

②——RC 構造設計指針 13.2 上階柱絞り接合部

益尾 潔

一般社団法人 建築構造技術支援機構代表理事

連載
第 7 回

はじめに

今月号の連載では、前号に引き続き、RC 構造設計指針 (2026 年)¹⁾ 13.2 上階柱絞り接合部の規定と上階柱絞りト形接合部実験²⁾ について紹介する。

上階柱絞り接合部の規定

■ 柱主筋を曲げ通し筋とする上階柱絞り接合部

図 1 の上階柱絞りト形接合部は、絞り寸法 $e \leq$ 梁せい $D_g/6$ かつ 150mm 以下の柱主筋を曲げ通し筋としている。この場合、接合部有効せい D_{jh} を梁上下主筋定着長さ (ℓ_{ag1}, ℓ_{ag2}) の平均値とし、指針式 (4.1) を満足するとともに、柱主筋折曲げ勾配に応じた水平分力に抵抗する措置を講じることになっている¹⁾。

■ 柱主筋を曲げ通し筋としない上階柱絞りト形接合部

1) 上階柱せい $D_{c2} \geq$ 上階柱最小せい L_{a0} 、かつ、柱梁主筋外定着方式編¹⁾ 4.1 節の定着部拘束筋を配置したうえで、下階柱主筋定着長さ ℓ_{ac} はフック付き定着長さ L_{2h} 以上とし、上階柱主筋定着長さ ℓ_{ac} は直線定着長さ L_2 以上かつ梁下面から $15d_b$ 以上とする。

d_b : 柱主筋呼び名の値 L_{a0} = 指針式 (8.1) の梁上端筋必要定着長さ ℓ_{go} + 8.1 節 (2) の最小背面かぶり厚さ C_b

2) 梁上下主筋定着長さ ℓ_{ag1}, ℓ_{ag2} は、下階柱側の梁端仕口面を定着起点として、指針式 (8.1) の必要定着長さ ℓ_{a0} 以上、 $12d_b$ 以上、 $(3/4) D_{c1}$ 以上とし、梁主筋定着部の構造規定は SABTEC 指針 8.1 節 (2) による。

D_{c1} : 下階柱せい、 d_b : 梁主筋呼び名の値

3) SABTEC 指針 4.1 節 (1) の接合部耐力余裕度 $\lambda_p = V_{puh}/V_{muh} \geq 1.1$ とし、1) 項と 2) 項の規定を満足する場合、上階柱絞りト形接合部は、柱主筋を曲げ通し筋としなくてもよい。

■ 上階柱絞り接合部の共通事項

1) 上階柱絞り柱梁接合部の場合、横補強筋比 p_{jwh} は、SABTEC 指針¹⁾ 10 章 (2) (b) と同様、0.3% 以上とするか、7.1 節 (1) の接合部必要横補強筋比 p_{jwho} 以上か

つ 0.2% 以上とし、接合部横補強筋鋼種は当該接合部の下階柱横補強筋鋼種と同じとする。また、柱主筋定着部は SABTEC 指針 8.2 節によるとし、7.2 節に準じたかんざし筋を柱絞り部梁上端に配置する。

2) 図 2 に示すように、上階柱絞り接合部の場合、ト形、十字形ともに、接合部横補強筋寸法を下階柱横補強筋寸法と同じにすれば、接合部有効せい D_{jh} は下階柱せい D_{c1} としてもよい。

3) 上階柱絞りト形接合部の場合、上階柱主筋を下階まで連続させるか、下階柱主筋定着部と上階柱主筋定着部の間をあき重ね継手 (継手長さ L_1 : RC 配筋指針による直線継手長さ、あき寸法: $0.2L_1$ かつ 150mm 以下)³⁾ とする。ただし、あき重ね継手柱主筋の呼び名は D32 以下とする。

4) ピロティ柱梁接合部は、技術基準解説書付録 1-6 「ピロティ形式の建築物に対する耐震設計上の留意点」に示された柱主筋定着部に関連する制限柱軸力を満足しなければならない。

