

高変動軸力下で接合部降伏が生じる RC 造架構の崩壊挙動と構造性能評価

その1 実験概要及び結果

ト形柱梁接合部 変動軸力 接合部降伏
RC 造架構実験 層崩壊

正会員 ○加川 大樹*1 同 西田 智康*2
同 鈴木 裕介*3 同 前田 匡樹*4
同 小池 拓矢*5 同 清原 俊彦*6

1 はじめに

保有水平耐力計算規準(案)¹⁾では、柱と梁の曲げ強度が近い建物に対して、設計耐力や減衰性能が低下する接合部降伏破壊に関する検討が必要とされている。筆者ら²⁾はこれらの現象に対して、地震時に高変動軸力の発生が想定される高層建物下層部のト形柱梁接合部に着目し、接合部降伏による接合部部材への損傷を有する架構が高圧縮軸力を保持できるかを検討した(図-1, 2参照)。

一方で、一部で接合部降伏によって建物に層崩壊が生じる可能性があることも懸念されているが、接合部降伏や軸崩壊が生じた際の建物の崩壊挙動や構造性能に与える影響は明らかとなっていない。そこで本研究では、実建物の形状により近い架構形式で静的載荷実験を行い、架構全体としての崩壊挙動や構造性能を部分架構実験時と比較しながら検討することを目的とした。

2 3層1スパン架構の静的載荷実験計画

2.1 試験体・加力システム概要

本実験で計画した試験体は1/4スケールの3層1スパン架構で、1層と3層の柱高さ中央を反曲点と想定し、ピン支持とした(図-3参照)。また2層の柱と梁の中央にはせん断力と軸力を計測するためのロードセルを設置している。断面形状、試験体寸法、及び配筋は比較のため既往の部分架構実験²⁾と同一としている。試験体配筋図を左下の接合部を例として図-4に示す。

加力は試験体頂部のピン支持位置に鉛直ジャッキと水平ジャッキを取り付け行った。剛床を想定し、各柱の頂部位置の水平変位が常に等しくなるようにジャッキを制御した。載荷履歴は全体変形角±0.125%、0.25%サイクルを1回ずつ、±0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、3.0%、4.0%サイクルを2回ずつ繰り返し、+5.0%で載荷終了とした。全体変形角とは試験体頂部(水平ジャッキ加力芯)の水平変位を試験体全体の高さで除したものである。

2.2 実験パラメータ

試験体は現行で推奨される梁曲げ終局全体崩壊形に設計し、接合部せん断強度を十分に確保した。梁曲げ終局強度はACI基準の等価ストレスブロック法を用いて平面保持を仮定した断面解析により算出した。試験体諸元を表-1に示す。試験体はF12-20TC2、5の計2体で、表には比較対象となる部分架構試験体のパラメータを併記している。軸力比、柱梁強度比、 β_j は層や節点位置により異

なるが、ここでは最大値若しくは最も危険側の値を示している。

パラメータは前述の部分架構実験結果より得られた最終破壊モードを基に決定した。両試験体とも柱梁強度比を約1.2、接合部補強比を約20%とすることで接合部降伏を生じさせ、一方は軸崩壊が生じない最大圧縮軸力比0.2、もう一方は生じる0.5とした。

