

17条 定着

1. 定着

(1) 原則

本条は、異形鉄筋の仕口への定着を対象とする。(17.1)式により必要定着長さ l_{ab} 以上の定着長さ l_a を確保する。

$$l_a \geq l_{ab} \quad (17.1)$$

(2) 定着長さ l_a

直線定着する場合の定着長さ l_a は、定着起点から当該鉄筋端までの長さとする(図 17.1)。本条 2 に規定する標準フックや信頼できる機械式定着具を鉄筋端に設ける場合は、原則として、図 17.2 に示す定着起点からの投影定着長さを l_a とする。

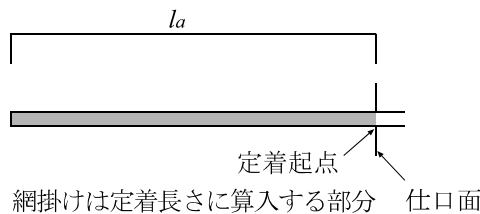


図 17.1 直線定着する場合

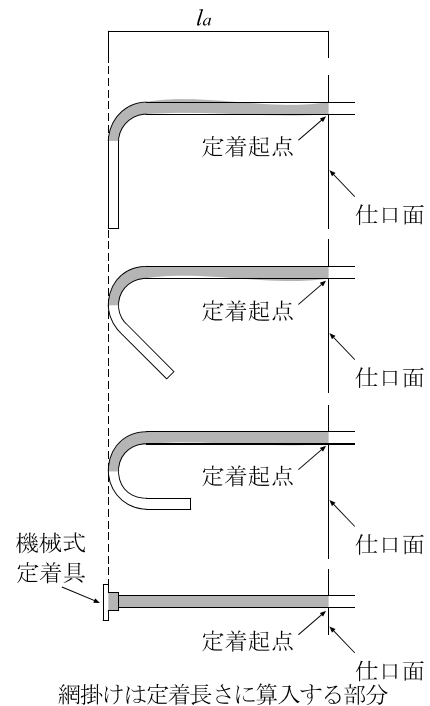


図 17.2 標準フックまたは機械式定着とする場合

1. 定着

(1) 基本的な考え方

本条は、外柱梁接合部 (T形・ト形・L形) での柱・梁主筋の定着、内柱梁接合部 (十字形・T形) での柱・梁通し鉄筋の定着、杭の主筋、小梁主筋、壁筋やスラブ筋などの定着一般を対象とし、定着破壊に対する安全性の確保を目標としている。定着破壊は①コンクリートの支圧 (割裂) 破壊、②搔き出し破壊、が考えられる。本条では、①に対して標準フックの形状とかぶり厚さを規定、②に対して十分な呑み込み長さを確保することによってせん断強度を確保することで間接的に破壊を防止、とそれぞれ対応する。なお、いずれの破壊形式も、破壊に至るまでの剛性は高い。よって、安全限界の検討を行えば、使用限界、修復限界については自ずと担保される。ただし、後で述べるように、耐震部材と非耐震部材とで定着に対する安全限界の考え方は異なり、また、壁など薄い部材への定着では使用限界の検討が別途必要になる場合もあり得る。

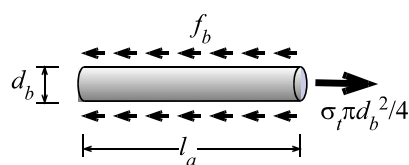
「仕口への定着」とは、スラブから梁、小梁から大梁、大梁から柱梁接合部、壁から壁など、他の部材への定着という意味である。耐震壁やスラブの開口補強筋は、同一部材内での付着検定となるため、16条（付着）を適用する。

(2) 定着長さ

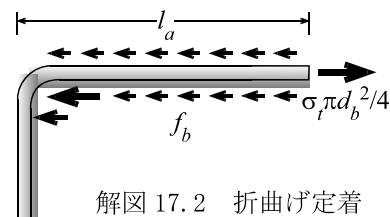
「定着起点」とは、鉄筋の定着のために必要な付着応力度が期待できる最初の箇所、という意味である。多くの場合、仕口面が定着起点となるが、L形接合部のように仕口面と定着起点が異なる場合もある（後述）。

直線定着された鉄筋を引き抜こうとすると、鉄筋とコンクリートの境界面に付着応力度が発生する。この規準では、付着応力度が解図 17.1 のようにほぼ一様に分布すると考え、これが許容応力度 f_b 以下となることを検定する。

一方、外柱梁接合部等における梁主筋の折曲げ定着では、解図 17.2 のように、鉄筋引張力の多くが折曲げ部で負担されることが多い。さらに、折曲げ部で負担できる引張力の大きさは、投影定着長さの大小に依存し、余長部の長さにあまり依存しない。そこで、定着起点（この場合は仕口面）からの投影定着長さを l_a とすることにした。また、信頼できる機械式定着具による定着も、標準フックによる折曲げ定着に準ずるものとした。



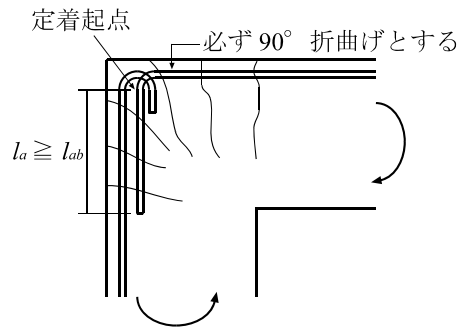
解図 17.1 直線定着



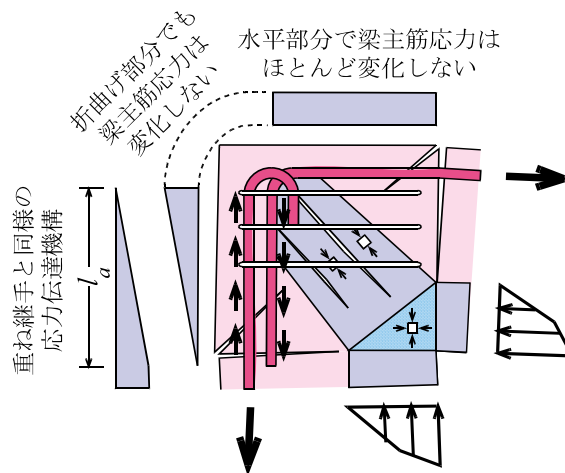
解図 17.2 折曲げ定着

最上階外柱梁接合部などの L 形接合部における梁上端主筋の定着では、解図 17.3 のように曲げせん断ひび割れが生じる。よって、解図 17.4 のように、水平投影部分や折曲げ部分で梁主筋応力はほとんど減少しない。この場合、主筋の定着は折曲げ終点以降の鉛直部分において柱主筋との間に発生する重ね継手と同様の応力伝達により確保されると考えられる。従って、このような部位では、解図 17.3 のように主筋を必ず 90° 折曲げとし、折曲げ終点を定着起点と見なして、定着起点以降の鉛直投影定着長さを l_a とする。その際、鉛直部分の先端にフックなどをつけない場合は、鉛直部分を直線定着と見なして必要定着長さ l_{ab} （後述）を算定する。

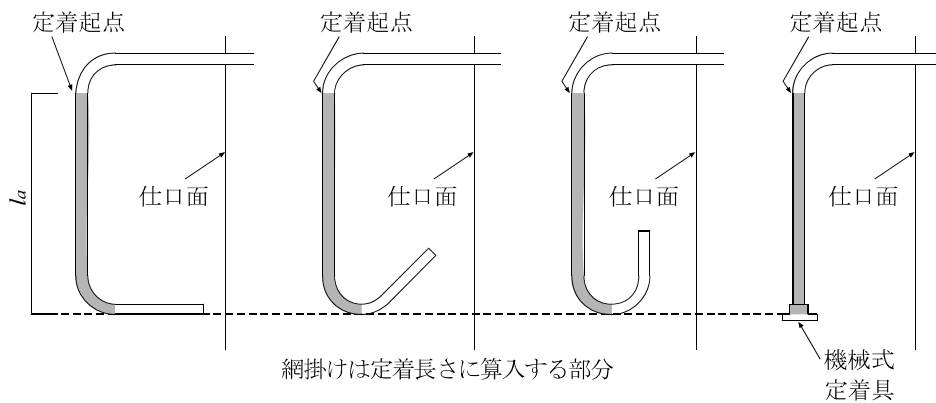
また、解図 17.5 のように鉛直部分の先端に標準フックまたは信頼できる機械式定着具を設けてもよい。この場合の応力伝達機構は解図 17.6 のようになる。その場合には、標準フックまたは機械式定着具に対応する必要定着長さ l_{ab} を算定する。



