

論文

[2079] 高強度RC柱・梁接合部の梁主筋の付着特性に関する基礎実験

正会員○北山和宏 (千葉大学建築学科)

福岡 誠 (岡設計)

正会員 江藤啓二 (佐藤組)

藤田 崇 (新日本製鐵)

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) 建物の高層化を実現するために、骨組の靱性に依存した終局強度設計法の開発とともに、鉄筋およびコンクリートの高強度化が必要である。このとき、柱断面の狭小化により柱・梁接合部に作用するせん断応力レベルが増大し、かつ接合部内を通し配筋される梁主筋の付着状態が厳しくなると予想されるため、内柱・梁接合部試験体を用いた実験による検証が行なわれる。しかし、そのためには大規模な実験装置を必要とする。そこで本研究では、比較的簡単な実験方法で柱・梁接合部パネル内の応力状態を模擬し、高強度材料を用いた場合の梁主筋の付着性状を調べるとともに、普通強度材料を用いた場合のものと比較・検討した。

2. 実験概要

試験体は実物の約 1/2 の柱・梁接合部パネルを縦方向に切り出した平板 4 体 (試験体 PJ1~PJ4) で、30cm×30cm×11cm の正方形パネルに梁危険断面のコンクリート圧縮領域を模した部分を付設した。試験体の概形および配筋詳細を図 1 に、諸元を表 1 に示す。梁・柱主筋はそれぞれ端部定着板に溶接した。パネル横補強筋には両端に 180 度フックを持つ単筋を用いた。実験変数はコンクリート強度、梁主筋強度および横補強筋量である。梁主筋径 (D16) は同一にした。高強度材料による試験体 PJ1、PJ2 には SD80 相当の梁主筋および目標強度 900 kgf/cm² のコンクリート、普通強

表 1 試験体諸元

試験体名	PJ1/PJ2	PJ3/PJ4
梁主筋	D16 (SD80 相当)	D16 (SD30)
降伏強度	8140 kgf/cm ²	3460 kgf/cm ²
柱主筋	D19 (SD80 相当)	D16 (SD80 相当)
降伏強度	7610 kgf/cm ²	8140 kgf/cm ²
横補強筋	2-φ6	2-φ6
セット数	1/3 組	1/3 組
補強筋比	0.22/0.68 %	0.22/0.68 %
降伏強度	2535 kgf/cm ²	2535 kgf/cm ²

表 2 コンクリート特性 (単位: kgf/cm²)

試験体名	PJ1・PJ2	PJ3・PJ4
圧縮強度	875	264
割裂引張り強度	58.0	20.5
1/4 f' _c 割線剛性	3.96 × 10 ⁵	2.57 × 10 ⁵

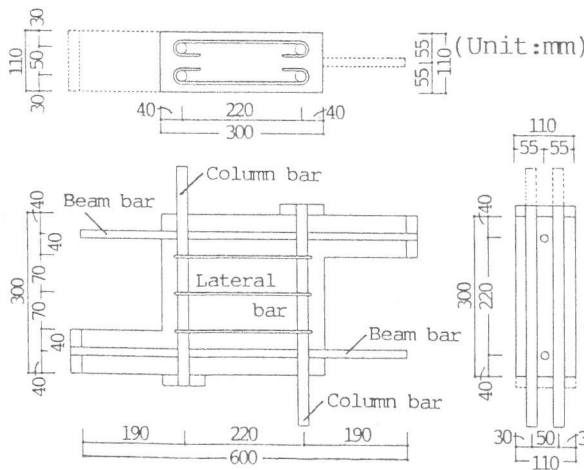


図 1 配筋詳細 (試験体 PJ2、PJ4)

