

円形 RC 柱における帯鉄筋の拘束と損傷状況に関する研究

東日本旅客鉄道（株） 正会員 ○渡辺 一功
東日本旅客鉄道（株） 正会員 伊吹 真一
東日本旅客鉄道（株） フェロー 大庭 光南

1. はじめに

円形 RC 柱は円形帯鉄筋の優れた拘束効果により高い変形性能を発揮することが既往の研究により確認されている¹⁾。また、筆者らは、同等の耐力を有する円形 RC 柱と矩形 RC 柱を比較した場合、エネルギー吸収量は円形 RC 柱の方が大きく、特に、耐力比（せん断耐力／曲げ破壊時のせん断力）が 2.3 程度以上において、円形 RC 柱が優れた変形性能を有することを明らかにした²⁾。本稿では円形 RC 柱の損傷状況および変形挙動を確認する目的で行った静的正負交番載荷試験の結果として、帯鉄筋の拘束と損傷状況の関係について報告する。

2. 実験概要

図-1 に試験体形状および配筋例を、表-1 に試験体諸元および損傷状況を示す。試験体は、実物のラーメン高架橋柱の 1/2 スケールを想定したものであり、帯鉄筋比、帯鉄筋強度、軸方向鉄筋比およびせん断スパン比をパラメータとした。載荷は、軸力を 0.98N/mm^2 で一定にした静的正負交番載荷であり、最外縁鉄筋から 45° の位置にある軸方向鉄筋のどちらか一方が材料試験から求まる降伏ひずみに達した時点を降伏とし、その時点の変位を降伏変位 (δ_y) とした。軸方向鉄筋の降伏後は δ_y の整数倍の変位ごとに変位制御で交番載荷した。また、載荷は水平荷重が降伏荷重以下となる、または軸方向鉄筋が破断するまで行った。なお、試験体はいずれも曲げ破壊型となるように設計した。

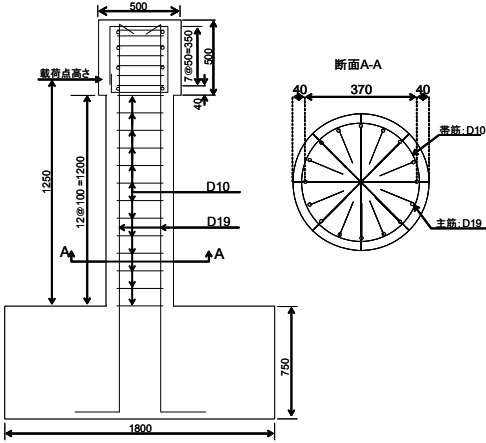


図-1 試験体形状および配筋例 (K1)

表-1 試験体諸元および損傷状況 ※「RB」は高強度鉄筋

試験体	断面寸法 D (mm)	せん断スパン a (mm)	軸方向鉄筋 (径)×(本数)	帯鉄筋配置	帯鉄筋比 p_w (%)	帯鉄筋規格強度 (N/mm^2)	$(p_w \cdot f_{wy}) / (s_s \cdot p_t)$ (N/mm^3)	損傷状況
K1	450	1250	D19×16	D10 ctc100	0.32	295	1.07	①
K2	450	1250	D19×16	D10 ctc45	0.70	295	5.18	①
K3	450	1250	D19×16	D13 ctc100	0.56	295	2.11	①
K4	450	1250	D19×16	RB7.1 ctc40	0.44	1275	14.00	①
K5	450	1250	D19×16	φ9 ctc10	2.83	235	75.32	③
K6	450	1250	D19×16	φ6 ctc10	1.26	235	35.29	②
K7	500	1350	D29×16	RB7.1 ctc14	1.14	1275	59.05	③
K8	500	620	D29×16	RB7.1 ctc10	1.60	1275	115.74	③

3. 損傷状況

交番載荷試験における損傷状況は概ね次のとおりであった。軸方向鉄筋が降伏するまでは、全ての試験体が同様の損傷状況であり、まず、柱下部に曲げひび割れが発生した後、柱上部に向かって曲げひび割れが増加した。その後、曲げひび割れ幅が拡大するとともに側面に斜めひび割れが発生して引張側の軸方向鉄筋が降伏した。軸方向鉄筋降伏後の損傷状況は以下の 3 種類に分類された。

- ① 軸方向鉄筋降伏後、かぶりコンクリートが剥落し、フーチング天端から 1D 区間内（ここに、D；柱径）に塑性ヒンジが形成された。その後、塑性ヒンジ部における軸方向鉄筋内部のコンクリートが粉砕されて帯鉄筋間から流出し、耐力が低下した。軸方向鉄筋は帯鉄筋間で座屈した。（写真-1、図-2）

キーワード 円形断面、帯鉄筋、損傷状況
連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 東日本旅客鉄道（株）構造技術センター TEL03-5334-1288

