

柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編概要

益尾 潔◎（一社）建築構造技術支援機構 代表理事

SABTEC 機械式定着工法 RCS 混合構造設計指針（2022年）発刊の経緯

柱RC梁S接合部の開発は、1990年前後よりゼネコンを中心に行われ、柱RC梁S接合部に関する研究の現状報告¹⁾が日本建築学会から2001年に発刊されたことから、ゼネコン各社開発工法の技術評価が第三者機関で行われている。また、近年、物流関連施設などの施工実績の増加と相まって、2021年に鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計指針²⁾が日本建築学会から発刊されている。

上記の経緯を踏まえ、SABTEC機械式定着工法RCS混合構造設計指針（2022年）³⁾は、鉄筋メーカーなど4社開発工法RCS混合構造設計指針（2022年）の共通設計指針として発刊されている。

本設計指針の柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編では、日本建築学会の鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計指針（2021年）6章と同様、柱主筋定着部の鉄筋鋼種にSD490を追加し、被覆型角形鋼管を内蔵鉄骨とした柱SRC梁S接合部に機械式定着工法柱主筋定着部を適用できることを示している。

また、柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編では、関連する基・規準による他、第三者機関の技術評価を取得した柱RC梁S接合部および柱SRC梁S接合部に関する設計指針によるとしている。

一方、RCS混合構造設計指針（2022年）³⁾では、SRC柱梁接合部編、柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編、鉄骨露出柱脚・基礎梁主筋定着部編、鉄骨根巻き柱脚・基礎梁主筋定着部編に準拠したRCS混合構造・標準配筋詳細仕様書を掲載している。

本連載第1回では、柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編概要について紹介し、第2回では、同編各部構造規定について紹介する。

柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編の特長

柱RC梁S接合部は大型店舗や物流倉庫などに適した純ラーメン混合構造であり、同構造はRC柱のコンクリートを打設後、鉄骨梁、接合部コンクリートと、合成スラブが施工される。また、柱SRC梁S接合部の場合、小鉄骨柱建方後のS造骨組を用いることで、狭隘敷地での現場施工が可能となる。

これらより、近年、第三者機関の技術評価工法による柱RC梁S接合部が普及している。

これに対して、本編は、既往工法では適用対象としていない各種定着金物を用いた機械式定着工法柱主筋定着部を適用対象としている。

柱RC梁S接合部には、図1のふさぎ板形式とせん断補強筋形式があり、ふさぎ板形式の柱RC梁S混合構造骨組の現場施工フローを図2に示す。

柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編の基本事項

柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編は、1章(適用範囲)、2章(材料)、3章(本編の基本事項)、4章(柱主筋定着設計)、5章(各部構造規定)からなる。

1章(適用範囲)では、SABTEC技術評価を取得した機械式定着工法による柱主筋定着設計を基本としている。また、2章(材料)では、柱主筋鋼種SD295～SD490、呼び名D13～D41とし、柱主筋鋼種SD295～SD390の場合、コンクリート設計基準強度 F_c は21N/mm²以上、柱主筋鋼種SD490の場合、 F_c は24N/mm²以上としている。

本編では、参考文献4)の実験を基に、T形、L形柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部ともに、設計で想定する破壊形式は、柱曲げ降伏型を基本とし、

