

正会員 ○岸田慎司 1*
同 北山和宏 2*
同 永井 寛 3*

プレストレストコンクリート 柱梁接合部 接合部内横補強筋量
PCaPC 圧着接合 最小補強筋量 接合部せん断終局強度

1. はじめに

プレストレスコンクリート（以下、PC）造柱梁接合部内の配筋は、鉄筋コンクリート（RC）柱梁接合部内比べて PC 鋼材が配置されているために複雑になっている。さらにプレストレスト鉄筋コンクリート（PRC）造の場合やプレキャストプレストレストコンクリート圧着工法（PCaPC 圧着）の場合などで、柱梁接合部内に主筋が通し配筋される場合とそうで無い場合とで配筋が異なっている。そこで、接合部内補強筋について現状の把握を行い、PC 構造の性能評価型設計の構築のために、既往の実験資料を収集し、分析および検討を行った。

2. 接合部内横補強筋比の計算式について

接合部内横補強筋比の値が記載されている既往の実験 52 体（詳細は文献 1 を参照）について計算方法を検討した。主要な計算方法は以下に記す三つである。

方法①：RC 靱性指針²⁾の接合部横補強筋比による方法

『接合部の横補強筋比 p_{jw} は次式で示される。

$$p_{jw} = \Sigma A_{jw} / (b_c \cdot j) \quad (1)$$

b_c は柱幅、 j は梁の上下の主筋の重心間距離、 ΣA_{jw} はこの区間の横補強筋断面積の総和を表す。』

方法②：上記に示した式(1)において、 j を梁の上下の PC 鋼材の重心間距離とする方法

方法③：補強筋間隔を用いる方法

『 $p_{jw} = A_{jw} / (b_c \cdot s) \quad (2)$

A_{jw} はせん断補強筋の一組の断面積、 s はせん断補強筋のピッチ、 b_c は柱幅である。』

図-1 は、各論文に記載されている横補強筋比の計算方法が上記の①から③のいずれで行われたのかを破壊形式別に表したものである。接合部補強筋比の求め方が一つに定められていないことがわかる。これは、それぞれの判断によって設計しているためである。なお、①"とは式(1)において j を（上下の主筋の重心間距離） $\times 0.9$ として求めたものである。

3. 配筋の違いによる補強筋比計算の具体例

計算仮定として、柱幅 600mm、梁せい 900mm、主筋重心間距離 780mm、PC 鋼材重心間距離 540mm の試験体とする。柱梁接合部内の横補強筋の配筋状況を図-2(a)と(b)のように二通り想定し、2. で説明した三つの算定方法（①、②および③）で横補強筋比を求めて、同図内に示

した。例-1 は 2-D13 をピッチ 100mm で PC 鋼材間に 5 セット配筋した場合であり、例-2 は 2-D13 をピッチ 180mm で梁主筋間に 5 セット配筋した場合である。

下に示した計算例をみると、三つの算定方法による補強筋比には大きな差があり、最大値を与える計算式が異なることがわかる。原因は式 (1) 及び (2) から、i) 横補強筋のピッチ、ii) 接合部内の梁上下主筋の重心間距離内の横補強筋セット数、iii) 接合部内の PC 鋼材の重心間距離内の横補強筋セット数、以上 3 点の違いに関係があると考えられる。

