

プログラム概要

益尾 潔◎一般社団法人建築構造技術支援機構 代表理事

プログラム開発の背景

近年、鉄筋の太径化に伴い、機械式定着工法が高さ60m以下の中高層建物で採用が多くなっている。これらの背景を踏まえ、当機構では合理的な接合部配筋詳細設計施工の実現に向け、『SABTEC機械式定着工法 設計指針』(2014年)¹⁾および『SABTEC機械式定着工法デザインマニュアル』(2014年)²⁾を発刊し、機械式定着工法の普及促進に努めてきた。

一方、建築構造設計は一貫構造計算プログラムなくして今や成立せず、従来、設計建物の機械式定着工法の検定計算に多くの労力を必要とし、この点が機械式定着工法の普及を妨げてきた。

これらより、当機構では定着金物開発メーカーの依頼により、「SABTEC機械式定着工法BUILD.一貫IV+組込プログラム」(2012年12月)³⁾を構造ソフトに委託して開発するとともに、機械式定着工法のさらなる普及促進のために、下記のSABTEC技術評価取得6社の機械式定着工法を適用対象とした「SS3組込プログラム」⁴⁾をユニオンシステムに委託して開発した。

- ・オニプレート定着工法 FRIP定着工法：伊藤製鐵所
- ・タフ定着工法：共英製鋼
- ・ネジプレート定着工法：JFE条鋼
- ・EG定着板工法：合同製鐵
- ・DBヘッド定着工法：ディビーエス
- ・フジアンカー定着工法：富士ボルト製作所

第1回の本稿はプログラム概要、第2回は試設計建物の梁、柱主筋定着検定例について紹介する。

置換え方式による検定

SS3組込プログラムは、SABTEC機械式定着工法

設計指針(2014年)(以下、SABTEC指針)10章の終局強度設計(設計ルート3)を対象とした置換え方式による梁、柱主筋定着検定の計算プログラムである。置換え方式では、**図1**のように、SS3本体で接合部せん断検定後、SABTEC指針8章の梁、柱主筋定着検定および10章の接合部横補強筋比 p_{jwh} の検定を行う。

また、置換え方式による本プログラムの検定結果は、設計建物の確認申請資料および軽微変更のための検討資料として用いることができる。

プログラム構成および特徴

本プログラムは、**図2**のように、SS3別途計算プログラムとして作成されている。すなわち、本プログラムによると、部材断面寸法や配筋関連のSS3本体の入力データを使用でき、定着検定入力データを必要最小限にとどめている。この点が本プログラムの最大の特徴であり、その結果、従来、EXCELによる検定計算に必要なデータ入力が大幅に削減される。

ただし、プログラム化の制約上、後述の特殊形状の柱梁接合部内の梁、柱主筋定着検定については、EXCELによる別途計算で対処する必要がある。

一方、SS3本体では設計基準強度 $F_c > 60\text{N/mm}^2$ のコンクリートも、設計者判断で扱うことができる。SABTEC指針の高強度RC柱梁接合部編では、**図3**のように、高強度材料を用いた梁、柱主筋の必要定着長さ l_{a0} は、普通強度材料と同じSABTEC指針式で算定できる。

すなわち、SS3本体で接合部せん断検定をクリアすれば、高強度材料の場合にもSABTEC指針10章の置換え方式を適用できる。これらより、本プログラムでは高強度材料の場合にも、置換え方式による梁、柱主筋の定着検定を扱えるようにした。

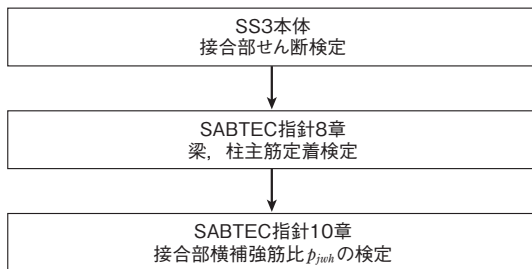


図1 SABTEC指針10章による置換え方式の検定フロー

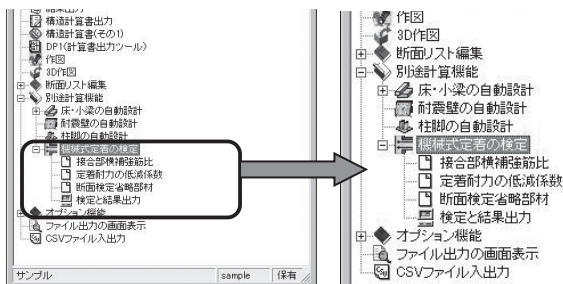


図2 SS3メイン画面と本プログラムとの関係

また、SABTEC指針の高強度RC柱梁接合部編では、大臣認定取得の590N/mm²級および685N/mm²級高強度主筋と、45N/mm² ≤ F_c ≤ 60N/mm²のコンクリートを組み合わせた場合も扱うことができる(図3)。