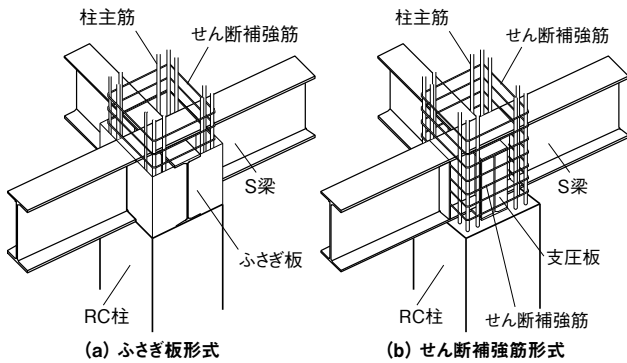


図1 柱RC梁S接合部の補強形式

【注記】①柱 CON 打設後、②鉄骨建方およびデッキプレート敷込みを行い、③仕口 CON とスラブ CON の打設が行われる

材料 (2章)	柱主筋鋼種とコンクリート設計基準強度 F_c の組合せ	
	SD295~SD390 柱主筋	F_c 21N/mm ² 以上
	SD490 柱主筋	F_c 24N/mm ² 以上
本編の 基本事項 (3章)	定着金物：SABTEC 技術評価取得機械式定着工法	
	鋼材：SS400, SN400A, B, C, SN490B, C, SM400A, B, C, SM490A, B, C, SM490YA, YB, SM520B, C	
	最終破壊形式：柱曲げ降伏先行後の柱主筋定着破壊型	
	目標性能： 柱降伏後、保証メカニズム時層間変形角 (3/100) 以上	
柱主筋 定着設計 (4章)	4.1 節 柱主筋定着形式	
	ふさぎ板形式	柱 RC 梁 S 接合部、柱 SRC 梁 S 接合部とも
	せん断補強筋形式	柱 RC 梁 S 接合部は □ 形プレート併用
		柱 SRC 梁 S 接合部
4.2 節 柱主筋必要定着長さ		
ふさぎ板形式	指針式 (4.1)	
せん断補強筋形式	指針式 (4.2)	
	柱 RC 梁 S 接合部は □ 形プレート併用	
4.3 節 □ 形プレートの設計		

図3 本編2章～4章の構成

保証メカニズム時層間変形角 R_{iD} (3/100) に達するまで、接合部せん断破壊および柱主筋定着破壊を起こさないこととしている。本編2章～4章の構成を図3、5章「各部構造規定」の構成を図4に示す。

柱主筋定着設計

◎機械式定着工法柱主筋定着部

図5に示すように、柱RC梁S接合部ではふさぎ板形式と□形プレート併用せん断補強筋形式の場合、柱SRC梁S接合部ではふさぎ板形式とせん断補強筋形式の場合、それぞれ機械式定着工法柱主筋定着部としてもよいとしている。ただし、柱主筋鋼種SD490の場合、□形プレート併用を適用できない。

◎主筋必要定着長さ

柱主筋定着長さ l_{ac} は、L形接合部実験⁴⁾を基に、梁鉄骨下フランジ下面から定着板内面までとし、①ふさぎ板形式では式(4.1)、②せん断補強筋形式では式(4.2)の必要定着長さ l_{ab} 以上としている。

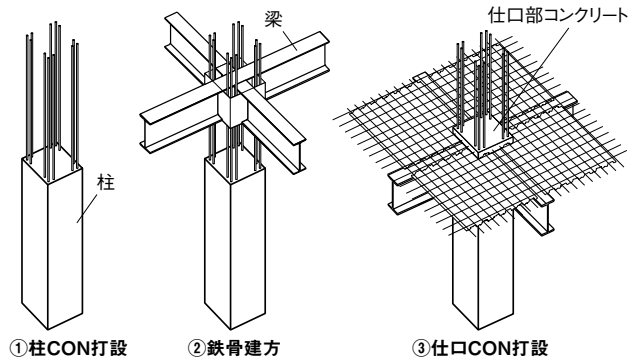


図2 ふさぎ板形式の柱RC梁S混合構造骨組の現場施工フロー

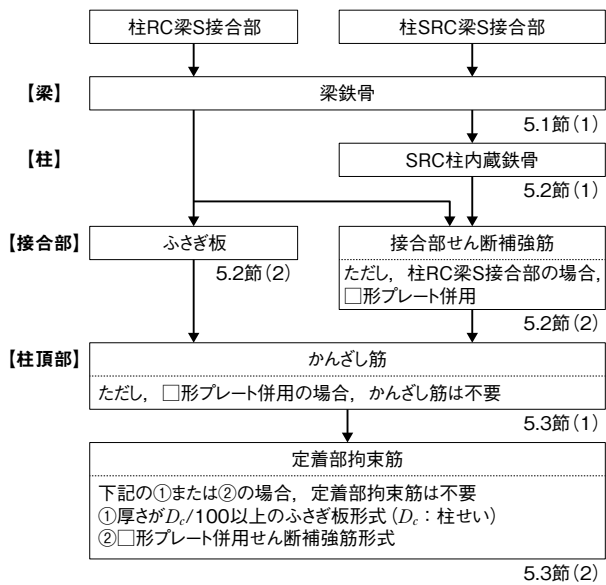


図4 本編5章「各部構造規定」の構成

式(4.1)式(4.2)は、日本建築学会の鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計指針(2021年)²⁾6.3節「最上階柱梁接合部」の算定式と同様、RC構造計算規準⁵⁾17条による必要定着長さと同様に定式化している。すなわち、ふさぎ板形式の式(4.1)では右辺の必要定着長さ係数 S を0.7とし、せん断補強筋形式の式(4.2)では右辺の必要定着長さ係数 S に1.25を乗じている。