上階柱絞りト形接合部実験

■ 実験計画

通常、機械式定着工法の上階柱絞りト形接合部¹⁾ は、RC 造配筋指針 9.3 節³⁾ と同様、梁せい $D_g/6$ 以下かつ 150mm 以下とし、柱主筋を曲げ通し筋としている。柱主筋の呼び名が大きいと、柱主筋の曲げ加工が難しいので、柱主筋を曲げ通し筋としなければ、鉄筋工事の施工性がよくなるが、そのような上階柱絞りト形接合部の配筋詳細の仕様は明確でない。

本実験では、柱主筋外定着方式 L 形接合部⁴⁾ と同様、下階柱主筋定着部に定着部拘束筋を配置し、柱主筋を曲げ通し筋としない柱外面合せと内面合せの上階柱絞りト形接合部配筋仕様について検討する。

試験体は表 1 の上階柱絞りト形接合部試験体 4 体であり、試験体形状寸法を図 3～図 5、各試験体の定着部拘束筋への引張力伝達係数 γ_{Hco} を表 2、使用材料の強度試験結果を表 3 に示す。

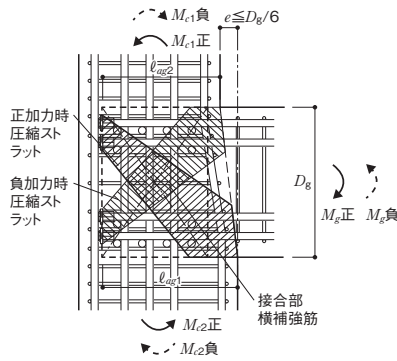


図1 上階柱絞リト形接合部

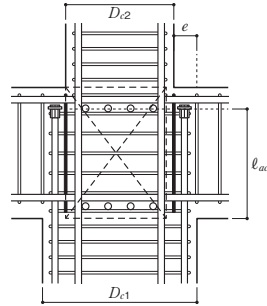


図2 下階柱せい部が接合部コアの場合

表1 上階柱絞リト形接合部の実験計画

試験体	柱軸力 N_c (kN)	梁								柱		接合部		接合部余裕度			
		主筋 (鋼種)	上端筋 定着長さ			側面 かぶり		背面 かぶり		上柱 $D_{c上}$	上柱 $D_{c下}$	主筋 (鋼種)	横 補 強 筋 (SD295)	定着部 拘束筋 (SD295)	g_{cu}/g_{mu}	g_{du}/g_{mu}	g_{au}/g_{mu}
			ρ_t	l_{ag2} (mm)	$l_{ag2}/D_{c上}$	C_s (mm)	C_s/d_b	C_b (mm)	C_b/d_b	(mm)	(mm)	ρ_g	ρ_{wh}				
OE-W1	350	5-D22 1.37% SD490	308	0.82	12.3	95	3.8	67	3.0	375	450	12-D19 (2.04%) 1.70% SD390	2-D10 -3組 0.26%	なし	1.13	1.13	1.47
OE-W2	350													2-D10-2組	1.24	1.24	1.58
IE-W1	350													なし	1.13	1.13	1.47
IE-W2	350													2-D10-2組	1.24	1.24	1.58

(共通) スパン長：3,000/2mm, 階高：1,500mm, 梁断面 ($B_g \times D_g$)：350×450mm, 柱 (B_c)：450mm
 F_c ：目標圧縮強度 (36N/mm²), 上階柱主筋定着長さ $L = D_g + 15d_b = 450 + 15 \times 19 = 735$ mm
(下階柱主筋定着長さ l_{ag}), OE-W1, W2：366mm, IE-W1,W2：400mm, 梁横補強筋：2-K100@75, $\rho_w = 0.54\%$ (KH685)
柱横補強筋：2-K100@75, $\rho_w = 0.42\%$ (KH685), 主筋中心のかぶり厚さ 45mm ($2.0d_b$), d_b ：鉄筋呼び名の値

