

質問 (17 条関連)

① p.244 において「搔出し破壊防止のために必要最小と考えられる投影定着長さを規定した」として、規準本文 (17 条 1.(5) 2)) の規定が示されております。

ここで、ト形の柱梁接合部において、水平投影定着長さ $L_{dh} \geq \text{MAX} \{8d_b, 150 \text{ mm}\}$ を確保した上で、必要定着長さ l_{ab} が水平部で確保できない場合には、解説図 17.5 の L 形接合部の考え方に準じ、水平部分の梁主筋応力減少の変化は少ないものとみなして p.233 の 4 行目からにあるように折り曲げ終点以降の鉛直部分で重ね継手と同様の応力伝達機構により評価することも一つの設計手法とできるものと見ても良いのでしょうか。(特にそれを禁止されてはいないようですし、柱主筋とのあき重ね継手の様な応力分配可能なものであれば、力学的な不明快さもないものと思われそうですが、如何でしょうか。)

※ 学会規準として定義にまで至るところではないかも知れませんが、一つの便法としてのこのような評価自体あっても良いのかと思われまます。これを禁止されてしまうと l_{ab} 確保のために柱断面を大きく→地震時重量が UP→配筋量 UP という場合もあり、コスト UP (材料の使用量増加で省資源としてもどうか…) に繋がる CASE も出てくると思われまます。

② 前項にも関連する事ですが、p.237 や p.254 幅の小さい大梁への定着計算例 2 おいて固定度の減少を評価し梁中央下端筋に余裕を持たせるという考え方は、L 形柱梁接合部分においても同様に評価すべきとの見解はありませんでしょうか？

③ 柱・大梁の場合には部材剛性評価に基づいた応力計算を行っていますが、それとは別に配筋への余裕を見る必要はないのでしょうか。(水平投影長さ $8d_b$ かつ 150 mm 以上を確保した上での大梁・小梁の評価の差異に関する見解はどのような考えに基づくのでしょうか。)

④ p.245 解説図 17.21 において梁下端筋の曲下げ定着する場合に帯筋を多く配置する旨記述されていますが、これは、通常柱のせん断設計で必要とされる帯筋とは別に追加が必要という事でしょうか？(何か過去の震害に基づく知見でしょうか。)

(匿名希望)

回答

RC 規準に対してご意見をいただき有難うございました。構造設計者の立場としては、設計・施工における省力化を目指して、合理的な設計方法を採用することは当然行われるべきと考えますが、構造設計における重要な目標である安全性の確保がその前提にあることは優先されるべきと考えます。ご意見をいただきました各項目について、この立場に立ってお答えをさせていただきます。

① 建物の端部にある柱に梁を定着する場合の方法として、梁主筋を折り曲げて柱内に延長する折曲げ定着が一般に採用されています。このような定着の場合の性能確保として、基準法では鉄筋に沿う付着機構のみを考えて危険断面である柱面からの総長さを規定していますが、RC 規準では付着機構に加えて既往の研究で指摘されている折曲げ部内側に発生する支圧力が主要な定着機構であると考え、支圧力に起因する破壊現象を避けることを意図して規定を設けています。すなわち、これをフック付鉄筋の定着として扱い必要定着長さを規定しています。ご意見をいただきました p.244 の最上階柱梁接合部の事例ですが、この場合は梁主筋（上端筋）の直線部周りのコンクリートに対して横拘束が見込めないことから、定着に対する有効部分を折曲げ終点以降と規定して、式(17.2)で規定される定着長さを確保することにしています。このように配筋すると、梁主筋定着有効部分の近くに柱主筋がある場合には両者の間に重ね継手（又はあき継手）のような応力伝達機構が形成されるものと思われまますので、定着性能をさらに担保出来ると考えています。

この考えは梁主筋直線部の付着が期待できない最上階外端柱梁接合部（L形接合部）に適用するものであり、定着機構が違う中間階外端柱梁接合部（T形柱梁接合部）で当該部分の付着が期待できる場合には、この方法は適用しないものとしています。これには次の理由があります。

