

# はり主鉄筋の定着仕様が柱はり接合部の構造性能に及ぼす影響

清水建設 技術研究所 正会員 ○吉武謙二 小倉大季 土木技術本部 小川 晃

1.はじめに ラーメン高架橋では柱部材やはり部材の高耐力化により、柱梁接合部が相対的な弱点となる可能性があるが、現状の配筋を想定した実験は極めて少ない<sup>1)</sup>。また、接合部では柱とはりの主鉄筋が錯綜しており、配筋の施工性やコンクリートの充填性の向上が大きな課題となっている。本報では、はり主鉄筋の定着方法や曲げ内半径が接合部の構造性能に及ぼす影響を構造実験により明らかにした。

2.実験概要 試験体および結果一覧を表-1に、試験体形状および配筋を試験体No.1、3を例として図-1に示す。試験対象は横ばりと柱の接合部であり、縦ばりの拘束効果は考慮していない。試験体No.1は現行設計基準<sup>2)</sup>に基づく配筋を想定したもので、はり主鉄筋の曲げ内半径は $10\phi$  ( $\phi$ は鉄筋の呼び径)である。写真-1のように、配筋の施工性低下は曲げ内半径の大きさに起因しているため、試験体No.2では曲げ内半径を $3\phi$ とした。また、曲げ下げられたはりの主鉄筋は柱主鉄筋間に配置されるため、接合部内の鉄筋のあきが小さくなり、コンクリート充填性の低下を招く可能性がある。そのため、試験体No.3,4では、はり上側主鉄筋を曲げ下げることなく張出スラブに定着する場合を想定した。試験体No.4では施工性改善のためはりの下側主鉄筋に、試験体No.3,4では定着長低減のためはりの上側主鉄筋に機械式定着<sup>3)</sup>を用いた。はりおよび柱の主鉄筋はD10(SD390)、フープ筋はD6(SD345)、純かぶり厚は20mmとした。最大粗骨材寸法は13mmとした。試験体は柱の曲げ降伏モードで設計した。実験では実構造物の接合部の応力状態を再現するため、図-2のような3ヒンジラーメンのはり高さ中央を載荷した。載荷は柱の変形角(0.1,0.25,0.5,1,1.5,2,3%)を制御変位として正負交番繰り返しで実施した。繰返し回数は1.5,2%で3回、それ以外では1回とした。試験時のコンクリートの圧縮強度は23N/mm<sup>2</sup>、割裂引張強度は2.3N/mm<sup>2</sup>、弾性係数は27kN/mm<sup>2</sup>である。鉄筋の材料試験結果は表-2に示す。



写真-1 配筋状況

表-1 試験体および結果一覧

| 試験体名 | はり主鉄筋の定着仕様    |               | 最大荷重            |                 | 合計吸収エネルギー(J)    |
|------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|      | 上側            | 下側            | 正側(kN)          | 負側(kN)          |                 |
| No.1 | 曲げ内半径 10φ     | 曲げ内半径 10φ     | 48.9            | -76.9           | 5,980           |
| No.2 | 曲げ内半径 3φ      | 曲げ内半径 3φ      | 50.8<br>(1.04)* | -77.0<br>(1.00) | 5,674<br>(0.95) |
| No.3 | 直筋<br>(機械式定着) | 曲げ内半径 10φ     | 49.5<br>(1.01)  | -80.2<br>(1.04) | 6,679<br>(1.12) |
| No.4 | 直筋<br>(機械式定着) | 直筋<br>(機械式定着) | 54.4<br>(1.11)  | -75.7<br>(0.98) | 8,462<br>(1.42) |

\*) 括弧内は試験体No.1との比率

表-2 鉄筋引張試験結果

| 鉄筋種類 | 適用箇所  | 降伏点(N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|-------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| D10  | 柱主鉄筋  | 417                     | 179                       | 588                      |
| D10  | はり主鉄筋 | 429                     | 183                       | 633                      |
| D6   | フープ   | 348                     | 174                       | 558                      |