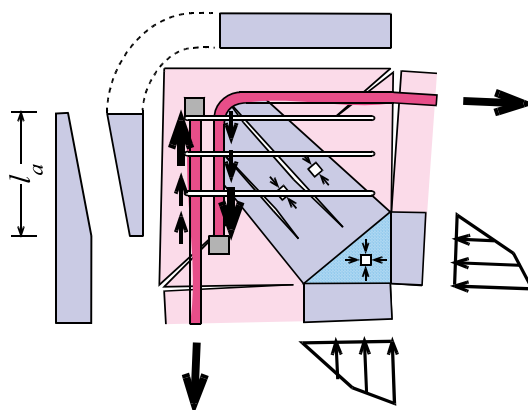
解図 17.3 L 形接合部での梁上端主筋定着



解図 17.4 出隅部の梁主筋定着機構（先端にフック等がない場合）

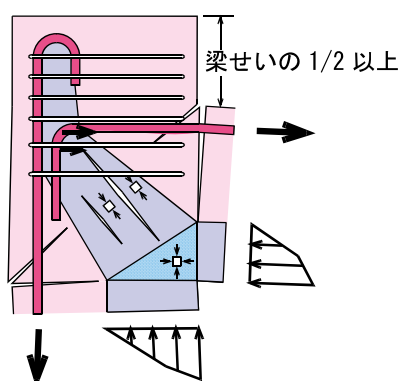


解図 17.5 鉛直部分の先端に標準フックもしくは信頼できる機械式定着具を設ける場合



解図 17.6 出隅部の梁主筋定着機構（機械式定着具を用いる場合）

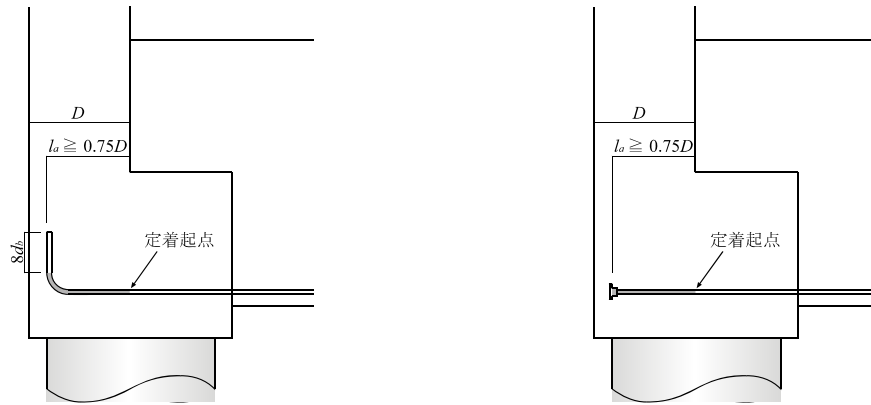
なお、最上階などの梁上端主筋であっても、柱が柱梁接合部上部に梁せいの 1/2 以上突出し、かつ、その突出部に下階柱と同程度の帯筋が配されている場合は、水平投影部分の定着を期待してよい。なぜなら、解図 17.7 のように、突出部分の柱主筋フック（または機械式定着具）から梁主筋のフック（または機械式定着具）に向けて鉛直方向の圧縮束が形成され、ト形接合部と同様の応力伝達機構が期待できるからである。



解図 17.7 出隅部の梁主筋定着機構（上部に突出がある場合）

基礎梁下端筋の定着については、見かけ上は最上階などの L 形接合部への梁上端主筋の定着をちょうど逆さにしたような形状をしている。しかしながら、剛強なパイルキャップや基礎フーチングがあれば、それらがひび割れることは通常考えにくい。つまり、この場合はマシブなコンクリートに定着するものと考えてよい。ただし、定着長さ l_d は、解図 17.8 のように、柱面の延長を定着起点として算定することとする。

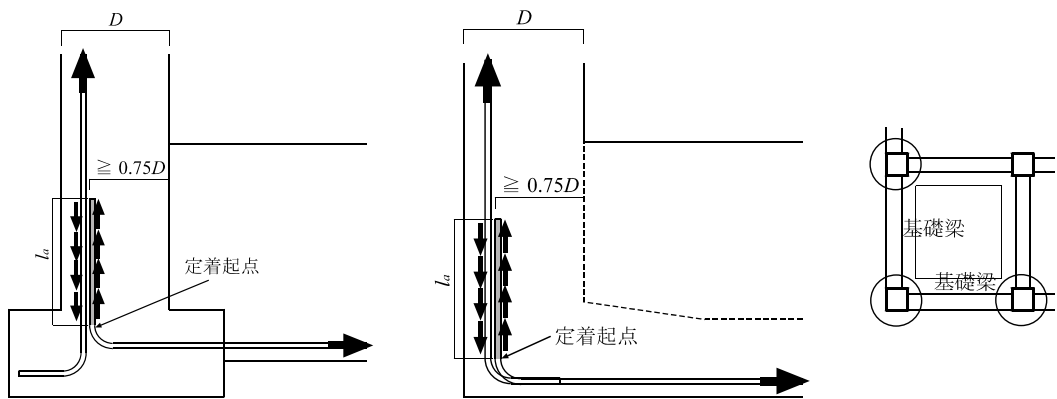
解図 17.9 に示すように、パイルキャップやフーチングが剛強ではない場合、あるいはべた基礎の出隅部における基礎梁下端主筋および基礎スラブ下端筋については、L 形接合部への梁上端主筋の定着と同様に、柱主筋に応力伝達ができるよう 90° 折曲げ終点を定着起点としなければならない。



(a) 標準フックを用いる場合

(b) 機械式定着を用いる場合

解図 17.8 剛強なパイルキャップや基礎フーチングへの基礎梁下端筋の定着

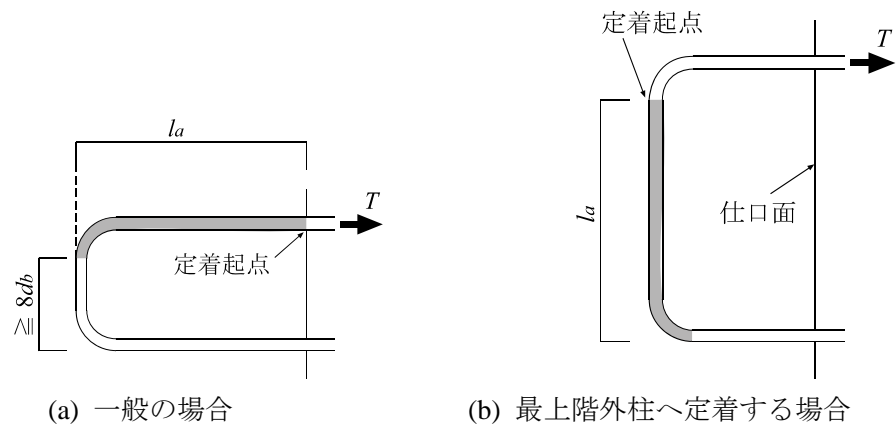


(a) フーチングが剛強でない独立基礎

(b) ベタ基礎

解図 17.9 鉛直部分で定着しなければならない場合

U 字形配筋の場合は、本文図 17.2 の 90° 標準フックを準用してよい。ただし、最上階外柱への梁上端主筋の定着では、解図 17.6 の鉛直部分の先端を 90° 標準フックとした場合を準用する（解図 17.10）。



(a) 一般の場合

(b) 最上階外柱へ定着する場合

解図 17.10 U 字形配筋の場合

(3) 必要定着長さ l_{ab}

引張鉄筋の必要定着長さ l_{ab} は (17.2) 式によって算定する。

$$l_{ab} = \alpha \frac{S \sigma_t d_b}{10 f_b} \quad (17.2)$$

ここで、

f_b : 16 条表 16.1 のうち「その他の鉄筋」欄の値

σ_t : 仕口面における鉄筋の応力度。当該鉄筋の短期許容応力度を用いることを原則とする。非耐震部材にあつては、当該鉄筋の存在応力度の 1.5 倍を用いてよい。

d_b : 異形鉄筋の呼び名に用いた数値 (mm)

α : 横補強筋で拘束されたコア内に定着する場合は 1.0, そうでない場合は 1.25 とする。

S : 必要定着長さの修正係数で、表 17.1 による。

表 17.1 必要定着長さの修正係数

種類		S
標準フックまたは 信頼できる機械式 定着具	不静定の非耐震部材の鉄筋で、側面かぶり 部分の剥落の恐れがない場合	0.5
	上記以外	0.7
割裂の恐れがない仕口へ直線定着する場合		1.0