- 1) 最上階柱梁接合部で想定している機構は、梁主筋直線部の付着が期待できないため、当該部分の付着破壊による接合部コンクリートの損傷が生じなく、早期から折曲げ内側のコンクリートが健全のまま支圧力による定着機構を確保できること。
- 2) 本例で想定する定着機構では、直線部の付着喪失により早々に梁主筋の定着性能が低下するものと考えているが、最上階では当該部分の破壊が建物の崩壊に繋がる可能性がかなり低いこと。

従って、中間階においてご指摘の定着設計を認めることは、定着破壊を起因とする建物全体崩壊を招く恐れがあり、認められるものではありません。また、最上階において本方法を許容していますが、この場合でも基本的には水平投影長さには(17.2)式の値を確保していただきたいと思っています。

② RC 規準では、長期荷重のみに対して設計される床スラブや小梁のような非耐震部材に限り p.237 や p.254 に示す定着長の確保を認めています。この方法は、建物の重要な構造性能に関わらない部材のみに適用できるものとして、かつ固定度の低下を許容する立場から、不静定部材のみに許している方法です。ただし、この場合固定度の低下に伴う正曲げモーメントの増大に配慮することを要求しています。一方、耐震部材において地震時に固定度の低下を起こすような損傷がある場合には、建物の挙動自体が予定されたものと全く違うことになる危険性があるので、最上階柱梁接合部における固定度の低下は許容されません。

③ 「配筋への余裕」とのことばの意味が不明ではありますが、次のように考えます。

部材の応力計算は剛性に基づいて行われるのが一般的ですが、鉄筋コンクリート構造では各部材が剛に接合されていることを前提としています。許容応力レベルではこの前提を担保するために定着部の損傷を許容しませんが、安全性の確認を行うレベル（巨大地震）では定着部でもある程度の損傷による剛性低下が起こることを想定しています。接合部では多くの鉄筋が交差することから、なるべく配筋を合理的にする必要は理解しますが、前の回答に関連して部材の安全性能レベルは耐震部材と非耐震部材では大きく異なると思いますので、両者の定着について考え方の差があります。

- ④ 下端筋の曲下げ定着が原因で倒壊した建物があるかどうかはわかりません。ただし、柱・梁断面が小さい海外の建物では接合部破壊が原因で倒壊した建物が幾つかあるようです⁽¹⁾。1995年の兵庫県南部地震では、倒壊に至るほどではありませんが、柱梁接合部で損傷がかなり見られました。1999年のRC規準改定で接合部と定着の規定が強化されたのは、これらの被害が教訓になっています。2010年の改定でも、基本的にこの方針を引き継いでいます。

下図1のように曲げ上げた下端筋に引張力 T が加わる場合、直線定着部分での付着力に加えて、折曲げ内側のコンクリートに支圧力 C_a が発生し、これが接合部内の圧縮力 C_j および柱からの圧縮力 C_c と釣り合うため抵抗機構が成立します。一方、図2のように曲げ下げると、 C_a の向きが図1とは異なるため、終局強度レベルでは抵抗機構が成立しにくくなります。p.245の脚注に示した南・西村の研究によれば、下端筋の降伏強度の1/2程度の定着能力しか生じない場合があるようです。特に、水平投影長さが短いため、接合部のせん断強度に余裕がない場合にその傾向が顕著のようです。さらに同研究では、図3のような範囲に下端筋の引張力に匹敵する帯筋を入れた場合、つまり

$$T \approx b \cdot l'_{dh} \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} \quad (b: \text{柱の幅})$$

が満たされた場合は定着能力が確保されたという結果が示されています。特に、下端筋に近い位置の帯筋ほど有効であったようです。ただし、すべての帯筋が降伏したわけではありませんし、下端筋の引張力と完全に釣り合うだけの帯筋が必要と断言しているわけではありません。半分程度でも充分であった、と解釈することも可能です。特に許容応力レベルでは図3の直線定着部分 l'_{dh} での付着力も重要であり、これは曲げ下げ定着でも十分期待できます。