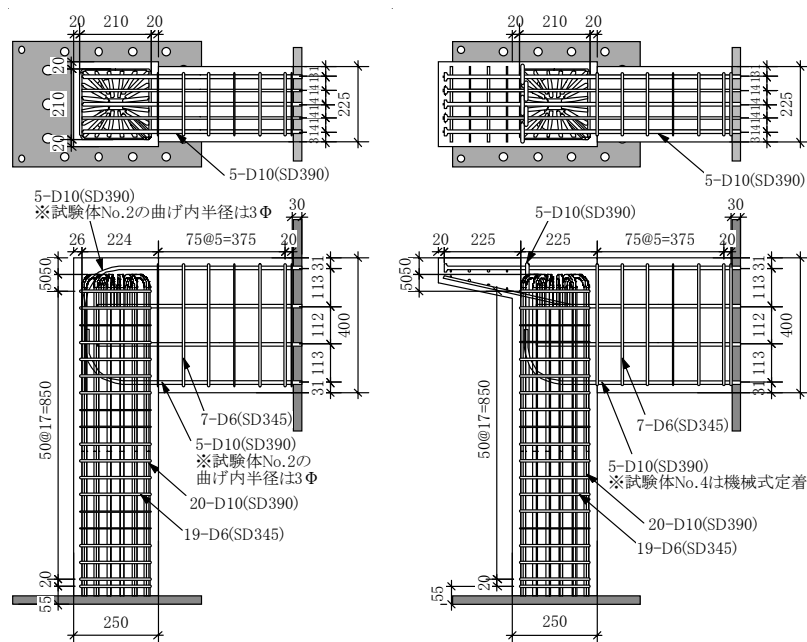


図-1 試験体の形状・寸法(左: No.1, 右: No.3)

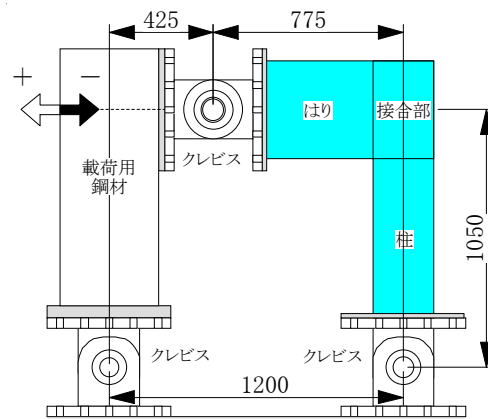
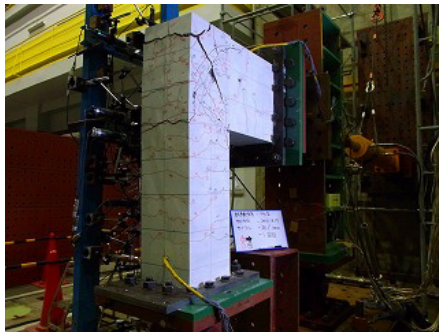


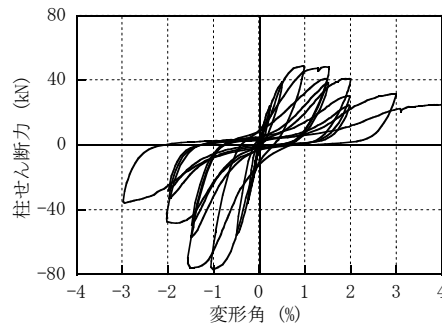
図-2 載荷装置

キーワード: 接合部, 曲げ内半径, 機械式定着, せん断破壊, 定着

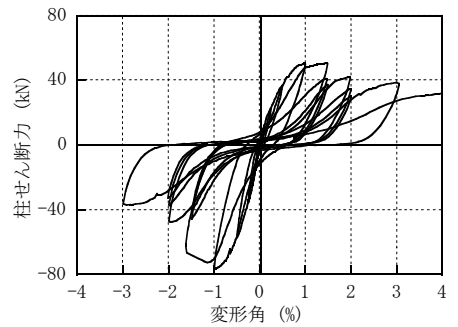
〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-6974 FAX 03-3820-5959