表3 使用材料の強度試験結果

(a) コンクリート

σ_B (N/mm ²)	ε_{CO} ($\times 10^{-3}$)	E_c (kN/mm ²)	σ_t (N/mm ²)
38.1	2.12	32.1	2.87

σ_B ：実圧縮強度, ε_{CO} ： σ_B 時ひずみ
 E_c ：ヤング係数, σ_t ：割裂強度

(b) 鉄筋

使用部位	鋼種	呼び名	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	伸び δ (%)
梁主筋	SD490	D22	532	756	16
柱主筋	SD390	D19	449	654	19
梁, 柱横補強筋	KH685	K10	719	891	17
接合部横補強筋, 定着部拘束筋	SD295	D10	338	479	31
かんざし筋	SD295	D10	351	492	30

σ_y ：降伏点, σ_u ：引張強さ

柱断面形状			梁断面形状
上柱 (両試験体共通)	下柱 (OE試験体)	下柱 (IE試験体)	両試験体共通
主筋：12-D19 (SD390) 横補強筋：2-K10@75 (KH685)			主筋：5-D22 (SD490) 横補強筋：2-K10@75 (KH685)

図4 柱, 梁断面リスト (寸法単位: mm)

表1中の接合部余裕度は、コンクリートの圧縮強度 σ_B および鉄筋の降伏強度 σ_y を用いて算定した。

各試験体ともに、コンクリート目標圧縮強度 F_c 36N/mm²、梁主筋鋼種SD490、柱主筋鋼種SD390、梁、柱横補強筋鋼種KH685、接合部横補強筋鋼種SD295、定着金物はKISI-CON定着鉄筋²⁾とし、梁せい $D_g=450$ mm、下階柱せい $D_{c1}=450$ mm、上階柱せい $D_{c2}=375$ mm、上階柱の絞り寸法 $e=$ 梁せい $D_g/6=75$ mmとしている。

図5に示すように、上階柱主筋の定着長さ ℓ_{ac} は、RC配筋指針³⁾ 9.3節 (2)と同様、梁下面から $15d_b$ となるように、 $L=D_g+15d_b=450+15\times 19=735$ mmとし、 $D_{c2}\geq L_{a0}$ の条件より、梁上端筋を機械式直線定着としている。 D_g は梁せい、 L_{a0} は指針式 (8.1) の梁上端筋必要定着長さ ℓ_{g0} +SABTEC指針8.1節 (3) の最小背面かぶり厚さ C_b 、また、 $F_c=36$ N/mm²、梁主筋SD490、呼び名D22に対して、SABTEC指針の解表8.1 (b) より、 $\ell_{g0}=14d_b=14\times 22=308$ mm、 $C_b=67$ mm、 $L_{a0}=308+67=375$ mm、梁上端筋定着長さ $\ell_{ag2}=308$ mmとしている。

表1に示すように、試験体OE-W1,IE-W1では、梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊型を想定し、接合部余裕度 gQ_{ju}/gQ_{mu} を1.1程度とした。また、試験体OE-W2,IE-W2では、表2の定着部拘束筋への引張力伝達係数 γ_{Hc} を踏まえ、梁曲げ降伏後の変形性能の向上を期待し、定着部拘束筋を配置した。

本実験では、図6に示すように、油圧ジャッキを用いて軸力載荷側に加えた柱軸力 N_c を一定に保持した状態で、柱の反曲点位置をピン・ローラー支持し、押し引き型油圧ジャッキを用いて梁の反曲点位置に正負繰り返せん断力を加力している。

■実験結果および考察

各試験体の梁せん断力 Q_g －層間変形角 R 関係を図7、試験体OE-W1,W2とIE-W1,W2の正負加力時基準化梁せん断力 Q_{g}/gQ_{mu} －層間変形角 R 関係包絡線を図8、所定時部材角 ($R=+30\times 10^{-3}$ rad) 時の接合部せん断ひび割れ状況を写①に示す。