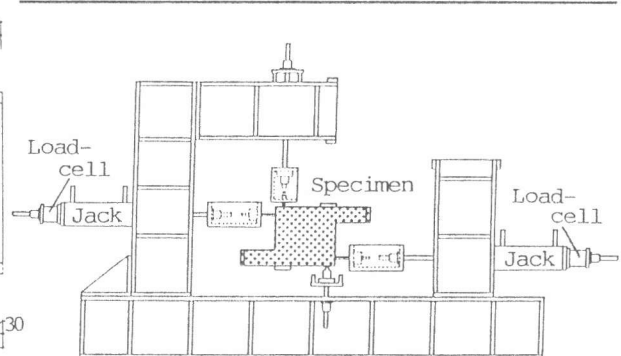


図 2 加力装置

度材料による試験体 PJ3、PJ4 にはSD30の梁主筋および目標強度 240 kgf/cm^2 のコンクリートを使用した。コンクリート特性を表2に示す。高強度コンクリートの水セメント比は 25% とし、高性能減水剤を使用した。コンクリートは平打ちとした。

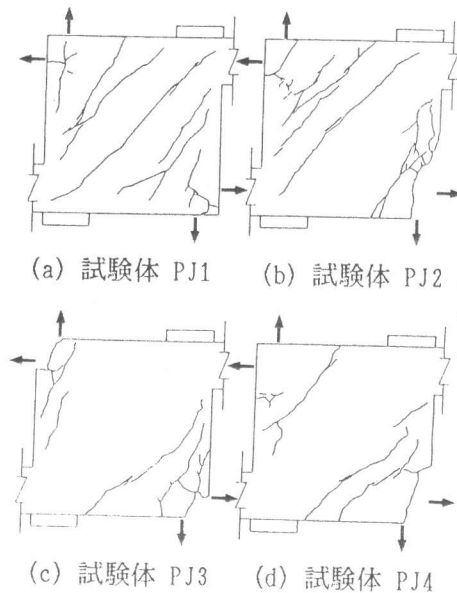


図3 実験終了時ひびわれ状況

加力は図2に示すように、上下の梁主筋をそれぞれセンターホール・ジャッキで単調に引張ることにより行ない、柱主筋をPC鋼棒で引張って反力を取った。PC鋼棒と柱・梁主筋とを接続するカプラ内のPC鋼棒側にはピンを設置した。なお、実際の内柱・梁接合部では危険断面の圧縮側からコンクリートによって圧縮力が導入されるが、本実験では簡単のためこれを省略し、パネル入力せん断力は接合部の場合の約半分となった。梁主筋の引張り荷重をロード・セルにより、梁・柱主筋および接合部横補強筋のひずみを箔ひずみゲージにより、接合部パネルの斜め方向変位などを電気式変位計によりそれぞれ測定した。

3. 実験結果の検討

3.1 実験状況

実験終了時のひびわれ状況を図3に示す。各試験体ともパネルの左上および右下に斜めせん断ひびわれが発生した。このとき、普通強度材料を用いた試験体 PJ3、PJ4 の梁主筋は危険断面位置ですでに降伏していた。高強度材料を用いた試験体 PJ1、PJ2 では、主対角に沿って斜めせん断ひびわれが生じた。試験体 PJ1、PJ3 の梁主筋ひずみ分布を図4に示す。高強度材料を用いた試験体 PJ1 では、荷重端が降伏する以前に、荷重の増大とともにひずみ勾配の急な区間が荷重端側から試験体内部に移動した。パネル横補強筋は試験体 PJ1、PJ2 では降伏したが、試験体 PJ3、PJ4 では降伏しなかった。柱主筋は各試験体とも弾性にとどまった。横補強筋量によるひびわれ状況および梁主筋付着性状に対する差異は見られなかった。

3.2 梁主筋の付着性状

試験体 PJ2、PJ4 の各区間の付着応力度—すべり量関係を図5に示す。ここで、ひずみゲージ番号 i と $i+1$ との間を区間 i とした。隣接するゲージ間の応力差より平均付着応力度を求め、各測定点を線形に補間したひずみ分布を定着端より各区間の中央まで積分したものをすべり量とした。高強度材料を用いた試験体では荷重端近傍の区間1の付着力が早期に低下したが、普通強度材料を用いた