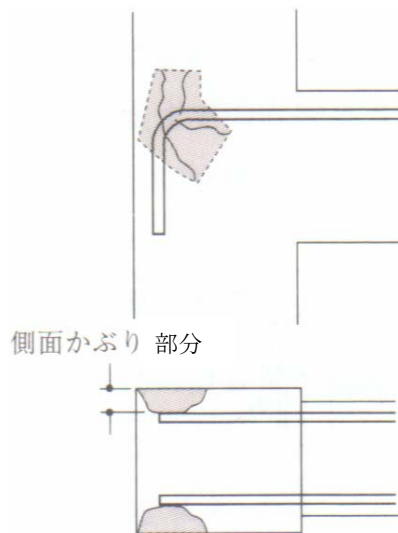
(3) 定着長さ

1) (17.2) 式の基本的考え方：(17.2) 式は、靱性保証型耐震設計指針^{17.1)}の式(8.5.1)を簡略化したものである。この式は、主に、解図 17.11 に示すような側面コンクリートの割裂による定着破壊の防止を目的としている。柱梁接合部でのせん断型定着破壊については、本文 1.(5)-2)の構造規定で投影定着長さを確保し、15 条のせん断検定を行うことで防ぐことができると考えている。小梁主筋の定着で生じる解図 17.12 のような掻き出し破壊については、本文 1.(5)-2)の構造規定で防ぐことができると考えている。ただし、解図 17.13 のように片持ち梁の先端に小梁主筋を定着する場合は掻き出し破壊が生じやすい^{17.2)}ので、注意を要する（本条(5)の解説参照）。

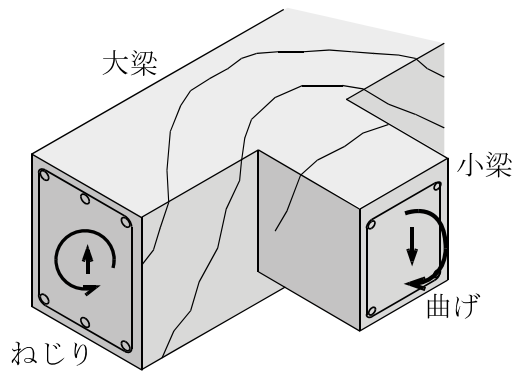
二段配筋の場合には、一段筋、内側段筋の定着筋に対してそれぞれ検定する。同一鉄筋径であれば、投影定着長さが短くなる内側段筋の方を検定することになる。

^{17.1)} 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，1999

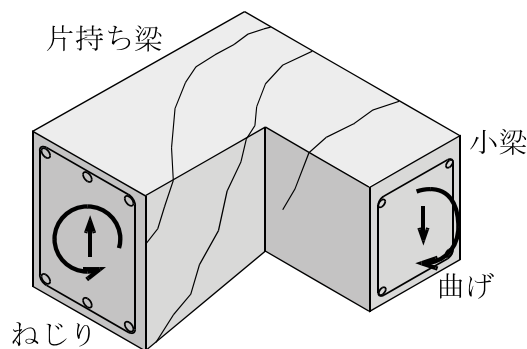
^{17.2)} ルクマン，花井伸明，市之瀬敏勝：RC 小梁主筋の定着強度に関する実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，pp. 117-118，2007.8



解図 17.11 柱梁接合部の割裂型定着破壊



解図 17.12 掻き出し定着破壊 (T形 大梁 - 小梁)



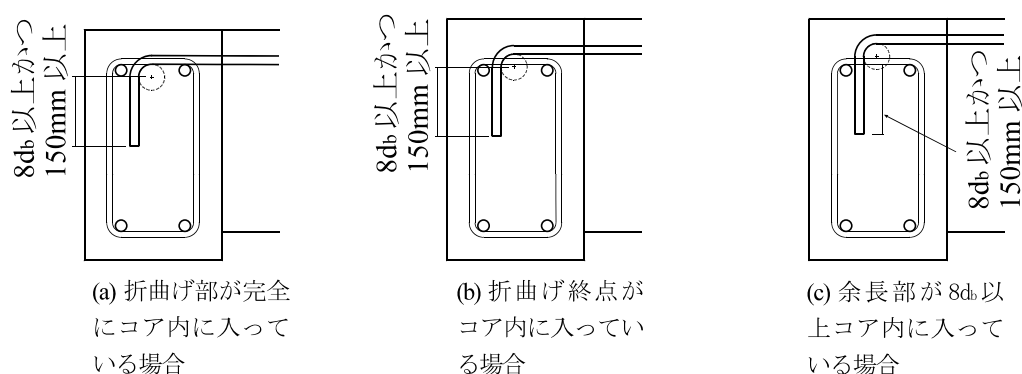
解図 17.13 片持ち梁の先端に小梁がつく場合

2) f_b について：(17.2)式の f_b は、表 16.1 の f_b の値のうち、「その他の鉄筋」欄の値を用いる。現実には、大梁の主筋を柱に定着する場合、梁に打設されたコンクリートが硬化前に沈下して梁上端主筋周囲に弱いコンクリート層ができる。(17.2)式の根拠となった実

験^{17.3)}では、その影響が十分に検討されているわけではないが、(17.2)式にはこの影響を補うだけの安全率が含まれているものと考え、鉄筋の位置にかかわらず「その他の鉄筋」欄の値を用いてよいものとした。なお、多段配筋の内側段筋であっても、表 16.1 の値に 0.6 を乗じる必要はない。ただし、既往の実験では、内側段筋の定着強度が一段筋の影響で 10%程度低下するとの報告もあるので、多段配筋の定着では定着投影長さやかぶり厚さを割り増すことが望ましい。軽量コンクリートについては、支圧強度が劣るので、表 16.1 にしたがって、普通コンクリートに対する値の 0.8 倍とする。

3) σ_t について：表 16.1 の値は短期許容応力度に相当するので、 σ_t に鉄筋の短期許容応力度（規格降伏点）を用いることを基本とした。特に、大梁、柱、耐震壁など、耐震部材の鉄筋については、許容応力度計算での存在応力にかかわらず、大地震時には降伏が起り得るので、鉄筋の短期許容応力度（規格降伏点）を用いる必要がある。ただし、最上階の柱や基礎梁主筋の定着などで存在応力が計算値より大きくなることを確かめられる場合はこの限りでない。また、小梁、スラブ、階段など、非耐震部材にあつては、仕口部からの鉄筋抜け出しを十分に小さくするため、当該鉄筋の存在応力度の 1.5 倍を用いるものとした。

4) α について：横補強筋による拘束がない場合は、解図 17.11 に示すような割裂型定着破壊がより生じやすくなるので、定着長さを 1.25 倍に割り増す必要がある ($\alpha=1.25$)。コア内に定着する場合は $\alpha=1.0$ としてよい。コア内とは、横補強筋で囲まれた領域、又はダブル配筋されている壁の壁筋で挟まれた領域（巾止筋を配することが望ましい）を言う。たとえば、解図 17.14(a)(b)のように余長部がすべてコア内に入っていれば（すなわち、折曲げ終点がコア内に入っていれば）、コア内に定着されていると認める。折曲げ終点がコア外にあるものは原則としてコア内定着と認められないが、同図(c)のように余長部を延長し、余長部がコア内に $8d_b$ 以上入っている状態を確保すれば最悪の事態は防ぐことができると考えられるので、コア内定着と認められるものとする。

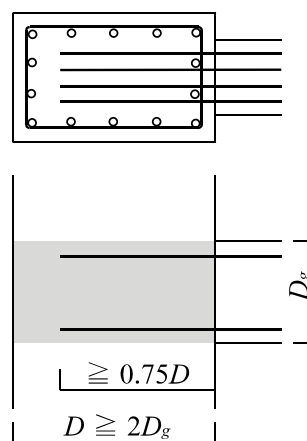


解図 17.14 $\alpha=1.0$ としてよい場合

^{17.3)} 藤井栄, 森田司郎, 川上修司, 山田稔明: 90° 折り曲げ鉄筋の定着耐力の再評価, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 429 号, pp. 65-75, 1991.11

5) S について：不静定の非耐震部材について、両側の折曲げ部分を覆うように直交梁がとりつく場合や、解図 17.12 のように小梁の主筋を大梁へ折曲げ定着する場合は、解図 17.11 のような割裂破壊が生じる恐れがなく、高い支圧強度が期待できるので、 $S = 0.5$ とし投影長さを求めてよい。解図 17.13 のように片持ち梁の先端に小梁主筋を定着する場合も、長期応力だけで割裂破壊が生じる可能性は小さいので、 $S = 0.5$ としよい。壁に小梁やスラブを定着する場合も同様である。一方、直交梁がとりつく場合であっても耐震部材となる大梁の主筋を折曲げ定着する場合や、非耐震部材となる梁であっても直交梁がない柱梁接合部へ主筋を折曲げ定着する場合は、割裂破壊を防ぐため、 $S = 0.7$ とする必要がある。また、非耐震部材であっても片持ち小梁または片持ちスラブなどの静定部材においては定着破壊が事故に直結するので、 $S = 0.7$ とすることとした。