図7中には、最大耐力 Q_{max} 、限界層間変形角 R_{80} および主な発生現象を示し、図8中には、各試験体の接合部耐力余裕度 $\lambda_p=gQ_{ju}/gQ_{mu}$ を併記した。

gQ_{ju} は接合部終局耐力時梁せん断力、 gQ_{mu} は梁曲げ耐力時せん断力、 R_{80} は耐力が Q_{max} の80%低下時の限界層間変形角実験値であり、写①中には、正加力所定時の最大ひび割れ幅を併記した。

図7に示すように、各試験体ともに、 $R=+4.8\sim+7.5\times 10^{-3}$ rad時に接合部横補強筋の引張降伏 (JHY)、 $R=-8.5\sim-9\times 10^{-3}$ rad時に梁下端筋の引張降伏 (LBTY) 後、梁上端筋の引張降伏 (UBTY) およびOE-W2以外の上柱主筋の引張降伏 (UCTY) が発生し、 $R=15\sim 20\times 10^{-3}$ rad時に最大耐力 Q_{max} に達した。

また、写①に示すように、 $R=+30\times 10^{-3}$ rad時には、

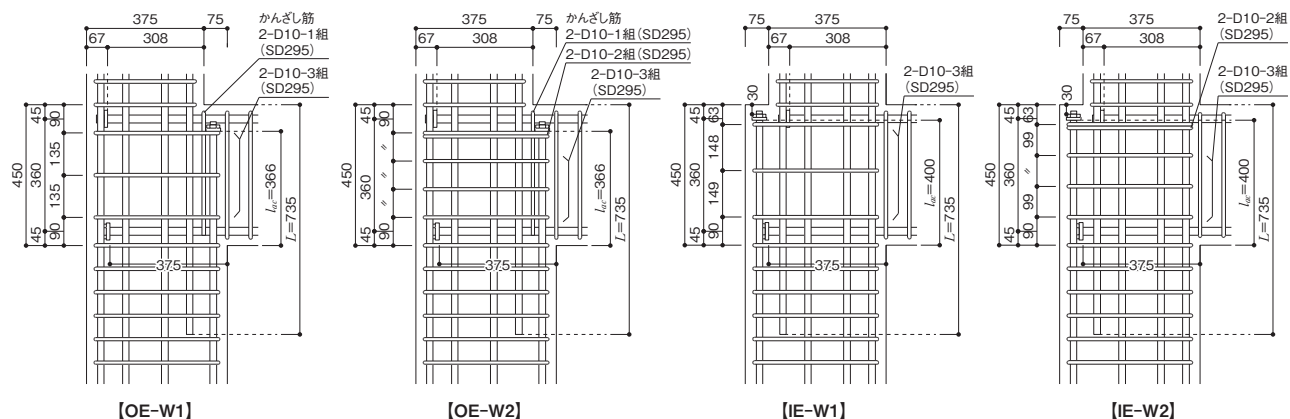


図5 上階柱絞り形接合部配筋詳細

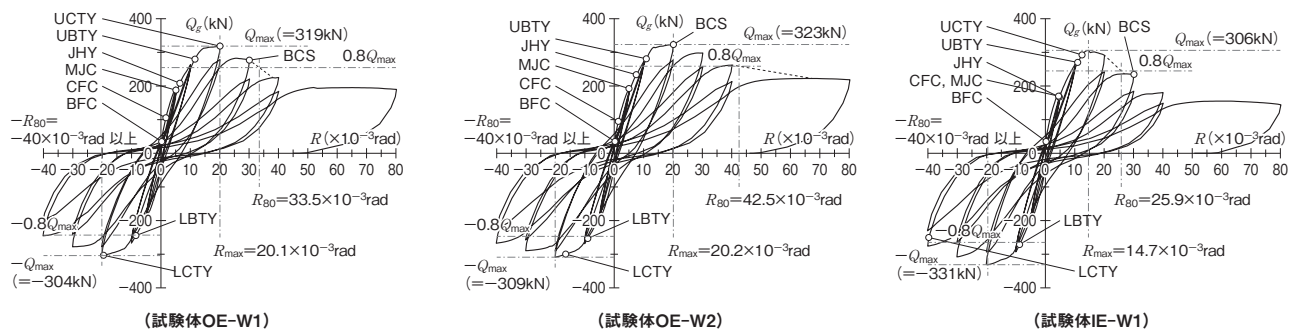


