

接合部せん断力検定と接合部横補強筋比検定およびプログラム適用例

益尾 潔◎(一社)建築構造技術支援機構 代表理事

はじめに

本連載第2回では、第1回¹⁾に引き続き、接合部せん断力検定と接合部横補強筋比検定およびプログラム適用例について紹介する。

接合部せん断力検定

◎基本事項

①鉛直段差梁付き十字形およびT形接合部の検討では、SABTEC指針(2022年)²⁾11.1節より、**図1**のタイプA、タイプBともに、**図2**に示すように、左右梁重なり部の梁主筋定着部を反対側の最外縁柱主筋の外側までの貫通定着または準貫通定着とするか、非貫通定着であっても、SABTEC指針(2022年)7.1節(1)の規定を満足する接合部横補強筋を配置した場合、 $D_{jh} = D_c$ としてよいとしている。

タイプAは左右梁の上下面が一致しない場合、タイプBは左右梁の上面または下面が一致する場合であり、 D_c は下階柱せい、 D_{jh} は接合部せん断終局耐力 V_{puh} の算定に用いる接合部有効せいを示す。

②水平段差梁付き十字形およびT形接合部の場合、**図3**に示すように、梁幅が異なる芯合せの接合部として検定する(SABTEC指針(2022年)11.2節)。

③耐震壁架構における付帯柱梁接合部のせん断力は検定対象外とし、付帯柱梁接合部内の柱、梁主筋定着長さの検定を行い、下階壁抜け架構におけるピロティ柱梁接合部は、SABTEC指針(2022年)13.2節(4)の特別規定を満足しない場合、(適用範囲外)のメッセージを出力する。

④“2022年指針”のBUILD.一貫VI(2022年)では、(梁せい D_g /柱せい D_c)としたアスペクト比 $\xi \geq 1.3$

のト形接合部の場合、アスペクト比を考慮し、終局強度設計(ルート3)によるせん断力検定を行う。

アスペクト比 $\xi \geq 1.3$ のト形接合部のせん断力検定

アスペクト比 $\xi \geq 1.3$ のト形接合部のせん断力検定では、SABTEC指針(2022年)7.1節(1)の規定を満足する接合部横補強筋を配置するとし、 $D_{jh} = D_c$ としている。その際、接合部設計用せん断力 V_{muh} は、荷重増分計算の D_s 値算定時応力を用いて算定し、アスペクト比による曲げ耐力低減係数 γ_E を考慮した接合部余裕度 $\lambda_{pA} \geq 1.5$ となることを下式で確認している。

$$\lambda_{pA} = \lambda_p / \lambda_E \geq 1.5, \quad \lambda_p = V_{puh} / V_{muh}$$

$$\gamma_E = 1.74 - 0.57 \xi \quad (0.6 \leq \gamma_E \leq 1.0)$$

D_c は下階柱せい、 V_{puh} は接合部せん断終局耐力であり、 D_{jh} は V_{puh} の算定に用いる接合部有効せいを示す(SABTEC指針(2022年)5.2節の解説(2))。

接合部横補強筋比検定

◎接合部必要横補強筋比

接合部必要横補強筋比 p_{juho} は、下式で算定する。

下式中の p_{juho1} は**表1**の最小接合部横補強筋比とする。ただし、耐震壁架構に接続する付帯柱梁接合部の p_{juho} は、下式の値に係わらず0.2%とする。

$$p_{juho} = \max(p_{juho1}, p_{juho2})$$

$$p_{juho2} = \{(R_{uD}/R_{80a}) - \alpha_{wo}\} \cdot F_c / (\beta_w \cdot \sigma_{wy})$$

R_{uD} : 設計限界層間変形角

R_{80a} : 接合部耐力余裕度 λ_p で決まる限界層間変形角

α_{wo} , β_w : **表2**による補正係数

σ_{wy} : 接合部横補強筋の降状強度(N/mm²)