一方、直線定着の場合は、定着機構が全く異なる。本来、付着割裂破壊を防ぐために 16 条の(16.?)式により定着長さを検定すべきである。しかし、たとえば大梁のコア内にスラブ筋を直線定着する場合など、十分に拘束された仕口部に直線定着した鉄筋が付着割裂破壊する可能性は小さい。16 条の(16.?)式に $K = 2.5$ (最大値) を代入すると、(17.2)式で $S = 1.0$, $\alpha = 1.0$ とした場合と等価となるので、直線定着では $S = 1.0$ とした。このような背景があるので、割裂破壊が生じる恐れがあるコンクリートに鉄筋を直線定着することは避けるべきである。柱梁接合部コア内への梁筋の定着であっても、直線定着とする場合には周囲から圧縮力を受ける領域のみを割裂のおそれのない領域とみなすことが望ましい。直線定着とすることができるのは、たとえば意匠計画上その他の理由で柱せいが梁せいに比して 2 倍程度以上ある扁平な接合部 (解図 17.15) の長辺方向の場合に限られる。その場合でも、圧縮力を受ける領域に確実に定着させるためには少なくとも柱せいの 0.75 倍以上の定着長さとするのが基本である。外柱梁接合部では、せん断耐力確保の観点からも端部に標準フックを設けた折曲げ定着とするか、直線定着の場合は定着用の突出を設けてそこまで延長するのが望ましい。



解図 17.15 扁平な接合部

(4) 通し定着する場合の制限

純ラーメン部分の柱梁接合部内を通して配される梁および柱主筋の径は (17.3) 式を満たすことを基本とする。ただし、主筋の降伏が生じない部材ではこれを緩和して良い。

$$\frac{d_b}{D} \leq 3.6 \frac{1.5 + 0.1F_c}{f_t} \quad (17.3)$$

ここで、 D : 当該鉄筋が通し配筋される部材の全せい(mm)

F_c : コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

f_t : 当該鉄筋の短期許容引張応力度(N/mm²)

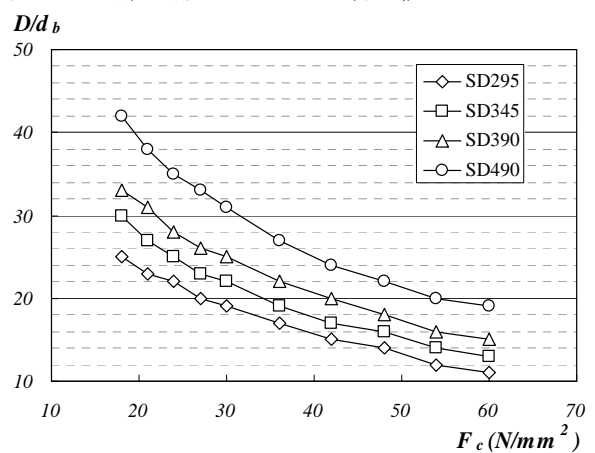
純ラーメン構造の中間階の内柱では梁や柱の主筋は接合する相手部材に通し配筋して定着するのが一般的である。大地震に対して梁の曲げ降伏が先行する崩壊型を前提として梁の塑性変形能力に期待する場合は、内柱を貫通して通し配筋された梁筋が付着劣化をひきおこすと、架構の復元力特性に大きな影響を及ぼすことがわかっている。したがって梁降伏先行型の接合部では接合部左右の梁危険断面において梁主筋に引張、圧縮降伏が生じていると考えた時の接合部内で生じる平均付着応力度が接合部における付着強度を上回らないことを検定する必要がある。本会指針^{17.1)}ではこれを梁筋径の柱せいに対する比を制限する形式に表現し直した以下の式が提示されている。

$$\frac{d_b}{D} \leq \frac{6}{1+\gamma} \left(1 + \frac{\sigma_0}{\sigma_B} \right) \frac{0.46\sigma_B^{2/3}}{\sigma_{yu}} \quad (\text{解 17.1})$$

ここで、 σ_0 は柱軸方向圧縮応力度、 γ は梁複筋比で1.0以下、 σ_{yu} は主筋規格降伏点の1.25~1.30倍をとる。たとえ、短期荷重時の意図する中程度の地震に対しても、接合部内での大幅な付着劣化はせん断耐力、梁危険断面の曲げ性能にとっても好ましくなく被災後の補修の観点からも避けるべきであろう。本規準では(解 17.1)式をもとに柱軸方向応力度 σ_0 を $0.2F_c$ 、 $\gamma=1$ と仮定し、 σ_{yu} を短期荷重時の作用鉄筋引張応力(鉄筋規格降伏強度)によみかえ、式を簡略化することで本文(17.3)式を導いた。主筋応力に規格降伏点応力を用いることから終局時には同指針の条件を満たさないことになるが、接合部内の付着に対する要求は建物の特性によっても異なるものであり、また、たとえ付着劣化が生じて最終的な定着が失われるわけではないため、本規準の設計範囲ではこれを許容することとした。(17.3)式による柱せいと梁主筋径との比の最小値を解表 17.1 に示す。

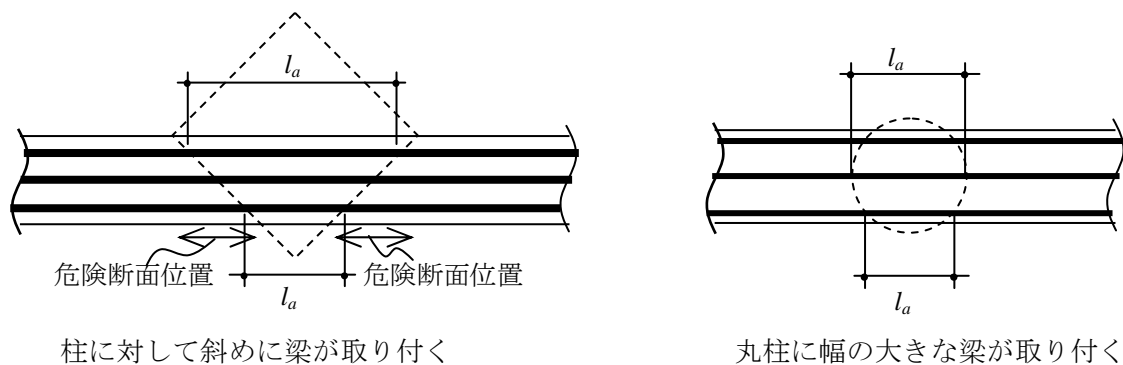
解表 17.1 中柱梁接合部における柱せいと梁主筋径との比の最小値

F_c	鉄筋種別			
	SD295	SD345	SD390	SD490
18	25	30	33	42
21	23	27	31	38
24	22	25	28	35
27	20	23	26	33
30	19	22	25	31
36	17	19	22	27
42	15	17	20	24
48	14	16	18	22
54	12	14	16	20
60	11	13	15	19



梁降伏が先行する場合の柱通し筋のように、接合部まわりの危険断面で鉄筋が引張、圧縮降伏とならない場合には、その時の応力勾配に応じて本文(17.3) 式による条件を緩和して良い。例えば、鉄筋の応力勾配や節点での柱梁強度比($\Sigma M_{cy}/\Sigma M_{by}$)などに応じて緩和する方法が考えられる。強度抵抗型の建物では柱や梁部材の降伏を想定していないため本規定に準ずる必要は無い。

柱に対して斜めに梁が取り付く場合や、丸柱で柱径と梁幅の寸法が近い場合には、特に表面に近い梁主筋の定着が確保できないことが予測される。このような特別な場合について既往の研究が無いため、危険断面をどこに仮定するかの問題を含めて、設計者が実挙動を適切に判断することが必要である。



解図 17.16 位置によって梁主筋の定着長が異なる例

(5) 定着に関する構造規定

- 1) 引張応力を受ける鉄筋の直線定着長さは 300 mm 以上とする。折曲げ定着の場合は原則として投影定着長さを $8d_b$ かつ 150mm 以上とする。ただし、特別な配慮をした場合はこの限りでない。
- 2) 折曲げによる梁主筋の柱への定着、柱主筋の梁への定着における投影定着長さは仕口部材断面全せいの 0.75 倍以上を基本とし、接合部パネルゾーン側へ折曲げることを原則とする。ただし、仕口部材断面せいが十分に大きい場合、あるいは、特別な配慮をした場合はこの限りでない。
- 3) 機械式定着具は横補強筋で拘束されたコア内で用いることを原則とする。
- 4) 特殊な定着箇所においては、応力が無理なく伝達されるようなディテールを施さなければならない。
- 5) 圧縮応力のみを受ける鉄筋の仕口への定着は、原則として投影定着長さを $8d_b$ 以上とする。
- 6) 部材固定端における溶接金網の定着では、仕口面から最外端の横筋までの長さを横筋間隔に 50 mm を加えた長さ以上かつ 150 mm 以上とする。

(5) 定着に関する構造規定

- 1) 部材を相手部材に通して定着する場合、引張応力を受ける鉄筋に対して必要と考えられる最小の定着長さは、前項において主筋径との比で制限を示したが、安全性を考えて実部材で考えられる最小必要寸法値を具体的に規定した。また、折曲げ定着をする場合でも必要定着長さは(17.2)式で与えられるが、掻き出し破壊を防止のため必要最小と考えられる