図7 梁せん断力 Q_g －層間変形角 R 関係

定着部拘束筋あり試験体OE-W2, IE-W2の接合部せん断ひび割れ幅 w_p は、定着部拘束筋なし試験体OE-W1, IE-W1よりも小さい。

図8に示すように、正負加力時平均耐力安全率 $Q_{\max}/gQ_{mu}$ は、試験体OE-W1,W2では1.07, 1.09, 試験体IE-

使用ロードセルの一覧	型式	容量	定格出力	非直線性	ヒステリシス	使用台数
軸力	TCLY-1MNA	1MN	4,000×10 ⁻⁶	0.2%RO	0.2%RO	1
水平力	CLY-500KNAT	500kN	4,000×10 ⁻⁶	0.2%RO	0.2%RO	1

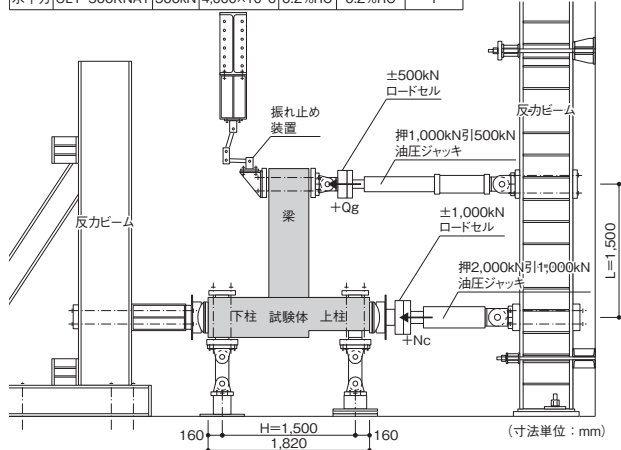
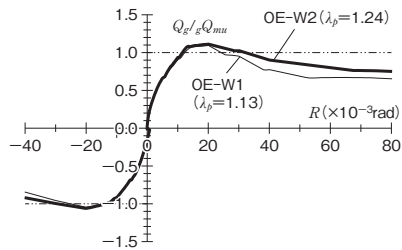
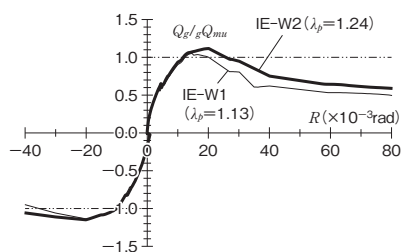


図6 実験装置



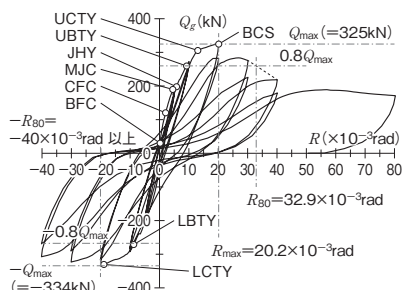
(試験体OE-W1, W2)



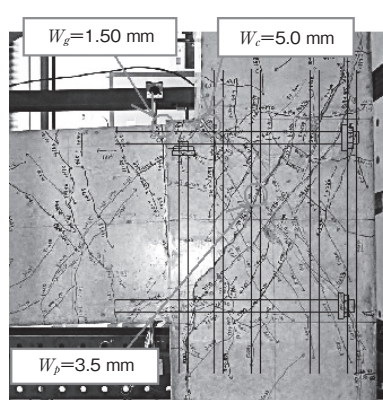
(試験体IE-W1, W2)