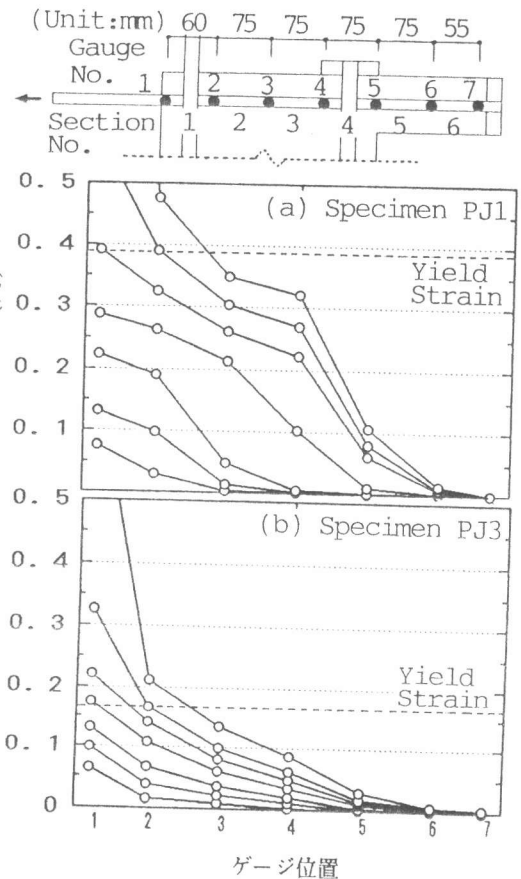


図4 梁主筋ひずみ分布

試験体では区間1～3の付着力はほぼ同程度であった。各試験体とも区間4の付着力が大きくなった。これは荷重の増加にともなう柱主筋の付着劣化により、柱主筋定着板からコンクリートに圧縮力が導入され、区間4付近の梁主筋を拘束したためである。

コンクリート強度による付着力への影響を考慮するために、便宜的に付着応力度をコンクリート圧縮強度 f'_c の $2/3$ 乗で基準化[1]したものと、載荷端からの距離との関係を図6に示す。区間1を除いて各区間ごとの最大基準化付着応力度はほぼ同じとなった。ただしこの最大付着力は、後述のように斜めひびわれの発生や梁主筋の降伏によって決まり、付着強度ではないことに注意を要す。高強度材料を用いた試験体では、載荷端より離れるに従い最大付着力は大きくなったが、普通強度材料を用いた試験体では、その差は顕著でなかった。

材料強度による違いを検討するために、試験体PJ2、PJ4の基準化付着応力度と、すべり量を降伏ひずみとパネル幅(30cm)との積の半分で除した基準化すべり量との関係を図7に示す。基準化すべり量は、降伏ひずみの大小による主筋降伏時のすべり量の差を考慮するために用いた。梁主筋が引張り降伏した点とパネル斜めひびわれが梁主筋を横切った点とを記した。普通強度材料を用いた時の初期剛性は、高強度材料を用いた場合に比して小さかった。高強度材料を用いた試験体では、パネル斜めひびわれが梁主筋を横切ることによって、付着力は急激に減少したものの再び上昇し、梁主筋の降伏によって最終的に低下した。これに対して普通強度材料を用いた試験体では、区間1を除いて梁主筋の降伏によって付着応力度が低下し、パネル斜めひびわれが梁主筋降伏より先に生じた場合でも、ひびわれの影響は小さかった。このように高強度材料を用いた場合には、パネル斜めひびわれが梁主筋の付着性状に与える影響が大きく、実際の内柱・梁接合部架構でも梁主筋の降伏前に付着劣化が生じる可能性を示す。なお、両試験体とも主筋の降伏後に付着力が零となる区間が発生した。

3. 3 柱・梁接合部内の付着性状との比較

実際の柱・梁接合部パネル内の梁下端筋における基準化付着応力度－基準化すべり量関係を図8に示す。用いた試験体は、普通強度材料を用いた試験体J2[2]と高強度材料を用いた試験体I6[3]で、いずれも柱せい30cm、梁せい30cmである。試験体J2ではコンクリート圧縮強度245 kgf/cm²、梁主筋D13、降伏強度4090 kgf/cm²、試験体I6ではコンクリート圧縮強度870 kgf/cm²、梁主筋D19、降伏強度7870 kgf/cm²であった。実験は繰り返し載荷したのでここでは包絡線を用いた。すべり量は接合部内梁主筋に沿ったひずみ分布を積分して求め、主筋径の違いを考慮するため各試験体

