

SS7組込プログラムVer.1.1.1.20 の追加機能

益尾 潔 © 一般社団法人建築構造技術支援機構 代表理事

本連載第2回では、SS7プログラムVer.1.1.1.20の追加機能のプログラム仕様について紹介する。

破壊形式の自動判定

◎破壊形式の判定方法

柱梁接合部の破壊形式は、 D_s 算定時の弾塑性増分解析結果より、下記の1)~3)のいずれかとして判定する。

1) 梁曲げ降伏型

①ト形接合部・左梁端または右梁端に曲げ降伏ヒンジが発生する場合、②十字形接合部・左右梁端に曲げ降伏ヒンジが発生する場合

2) 柱曲げ降伏型

①十字形接合部・上下階柱端に曲げ降伏ヒンジが発生する場合、②最上階L形またはT形接合部・下階柱端に曲げ降伏ヒンジが発生する場合、③最下階L形またはT形接合部・上階柱端に曲げ降伏ヒンジが発生する場合

3) 梁曲げ降伏型または柱曲げ降伏型

梁曲げ降伏型または柱曲げ降伏型は、図1の節点振り分け法による節点合計曲げモーメントと柱、梁の終局モーメントの比 $\Sigma C M_u / \Sigma M_{cu}$ および $\Sigma G M_u / \Sigma M_{gu}$ に応じて下式で判定する。

【梁曲げ降伏型】

十字形接合部： $\Sigma C M_u / \Sigma M_{cu} \leq \Sigma G M_u / \Sigma M_{gu}$

ト形接合部： $\Sigma C M_u / \Sigma M_{cu} \leq G M_u / M_{gu}$

【柱曲げ降伏型】

十字形接合部： $\Sigma C M_u / \Sigma M_{cu} > \Sigma G M_u / \Sigma M_{gu}$

ト形接合部： $\Sigma C M_u / \Sigma M_{cu} > G M_u / M_{gu}$

$\Sigma C M_u$, $\Sigma G M_u$ ：梁両端降伏ヒンジおよび柱両端降伏ヒンジ形成時の節点合計曲げモーメント
 M_{cu} , M_{gu} ：柱、梁の曲げ終局モーメント

◎破壊形式の適合性判定

柱梁接合部の破壊形式の適合性は、SABTEC指針4.1節(2)項に従い、下記の1)~3)のいずれかとして判定する。

1) ト形および十字形接合部

①梁曲げ降伏型、②部材種別FA~FCの柱が接続する柱曲げ降伏型：適合性OK、上記以外の場合：適合性NG

2) L形接合部

①梁曲げ降伏型、②12章の定着スタブ付きの場合または7.1節(1)より接合部横補強筋比 p_{jwh} を接合部必要横補強筋比 p_{jwho} 以上とした柱曲げ降伏型の場合：適合性OK、上記の①、②以外の場合：適合性NG

3) T形接合部

①柱曲げ降伏型、②7.1節と8.2節の規定を満足する梁曲げ降伏型の場合：適合性OK、上記の①、②以外の場合：適合性NG。破壊形式が「適合性NG」の場合、「梁必要定着長さの検定結果」出力リストに「*1」を付し、ト形、T形、L形、十字形接合部のX、Y方向について、「適合性NG」の合計発生箇所数を出力するとともに、「破壊形式の適合性NGの柱梁接合部が存在する」旨のメッセージを出力する。

◎SABTEC指針の式(解7.2)の p_{jwho} の自動計算

破壊形式の自動判定の場合、SS7-Ver.1.1.1.19の追加機能「指針解表7.1による保証メカニズム時層間変形角 R_{uD} の自動設定」により、SABTEC指針(2022年)の式(解7.2)の接合部必要横補強筋比 p_{jwho} を自動計算で求めることができる。