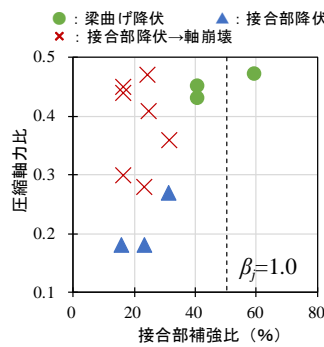


図-1 最終破壊モード

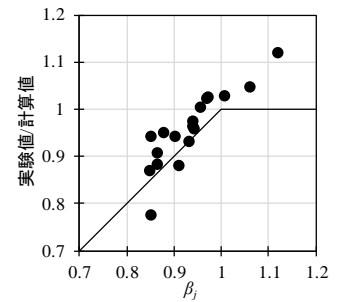


図-2 β_j と強度低下率の実験値

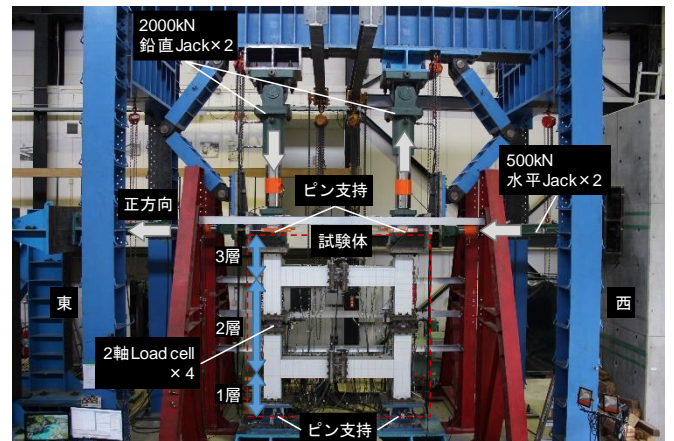


図-3 加力装置図

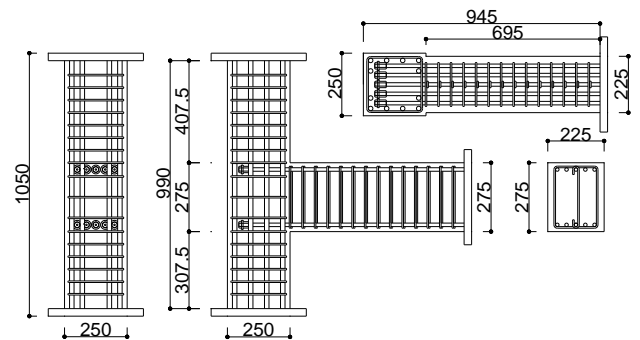


図-4 試験体配筋図(左下接合部)

図-5 に変動軸力の载荷概要を示す。上部構造で生じる梁せん断力の大きさは、層せん断力に比例していると考え、試験体に与える変動軸力は加力時に観測している層せん断力に比例させて制御した。変動軸力の比例勾配は、梁曲げ降伏を想定したメカニズム形成時の層せん断力時に変動軸力の目標最大値に達するように決定した。対象とする建物層数は、F12-20TC2 は約 7 層、F12-20TC5 は約 15 層となるが、直交梁による変動軸力も考慮するとさらに少ない層数でも本実験で目標とする変動軸力レベルが生じる可能性はある。

表-1 試験体諸元

試験体	①		②	
	F12-20TC2	T12-20TC2	F12-20TC5	T12-20TC5
柱(250×250mm)	主筋			
	12-D16(SD345)			
梁(225×275mm)	階高(mm)			
	1350			
	規格			
	5-D13(SD490)			
	スパン(mm)		スパン(mm)	
	1900		1850	
接合部補強筋				
2-D6 3set(SD295)				
接合部補強比 T_h/T_y (%)				
24.2				
23.4				
20.7				
24.2				
コンクリート強度 σ_c (Mpa)				
70.5				
95.1				
72.2				
64.9				
軸力比				
長期				
0.03				
0.04				
0.17				
0.16				
圧縮				
0.18				
0.18				
0.47				
0.47				
引張				
-0.61				
-0.61				
-0.61				
-0.64				
柱梁強度比				
1.20				
1.24				
1.29				
1.15				
強度低下率 β_f				
0.88				
0.90				
0.89				
0.87				
梁曲げ終局強度(kN・m)				
80.5				
80.8				
76.1				
79.5				

3. 実験結果

図-6 に荷重-変形関係、写真-1 に最終破壊状況を示す。F12-20TC2 は载荷開始後すぐに片柱に引張軸力が導入されるため初期剛性はF12-20TC5 よりもやや低くなったが、部分架構実験と比較すると同程度であった。両試験体とも 1.0%サイクル载荷時に初めに引張側の接合部補強筋が降伏し、1.5%時に圧縮側では梁端の引張主筋が降伏した。一方引張側では部分架構実験時と同様に柱梁接合部内の柱主筋が降伏したことに加え、柱部材端の引張主筋も一部で降伏し、接合部降伏と柱降伏が混在するような形となった。両試験体とも 1.0%付近で梁曲げ降伏計算値を上回り、3.0%時に最大耐力に達した。最大耐力は部分架構実験の正負層せん断力合計値の最大値を上回った。

F12-20TC2 試験体は 5.0%サイクルまで大きな耐力低下が生じなかったが、F12-20TC5 試験体は 3.0%サイクル時に接合部ひび割れコンクリートの剥落がやや増え始めた後、4.0%サイクル载荷中に観測面左下の接合部のコンクリートの圧壊や主筋の座屈と共に面外変形が急増し、層せん断力が低下したため载荷を中止した。この間、急激な軸力の喪失は見られなかった。