すなわち、高さ60mm以下の中高層建物でも、590N/mm²級および685N/mm²級高強度主筋は、45N/mm² ≤ F_c ≤ 60N/mm²のコンクリートと組み合わせることができるので、基礎梁主筋定着部では、590N/mm²級や685N/mm²級高強度鉄筋を使用すれば、主筋本数を減らすことで、配筋施工の合理化が図れる。

定着検定と結果出力

◎基本事項

梁、柱主筋定着の検定計算は、図2のSS3メイン画面の「別途計算機能」から「機械式定着の検定」の「検定と結果出力」(図4)をクリックし、①定着金物名称、②検定箇所の指定(形状指定と方向指定)にチェックを入れたと実行される。

図4の画面では、(方向指定)は両方向、(形状指定)はト形梁筋、L形梁筋、T形梁筋、十字梁筋およびト形柱筋、L形柱筋、T形柱筋、十字柱筋にチェック

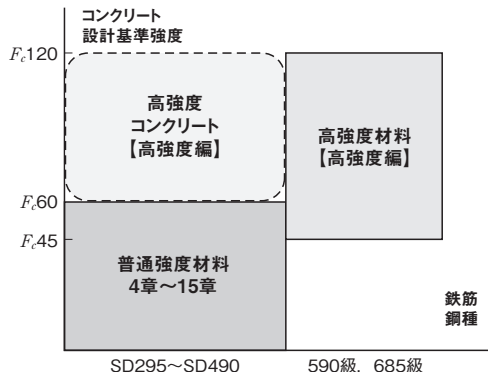


図3 普通強度材料と高強度材料との関係

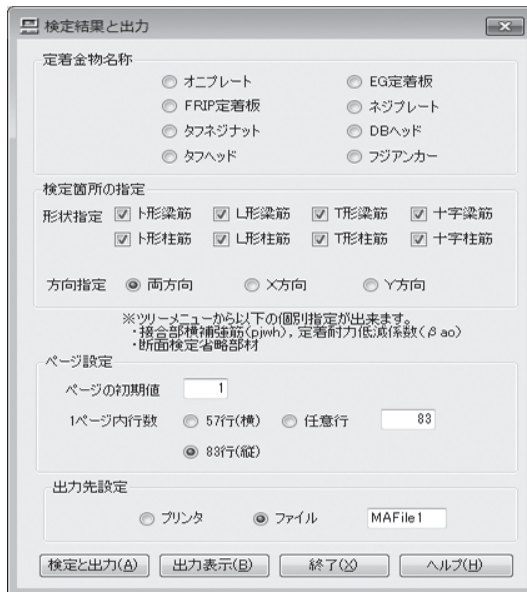


図4 「検定と結果出力」画面

L形 接合部		T形 接合部
ト形 接合部		十字形 接合部

図5 ト形、L形、T形、十字形接合部

クを入れている(図5)。この場合、両方向ともに、ト形、L形、T形、十字形接合部内に、梁、柱主筋定着部が存在するとして検定が行われる。しかし、T形、十字形接合部内では梁主筋定着部が配置されることが多く、そのような梁主筋定着部でも検定計算が行われるので、不必要な検定結果が出力される。

梁、柱主筋定着の検定計算では、後述の「出力内

(a) 接合部横補強筋比 p_{jwhX} , p_{jwhY}

(b) 定着耐力の低減係数 β_{ao}

(c) 断面検定省略部材

図6 「入力内容」画面

容」で説明する(判定内容)の「不足」や「不適」が発生する柱梁接合部を把握し、その対処方法を検討することが重要である。上記の観点から、第2回の試設計建物の梁、柱主筋検定例で詳述するように、梁、柱主筋の検定計算では下記の2点が基本となる。