アスペクト比 $\xi \geq 1.3$ のト形接合部の検定

アスペクト比 $\xi \geq 1.3$ のト形接合部については、図2に示すように、指針式(5.22)の終局強度設計

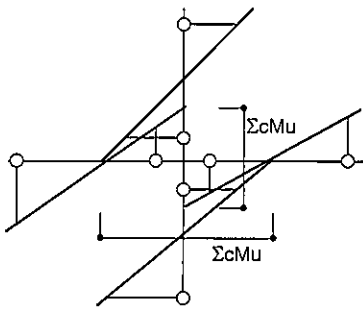


図1 節点振り分け法による節点合計曲げモーメント

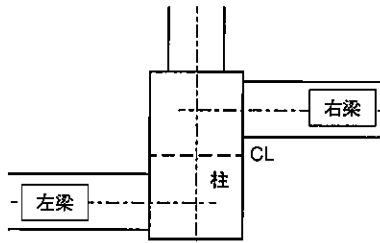


図4 梁幅が重ならず、かつ、柱幅が重なる水平段差梁付き柱梁接合部

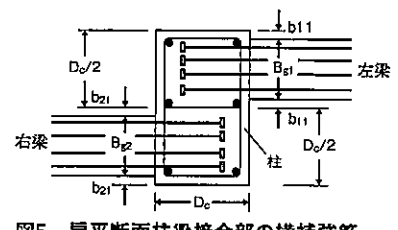


図5 扁平断面柱梁接合部の横補強筋

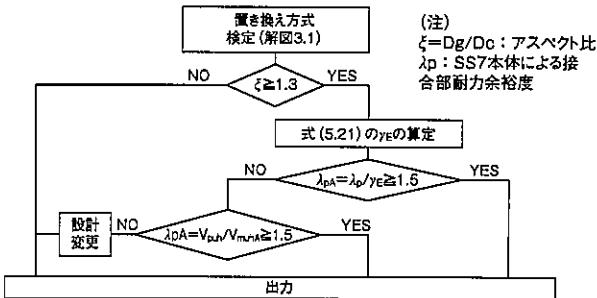


図2 アスペクト比 $\zeta \geq 1.3$ のト形接合部の指針式(5.22)による設計フロー

用せん断力 V_{muH} より求めた接合部余裕度 $\lambda_{pA} = V_{puH}/V_{muH} \geq 1.5$ を満足しない場合、設計変更を行うこととする。

地震応答解析の最大応答層間変形角による場合

地震応答解析の場合、最大応答層間変形角を D_s 、算定時層間変形角 θ と読み替え、SS7-Ver. 1.1.1.19の追加機能「指針解表7.1の保証メカニズム時層間変形角 R_{uD} の自動設定」により、SS7-Ver. 1.1.1.20では、地震応答解析の最大応答層間変形角に相当する保証メカニズム時層間変形角 R_{uD} を用い、指針式(解7.2)より接合部必要横補強筋比 ρ_{jwho} を算定する。

特殊柱梁接合部の追加機能

◎基本事項

図3のSS7-Ver.1.1.1.19の別途計算機能では、ピロティ柱梁接合部の場合、梁、柱主筋定着長さは検定対象外であり、「制限柱軸力を満足しないピロティ柱梁接合部が存在する場合」メッセージを出力する。

一方、SS7-Ver.1.1.1.20では、下記①と②の特殊柱梁接合部の検定計算機能を追加している。

①梁幅が重ならず、かつ、柱幅が重なる水平段差梁

別途計算機能	
1.機械式定着の検定	
1.1 RC接合部	
1.1.1 データ入力	
1.1.1.1 対象結果の選択	
1.1.1.2 接合部横補強筋比	
1.1.1.3 1組の中子筋	
1.1.1.4 梁割増し幅方式の選択	
1.1.1.5 定着耐力の低減係数	
1.1.1.6 断面検定省略部材	
1.1.1.7 特殊柱梁接合部の追加選択	
1.1.1.8 定着金物および検定指定	
1.1.2 検定結果	
1.1.3 出力結果	

図3 SS7組込プログラムの別途計算機能

付き柱梁接合部の必要横補強筋比

SS7-Ver.1.1.1.20では、図4に示すように、水平段差梁付き柱梁接合部の場合、隣接するY軸間またはX軸間距離の絶対値 $ABS(L_o) \leq D_{co}$ の時、梁幅が重ならず、かつ、柱幅が重なる場合とみなし、図5に示すように、全柱断面積に対して、指針式(解7.2)の接合部必要横補強筋比 ρ_{jwho} を満足する必要組数 n_h 、ならびに柱幅が重なる側の中子筋併用の必要組数 n_h を算出する。ただし、 $D_{co} = \sum D_c / 2$ 、 $\sum D_c$ は扁平断面柱の全せいとしている。

②鉛直スタブ付き柱梁接合部

SABTEC指針12.1節で規定する鉛直スタブ付き柱梁接合部(図6)の場合、梁主筋定着長さ ℓ_{ag} および柱主筋定着長さ ℓ_{ac} を下式で確認する。

【梁上端筋】

$$D_c \geq C_b + \ell_{ag}, \ell_{ag} = \max(\ell_{ao}, 16d_{bg}, 0.75D_c)$$

【梁下端筋】

$$D_c \geq C_b + \ell_{ag}, \ell_{ag} = \max(\ell_{ao}, 14d_{bg}, 0.75D_c)$$

【柱主筋】

$$\ell_{ac} \geq \max(L_{2h}, D_g + 10d_{bc} - 2.5d_{bg})$$

d_{bg} : 梁主筋呼び名の値 d_{bc} : 柱主筋呼び名の値

D_c : 柱せい D_g : 梁せい

ℓ_{ao} : 指針式(8.1)の必要定着長さ

L_{2h} : JASS 5のフック付き定着長さ

上式では、最外縁上端筋中心から梁上面までの距離を $2.5d_{bg}$ としている。また、接合部横補強筋比

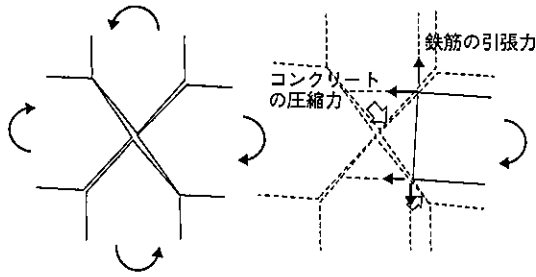


図7 柱梁接合部のモーメント抵抗機構³⁾

$p_{juwh} \geq 0.3\%$ かつ指針式(解7.2)の接合部必要横補強筋比 p_{juwh} を満足する必要組数 n_h を算出している。

保有水平耐力計算規準による β_j の追加判定

SS7-Ver.1.1.1.20では、SABTEC指針(2022年)¹⁾の検定条件を満足するト形接合部について、保有水平耐力計算規準20条「柱梁接合部」による図7のモーメント抵抗機構に基づき、図8のフローに従い、強度低下率 β_j を下式で算定し、 $\beta_j \geq 1.0$ となることを確認している。