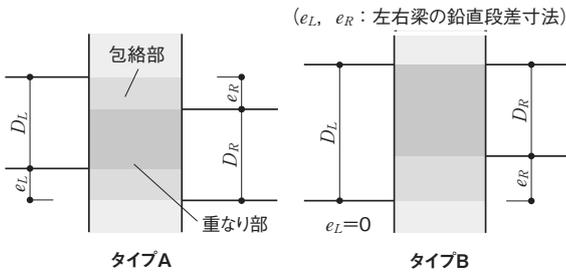


図1 鉛直段差梁付き十字形接合部の基本タイプ

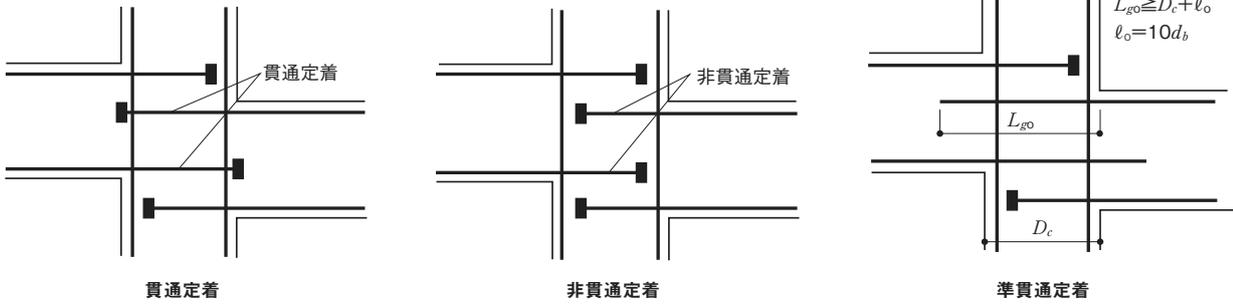
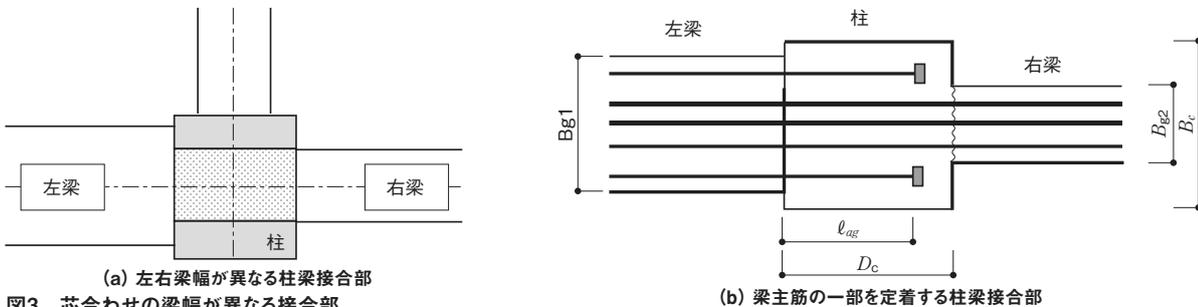


図2 鉛直段差梁付き十字形接合部の重なり部梁主筋定着形式



(a) 左右梁幅が異なる柱梁接合部
図3 芯合わせの梁幅が異なる接合部

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

◎設計限界層間変形角 R_{uD}

設計限界層間変形角 R_{uD} は、表3に示すように、設計区分に応じて設定する。ただし、設計区分の入力がない場合、ト形および十字形接合部は設計区分Ⅱ、最上階のL形、T形接合部および最下階の逆L形、逆T形接合部は設計区分Ⅰ、それ以外の柱梁接合部は設計区分Ⅱとしている。

[注記]

- ①設計区分ⅠとⅡは、SABTEC指針(2022年)4.1節(1)で定義する目標性能①と②と読み替えて用いる。
- ②設計限界層間変形角 R_{uD} は、SABTEC指針(2022年)7.1節の解表7.1では保証メカニズム時層間変形角 R_{uD} と表記している。

◎接合部横補強筋の必要組数

BUILD.一貫VI組込プログラムでは、接合部必要横補強筋比 p_{jwho} より、下式による j_{igo} 区間の接合部横補強筋の必要組数 n_h を算出している。

$$n_h = p_{jwho} \cdot B_c \cdot j_{igo} / a_{wh}$$

j_{igo} : 梁上下最外縁主筋の中心間距離 (mm)

表1 最小接合部横補強筋比 p_{jwho1}

材料種別	接合部形状	p_{jwho1}	
普通強度材料	ト形接合部	0.2%	
	T形、L形、十字形接合部	両側直交梁付き*	0.2%
		上記以外	0.3%
	最下階・逆T形、逆L形接合部	0.2%	
高強度コンクリート ($F_c60 \sim F_c120$)	T形、L形、ト形、十字形接合部	0.3%	
	最下階・逆T形、逆L形接合部	0.2%	