また、接合部内の横補強筋の組数が同量だと方法①と与える値は等しくなる。しかし、例-1 と例-2 を比較する

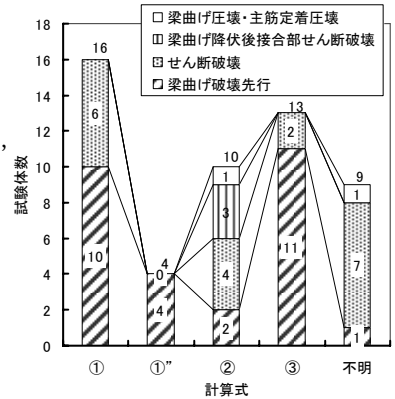
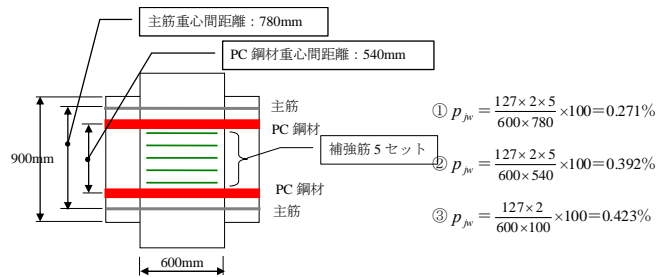
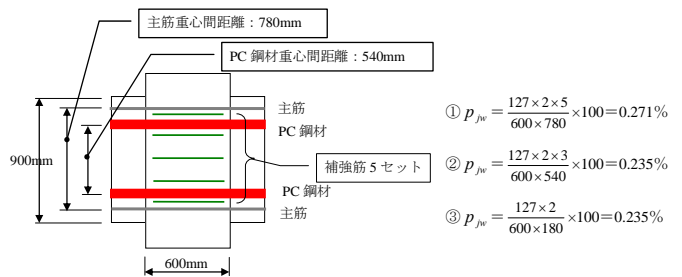


図-1 各論文で計算されている補強筋比計算式と破壊形式



(a) 例-1 PC 鋼材間に 5 セット配筋した場合



(b) 例-2 梁主筋間に 5 セット配筋した場合

図-2 各例の配筋の詳細と計算結果

と横補強筋比の最大値を与える式が、例-1では方法③、例-2では方法①と異なっている。つまり、「接合部内に横補強筋を 0.2%以上配筋すること」と定義したとしても、横補強筋比の算定方法を指定しない限り、配筋仕様は一つに定まらないことになる。

4. 横補強筋量の提案とその妥当性

以上のような検討の結果、以下の提案をする。

柱梁接合部の横補強筋比 p_{jw} は 0.002 以上とし、 p_{jw} は次式で計算する。

$$p_{jw} = \Sigma A_{jw} / (b_c \cdot D_b) \quad (3)$$

ここに、 b_c は柱幅、 D_b は梁の全せい、 ΣA_{jw} は柱梁接合部内の横補強筋断面積の総和を表す。

4-1 柱梁接合部内横補強筋の最小量

直交梁のない柱梁接合部のせん断破壊が先行した試験体 42 体（試験体詳細は文献 1 を参照）について、せん断終局強度を RC 靱性指針²⁾の式 (8.3.1) で除した値と p_{jw} および $p_{jw} \cdot \sigma_y$ との関係を図-3 に示す。十字形およびト形接合部ともに、 p_{jw} および $p_{jw} \cdot \sigma_y$ は、柱梁接合部のせん断終局強度にほとんど影響を与えていない。この場合、横補強筋の役割は接合部コアコンクリートの拘束が主となり、斜め方向のコンクリート圧縮ストラットの靱性確保に役立ち、接合部のせん断変形を抑制するのに有効である。横補強筋量が極端に少ないと、斜めせん断ひび割れ幅が繰返し载荷に伴って拡大し、接合部せん断変形が増大する³⁾。これは、柱梁接合部パネルのせん断引張破壊であり、横補強筋量の下限を規定する必要がある。そこで、特段の根拠はないものの RC 終局強度型指針⁴⁾では、必要条件を 0.2% 以上としていたことを鑑み、今回、最小値を 0.2% とした。しかし、横補強筋の機能に対する梁主筋の附着性状や柱軸力等の影響、および柱梁接合部のコアコンクリートの拘束に必要な補強筋量については、定量的に十分には把握されておらず、今後の研究が必要である。

4-2 横補強筋量の計算方法の妥当性

表-1 は既往の実験結果⁵⁾より接合部内の PC 鋼材配筋位置によって補強筋量が異なる場合の横補強筋ひずみ分布を示す。接合部パネル内に配筋された横補強筋の組み数は同一であるが、PC 鋼材間に配された横補強筋の組み数がそれぞれ異なる。3 体の横補強筋比 p_{jw} は 0.507% である。加力方向（表中上段）では、PC 鋼材間に配筋された補強筋ひずみがそれ以外のひずみより大きくなる傾向にあるが、PC 鋼材の外側にある補強筋ひずみも変形とともに増大した。一方、加力方向と直交する方向（表中下段）では、層間変形角 1/100 まで全体的に 500 μ 程度のひずみとなり、面外へのコンクリートの膨張を拘束することに全ての横補強筋が寄与している。以上より、接合部横補強筋比 p_{jw} を計算する際には、PC 鋼材間の横補強筋のみを考慮するのではなく、式 (3) のように柱梁接合部内の全