①ふさぎ板形式の場合：

$$l_{ab} = \max \{ S \cdot \sigma_t \cdot d_b / (10f_b), 18d_b \} \quad (4.1)$$

②せん断補強筋形式の場合：

$$l_{ab} = \max \{ 1.25S \cdot \sigma_t \cdot d_b / (10f_b), 21d_b \} \quad (4.2)$$

ただし、柱RC梁S接合部の場合、□形プレート併用せん断補強筋形式とする。

$f_b = (F_c/40) + 0.9$ ：付着割裂基準強度 (N/mm²)

F_c ：コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

d_b ：柱主筋呼び名の値

σ_t ：柱主筋の短期引張許容応力度 (N/mm²)

S ：必要定着長さ係数で $S=0.7$ とする

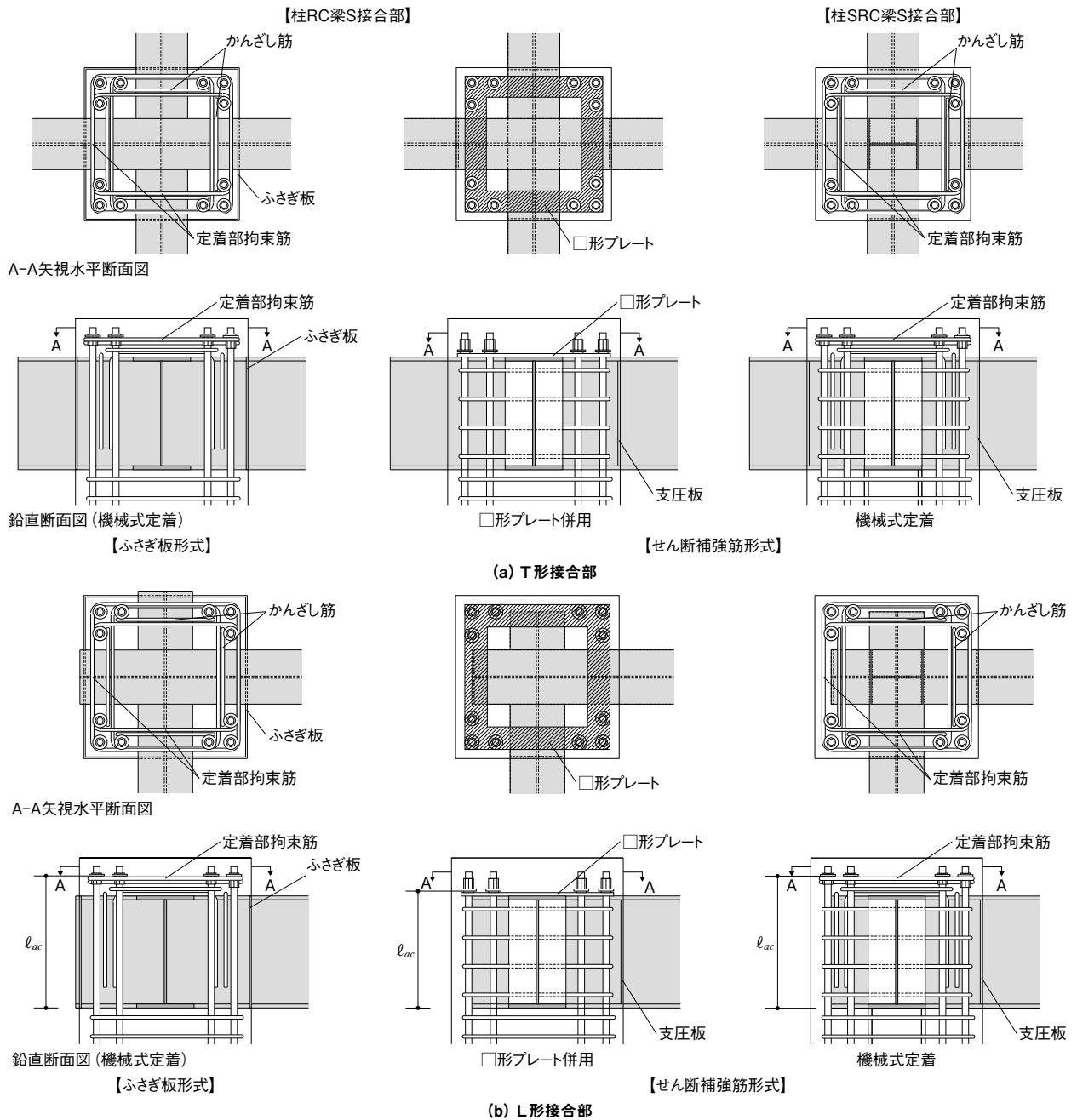


図5 柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部の機械式定着工法柱主筋定着部

◎柱主筋必要定着長さ比の算定例

柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部の式(4.1)と式(4.2)の柱主筋必要定着長さ比(l_{ab}/d_b)—コンクリート設計基準強度 F_c 関係を、図6に示す。