4. まとめ

本報のまとめは本稿その 2 で併せて示す。

【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、朝日工業(株)、東京鉄鋼(株)より、技術資料・鉄筋等の提供を受けた。ここに記して関係者各位に感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説、2016
- 2) 西田智康, 小池拓矢, 村上久志, 晋沂雄, 他 6 名：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 1~6, 日本建築学会大会学術講演梗概集, その 1~2, pp.519-520, 2017.7, その 3~4, pp.653-654, 2018.7, その 5~6, pp.99-100, 2019.7
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2018
- 4) 文野正裕, 他 3 名：軸方向変形拘束を受ける RC 梁部材の挙動に関する実験研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.21, No.3, pp.517-522, 1999.6
- 5) 高山慧, 他 2 名：材端回転ばねにより RC 造柱梁接合部の変形を表す骨組解析モデル, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.241-246, 2013.6

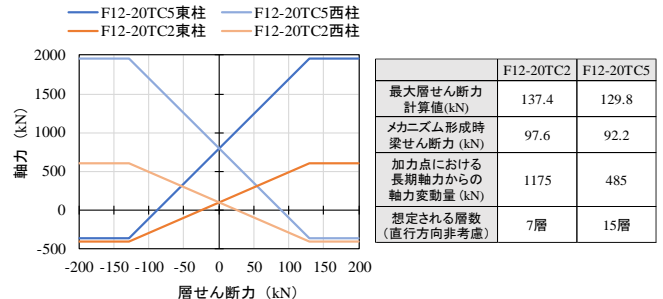


図-5 変動軸力载荷概要

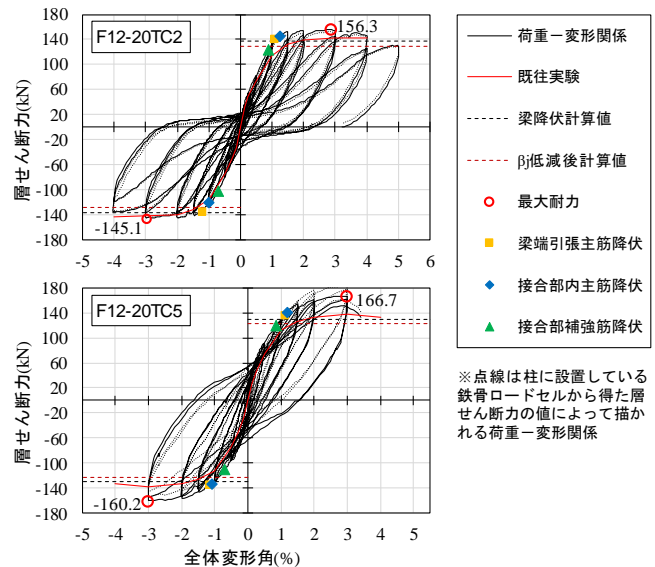


図-6 荷重-変形関係 (上: F12-20TC2, 下: F12-20TC5)

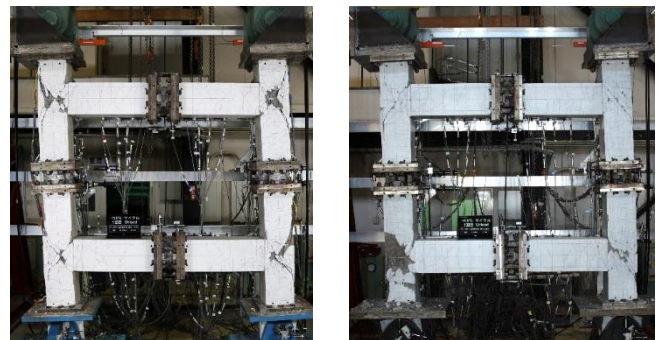


写真-1 最終破壊状況 (左: F12-20TC2, 右: F12-20TC5)

*1 前田建設工業(株)

*2 大成建設(株)

*3 大阪市立大学大学院工学研究科 准教授・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)鈴木建築設計事務所

*6 (株)堀江建築工学研究所

*1 Maeda Co., Ltd.

*2 Taisei Co., Ltd.

*3 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Osaka City University, Dr. Eng.

*4 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.

*5 Suzuki Architectural Design Office Co., Ltd.

*6 Horie Engineering and Architectural Research Institute Co., Ltd.