- 1) (方向指定) はX方向とY方向を別々に行う。
- 2) (形状指定) はト形梁筋、L形梁筋、T形梁筋、十字梁筋およびト形柱筋、L形柱筋、T形柱筋、十字柱筋を別々に行う。

◎ト形梁筋、L形梁筋、T形梁筋、十字梁筋の指定

ト形梁筋、L形梁筋、T形梁筋、十字梁筋の指定では、通常、ト形、L形接合部では梁主筋定着が行われるので、(形状指定)でト形梁筋、L形梁筋にチェックを入れる。

一方、T形、十字形接合部内の梁主筋定着の有無は、設計によって異なる。梁主筋定着なしのT形、十字形接合部の場合、「検定と結果出力」画面の該当形状を指定しないか、または図6(c)「断面検定省略部材」で、梁主筋定着なしのT形、十字形接合部位置を入力すればよい。

◎ト形柱筋、L形柱筋、T形柱筋、十字柱筋の指定

ト形柱筋、L形柱筋、T形柱筋、十字柱筋の指定では、通常、L形、T形接合部では柱主筋定着が行われるので、(形状指定)でL形柱筋、T形柱筋にチェックを入れる。本プログラムでは、接合部上下柱で、①柱せいが異なり、上下柱筋本数が異なる場合、②柱せいが異なり、上下柱筋本数が同じ場合、③柱せいが同じで、上下柱筋本数が異なる場合、指定の有無にかかわらず、柱主筋定着の検定が行われる。

すなわち、上記①～③に該当する場合、ト形柱筋、十字柱筋の指定にかかわらず、ト形、十字形接合部内の柱主筋定着の検定が行われる。

入力内容

◎基本事項

本プログラムでは、デフォルト値以外のデータを用いる場合、図6(a)～(c)にデータを入力する。

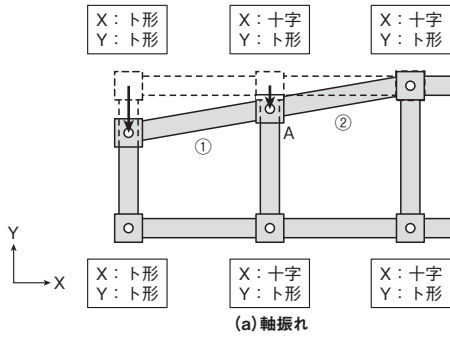
図6(a)、(b)は、接合部横補強筋比 p_{jwhX} , p_{jwhY} と定着耐力の低減係数 β_{ao} およびそれらの位置情報の入力欄で構成され、図6(c)は断面検定省略部材の位置情報の入力欄で構成される。

◎接合部横補強筋比 p_{jwhX} , p_{jwhY}

接合部横補強筋比 p_{jwhX} , p_{jwhY} は、X、Y方向の梁主筋の必要定着長さ l_{a0} の計算に用いられ、本プログラムではデータ入力が必要であれば、デフォルト値(SABTEC指針の構造規定による最小補強筋比)を用いて必要定着長さが計算される。一方、最小補強筋比以外の横補強筋比 p_{jwhX} , p_{jwhY} を用いる場合、図6(a)にデータを入力すれば、設計補強筋比 p_{jwhX} , p_{jwhY} に応じた必要定着長さ l_{a0} が計算される。

梁主筋の必要定着長さ l_{a0} が判定基準をクリアできない場合でも、接合部横補強筋比 p_{jwh} を最小補強筋比よりも大きくすることで判定基準をクリアできれば、コンクリートの設計基準強度を上げない設計が可能となる。