* 接合部被覆率50%以上の両側直交梁付き

表2 R_{80a} の算定式および補正係数 α_{wo} , β_w

接合部の種類	R_{80a} の算定式	α_{wo}			β_w
		直交梁なし	片側直交梁付き	両側直交梁付き	
ト形、十字形接合部	$R_{80a} = 0.03 \lambda_p$	0.4	0.6	1.0	19
T形接合部	$R_{80a} = 0.024 \lambda_p$	0.6	0.7	1.2	4.8
L形接合部	$R_{80a} = 0.03 \lambda_p$	0.6	0.8	1.2	8.9

表3 設計限界層間変形角 R_{uD}

接合部の種類	設計区分	
	I	II
ト形、L形、十字形接合部 (梁曲げ降伏型)	30	40
T形接合部 (柱曲げ降伏型)	20	30

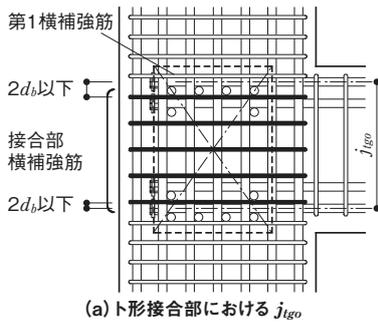
(単位: $\times 10^{-3}$)

ただし、鉛直段差梁付き十字形およびT形接合部の場合、図4に示すように、 j_{igo} は左右鉛直段差梁せい全範囲の梁上下最外縁主筋中心間距離とする (SABTEC指針11.1節(2)(b))。

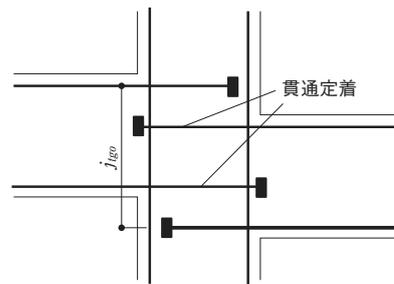
B_c : 柱幅 (mm)

一方、上下階の柱幅が異なる柱絞りの場合、柱幅は下階柱の柱幅とし、SABTEC指針(2022年)7.1節(1)の規定を満足する接合部横補強筋を配置している。

a_{wh} : 接合部横補強筋1組の断面積 (mm²)

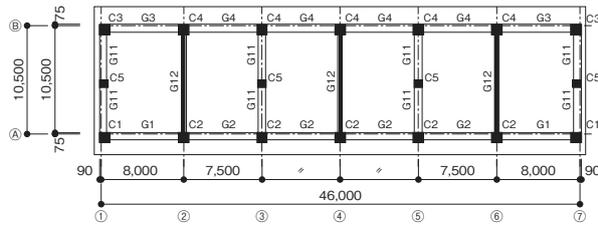


(a) T形接合部における j_{lgo}

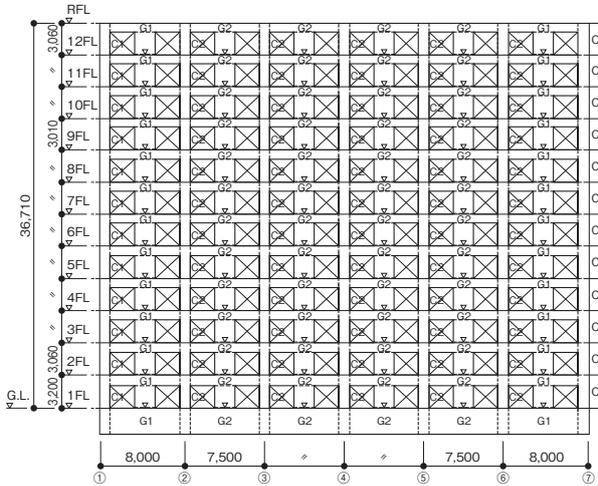


(b) 鉛直段差梁付き柱梁接合部における j_{lgo}

図4 梁上下最外縁主筋の中心距離 j_{lgo}



(a) 代表階伏図



(b) A通軸組図

図5 検討架構

[注記]

接合部横補強筋1組の断面積 a_{wh} は、当該方向・接合部横補強筋1本の断面積 A_w と接合部横補強筋本数 n_h の積としている。

ただし、1本の断面積 A_w は接合部横補強筋呼び径ごとの断面積、接合部横補強筋本数 n_h (デフォルト値2本) は外周筋2本+中子筋本数とし、接合部横補強筋呼び径は、当該方向・柱梁接合部に取り付く下階柱フープ筋の呼び径と同じとしている。