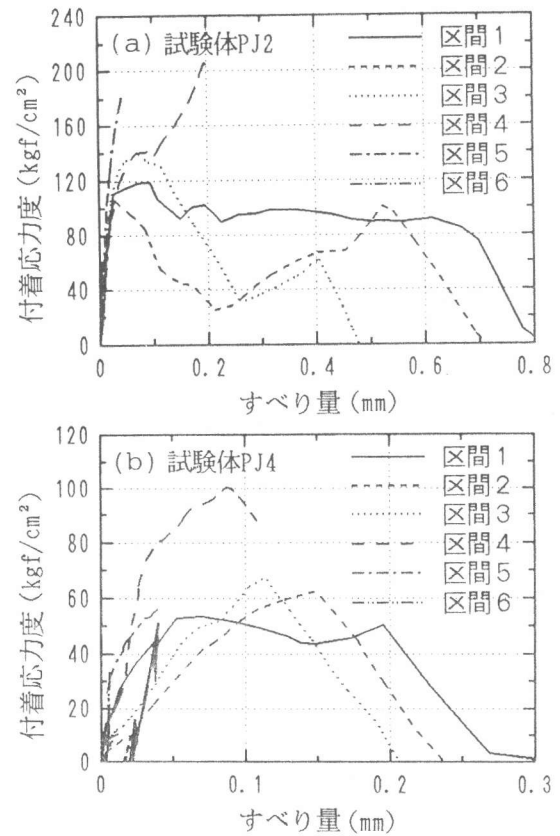


図5 付着応力度－すべり量関係

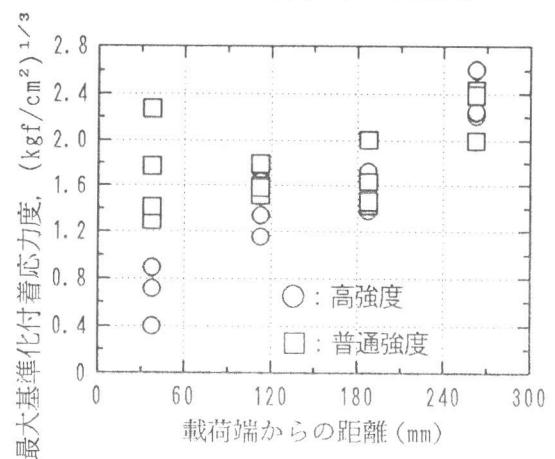


図6 最大付着力－載荷端からの距離関係

の主筋径に対するパネル試験体の主筋径の比(例えば16mm/13mm)を乗じた。付着応力度は引張り側危険断面から10cmの区間のものである。高強度材料を用いた試験体16では、接合部斜めひびわれの発生により付着力が低下し、その後の梁主筋降伏に

