

## 2方向水平力を受ける鉄筋コンクリート造立体隅柱梁接合部の耐震性能に関する実験研究

### その1: 実験概要と結果

正会員 ○北山和宏\*1 同 石塚裕彬\*2  
同 片江拡\*3 同 遠藤俊貴\*4

鉄筋コンクリート 隅柱梁接合部 接合部破壊  
2方向水平力 柱梁曲げ耐力比

#### 1. はじめに

現在の鉄筋コンクリート造柱梁接合部の設計では接合部の破壊を許容せず、それを防ぐために接合部のせん断耐力が入力せん断力を上回るよう規定される<sup>1)</sup>。しかし十分な接合部のせん断余裕度(梁曲げ終局時接合部入力せん断力に対する接合部せん断耐力の比)を確保した場合でも、柱梁曲げ耐力比(梁曲げ終局時接合部節点モーメントに対する柱曲げ終局時接合部節点モーメントの比)が1に近い場合は柱梁接合部に損傷が集中し、想定する耐力を發揮しないことが塩原により明らかにされた<sup>2)</sup>。実建物における隅柱梁接合部は、軸力の変動によって柱梁曲げ耐力比が1に近づくことが想定されるため、隅柱梁接合部における水平2方向加力時の挙動を把握する必要がある。

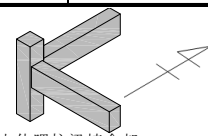
梁の断面・配筋を固定すると、柱主筋量および柱軸力によって柱梁曲げ耐力比は変動する。既往実験<sup>3)</sup>では柱主筋量を一定とし、柱圧縮軸力を変数として隅柱梁部分架構に2方向水平力を載荷してその影響を検討した。それに対して本研究では柱圧縮軸力を一定とし、柱主筋量を変数とした同様の実験を行って隅柱梁接合部の力学挙動に与える影響を検討し、既往実験<sup>3)</sup>との比較を行う。既往実験<sup>3)</sup>では柱梁曲げ耐力比を1.4と2.3としたので、本実験でも各試験体の柱梁曲げ耐力比をこれと同等になるように柱主筋量を選定した。また、既往実験<sup>3)</sup>では350×350mmの柱断面を本実験では300×300mmと縮小し、柱断面寸法が隅柱梁接合部の挙動に与える影響も検討する。

#### 2. 実験概要

##### 2.1 試験体概要

本研究では、柱主筋量を変数とした立体隅柱梁接合部試験体2体を用いた。表1に試験体諸元と各種耐力の算定結果、図1に試験体と断面の形状、表2に材料特性を示す。柱主筋は試験体Z1では8-D16(SD295A、柱主筋比1.77%)、試験体Z2では柱梁曲げ耐力比を大きくするために柱主筋量を増やし8-D19(SD490、同2.55%)とした。梁主筋は片側4-D19(SD345)を上下等量配筋で全試験体共通とし、定着板により接合部内に機械式定着した。定着長さは255mmで、柱せいの0.85倍である。接合部横補強筋は2-D6(SD295A)を75mm間隔で3組配置し、接合部横補強筋比は0.28%である。これは既往実験<sup>3)</sup>と同じく、学会指針<sup>1)</sup>が定める最低鉄筋量とほぼ等しい。柱および梁の曲げ終局耐力は平面保持を仮定した断面解析により、柱梁

表1 試験体諸元

試験体名		Z1	Z2
試験体形状		 立体隅柱梁接合部	
梁	主筋	上端下端ともに4-D19(SD345)	
	スターラップ	2-D13(SD345)@100	
柱	主筋	8-D16(SD295A),pg=1.77%	8-D19(SD490),pg=2.55%
	フープ	2-D6(SD295A)@100	
接合部		2-D6(SD295A),3組,piw=0.28%	
柱圧縮軸力		264[kN](軸力比0.04)	
梁曲げ終局時層せん断力		75.8[kN]	76.0[kN]
接合部曲げ終局時層せん断力		74.4[kN]	87.6[kN]
柱梁曲げ耐力比		1.53	2.56
接合部せん断余裕度(2方向加力時)		1.60(1.13)	1.62(1.15)

