6C3 試験体と同様に負側において接合部曲げ降伏が生じ、梁曲げ耐力計算値以



(a) -1/50rad.除荷時破壊状況 (b) 最終破壊状況
写真-1

下となった。また、負側の最大耐力は本実験及び既往研究¹⁾を含め最小値を記録した。その後、正側 1/33rad.サイクル 1 回目のピーク時に接合部から柱の側面まで伸びたひび割れの急激な開きとともに軸力を保持できず、一気に変形が 1/20rad. まで進行したため加力を終了した。本試験体は接合部補強比が最も小さく、高変動軸力を受けたためと考えられる。

写真-1 に各試験体の破壊状況を示す。負側の最大耐力付近である R=-1/50rad.除荷時の破壊状況を見ると、いずれの試験体も負荷荷時に入る接合部斜めひび割れが卓越している。一方、正載荷方向の接合部ひび割れはわずかであった。接合部補強比が大きく梁曲げ耐力計算値を満足した T12-40T6C5 試験体においてもひび割れ状況を見る限りは他の試験体とほぼ同程度の損傷である。しかし最終破壊状況を見ると、軸崩壊が生じ、接合部が大きく損傷した他の試験体と比べ、梁へ損傷が移行していることが確認できる。ここで、T12-15T6C5 試験体については、層間変形角 3%加力サイクルで急激に耐力低下して載荷終了させたので、見かけの損傷は少ないが実際は最も接合部損傷が顕著であった。

4 まとめ

本報のまとめは本稿その 4 で併せて示す。

*1 明治大学理工学部建築学科 専任講師・博士 (工学)
*2 株式会社 安藤・間
*3 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
*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

*1 Assistant Professor, Department of Architecture, Meiji University, Dr. Eng.
*2 Hazama Ando Corporation
*3 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku University
*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.