プログラム適用例

◎検討方針

本適用例では、SS7組込プログラム取扱説明書(2022年)³⁾の適用例と同じ図5の12階板状共同住

表4 材料諸元

R	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F_c	27	30	33	36	42	48						

(a) コンクリート設計基準強度

部位	鋼種	呼び名
柱、梁 主筋	SD345	D22
	SD390	D29
	SD490	D32, D35, D38

(b) 主筋の鋼種と呼び名

宅・ラーメン架構を検討対象架構とし、BUILD.一貫VI組込プログラム“2022年指針”で定めた検定条件の可否を確認する。

材料諸元を表4、梁断面リスト(X方向抜粋)を表5、柱断面リスト(抜粋)を表6に示す。

X方向梁主筋定着は、A、B通架構各層外端接合部内および5層~10層の左右端部で主筋本数が異なる十字形接合部内で行われ、Y方向梁主筋定着は、1、3、5、7通架構各層外端接合部内で行われる。

また、柱主筋定着は、R層と1層L形、T形接合部内および上下階で主筋本数が異なる11層、9層と4層のT形、十字形接合部内で行われる。

ここで、BUILD.一貫VIの場合、SS7の検討架構に対し、X方向5層梁G2、G4のスタラップ間隔を150mmから125mmに減らし、1、3、5、7通りの2~5階中間柱C5の主筋径とXY方向中子筋本数を変更している。

◎検定結果

D_s 算定用のA通架構ヒンジ図を図6、A通架構の増分解析による層せん断力 Q - 各層重心位置の層間変形角 R 関係を図7に示す。

弾塑性増分解析では、各架構の柱面および梁面を保有水平耐力計算での危険断面位置とし、X方向A通、B通架構では1階柱脚部および2階梁端部に降伏ヒンジの発生を仮定し、 $D_s = 0.3$ を直接入力によって必要保有水平耐力を決定している。解析結果によると、おおむね3層~11層梁端部で降伏ヒンジが

表7 “2022年指針”の保有水平耐力計算の適用範囲外メッセージ

番号	適用範囲外メッセージ
1604	機械式定着としたト形、十字形接合部内の梁主筋の定着部の検討を満足しない
1605	機械式定着としたL形、T形接合部内の梁主筋の定着部の検討を満足しない
1606	機械式定着とした最下階逆L形、逆T形接合部内の梁主筋の定着部の検討を満足しない
1607	機械式定着としたト形、L形、T形、十字形接合部内の柱主筋の定着部の検討を満足しない
1608	機械式定着とした最下階逆L形、逆T形接合部内の柱主筋の定着部の検討を満足しない
1609	SABTEC指針(2022年)13.2節(4)の特別規定を満足しないピロティ柱梁接合部が存在する
1610	アスペクト比による曲げ耐力低減係数を考慮した接合部耐力余裕度 λ_{pA} が1.5未満のアスペクト比 $\xi \geq 1.3$ のト形接合部が存在する

表5 梁断面リスト (X方向抜粋)

	層	G1, G3			G2, G4	
		外端	中央	内端	端部	中央
F_c 27	$b \times D$ (mm)	600 × 850			600 × 850	
	上端筋	3-D29	3-D29	4-D29	4-D29	3-D29
	下端筋	3-D29	3-D29	3-D29	3-D29	3-D29
	スタラップ	2-K13@200			2-K13@200	
F_c 48	$b \times D$ (mm)	700 × 900			700 × 900	
	上端筋	5+3-D38	5-D38	5+4-D38	5+4-D38	5-D38
	下端筋	5+3-D38	5-D38	5+3-D38	5+3-D38	5-D38
	スタラップ	4-K13@175			4-K13@175	

(スタラップ) (K13) 685N/mm²級・呼び名13

表6 柱断面リスト (抜粋)

	階	C1, C3		C2, C4		C5	
		$D_x \times D_y$ (mm)	主筋	$D_x \times D_y$ (mm)	主筋	$D_x \times D_y$ (mm)	主筋
F_c 27	12	1000 × 700	12-D29	1000 × 1000	12-D29	650 × 650	12-D29
	フープ	2-2-K13@100	2-2-K13@100	2-2-K13@100	2-2-K13@100	2-2-K13@100	2-2-K13@100
	$D_x \times D_y$ (mm)	1000 × 1000	16-D35	16-D35	16-D35	800 × 800	16-D35
F_c 42	4	1000 × 1000	2-2-K13@100	3-2-K13@100	2-3-K13@100	800 × 800	16-D35
	主筋	16-D35	2-2-K13@100	3-2-K13@100	2-3-K13@100	800 × 800	16-D35
	フープ	2-2-K13@100	3-2-K13@100	2-3-K13@100	2-3-K13@100	800 × 800	16-D35
F_c 48	3	1000 × 1000	16-D35	18-D35	16-D35	800 × 800	16-D35
	主筋	16-D35	3-2-K13@100	3-2-K13@100	2-3-K13@100	800 × 800	16-D35
	フープ	3-2-K13@100	3-2-K13@100	2-3-K13@100	2-3-K13@100	800 × 800	16-D35