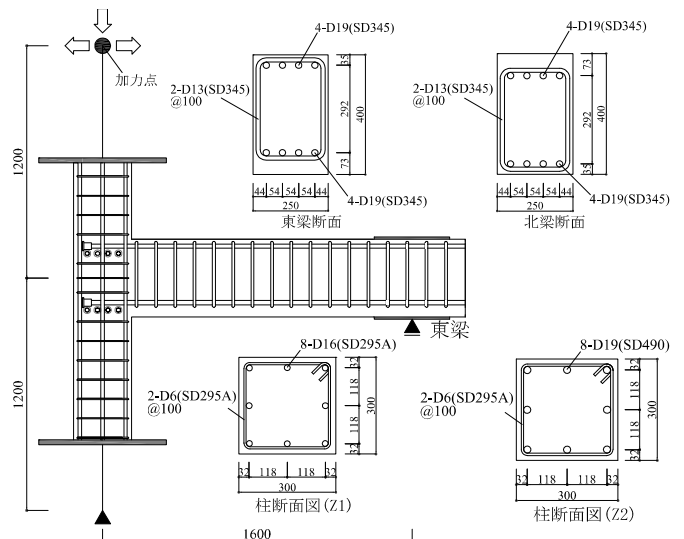


図1 試験体形状・断面形状

表2 材料特性

鋼材	降伏応力度 [N/mm <sup>2</sup> ]	引張強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	降伏ひずみ [%]	破断伸び [%]
D6(SD295A)	317	510	0.18	17.4
D13(SD345)	371	571	0.18	17.2
D16(SD295A)	354	525	0.17	18.2
D19(SD345)	380	539	0.19	17.0
D19(SD490)	535	716	0.26	12.8
コンクリート	圧縮強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	圧縮強度時ひずみ [%]	割線剛性 [kN/mm <sup>2</sup> ]	割裂引張強度 [N/mm <sup>2</sup> ]
試験体Z1	75.0	0.28	34.8	3.4
試験体Z2	76.4	0.29	34.2	3.6

接合部の曲げ終局耐力は文献4)に基づき算出した。各耐力の計算値は加力方向によって変化するため、西へ水平1方向加力したとき(後述図3の加力地点A)の値を示す。柱梁曲げ耐力比は試験体Z1が1.53、試験体Z2が2.56である。接合部せん断余裕度は1.6程度とし、柱梁接合部がせん断破壊しない設計とした。

## 2.2 加力方法

図 2 に加力装置、図 3 に試験体柱頭の載荷経路を示す。その経路は口の字形とし、第 1 サイクルは原点から西方向に所定の変位を与え(地点 A)、その変位を保ちつつ南方向に変位を与え(地点 B)、以降左回りに地点 C から I へ 1 周し原点へと戻る。第 2 サイクルは右回りに 1 周する。柱脚はピン支持、梁端はローラー支持であり、梁は東と北に設置した。加力は柱頭に取り付けた三軸一点クレビスを介し、水平 2 方向および鉛直方向の計 3 基のジャッキより行う。水平パンタグラフを用い柱軸回りの回転を拘束した。柱に一定圧縮軸力(軸力比 0.04)を導入後、柱頭に水平力を載荷した。層間変形角(柱頭水平変位を柱の支持点間距離 2400mm で除した値)0.25、0.5、1.0、1.5、2.0、3.0 および 4.0%をそれぞれ載荷した。層間変形角 0.25%は図 3 の第 1 サイクルのみ、それ以外では同図の第 1 および第 2 サイクルを 1 回ずつ載荷した。ひずみ測定の不都合や接合部破壊の進行状況より実験の継続が危険と判断し、試験体 Z1 では層間変形角 3%の第 1 サイクル、試験体 Z2 では 4%の第 2 サイクル途中にて実験を中止した。

## 3. 実験による破壊性状

両試験体の層間変形角 1.0%および 2.0%終了時の西面および南面接合部の損傷状況を写真 1 に示す。写真は南西方向から柱隅部を見たものである。両試験体とも梁曲げひび割れが層間変形角 0.25%サイクルで発生し、層間変形角 1.0%サイクルにおいて接合部に主対角ひび割れが生じた。接合部のかぶりコンクリート圧壊は、試験体 Z1 では層間変形角 1.0%第 2 サイクルの加力地点 K(図 3 参照)、試験体 Z2 では同サイクルの加力地点 Qにおいて生じた。層間変形角 1.0%終了時には、柱主筋量の少ない試験体 Z1 のほうに接合部斜めひび割れが多く発生した。層間変形角 2.0%終了時には、両試験体とも最大耐力を迎えた後であり、接合部のかぶりコンクリートが剥落し柱主筋および接合部横補強筋が露出した。また、柱主筋の座屈が試験体 Z1 では層間変形角 3.0%サイクル時において、試験体 Z2 では層間変形角 4.0%サイクル時にそれぞれ生じた。

塩原による柱梁接合部曲げ破壊機構では、接合部の引張側入隅部でひび割れの拡幅とともに主筋の降伏が生じるとされる<sup>4)</sup>が、両試験体でほとんどの梁主筋が梁フェースと接合部入隅部で同時に降伏した。しかし、接合部表面には接合部入隅部から伸びるひび割れは生じなかった。