(注) 下図の場合、①、②の2本の梁が接合部AのX方向に取り付くものとする。



(注) 下図の場合、①の梁が接合部Bおよび接合部CのX方向に取り付くものとする。

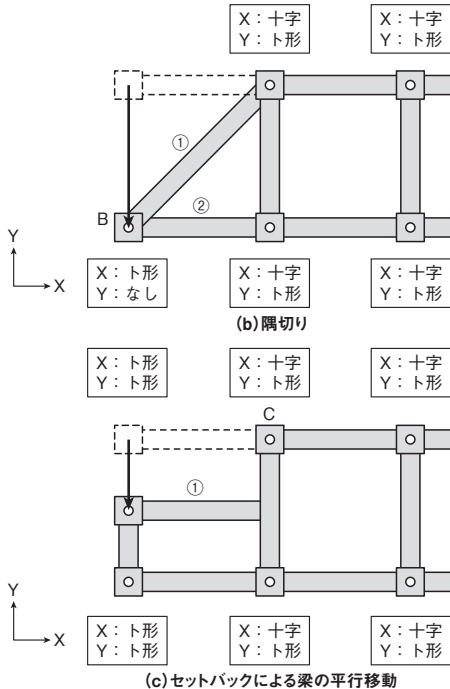


図7 特殊形状の扱い

最小補強筋比は、普通強度材料の場合、T形接合部では $p_{jwh} = 0.2\%$ とし、T形、L形、十字形接合部では接合部被覆率50%以上の両側直交梁付きの場合は $p_{jwh} = 0.2\%$ 、それ以外の場合は $p_{jwh} = 0.3\%$ としている。

一方、高強度材料の場合、接合部形状に係わらず、最小横補強筋比 p_{jwh} は0.3%としている。

ただし、最下階柱・基礎梁接合部の場合、SABTEC指針14.1節に従い、普通強度材料、高強度材料ともに、接合部形状にかかわらず、最小補強筋比 p_{jwh} は0.2%としている。

◎定着耐力の低減係数 β_{a0}

定着耐力の低減係数 β_{a0} は、直交梁の接合部被覆率を考慮して計算され、梁、柱主筋の必要定着長さ l_{a0} の計算に用いられる。しかし、プログラム化の制約

上、設計建物によっては、後述の「特殊形状の扱い」のように、直交梁の接合部被覆率を正確に計算できないことがある。その場合、別途求めた定着耐力の低減係数 β_{a0} を図6 (b) に入力する必要がある。

◎断面検定省略部材

断面検定省略部材は、例えば、図4「検定と結果出力」画面で、T形梁筋、十字梁筋にチェックを入れた場合でも、梁主筋定着なしT形、十字形接合部での梁主筋定着検定を省略したいときには、梁主筋定着なしの該当接合部位置を図6 (c) に入力すれば、梁主筋定着の検定結果は出力されず、出力内容が見やすくなる。

特殊形状の扱い

本プログラムでは、プログラム化の制約上、特殊形状の柱梁接合部は、図7のように、梁、柱位置を平行移動させてモデル化している。

「軸振れ」の場合、梁の傾斜角をなくすことで、接合部AをX方向が十字形接合部、Y方向がT形接合部とみなしている。また、「隅切り」および「セットバックによる梁の平行移動」の場合、梁を平行移動させることで、X方向が十字形接合部とみなしている。

これらの場合、梁①の主筋定着部の条件は実状と異なるおそれがあるので、計算結果による梁主筋の定着長さ l_{ag} と背面かぶり C_b が確保されることを、設計図で確認する必要がある。

また、本プログラムでは、上記の点を明確にするために、梁、柱定着の検定結果では、上記の特殊形状の接合部箇所数を示すとともに、特殊形状の各接合部に“*”を付している。

出力内容

◎基本事項

梁、柱主筋必要定着長さの検定結果の出力では、【定着金物】、(記号説明)、(留意事項)の記載後、図8の出力例(抜粋)に示すように、梁、柱主筋検定ともに、下記の(判定結果の集計)を示し、層ごとの各接合部内の梁、柱主筋必要定着長さの検定結果を示している。

「不足」：必要定着長さ(l_{ag} , l_{ac})の不足箇所数

「不適」：材料または必要定着長さ(l_{a0})の適用範囲

(梁判定結果の集計)

不足:0 不適:0 不可:0 要形状確認:0

層	Y軸	X軸	F_c	方向	形状	梁符号	σ_{sy}	d_b	β_{jwh}	被覆率	β_{e0}	D_{jg}	l_{e0}	C_b	l_{ag}	D_c	判定	nh		
Z13	1	101	27.0	(X)	L形	右側	13G1	上端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	○	13
					L形	右側		13G11	上端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	
				(Y)	L形	右側	13G1	上端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	○	13
					L形	右側		13G2	上端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	
Z13	1	102	27.0	(X)	T形	左側	13G1	上端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	○	13
								下端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	○	
					右側	13G2	上端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	○	13	
							下端	380	29	0.30%	71%	0.8	57	307	87	525	700	○		
				(Y)	L形	右側	13G12	上端	380	29	0.20%	71%	1.0	57	115	87	525	700	○	9
								下端	380	29	0.20%	71%	1.0	57	115	87	525	700	○	
					L形	右側	13G12	上端	380	29	0.20%	71%	1.0	57	115	87	525	700	○	9
								下端	380	29	0.20%	71%	1.0	57	115	87	525	700	○	