(フープ) (K13) 685N/mm²級・呼び名13, (X,Y) : 横補強筋1組の本数

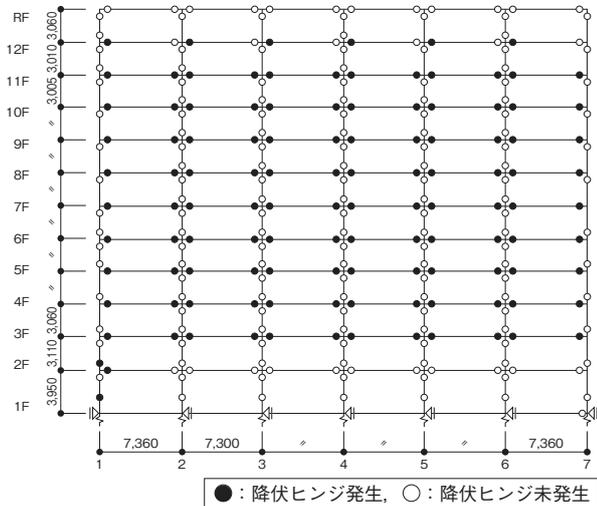


図6 D_s 算定用のA通架構ヒンジ図 (X方向正加力)

発生することで、X方向の保有水平耐力が決定し、保有水平耐力/必要保有水平耐力は1.04となった。

BUILD.一貫VI組込プログラムの適用例では、表7に示した“2022年指針”検定の保有水平耐力計算メッセージ(1)適用範囲外の番号1604~1610メッセージの該当接合部について、“2022年指針”検定によって該当接合部に対応するメッセージが出力されることを確認している。

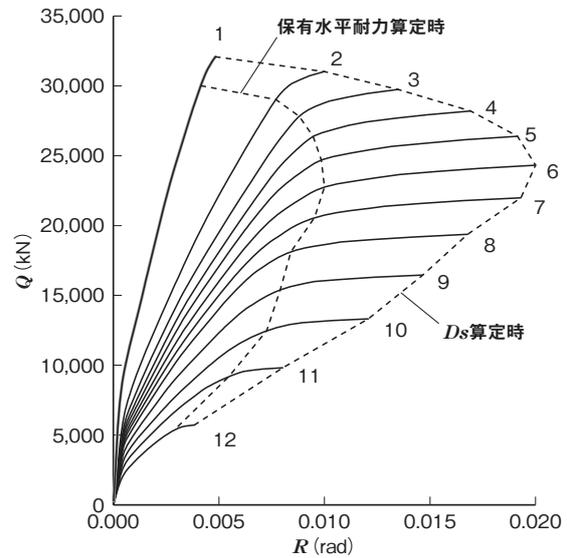


図7 A通架構の増分解析による層せん断力Q—各層重心位置の層間変形角R関係 (X方向正加力)

また、BUILD.一貫VI本体では、接合部横補強筋比が0.3%未満の場合、メッセージを出力している。一方、BUILD.一貫VI組込プログラム“2022年指針”では、前述の接合部必要横補強筋比検定で定義した柱梁接合部に配置すべき接合部横補強筋の必要組数 n_h を出力している。

おわりに

本連載第2回では、接合部せん断力検定と接合部横補強筋比検定およびプログラム適用例について紹介した。

(ますお きよし)

【参考文献】

- 1) 益尾潔：(連載) SABTEC機械式定着工法BUILD.一貫VI組込プログラム(2022年)，第1回 BUILD.一貫VI組込プログラムおよび主筋定着検定の概要，建築技術2023年2月号，pp.36~39
- 2) (一社)建築構造技術支援機構：SABTEC機械式定着工法RC構造設計指針(2022年)，2022年4月
- 3) (一社)建築構造技術支援機構：SABTEC機械式定着工法SS7組込プログラム取扱説明書(2022年)，2022年3月