投影定着長さを規定した。

引張応力を受ける鉄筋の折曲げ定着では、折曲げ起点と仕口面との距離が短すぎると、掻き出し破壊などの好ましくない破壊が生じる。特に、壁などの薄い部材に折曲げ定着する場合、投影定着長の確保が困難である場合が予想されるが、過去に定着破壊による被害例がないことから、非耐震部材のように長期荷重にのみ引張応力を受ける鉄筋に限り、やむを得ず投影定着長が確保できない場合は、次に示す「特別な配慮」を行うことを許容した。なお、この場合必要定着長さの計算に使用する表 17.1 の修正係数は $S = 1.0$ とする。

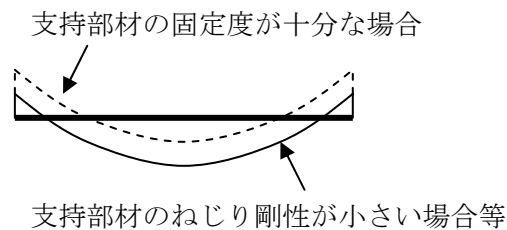
- ・ 投影定着長さが (17.2) 式で求まる必要定着長の 2/3 以上である場合：

→ 仕口面を定着起点として、鉄筋端までの総長さを l_a とし必要長さを確保する

- ・ 投影定着長さが (17.2) 式で求まる必要定着長の 2/3 未満である場合：

→ 折曲げ終点を定着起点として、鉄筋端までの長さを l_a とし必要長さを確保する

ただし、このような場合、計算上は両端支持部を固定端と仮定していても、実際には定着端の緩みから解図 17.17 のように固定度が低くなるケースが多いと思われる。よって、梁中央部の下端筋を増やすなどの措置が望ましい。片持ち梁の先端に小梁を定着する場合も同様に固定度が下がると考えられるので、小梁の下端筋を増やすのが良い^{17.2)}。



解図 17.17 固定度の小さい部材に定着された小梁のモーメント図

具体的には、端部の固定度が低下することにより、梁全体の応力状態（曲げモーメント）が単純梁の応力状態に近づく、すなわち部材中央の下端筋の応力が増加することになる。

そこで、 $l_a < l_{ab}$ となる場合は、下端筋の応力が $\frac{C}{j} \cdot \left(1 - \frac{l_a}{l_{ab}}\right)$ (C : 固定端モーメント, j : 応力中心間距離)

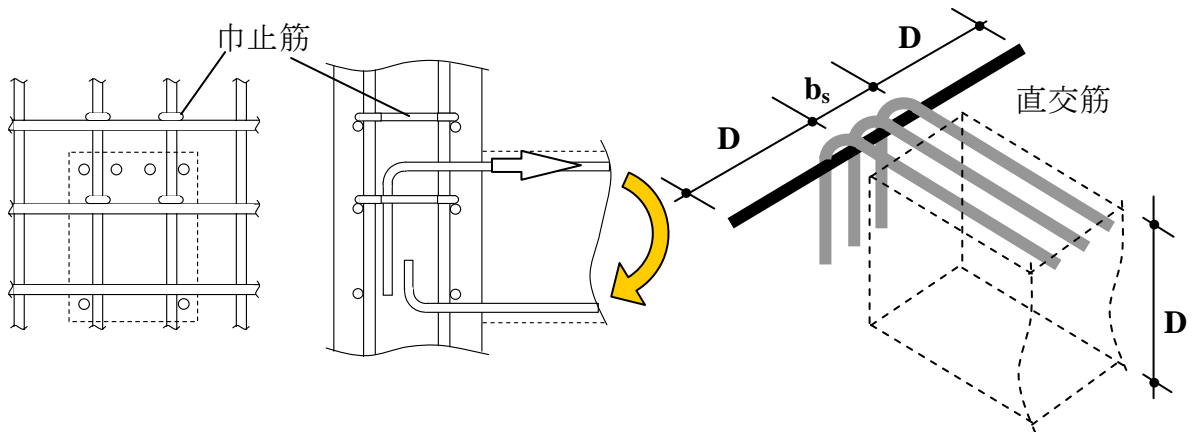
に相当する分だけ増加するものと考えて下端筋を算定すべきである。

上述の特別な配慮は両端支持の非耐震部材で有効と考えられるが、片持ち梁のような静定構造では端部固定度の低下は安全性に直接反映するため、安全率を大きくとるなど十分に検討を行うことが必要である。一つの方法として、鉄筋の折曲げ起点を仕口部材せいの 0.5 倍以上呑み込ませることが考えられる^{17.4)}。

その他に掻き出し破壊を防止する方法として解図 17.18 に示すように仕口部材の折曲げ背面の鉄筋と前面の鉄筋を結ぶ巾止筋を配することが有効であるが、不足する場合はさらに折曲げ部内側に直交筋を配することが良い。巾止筋は定着する鉄筋が存在する範囲を取り囲むように配置し、定着しようとする鉄筋の応力が出来るだけ多くの背面の鉄筋に伝達できるディテールとすることが望ましい^{17.5)}。直交筋は少なくとも定着する鉄筋の径以上

^{17.4)} 北大の壁定着実験 2008 年 AIJ 大会梗概集(予定)

^{17.5)} 大谷敦, 城 攻, 後藤康明, 北野敦則, RC 造耐力壁大梁交差部における 90° 折り曲げ鉄筋の定着性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, pp.1237-1242, 2000

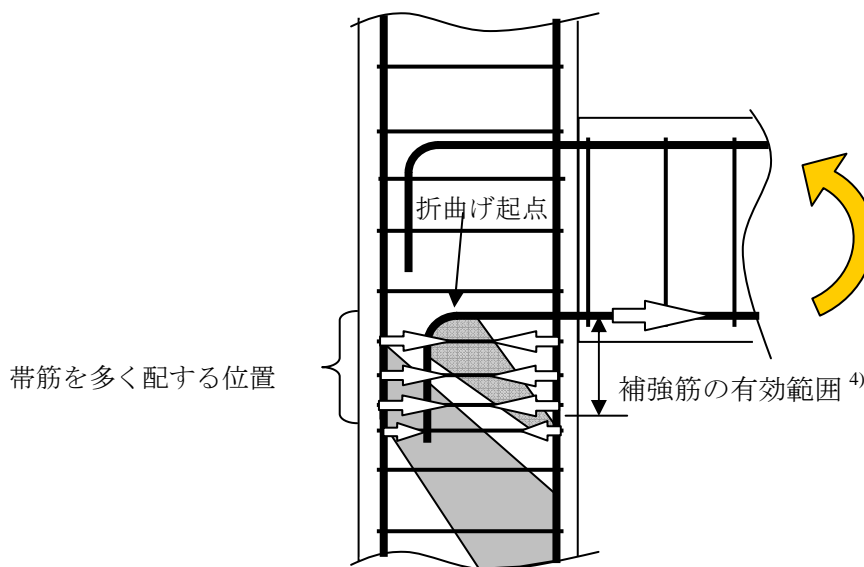


解図 17.18 巾止筋と直交筋

のものとし、当該部材のせい以上の長さを定着する鉄筋の両側にとることが望ましい。

2) 建物外周の柱に梁主筋を折曲げて定着する際に、直交方向の鉄筋の納まりの問題から梁主筋の折曲げ位置を柱内側にずらす場合が見られる。この時、投影定着長さが仕口部材断面全せいの 0.75 倍に満たない場合は、15 条で前提としている柱梁接合部有効断面積が確保できないことから、接合部の短期許容せん断力を低減しなければならない。

折曲げ定着の場合に梁主筋に引張力が生じると抵抗力として折曲げ部内側に支圧力が生じる。梁主筋は柱梁接合部内の応力伝達を考えると梁主筋を接合部内に折曲げると、折曲げ内側から梁圧縮域間に圧縮力の束が形成されるので好ましい。しかし、接合部内は多くの鉄筋が交差するため、鉄筋の納まりの都合で特に梁下端筋をやむを得ず下階の柱に曲げ下げる例が見られる。その場合には折曲げ内側に発生する圧縮力を下柱で負担する必要がある。



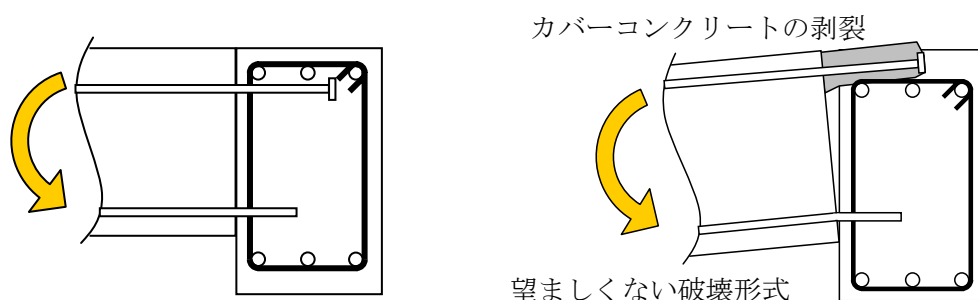
解図 17.19 梁主筋を曲げ下げ定着する場合

あるため下柱に十分な量の帯筋が配することが必要である。帯筋の配筋範囲および帯筋量については既往の実験^{17.6)}が参考となる。また、上述したようにやむを得ず投影定着長さ