図6の(l_{ab}/d_b)は、柱主筋鋼種SD295~SD390、 $F_c \geq 21\text{N/mm}^2$ の場合、式(4.1)のふさぎ板形式では18以上、式(4.2)のせん断補強筋形式では21以上とし、柱主筋鋼種SD490の場合、ふさぎ板形式では、 $F_c = 24\text{N/mm}^2$ の時には(l_{ab}/d_b) = 23、せん断補強筋形式では、 $F_c = 24\text{N/mm}^2$ の時には(l_{ab}/d_b) = 29としている。

◎□形プレートの設計

梁鉄骨上フランジで支持された□形プレートの設計は、式(4.3)による。

図7に示すように、引張側柱主筋の引張力によって梁鉄骨上フランジで支持された□形プレート付け根に曲げモーメントが生じ、□形プレート隅角部(交差部)にねじりモーメントが生じる。

柱断面隅角部1箇所に配置される柱主筋に引張力 T_1 、 T_2 が生じると、□形プレートの柱断面隅角部1箇所あたりの終局時せん断力 Q_{mu} は式(4.3)の第2式で求められる。

また、せん断補強筋形式の実験⁴⁾に基づき、変形性

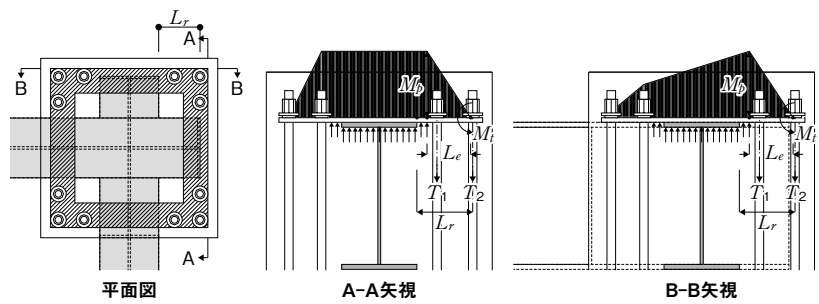
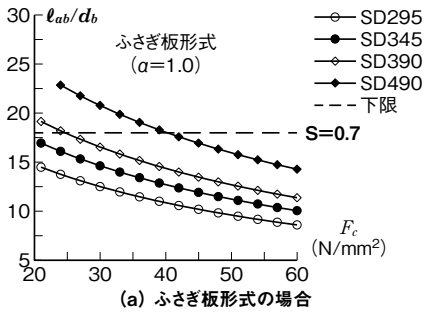