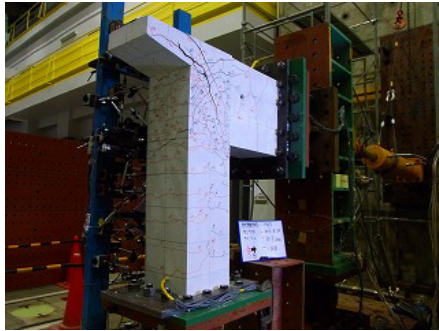
(a) 試験体 No.1



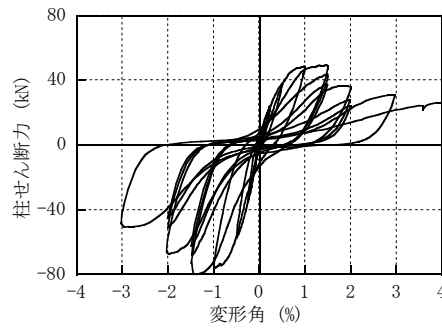
(a) 試験体 No.1



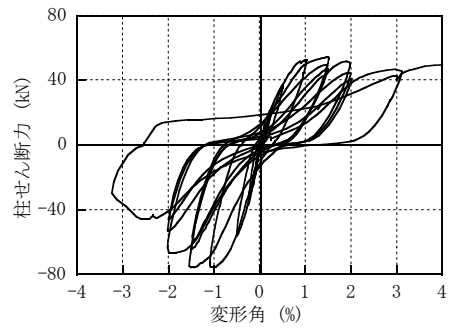
(b) 試験体 No.2



(b) 試験体 No.3



(c) 試験体 No.3



(d) 試験体 No.4

写真 - 2 試験体破壊状況

図 - 3 柱せん断力 - 変形角関係

3. 実験結果 20/1000の負側サイクル終了後の試験体No.1,3の破壊状況を写真-2に,各試験体の柱のせん断力と柱の変形角の関係を図-3に,その包絡線の比較を図-4に示す。各試験体ともに $\pm 0.1\%$ の1サイクル目で柱に,0.5%のサイクルまでにはり上下にクラックが発生し, $\pm 1\%$ のサイクルで柱の主鉄筋が降伏した。試験体No.1,2では1.5%の正側サイクルで接合部内にはりの上筋に沿ったひび割れが,負側で接合部対角線上にせん断ひび割れが拡大・進展し,繰返しとともに荷重が低下した。一方,試験体No.3,4ではせん断ひび割れの発生が遅く,はり上筋の定着性能も確保されていたことから負側の耐荷性能が高かった。はりの下側主鉄筋に機械式定着を用いた試験体No.4では試験体No.3と比較して正側の耐力が高かった。これは接合部のせん断ひび割れが生じた後も,曲げ上げて定着した主鉄筋よりも,機械式定着を用いた方が定着性能の損失が少ないためであると考えられる。

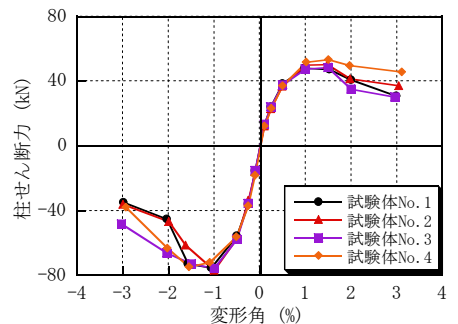


図 - 4 包絡線比較

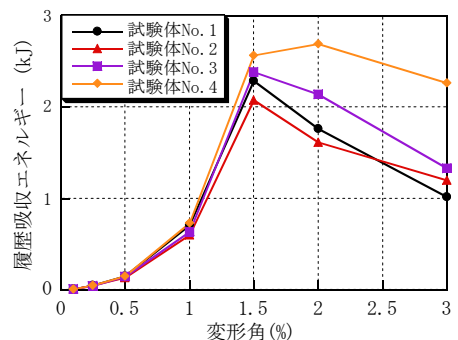


図 - 5 履歴吸収エネルギー

履歴吸収エネルギーと変形角の関係を図-5に,履歴吸収エネルギーの総和を表-1に示す。履歴吸収エネルギーは各変形角での柱せん断力-変位関係の面積であり,変形角が1.5,2%の場合は全てのサイクルの和とした。曲げ内半径を $3\phi$ とした試験体No.2は試験体No.1と比較して正側,負側ともに最大荷重,吸収エネルギーともにほぼ同程度であり,曲げ内半径による顕著な差異は見られなかった。一方,はりの上側主鉄筋を直線定着した場合は,負側の耐荷性能が高く試験体No.3は1割程度,下側主鉄筋に機械式定着を用いた場合は4割程度吸収エネルギーが増加した。

4. まとめ 実験データの極めて少ないラーメン高架橋の柱梁接合部の構造性能を明らかにするため,はり主鉄筋の定着方法や曲げ内半径に着目して実験を実施した。その結果, はりの曲げ内半径が $3\phi$ と $10\phi$ の場合では顕著な差異が見られないこと, はりの上側主鉄筋を直線定着した場合はせん断ひび割れの発生が遅く負側の耐荷性能が向上すること, はりの下側主鉄筋に機械式定着を用いた場合は正側の耐荷性能が向上すること,が明らかになった。

参考文献 1)渡辺忠朋ら:鉄道ラーメン式高架橋における柱・はり接合部が部材じん性に及ぼす影響に関する実験的研究,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.13, No.2, pp.525-530, 1991. 2)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造物,丸善,2004.4 3)吉武謙二ら:Tヘッド鉄筋工法の鉄道高架橋への適用に関する取組み,コンクリート工学,Vol.45, No.3, pp.23-29, 2007.3