^{17.6)} 南宏一，西村泰志，鉄筋コンクリート外部柱はり接合部におけるはり主筋の定着機構および補強筋の効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.8，pp.645-648，1986

が仕口部材断面全せいの 0.75 倍に満たない場合にも、主筋周りに適度の量の補強筋を配し鉄筋の引張力を定着する部材の背面まで伝達できれば安全に定着が可能と考えられる。

3) 小梁主筋を大梁に定着する際に大梁の幅が小さく定着長さが不足する場合、配筋を容易にするため機械式定着具を用いる場合がある。現在、かなりの機械式定着に関する研究が蓄積されている。これらの研究はいずれも鉄筋端に定着板などの支圧によって応力を伝達する金物、突起（定着具と称する）を設けており、定着具の仕様は方式ごとに異なったものが提案されているが、90° 折曲げ定着とした場合との比較実験から、定着耐力、抜け出し特性が不利にならないことが確かめられたものが利用できる。既往の実験では端部定着具の支圧、面積が十分に大きい機械式定着の破壊形式は折曲げ定着と大きく変わるものではない。折曲げ定着耐力は投影定着長さや、接合部内での定着具の位置、定着筋に対する側面かぶり厚さが支配因子であり、基本的に折曲げ定着(フック定着)に対する評価式が安全側に適用できる。この定着方式では直線部の付着が失われると定着具の近傍に大きな支圧力が生じ、この近傍のコンクリートの拘束が弱い場合には剥裂により定着力を失うことが考えられる。したがって、このような定着を行う場合には定着具をあばら筋で拘束された大梁主筋の内側のコアコンクリート内に定着することを原則とする^{17.7)}。

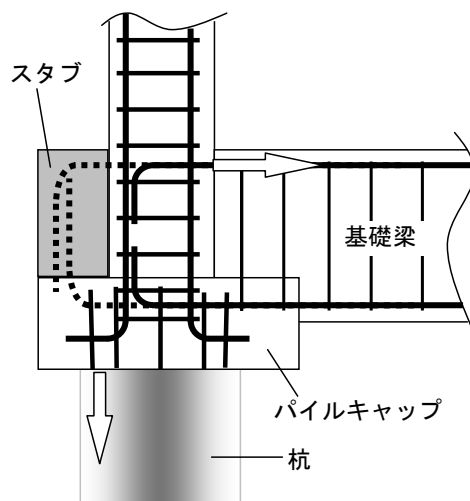


(a)機械式定着具がコア内にある場合

(b) 機械式定着具がコア外にある場合

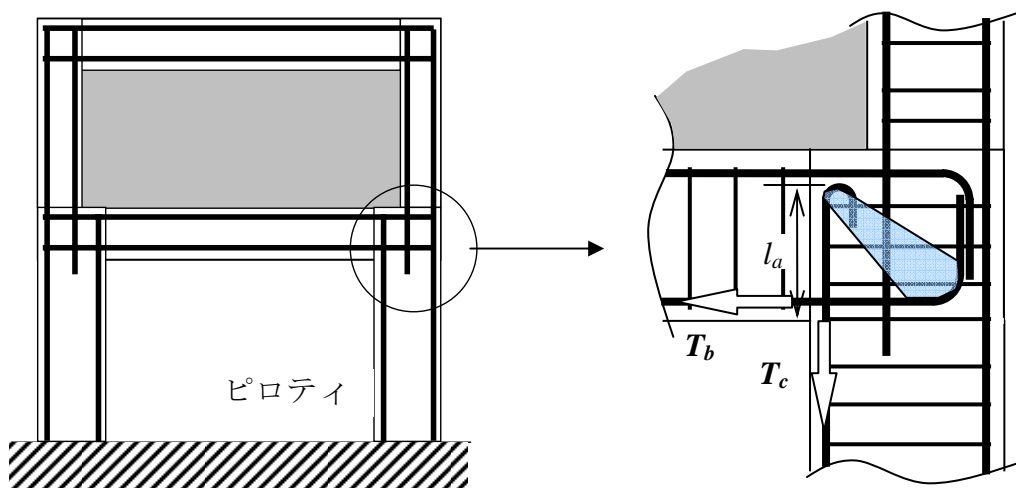
解図 17.20 小梁主筋定着に機械式定着具を用いる場合

4) 定着力を別の部材に伝達する必要のある場合には、応力の伝達が無理なく行われるようなディテールを考える必要がある。例えば、パイルキャップが基礎梁より下にある場合



解図 17.21 特殊な定着の例(1)

^{17.7)} 益尾潔, 今西達也, RC 造小梁主筋の機械式定着および折曲げ定着に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.3, pp.643-648, 2007

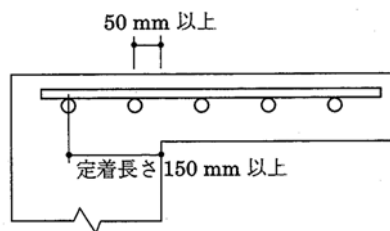


解図 17.22 特殊な定着の例(2)

は、柱主筋の引張力を杭まで伝えることが必要であるので剛強なバットレスを設けるなどの工夫が必要である。同じく建物端部では基礎梁とパイルキャップの納まりから基礎梁から杭への応力伝達のためスタブを設けることも考えられる(解図 17.21)。この他、上階に壁のあるピロティ柱では、上階で柱断面が減少することが多いため、断面が絞られた側の柱主筋を定着する場合は、柱主筋定着部から生じる圧縮力の角度を適度に確保するため十分な梁せいが必要である(解図 17.22)。^{17.8)}

5) 既往の実験では折曲げ(フック)定着の場合に引張に対して健全であれば圧縮に対して危険となるケースはまれであるため、鉄筋引張力に対して本規定を満足する定着長さとした場合には当該鉄筋が圧縮となる場合の検定は不要である。常時圧縮力が作用する小梁下端筋でも地震挙動に備えて折曲げて定着する場合が見られるが、圧縮力に対しては折り曲げた先が定着に有効ではないため、投影定着長が本規定の長さを上回るようにすれば良い。ただし、折曲げ部や端部定着板への圧縮力が過大となれば、仕口面と反対側の面を押しぬく破壊が生じることになるため、折曲げ部、定着具は主筋と横補強筋で囲まれた接合部コア内に配置し、余長部に対する背面側のかぶり厚さも小さくならないようにしなければならない。

6) 溶接金網では当該鉄筋に直交して溶接される横筋が抵抗して定着力が確保できると考えられる。従って、部材固定端における溶接金網の定着では金網の交点が溶接されていることを確認のうえ、解図 17.23 に示すように支持部材仕口面から最外端の横筋までの長さを横筋間隔に 50 mm を加えた長さ以上かつ 150mm 以上となるように配置する。



解図 17.23 溶接金網の定着

^{17.8)} 九産大のピロティ実験, 2008 年 AIJ 大会梗概集(予定)

2. 標準フック

本条によって定着の検定を行う折曲げ定着筋の標準フックの余長は、 90° 折曲げで鉄筋径の 8 倍以上、 135° 折曲げで鉄筋径の 6 倍以上、もしくは 180° 折曲げで鉄筋径の 4 倍以上のいずれかとする。折曲げ部の折曲げ内法直径の最小値は表 17.2 による。また、標準フックの鉄筋側面からコンクリート表面までの側面かぶり厚さの最小値は表 17.3 による。

表 17.2 標準フックの内法直径

折曲げ角度	鉄筋種類	鉄筋径による区分	鉄筋の折曲げ内法直径(D)
180° 135° 90°	SD295A	D16以下	$3d_b$ 以上
	SD295B SD345	D19～D41	$4d_b$ 以上
	SD390	D41以下	$5d_b$ 以上
90°	SD490	D25以下	$6d_b$ 以上
		D29～D41	

d_b :定着する鉄筋の公称直径

表 17.3 標準フックの側面かぶり厚さ

S=0.5 とする場合	$2d_b$ 以上かつ 65mm 以上
S=0.7 とする場合	$1.5d_b$ 以上かつ 50mm 以上

引張力を受ける鉄筋を他の部材中に定着する際に、鉄筋を延長して付着による定着を行うにはその部材寸法が十分ではない場合に鉄筋を折曲げて定着することが一般的である。このような折曲げ定着では、折曲げ内側に大きな支圧力が生じ定着力を確保すると考えられるが、過小な折曲げを行うと折曲げ内側コンクリートの局部圧縮破壊が起こる場合がある。また、鉄筋に対するかぶり厚さが少ない場合には、鉄筋側方のコンクリートが皿状に剥離し(割裂型定着破壊)、定着耐力を急激に失うことが実験で確認されている。本条の第 1 項ではこのような定着破壊を生じることが無い折曲げ定着を前提として定着長さを規定していることから、これらの定着破壊が生じることのない「標準フック」を規定する。標準フックの規定を満足しない折曲げ定着は本条の規定を用いて設計することは出来ない。