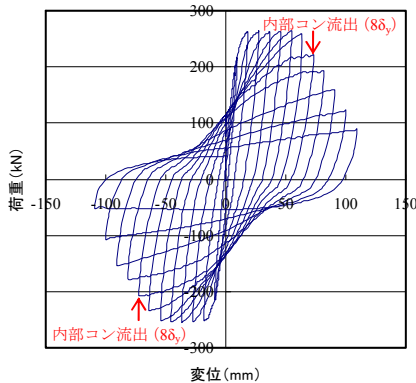
写真-1 損傷状況① (K1 (12δ_y))写真-2 損傷状況② (K6 (18δ_y))写真-3 損傷状況③ (K5 (20δ_y))

図-2 荷重変位曲線 (K1)

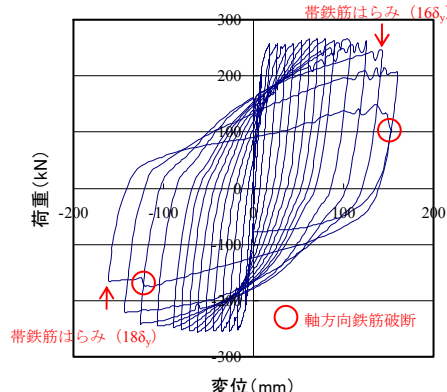


図-3 荷重変位曲線 (K6)

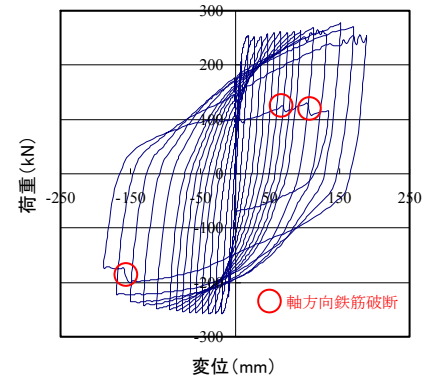


図-4 荷重変位曲線 (K5)

- ② 軸方向鉄筋降伏後、かぶりコンクリートが剥落し、フーチング天端から1D区間内に塑性ヒンジが形成された。その後、塑性ヒンジ部の帯鉄筋がはらみ出し、耐力が低下して降伏荷重を下回る前に軸方向鉄筋が1D区間内で破断した。また、軸方向鉄筋の座屈は、損傷状況①より大きかった。(写真-2、図-3)
- ③ 軸方向鉄筋降伏後、かぶりコンクリートが剥落し、交番载荷が進むにつれて、フーチング天端の損傷が進行した。その後、耐力が緩やかに低下して降伏荷重を下回る前に軸方向鉄筋がフーチング天端付近で破断した。また、軸方向鉄筋の座屈は、3種類の損傷状況の中で最も小さかった。(写真-3、図-4)

4. 帯鉄筋の拘束と損傷状況

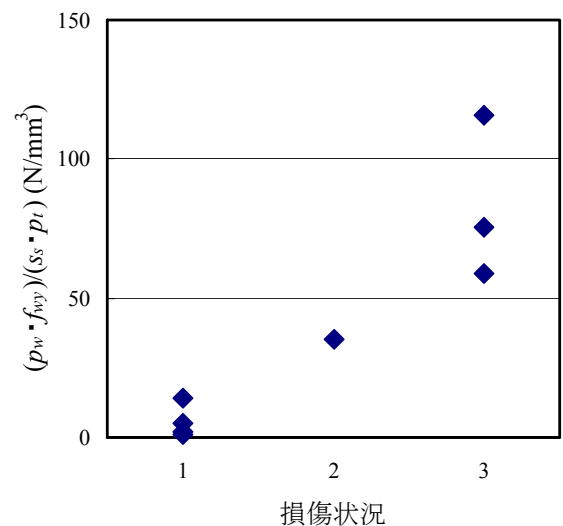
試験体の損傷状況は、帯鉄筋による軸方向鉄筋内部のコンクリートの拘束と軸方向鉄筋のはらみが影響していると考えられる。そこで、帯鉄筋による軸方向鉄筋内部のコンクリートの拘束は、帯鉄筋比 (p_w) と帯鉄筋強度 (f_{wy}) に比例し、帯鉄筋間隔 (s_s) に反比例すると考えて $p_w \cdot f_{wy} / s_s$ で表し、軸方向鉄筋のはらみ出しは引張鉄筋比 (p_t) に反比例すると考えた。図-5に $(p_w \cdot f_{wy}) / (s_s \cdot p_t)$ (以下、拘束力とする) と損傷状況の関係を示す。損傷状況は拘束力により分類できることが分かる。

5. まとめ

円形 RC 柱の交番载荷試験の結果、円形 RC 柱の損傷状況は拘束力により3種類に分類できることを明らかにした。今後は、損傷状況別に変形性能を評価できるよう更に検討を進める。

参考文献

- 1) 鈴木計夫, 中塚信, 中田浩之, 白沢吉衛: SD50材の円形スパイラル筋を用いた RC 円形柱のせん断耐力・変形性能, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.10, No.3, pp.601-606, 1988
- 2) 渡辺一功, 伊吹真一, 大庭光商: 円形断面を有する RC 柱の変形性能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.32, No.2, pp.781-786, 2010

図-5 $(p_w \cdot f_{wy}) / (s_s \cdot p_t)$ と損傷状況の関係