## 4. まとめ

(1)両試験体とも柱梁曲げ耐力比にかかわらず、梁主筋および柱主筋、接合部横補強筋が降伏した後に、柱梁接合部が破壊した。梁主筋および接合部横補強筋の降伏は両試験体とも層間変形角 1.0%サイクルで、柱主筋の降伏は

\*1 首都大学東京 教授 工博

\*2 首都大学東京大学院 博士前期課程

\*3 (株)ピーエス三菱(元首都大学東京大学院生) 修士(工学)

\*4 EQSD 一級建築士事務所(元首都大学東京助教) 博士(工学)

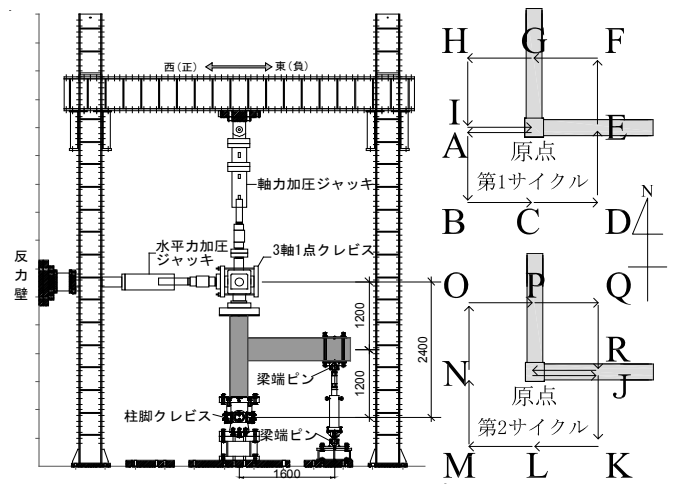
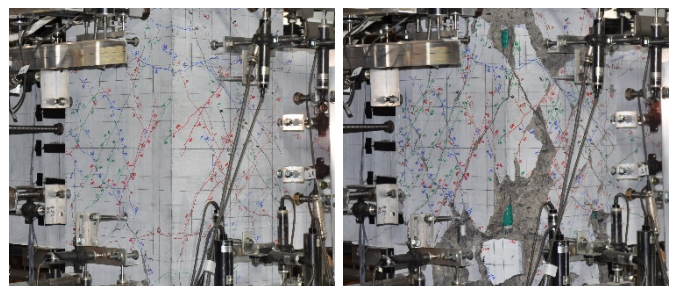


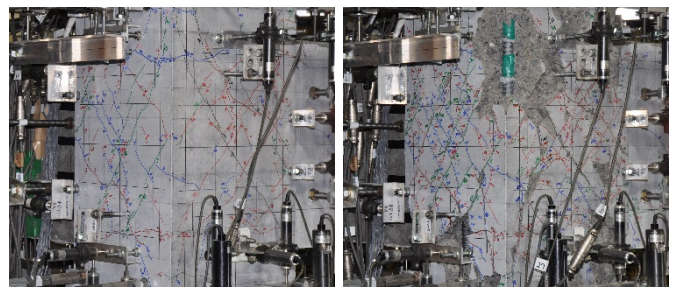
図 2 加力装置

図 3 載荷経路



(a-1) Z1-1.0%終了時

(a-2) Z1-2.0%終了時



(b-1) Z2-1.0%終了時

(b-2) Z2-2.0%終了時

写真 1 試験体損傷状況

試験体 Z1 が層間変形角 1.0%、試験体 Z2 が層間変形角 1.5%サイクルであった。

(2)柱梁曲げ耐力比 1.53 の試験体 Z1 のほうが、柱梁曲げ耐力比 2.56 の試験体 Z2 よりも柱梁接合部の斜めひび割れやかぶりコンクリートの圧壊、各鉄筋の降伏が早期に生じており、接合部の損傷が激しかった。柱主筋量を増やし柱梁曲げ耐力比を上昇させることで、接合部の損傷は抑制されたと考える。

謝辞はその 2)に示す。

## 参考文献

- 1) 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、1999
- 2) 塩原等：鉄筋コンクリート柱梁接合部：終局強度と部材端力の相互作用、日本建築学会構造系論文集、Vol.74, No.635, pp.121-128, 2009.1
- 3) 片江祐、佐藤宏一、北山和宏、遠藤俊貴：3 方向加力された鉄筋コンクリート立体隅柱梁接合部の破壊機構に関する実験的研究(その 1、その 2)、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 IV、pp.421-424, 2014.9
- 4) 桶原文雄、塩原等：鉄筋コンクリート造 T 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、Vol.78, No.693, pp.1949-1958, 2013.11

\*1 Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.

\*2 Graduate Student, Tokyo Metropolitan University.

\*3 P.S. Mitsubishi Construction Co., Ltd., M.Eng.

\*4 EQSD Structural Consultants, Dr.Eng.