鉄筋末端のフックは折曲げ起点から折曲げ終点までの「折曲げ部」と折曲げ終点以降の「余長」で構成される。折曲げ定着は直線定着できない部分を折曲げて相手部材内に定着するものであるから、折曲げ起点以降で所定の長さを確保することが定着性能を保持する上で必要である。折曲げ角度が大きい程折曲げ部の定着性能が大きいことから折曲げ角度に応じた余長の長さを規定した。本規準 1999 年版では 90° 折曲げの場合の余長は鉄筋径の 10 倍以上と規定していたが、既往の 90° 折曲げ定着の実験^{17.9)}で余長を $8\sim 12d_b$ (d_b は鉄筋径)と変化させた場合でも定着耐力に遜色が無かったことから、余長の最低長さを $8d_b$ に変更した。その結果、例えば内法直径が $4d_b$ の場合にはいずれの折曲げ角度にしても折曲

^{17.9)} 藤井栄, 森田司郎, 後藤定己, 折曲げ定着部の耐力と破壊性状, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.4, pp.273-276, 1982

げ起点以降の鉄筋の長さが全て同じとなるため、必要な鉄筋長が統一されるとともに現場での折曲げ角度変更に対しても柔軟に対応が出来ると考える。

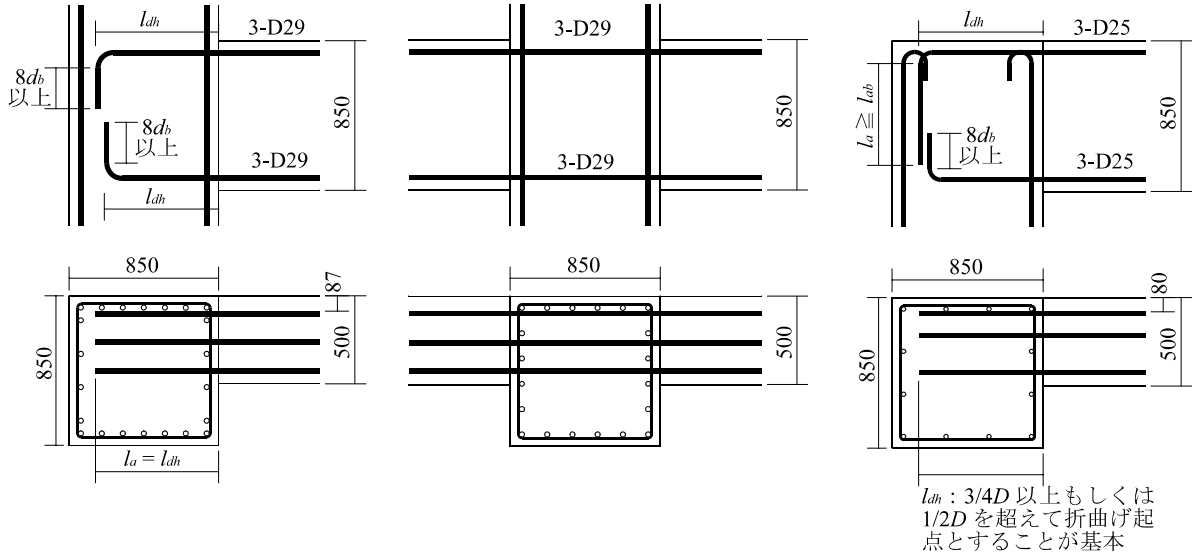
上述の割裂型定着破壊ではコンクリート強度の他に、折曲げ直径と側面かぶり厚が影響し合うことが実験で示されている^{17.3)}。鉄筋の納まりを考えると折曲げを小さくすることが望ましいが、鉄筋の折曲げ部分内側に発生する支圧力は折曲げの内法直径が小さい程大きくなるため、コンクリートの局部圧縮破壊を避けるために内法直径の最小値を規定する。JIS G 3112 では鉄筋の曲げ性として強度や鉄筋径に応じて割れが生じない最小折曲げ半径を規定しているが、この最小値を用いて行った既往の定着実験で局部圧縮破壊が生じている例が無いことから、本規準ではこの JIS 規格値を局部圧縮破壊防止のための最小値とした。ただし、高強度および径が大きい場合ほど割れの危険性が増すので最小値に $2d_b$ 程度加えた直径で折り曲げるのが望ましい。

また、同じ実験結果では鉄筋側面に適当なコンクリートかぶり厚さが確保されない場合は早期に割裂型破壊が生じることが示されている。本規準では部材種別や側面かぶりの拘束状況により必要定着長さを求める S 値を規定していることから、S 値を保証する標準フックの側面かぶり厚さの最小値を示した。一般に大梁主筋を柱に標準フックにより定着する場合、柱(接合部)に存在するせん断補強筋によってかぶりコンクリートの剥落は防ぐことが出来るが、隅柱のように直交部材が無い場合や拡幅梁のように柱コア内に定着出来ない場合などは本項に示す値以上の十分なかぶり厚さを確保すべきである。また、折曲げ定着した鉄筋の背面のかぶり厚さが少ない場合は、鉄筋が圧縮力を受けると背面コンクリートを押し抜く恐れがあるため、背面にも側面と同等以上のかぶり厚さを確保することが望ましい。

定着筋折曲げ内側に直交する鉄筋がある場合には、支圧抵抗の増大により定着性能への効果が期待できることから折曲げ直径やかぶり厚さを直交筋がない場合よりも減じて良いと考えられるが、それぞれの最小値の規定は守ることが望ましい。

【計算例 1】

解図 17.24 に示す梁主筋の外柱への定着，内柱へ通し配筋される場合の定着，および出隅部接合部への定着を行う。



(a) 外柱への梁主筋の定着 (b) 内柱での梁通し筋の定着 (c) 出隅接合部への梁上端筋の定着

解図 17.24 大梁の柱への定着設計例

1. 外柱への梁主筋の定着

設計例 (付録 2 参照) の 4 階 C1 通り (4GC1 梁の 3-4CC1 柱への定着) について検討する。

梁主筋は 90° 折曲げ定着とし端部は標準フックとする。構造規定より柱せいの 3/4 ($850 \times 3/4 = 637.5 \text{ mm}$) 以上の投影長さが基本なので，上端筋の投影定着長さ l_a (上) = 700 mm，下端筋の投影定着長さ l_a (下) = 650 mm とした場合について検討する。

コンクリート F_c30

梁主筋 D29 (SD390)

(1) 最小側面かぶり厚さ

表 17.1 より

$$S = 0.7$$

標準フックの側面かぶり厚さは，表 17.3 より， $1.5d_b$ 以上かつ 50 mm 以上必要であり，本例では標準フックの鉄筋側面から柱面までの距離 = 87 mm ($3d_b$) $> 1.5d_b$ OK

(2) 必要定着投影長さ l_{ab} の計算と検定

$$\text{定着の計算に用いる許容付着応力度 } f_b = 30 \text{ N/mm}^2 / 40 + 0.9 = 1.65 \text{ N/mm}^2$$

本文 (17.2) 式を用い，柱コア内定着なので $\alpha = 1.0$ を適用する。

(上端筋，下端筋とも)

$$l_{ab} = 1.0 \times 0.7 \times 390 \text{ N/mm}^2 \times 29 \text{ mm} / (10 \times 1.65 \text{ N/mm}^2) = 480 \text{ mm} \quad (16.6d_b)$$

これより， l_a (上) = 700 mm $> l_{ab} = 480 \text{ mm}$ ， l_a (下) = 650 mm $> l_{ab} = 480 \text{ mm}$ OK

なお，梁下端筋は接合部パネルゾーン側へ曲げ上げて定着する。折曲げのディテールは標準フック (曲げ内法直径： $5d_b$ ，余長 $8d_b$ 以上) とする。

2. 内柱への梁通し筋の定着

4階 C3 通り (4GC2-3 梁の 3-4CC3 柱への定着) について検討する.

コンクリート F_c30

梁主筋 D29 (SD390)

本文 (17.3) 式により,

$$d_b/D = 29/850 = 0.034 \leq 3.6 \times (1.5 + 0.1 \times 30) / 390 = 0.042 \quad \text{OK}$$

3. 最上階外柱への梁上端筋の定着

R 階 C1 通り (RGC1 梁の 7CC1 柱への定着) について検討する.

コンクリート F_c24

梁主筋 D25 (SD345)

出隅の柱梁接合部では, 梁上端部は 90° 折曲げ定着とし, 折曲げ終点を定着起点とみなして鉛直投影定着長さを必要定着長さ l_{ab} だけ確保しなければならない.

$$\text{定着の計算に用いる許容付着応力度 } f_b = 24 \text{ N/mm}^2 / 40 + 0.9 = 1.50 \text{ N/mm}^2$$

本文 (17.2) 式を用い, 柱コア内定着なので $\alpha = 1.0$ を適用する.