図8 正負加力時基準せん断力 Q_g/gQ_{mu} 一層間変形角 R 関係包絡線

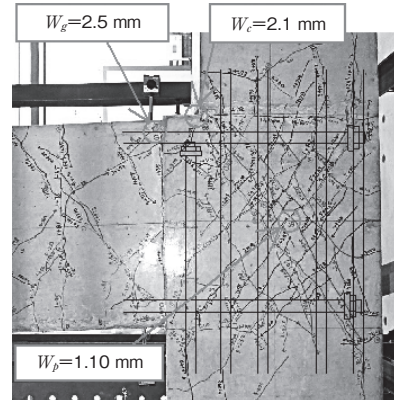
BFC: 梁曲げひび割れ, CFC: 柱曲げひび割れ, MJC: 接合部せん断ひび割れ, BCS: 梁材端部コンクリートの圧壊, JHY: 接合部横補強筋の引張降伏, UBTY: 梁上端筋の引張降伏, LBTY: 梁下端筋の引張降伏, UCTY: 上柱主筋の引張降伏, LCTY: 下柱主筋の引張降伏



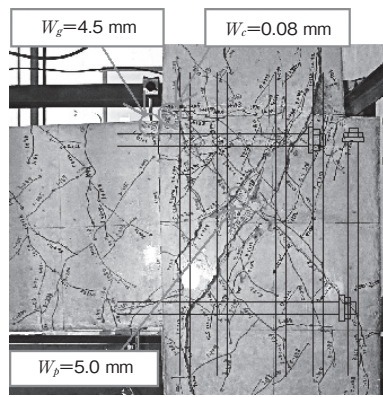
(試験体IE-W2)



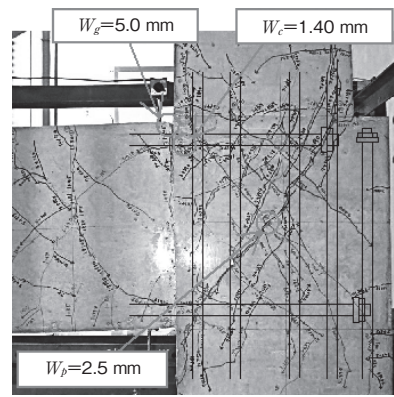
(試験体OE-W1)



(試験体OE-W2)



(試験体IE-W1)



(試験体IE-W2)

① $R=+30 \times 10^{-3}$ rad時の接合部せん断ひび割れ発生状況

W1,W2では1.10, 1.13であり、正負加力時平均限界層間変形角 R_{80} は、試験体OE-W1,W2では $36.8, 41.3 \times 10^{-3}$ rad, 試験体IE-W1,W2では $33.0, 36.5 \times 10^{-3}$ radである。これらより、試験体OE-W1,W2, IE-W1,W2ともに、破壊形式は梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊型とした。

■ 終局耐力および変形性能

1) 検討方法

本検討では、上階柱絞りなしト形接合部⁵⁾と同様、図9の応力状態を考慮し、式(1)の接合部終局耐力時梁せん断力 gQ_{ju} 、式(2)の梁曲げ耐力時せん断力を算定し、 $gQ_{ju}/gQ_{mu} \geq 1$ の場合が梁曲げ破壊型、 $gQ_{ju}/gQ_{mu} < 1$ の場合が接合部破壊型とする。

$$\ell_{ag} \geq (3/4) D_c \text{ の時, } gQ_{ju} = \min (gQ_{pu}, gQ_{au})$$

$$\ell_{ag} < (3/4) D_c \text{ の時, } gQ_{ju} = \min (gQ_{pu}, gQ_{au}, gQ_{cu}) \quad (1)$$

$$gQ_{mu} = 2M_u / \ell_o, M_u = T_{gy} \cdot j_{tg}, T_{gy} = \sum a_t \cdot \sigma_y \quad (2)$$

また、表4に式(3)～式(5)の側面剥離定着耐力、掻き出し定着耐力、接合部せん断耐力時梁せん断力と実験値を示す。

・側面剥離定着耐力 T_{au} 時の梁せん断力:

$$gQ_{au} = 2 \sum T_{au} \cdot j_{tg} / \ell_o \quad (3)$$

・掻き出し定着耐力 T_{cu} 時の梁せん断力:

$$gQ_{cu} = 2T_{cu} \cdot j_{tg} / \ell_o \quad (4)$$