$$\beta_j = \{0.85 - \Sigma A_{if_y}/b_j D_g F_c + (1/4) [(\Sigma M_{cu}/M_{gu}) \cdot \xi_a - 1] + (1/2) (\Sigma A_{juw_{fy}}/\Sigma A_{if_y})\} \cdot \xi_r$$

$\Sigma A_{if_y}/b_j D_g F_c$: 梁主筋量比

$\Sigma M_{cu}/M_{gu}$: 柱梁曲げ強度比

$\xi_a = \ell_{ag}/D_c$: 梁主筋定着長さの影響係数

$\xi_r = 2(\xi + 1/\xi) - 1$: アスペクト比に関する補正係数

$\xi = D_g/D_c$: アスペクト比 b_j : 接合部有効幅

ℓ_{ag} : 梁主筋定着長さ D_g , D_c : 梁せい, 柱せい

ΣA_i : 梁引張側主筋断面積

f_y : 梁引張主筋の降伏強度

ΣA_{juw} : 接合部横補強筋の全断面積

f_{jy} : 接合部横補強筋の降伏強度

F_c : コンクリートの設計基準強度

一方、SABTEC指針5.1.1項より、ト形接合部の柱端終局曲げモーメント ΣM_{cu} は指針式(5.10)、梁端終局モーメント M_{gu} は指針式(5.11)で算定している。

$$\Sigma M_{cu} = 2(T_{cye} + N_c/2) \cdot j_{ico}, \quad T_{cye} = T_{cy} + T_{cny}/2$$

指針式(5.10)

$$M_{gu} = T_{gy} \cdot j_{ig}$$

指針式(5.11)

T_{cye} : 柱主筋の等価上限引張力

T_{cy} : 柱引張主筋の上限引張力

T_{cny} : 柱中段主筋の上限引張力

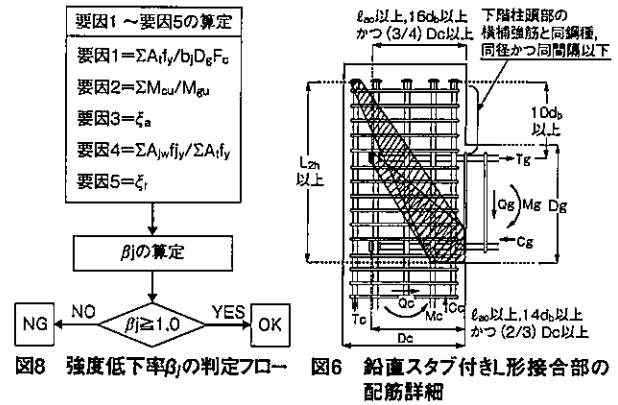


図8 強度低下率 β_j の判定フロー 図6 鉛直スタブ付きL形接合部の配筋詳細

T_{gy} : 梁引張主筋の上限引張力

j_{ico} : 柱両側最外縁主筋の中心間距離

j_{ig} : 梁上下主筋の重心間距離 N_c : 柱軸力

本検討では、柱軸力 N_c は、長期荷重時柱軸力とした上で、SABTEC指針5.1.1項の解説(5)に示された柱軸力の範囲を考慮し、 $0.15F_c B_c D_c$ を超える場合、 $0.15F_c B_c D_c$ としている。

出力項目と出力内容

SS7組込プログラム Ver.1.1.1.20では、計算の基本条件(定着金物種類)、各検定箇所での検定結果および検定項目ごと検定結果の集計値を出力する。

おわりに

本連載第1回で紹介したSS7-Ver.1.1.1.19では、SABTEC指針(2022年)に準拠した追加機能を盛り込み、SS7-Ver.1.1.1.20では、柱梁接合部の破壊形式の自動判定機能、地震応答解析の最大応答層間変形角に対する検定機能を盛り込むとともに、保有水平耐力計算規準による強度低下率 $\beta_j \geq 1.0$ の判定機能を追加している。以上のように、SS7-Ver.1.1.1.19とVer.1.1.1.20によると、実務設計の検定計算機能が大幅に強化される。(ますお きよし)

【参考文献】

- (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
- 益尾深:(連載)SABTEC機械式定着工法SS7組込プログラム取扱説明書(2023年), 第1回SABTEC組込プログラムVer.1.1.1.19のSABTEC指針(2022年)準拠機能, 建築技術2023年3月号, pp.132~134,
- 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準・同解説, 20条「柱梁接合部」, pp.181~209, 2021年