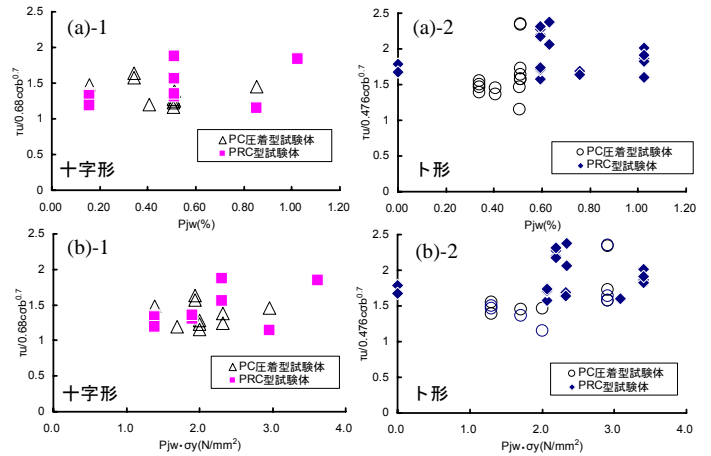
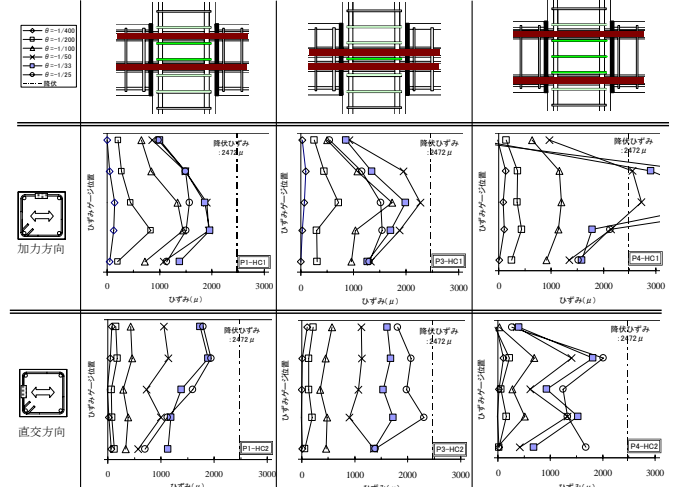


図-3 補強筋量 (p_{jw} , $p_{jw} \cdot \sigma_y$) とせん断終局強度の関係

表-1 PC 鋼材位置の違いによる横補強筋ひずみ分布



ての横補強筋を考慮するのが妥当であると思われる。

5. まとめ

1) 十字形およびト形接合部ともに横補強筋量は、柱梁接合部のせん断終局強度にほとんど影響を与えておらず、柱梁接合部内の横補強筋比の最小値を 0.2% とすることを提案した。

2) 接合部横補強筋比 p_{jw} を計算する際には、PC 鋼材間の横補強筋のみを考慮するのではなく、柱梁接合部内の全ての横補強筋を考慮するのが妥当であると思われる。

【謝辞】本報告は、日本建築学会「PC 部材性能評価設計法小委員会」において報告した結果に基づいて作成した。ここに、関係各位に深謝致します。

【参考文献】1) 岸田慎司他：プレストレストコンクリート造柱・梁接合部のせん断強度に関するデータベースの分析及び評価、AIJ 梗概集, C-2, 構造IV, pp.947-948, 2008.9, 2) 日本建築学会：RC 造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999, 3) 野口博他：鉄筋コンクリート柱・はり接合部の耐震性に関する実験的研究, AIJ 梗概集, C, 構造II, pp.627-628, 1987.10, 4) 日本建築学会：RC 造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説, 1990, 5) 舩田尚之他：圧着接合されたプレストレスト・コンクリート造立体柱梁接合部の地震時挙動, JCI 年次論文集, pp.397-402, Vol.27, No.2, 2005

*1 芝浦工業大学工学部建築学科准教授

*2 首都大学東京都環境科学研究科建築学専攻教授

*3 鹿島技術研究所建築技術研究部構造・耐震グループ上席研究員

*1 Associate Professor, Shibaura Institute of Technology, Dr.Eng.

*2 Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.

*3 Kajima Technical Research Institute