

RC造ト形柱梁接合部の構造的な性能に及ぼす横補強筋の効果に関する実験的研究

Experimental Study on Effect of Lateral Reinforcement on Structural Performance in Exterior Beam-Column Joint in RC Structures

性能制御システム学研究室 小池拓矢

Structural Performance Control Lab. Takuya KOIKE

1. はじめに

現行の鉄筋コンクリート(以下、RC)造建築物の耐震設計では、梁曲げ降伏先行型の全体崩壊形を形成する架構が推奨されている。しかし近年、柱梁曲げ耐力比(式1)が1.5以下の場合、架構の耐力が設計強度に到達せずに、図1に示す接合部降伏により終局に至ることが指摘されている。これに対し、太田ら³⁾の研究において柱梁曲げ耐力比1.5程度の架構では図2で定義される接合部補強比(以下、補強比)を高くすることで、接合部降伏による破壊の進展が抑制され梁曲げ耐力を発揮することを実験により示した。しかし柱梁曲げ耐力比が1.0~1.5の、接合部降伏の進展がより顕著な範囲と考えられる架構に対しては、実験による検証が不十分である。(図3)

$$\text{柱梁曲げ耐力比} = \frac{M_{cu上} + M_{cu下}}{M_{bu}} \quad \text{式(1)}$$

$M_{cu上}$ 、 $M_{cu下}$: 上、下柱の曲げ終局時節点モーメント(kNm)

M_{bu} : 梁の曲げ終局時節点モーメント(kNm)

本研究では、柱梁曲げ耐力比1.0~1.5の範囲で梁曲げ降伏先行型に設計したRC造ト形柱梁接合部架構に対し、接合部横補強筋量をパラメータとした静的加力実験を実施し、補強比が架構の耐力、変形及び破壊メカニズムに及ぼす影響について検討する。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

表1に試験体諸元を示す。計画した試験体は、形状寸法が同一であるト形柱梁接合部架構で、接合部横補強筋の配筋のみが異なる計4体とし、接合部補強比が40~80%となるように設計した(T10-40,50,60,80)。

2.2 実験方法

加力装置を図4に示す。水平ジャッキにより正負交番繰り返し載荷した。その際、上部2本の鉛直ジャッキにより上柱に作用する軸力を0、かつ加力ビームが回転しないように制御する。また梁端部の鉛直ジャッキにより梁の鉛直変位が0になるように制御をした。加力方向は下柱に梁のせん断力が伝わる時を正載荷とした。それぞれの時の柱梁曲げ耐力比は表1に示す通りである。

3. 実験結果及び破壊経過

各試験体の荷重-変形関係を図5に、各耐力の計算値・実験値を表2に示す。いずれの試験体も層間変形角1/400rad.サイクル時に曲げひび割れ、接合部入隅からひび割れが生じ、1/200rad.サイクル時に接合部中央に斜めひび割れが生じた。接合部横補強筋はいずれも最大耐力に至る前に降伏し、T10-80試験体が±1/67rad.サイクル時に、その他の試験体は±1/100rad.サイクル時に降伏した。T10-40が±1/50rad.サイクル時に最大耐力に達したが、正

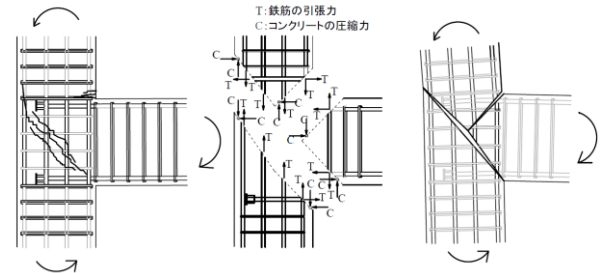


図1 接合部破壊メカニズム図
(左からひび割れ、応力、破壊モード図)

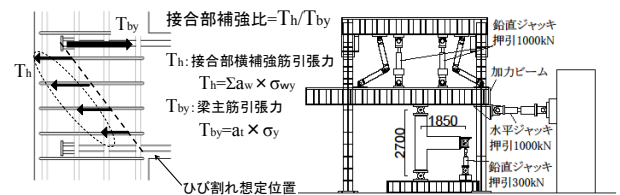


図2 接合部補強比概念図 図4 加力装置図(単位 mm)