柱のせん断設計で必要とされる帯筋と合計した量を配筋すべきかどうか難しい問題です。しかし、RC規準 p.184 の(解 15.27)式で示されるように、接合部に生じるせん断力は柱のせん断力によって打ち消される傾向にあること、さらには図3の抵抗機構で梁下端筋の引張力 T と柱のせん断力 Q が釣り合う方向であることから推測すると、必ずしも合計する必要はないように思われます。

以上まとめますと、現段階で数値的な指標を示すことは困難ですが、下記すべての条件を満たす接合部で曲げ下げ定着を行う場合は、設計者判断で柱頭部の帯筋量を増やしていただくのがよいと思います。

- D_s 値が小さく大地震時に大きな塑性変形が生じやすい。
- 投影定着長さが短く ($l_{dh} < 0.75D$) , 接合部に関するせん断余裕度 (Q_{Aj} / Q_{Dj}) が 1 に近い。
- 柱の帯筋量に比べて梁の下端筋量が非常に多い。 ($T \gg b \cdot l'_{dh} \cdot p_w \sigma_{wy}$)

参考文献

- (1) 広沢雅也・梅田幹夫・奥藪敏文：鉄筋コンクリート建物の最新耐震設計—柱・梁接合部の設計がポイント，工業調査会，1996

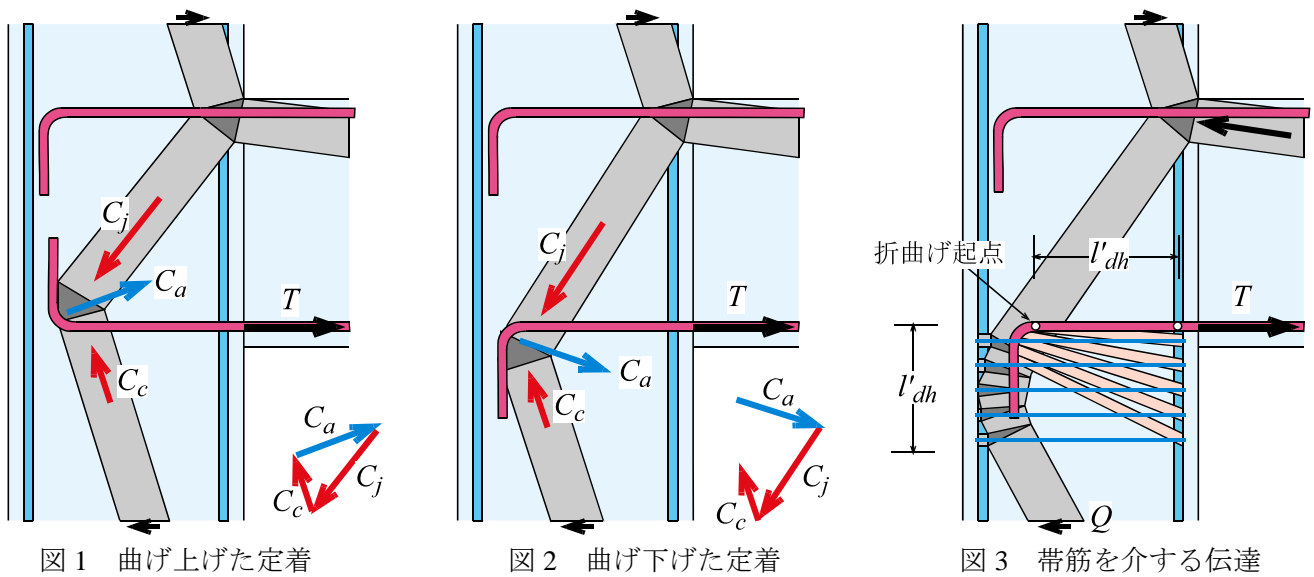


図1 曲げ上げた定着

図2 曲げ下げた定着

図3 帯筋を介する伝達