直線定着とみなされるので, 表 17.1 より

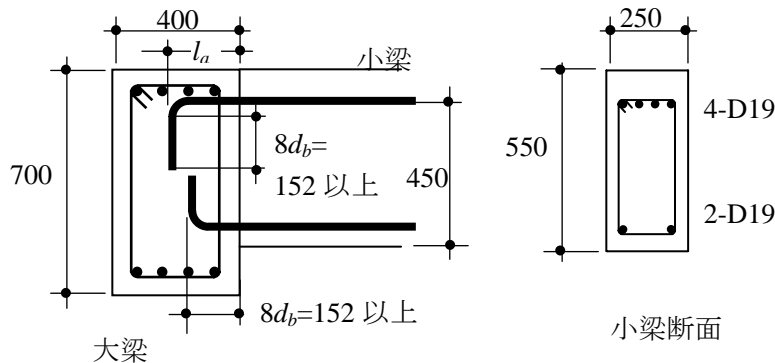
$$S = 1.0$$

$$l_{ab} = 1.0 \times 1.0 \times 345 \text{ N/mm}^2 \times 25 \text{ mm} / (10 \times 1.50 \text{ N/mm}^2) = 575 \text{ mm} \quad (23.0d_b)$$

鉛直投影定着長さをこれ以上の長さとする. なお, 梁危険断面からの水平投影長さは, 柱せいの $3/4$ 以上を基本とし, やむを得ない場合でも折曲げ起点が柱せいの半分以上入ったところに位置するようにする. 表 17.3 の標準フックの側面かぶり厚さについても満足させなければならない. 斜めひび割れの最も大きく開く柱定着端部位置に特に横補強筋 (フープ筋) を配することも鉛直投影定着長さでの応力伝達を確保するうえで有効である.

【計算例】

解図 17.25 に示す小梁を建物外周の大梁中央に定着する。コンクリートは F_c30 、小梁主筋は D19(SD345)の場合を考える。



解図 17.25 小梁の大梁への定着設計例

梁主筋は 90° 折曲げ定着とし端部は標準フックとする。下端筋は非耐震部材の圧縮筋であるから投影定着長さは l_a (下) $= 8d_b = 152$ mm 以上とする。

上端筋の必要定着長さを検討する。

(1) 最小側面かぶり厚さ

小梁は大梁スパンのほぼ中央にあるので定着筋の側面には十分なかぶり厚がある。

(2) 必要定着長さ l_{ab} の計算と検定

定着の計算に用いる許容付着応力度 $f_b = 30 \text{ N/mm}^2 / 40 + 0.9 = 1.65 \text{ N/mm}^2$

本文 (17.2) 式を用い、大梁コア内に定着するので $\alpha = 1.0$ を適用する。

表 17.1 より $S = 0.5$

$$l_{ab} = 1.0 \times 0.5 \times 345 \text{ N/mm}^2 \times 19 \text{ mm} / (10 \times 1.65 \text{ N/mm}^2) = 199 \text{ mm} \quad (10.5d_b) > 8d_b \text{ and } 150 \text{ mm}$$

これより、投影定着長さは梁幅の半分(200mm)でも良いことになるが、安全性を考え折曲げ起点を梁幅の半分より奥に設定して l_a (上) $= 260$ mm とする。

折曲げのディテールは標準フック (曲げ内法直径: $4d_b$ [76mm], 余長 $8d_b$ [152mm]以上) とする。

[別法]

(17.2) を用いて検討する際に鉄筋の応力を存在応力の 1.5 倍を用いて計算して良いことになっているので、その計算を下記に示す。

長期荷重による小梁端(大梁側面位置)の曲げモーメントを例えば $80 \text{ kN}\cdot\text{m}$ とする。

梁上端筋の存在応力 σ_t は

$$\sigma_t = 80 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} / (4 \times 287 \text{ mm}^2 \times 7/8 \times 450 \text{ mm}) = 177 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{ab} = 1.0 \times 0.5 \times 1.5 \times 177 \text{ N/mm}^2 \times 19 \text{ mm} / (10 \times 1.65 \text{ N/mm}^2)$$

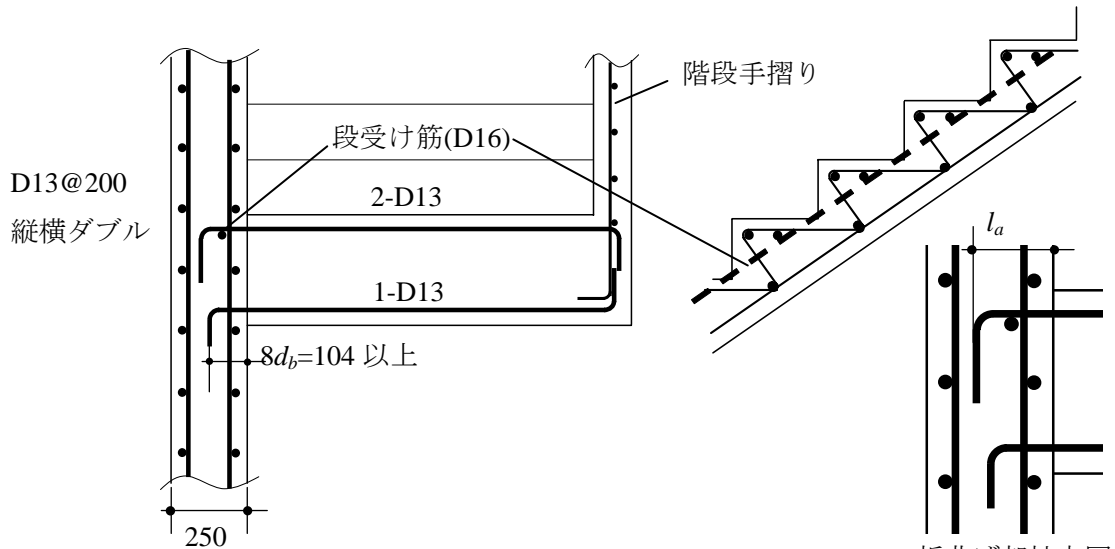
$$= 153 \text{ mm} (8.05d_b) > 8d_b \text{ and } 150 \text{ mm}$$

上述と同様に投影定着長さを 260 mm と仮定すると、

$$l_a \text{ (上)} = 260 \text{ mm} > l_{ab} = 153 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

【計算例】

解図 17.26 に示す長期荷重を受ける片持ち階段を耐震壁(ダブル配筋)に定着する場合を考える。コンクリートは F_c30 ，階段スラブ主筋は D13(SD295A)の場合を考える。



解図 17.26 階段スラブの耐震壁への定着設計例

(1) 水平投影長さの検討

スラブ主筋は 90° 折曲げ定着とし端部は標準フックとする。片持ち梁であるので構造規定の解説より壁厚の $1/2$ ($250 \times 1/2 = 125$) 以上に折曲げ起点を置くことにする。折曲げ直径を $4d_b$ とすると上端筋の投影定着長さは最小で l_a (上) = $125 + 3 \times 13 = 164\text{mm}$ となる。一方、壁の配筋からスラブ上端筋を出来るだけ奥になるように折曲げ定着した場合でも、投影定着長さ(l_a)は $l_a = 250(\text{壁厚}) - 40(\text{かぶり}) - 14(\text{壁横筋}) - 14(\text{壁縦筋}) = 182\text{mm} > 8d_b(104\text{mm})$ and 150mm となり規定を満足する。

下端筋は非耐震部材の圧縮筋であるから投影定着長さは l_a (下) = $8d_b = 104\text{mm}$ 以上とする。

(2) 必要定着長さ l_{ab} の計算と検定

$$\text{定着の計算に用いる許容付着応力度 } f_b = 30 \text{ N/mm}^2 / 40 + 0.9 = 1.65 \text{ N/mm}^2$$

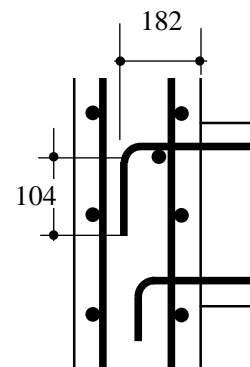
本文 (17.2) 式を用い、壁コア内に定着するので $\alpha = 1.0$ を適用する。

非耐震部材なので $S = 0.5$ とおいて必要定着長さを求める。

$$l_{ab} = 0.5 \times 1.0 \times 295 \text{ N/mm}^2 \times 13\text{mm} / (10 \times 1.65 \text{ N/mm}^2) = 163 \text{ mm} \quad (12.5d_b)$$

$l_a (=182\text{mm}) > l_{ab} (=163\text{mm})$ なので、OK。

従って、折曲げのディテールは折曲げ内法直径： $4d_b$ [52mm]，余長 $8d_b(104\text{mm})$ 以上の 90° フックとする。また、施工の便および掻き出し破壊防止のため、折曲げ起点位置に 1-D16 を階段に沿って配する。



解図 17.27 フック詳細図