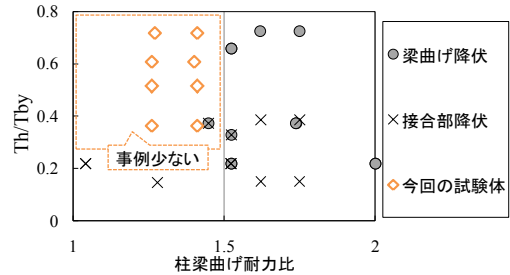


図3 既往の実験結果との比較

表1 試験体諸元

試験体名		T10-40	T10-50	T10-60	T10-80
柱(500×500mm)	主筋	12-D22			
	帯筋	4-D10 (SD390)	4-D10 (SD390)	4-D10 (SD390)	4-D10 (SD390)
	階高(mm)	2700			
梁(450×550mm)	主筋(機械式定着)	5-D25 (SD490)			
	あばら筋	2-D10 (SD295)			
	スパン(mm)	3700			
接合部	横補強筋	4-D10 (SD390)	4-D13 (SD295)	4-D13 (SD390)	4-D10 (SD785)
コンクリート強度 σ_c (N/mm ²)		62.1	62.9	60.8	64.3
ヤング係数 E_c ($\times 10^4$ N/mm ²)		3.44	3.44	3.46	3.32
軸力(kN)		0			
柱梁曲げ耐力比	接合部補強比(%)	36.3	51.5	60.7	71.8
	正	1.41		1.40	
	負	1.26		1.27	
せん断余裕度		1.24	1.25	1.22	1.27

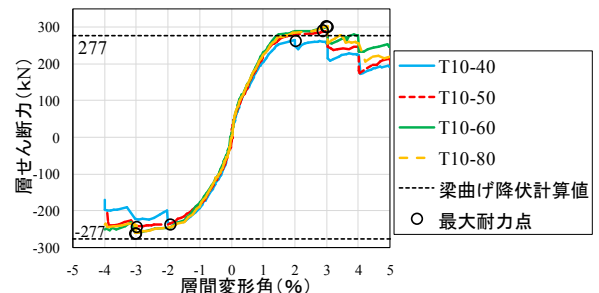


図5 荷重-変形関係(包絡線図)

負ともに梁曲げ降伏計算値を下回り、接合部降伏破壊に至った。その他の試験体は $\pm 1/33\text{rad}$.で最大耐力に達し、正側では梁曲げ降伏計算値を上回ったが、負側では計算値には達せず、同様に接合部降伏により終局に至った。T10-80 試験体は T10-60 試験体の耐力をわずかに上回ったものの、ほぼ同様の耐力性状を示した。

4. 接合部補強比の架構の構造性能への影響評価

図6に各試験体の負荷荷時における各部材の変形成割合を、図7に負荷荷時における等価粘性減衰定数の推移を示す。なお、T10-60 試験体と T10-80 試験体は同様の傾向を示したので、ここでは T10-80 試験体を除いた3体の結果を示す。いずれの試験体も層間変形の小さい時は梁に変形が集中し、変形が進むにつれて徐々に接合部の変形が増大する。T10-40、T10-50 試験体では $1/400\text{rad}$. サイクル時から接合部の変形割合が増大する傾向にあるが、T10-60 試験体においては $1/200\text{rad}$. サイクル時から徐々に増大しており、補強比の増大は接合部の変形の進行抑制に効果があると考えられる。また等価粘性減衰定数においても補強比の高い試験体ほど等価粘性減衰定数が高く推移し、エネルギー吸収能力に優れることが確認できる。また図8に各試験体の接合部せん断応力度とせん断変形角の関係を包絡線で示す。接合部中央の斜めひび割れ発生点までは試験体間に違いは見られないが、ひび割れ点以降は補強比が増大すると剛性低下が小さくなり、補強比の増大が接合部の剛性低下の抑制に効果があると考えられる。

5. 既往の研究との比較

図9に補強比と最大耐力の関係を柱梁曲げ耐力比 2.0 以下で柱梁曲げ耐力比 1.5 で分類された既往のデータと共に示す。本実験の結果と既往の実験からも補強比の増大により架構の耐力は上昇することが分かるが、T10-80 試験体は T10-60 試験体と同程度に留まっている。これらのことから補強比は接合部の剛性及び耐力の向上に効果があるが、柱梁曲げ耐力比が 1.5 以下ではその効果は補強比 60%程度で頭打ちになると考えられる。