図7 □形プレートの抵抗機構および有効スパン長

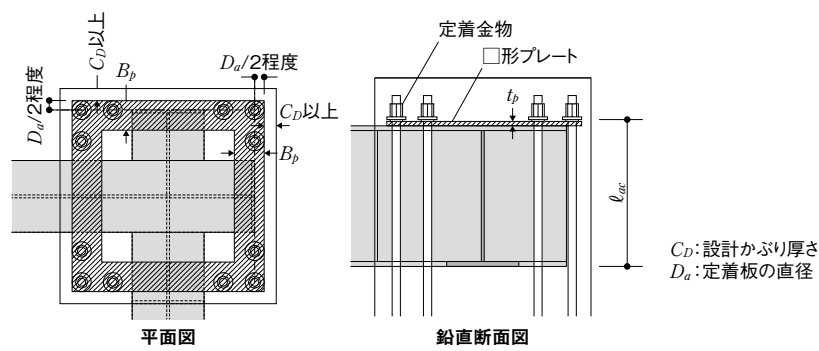
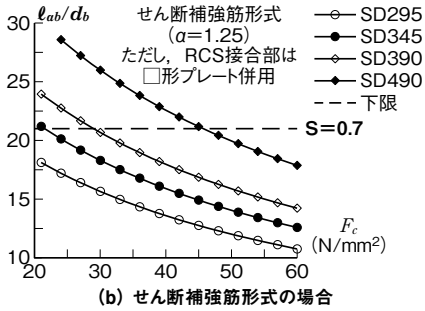


図8 □形プレートと柱主筋定着部の納まり

図6 柱主筋必要定着長さ比 (l_{ab}/d_b) - コンクリート設計基準強度 F_c 関係

能確保のための付加引張耐力に相当する□形プレート隅角部の有効長さ L_e を式 (4.4) で算定するとし、同式中の有効長さ係数 $\alpha_p=0.2$ としている。

$$Q_{mu} \geq T_{py} \quad (4.3)$$

$$Q_{mu} = (M_b + M_t) / L_e, \quad T_{py} = \gamma_p \cdot T_{ry0} / 2$$

$$L_e = \alpha_p \cdot L_r \quad (4.4)$$

Q_{mu} : 柱断面隅角部1か所あたりの□形プレートの終局時せん断力

T_{py} : 柱断面隅角部1か所あたりの全柱隅筋の終局時引張力

γ_p : 引張力有効係数で、柱主筋の鋼種に応じて決定する

SD295 : $\gamma_p = 0.3$

SD345, SD390 : $\gamma_p = 0.25$

M_b : □形プレートの全塑性モーメント

$$(M_b = \sigma_{sy} \cdot B_p \cdot t_p^2 / 4)$$

M_t : □形プレートの降伏ねじりモーメント

$$(M_t = \tau_{sy} \cdot B_p \cdot t_p^2 / 3)$$

σ_{sy} : □形プレートの引張強度

$\tau_{sy} = \sigma_{sy} / \sqrt{3}$: □形プレートのせん断強度

SS400, SN490, SM490の場合、 $\sigma_{sy} = 1.1 \sigma_{sy0}$ としてもよい。

σ_{sy0} : 規格降伏点

B_p, t_p : □形プレートの幅および厚さ

T_{ry0} : 柱断面隅角部1か所あたりの全柱隅筋の規

格降伏引張力

L_e : □形プレート隅角部の有効長さ

α_p : 有効長さ係数 ($\alpha_p = 0.2$)

L_r : 梁鉄骨フランジ先端～柱隅筋中心間距離

2) □形プレートの厚さ t_p は12mm以上、幅 B_p は $3d_b$ 以上とし、□形プレートの外面はJASS5の設計かぶり厚さを確保する (図8)。

おわりに

本連載第1回では、SABTEC機械式定着工法RCS混合構造設計指針 (2022年)³⁾ の柱RC梁S接合部・柱SRC梁S接合部編概要として、本編の基本事項および柱主筋定着設計について紹介した。

(ますお きよし)

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造の設計と施工，2001年
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造設計施工指針，2021年
- 3) (一社) 建築構造技術支援機構：SABTEC機械式定着工法RCS混合構造設計指針 (2022年)，2022年11月
- 4) 益尾潔，田川浩之，市岡友香子，足立将人：機械式定着による最上階L形柱RC梁S接合部および柱SRC梁S接合部の終局耐力に関する設計条件，日本建築学会構造系論文集，第78巻，第689号，pp.1281-1288，2013年7月
- 5) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2018年