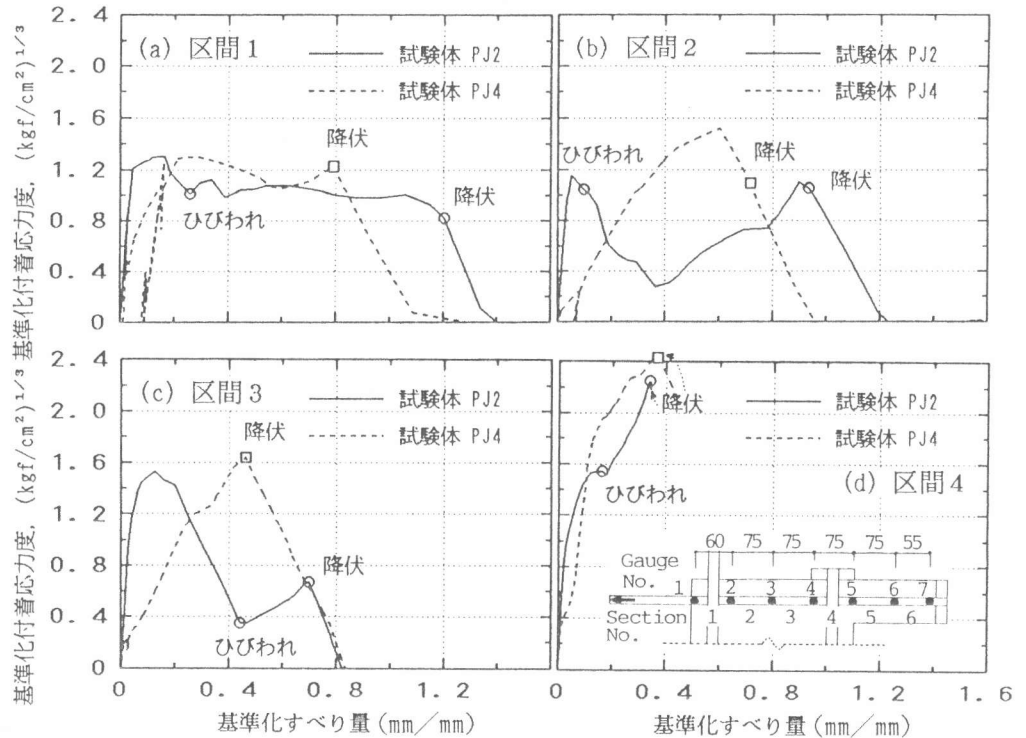


図7 基準化付着応力度-基準化すべり量関係

によって急激に付着劣化が進行した。普通強度材料を用いた試験体 J2 では、梁主筋降伏により付着力が低下した。これは、パネル試験体の載荷端そばの区間1、2より得られた付着性状(図7)と定性的に一致した。また基準化付着応力度の最大値もほぼ一致した。

4. 結論

パネル試験体を用いて内柱・梁接合部内の応力状態を模擬する実験を行ない、接合部内梁主筋の付着性状を再現できた。高強度材料を用いると付着の初期剛性は高く、パネル斜めひびわれが梁主筋を横切ることによって付着応力度は最大となり、載荷端そばでは(0.4~1.2) $f_c^{2/3}$ 、パネル中央では(1.2~1.8) $f_c^{2/3}$ であった。その後、梁主筋の降伏によって最終的に付着力が低下した。これに対して普通強度材料を用いると、梁主筋の降伏によって付着応力度が低下した。梁降伏型の骨組接合部においては、梁主筋付着力の低下を引き起こす要因が材料強度によって異なる。パネル横補強筋量による梁主筋付着性状の差は見られなかった。

謝辞 実験実施に当たり東京大学青山博之、友沢史紀、小谷俊介、細川洋治、田才晃、野口貴文各先生および宇都宮大学佐藤良一先生よりご援助を賜わった。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 山尾芳秀、周礼良、二羽淳一郎：付着応力-すべり関係に関する実験的研究、土木学会論文報告集、第343号、pp.219-228、1984。
- 2) 小林裕、溜正俊、小谷俊介、青山博之：鉄筋コンクリート造柱-梁接合部の実験的研究、第6回JCI年次講演会論文集、pp.653-656、1984。
- 3) 李祥浩、藤田崇、北山和宏、小谷俊介：高強度材料を用いたRC内柱・梁接合部における梁主筋の定着性能、第13回JCI年次論文報告集(投稿中)、1991。

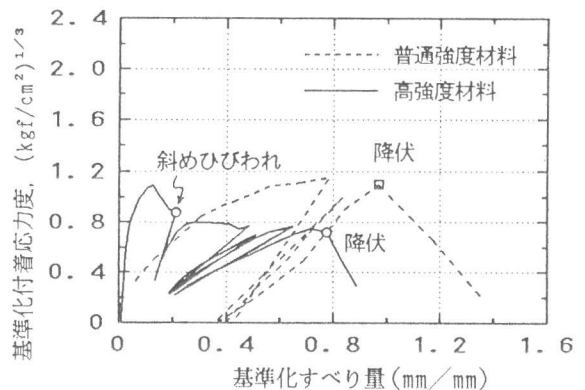


図8 基準化付着応力度-基準化すべり量関係