6. まとめ

- (1) 柱梁曲げ耐力比 1.5 以下の範囲でも接合部の曲げ耐力や剛性の確保に対する接合部横補強筋の効果は見られたが、柱梁曲げ耐力比が 1.0 に近づくほどその効果は小さくなった。
- (2) 接合部補強比の増大によって層間変形角 $1/100\text{rad}$. サイクル時までの範囲では、接合部の剛性低下や変形の抑制及び架構のエネルギー吸収能力の向上に効果があると考えられる。
- (3) 柱梁曲げ耐力比 1.5 以下の架構では、接合部補強比による架構の耐力向上効果は 0.6 程度で頭打ちとなること、並びに、梁曲げ計算耐力を發揮した場合であっても最終的には接合部降伏により終局に至ることを示した。

【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・橋原文雄 他：鉄筋コンクリート造外部柱梁接合部の耐震性能におよぼす設計因子の影響に関する実験，その1，その2，その3，その4，その5，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2分冊，pp391-400，2010.9
- 3) 太田哲朗：2013 卒業論文「定着工法、横補強筋及び軸力がRC 造ト型柱梁接合部の構造性能に与える影響に関する実験的研究」
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造の設計 一 学びやすい構造設計一

表2 各耐力計算値・実験値

試験体	加力方向	最大耐力(kN)		1/25rad.時層せん断力		
		計算値 Qcub(kN)	実験値 Qmax(kN)	層間変形角 (%)	実験値 Qend(kN)	Qend/Qmax
T10-40	正側	276.6	263.8	2.00	223.82	0.848
	負側	-276.6	-235.7	-2.01	-197.3	0.837
T10-50	正側	276.7	289	2.85	246.22	0.852
	負側	-276.7	-241.5	-3.03	-230.8	0.956
T10-60	正側	276.4	300.3	3.00	277.32	0.923
	負側	-276.4	-259	-3.03	-251.26	0.970
T10-80	正側	277.0	302.3	3.03	254.28	0.841
	負側	-277.0	-260.5	-3.03	-236.58	0.908

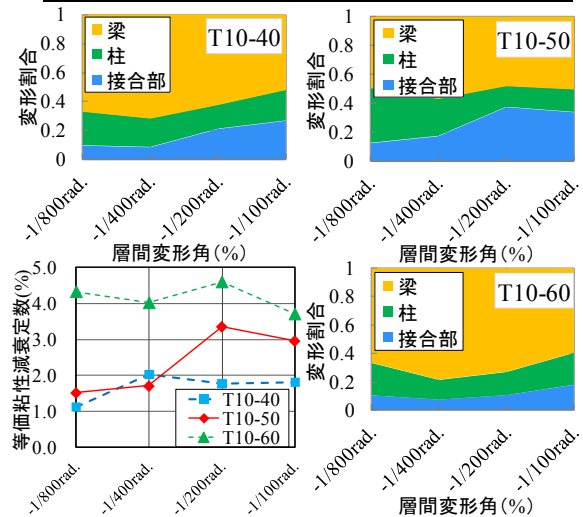


図6 各部材の変形割合

図7 等価粘性減衰定数 (左下図)

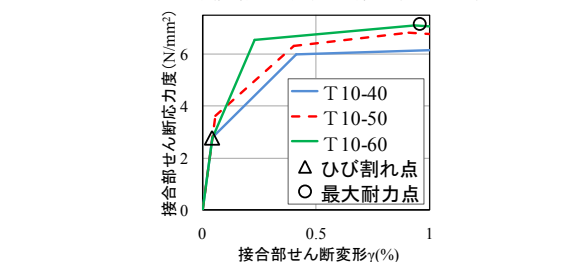


図8 接合部せん断応力度 - 接合部せん断変形

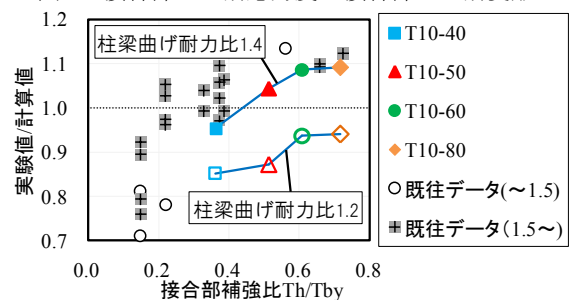


図9 柱梁曲げ耐力比と実験値/計算値