(a) 梁主筋必要長さの検定結果

(柱判定結果の集計)

不足:2 不適:13 不可:11 要形状確認:2

層	Y軸	X軸	F_c	方向	形状	柱符号	e	σ_{sy}	d_b	β_{jwh}	被覆率	β_{e0}	D_{jg}	l_{e0}	C_b	l_{ac}	D_c	判定	nh
Z06	2	101	21.0	(X)	L形	5C3	0	380	22	0.30%	47%	0.8	57	292	66	525	700	○	5
					L形														
Z06	2	102	21.0	(X)	T形	5C3	0	380	22	0.30%	47%	0.8	57	292	66	375	500	○	5
					L形														
Z06	2	105	21.0	(X)	T形	5C5	0	380	19	0.30%	88%	0.8	41	178	57	375	500	○	6
					L形														
Z06	2	106	21.0	(X)	T形		0	配筋が指定されていないため検定を行いません										不可	—
					L形			0	配筋が指定されていないため検定を行いません										不可
Z06	3	106	21.0	(X)	T形		0	配筋が指定されていないため検定を行いません										不可	—
					L形			0	配筋が指定されていないため検定を行いません										不可

(b) 柱主筋必要定着長さの検定結果

図8 梁、柱主筋必要定着長さの検定結果の出力例 (抜粋)

外の箇所数

「不可」: 計算不可の箇所数

「要形状確認」: 特殊形状の接合部 (“*”付き出力) の箇所数

ここで、梁、柱主筋の必要定着長さ (l_{ag} , l_{ac}) は、SABTEC 指針による必要定着長さであり、設計図あるいは施工図に記載すべき定着長さは、上記の必要定着長さ (l_{ag} , l_{ac}) よりも長くする必要がある。

◎「nh」の出力

図8の出力では、『 $nh = \beta_{jwh} \cdot B_c \cdot j_{tgo} / a_{wh}$ 』として求めた接合部横補強筋の必要組数「nh」を示している。「nh」は施工時に配置すべき接合部横補強筋の必要組数を表す。

β_{jwh} : SABTEC 指針による最小接合部横補強筋比または、接合部横補強筋比の入力値 (図6 (a))

B_c : 柱幅

j_{tgo} : 梁上下最外縁主筋の中心間距離

a_{wh} : 接合部横補強筋1組の断面積

SABTEC 指針による最小接合部横補強筋比 β_{jwh} は、普通強度材料の場合、接合部被覆率50%以上かつ両側直交梁付き以外のT形、L形、十字形接合部の場合、0.3%としているので、注意が必要である。

また、接合部横補強筋1組の断面積 a_{wh} は、外周

筋を想定し、下階柱横補強筋断面積×2としている。ただし、下階に柱がない柱梁接合部の場合、上階柱横補強筋断面積×2としている。

一方、XY各方向ともに、接合部位置が同じでも、接合部横補強筋の必要組数「nh」は、検定方向の接合部に接続する梁上下最外縁主筋の中心間距離 j_{tgo} の値によって異なることがあるので、注意が必要である。

おわりに

本稿では、機械式定着工法の検定計算の省力化を意図して開発されたSABTEC機械式定着工法SS3組込プログラムの概要について紹介した。本プログラムの実務設計への適用性については、次回の「試設計建物の梁、柱主筋定着検定例」で紹介する。(ますお きよし)

【参考文献】

- 1) 建築構造技術支援機構: SABTEC 機械式定着工法 設計指針 (2014年), 2014年6月
- 2) 建築構造技術支援機構: SABTEC 機械式定着工法 デザインマニュアル (2014年), 2014年6月
- 3) 益尾潔: 建築技術「連載」高強度・大径鉄筋を用いた配筋設計施工の品質保証 第5回機械式定着工法による接合部設計プログラム, 建築技術2012年12月号, pp.52-55
- 4) 建築構造技術支援機構: SABTEC 機械式定着工法 SS3組込プログラム取扱説明書, 講習会テキスト, 2015年9月