

鋼板を巻き立てたせん断スパン比の小さい鉄筋コンクリート柱の交番載荷試験

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○水野光一郎
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小林 將志
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 醍醐 宏治

1. 研究の目的

せん断力を受ける部材の支点から載荷点までの距離（せん断スパン a ）と有効高さ d の比であるせん断スパン比（ a/d ）が小さい鉄筋コンクリート（RC）部材は、 a/d が大きい部材と変形特性が異なるとされている^{1)~3)}。しかし、 a/d が小さい部材の地震時挙動を模擬した実験的な研究は少ない。本研究では実物大の試験体を用いて静的正負交番載荷試験を行い、その結果について示す。

2. 実験の概要

交番載荷試験では、耐震補強を実施していない RC 柱を模擬した試験体（P-4）と P-4 試験体に鋼板を巻き立てた試験体（R-1）を用いた。試験体の諸元を表-1に示す。R-1の試験体では補強鋼板と柱本体との隙間を設けなかった。なお、表-1の曲げせん断耐力比は、 a/d の効果および側鉄筋の影響を考慮¹⁾したせん断耐力 V_y を、部材の曲げ耐力 M_u に達する時点でのせん断力で除して算出した。

載荷方法は、水平方向に載荷した際の柱の軸方向鉄筋のひずみを計測し、軸方向鉄筋が初降伏した時点の載荷点位置の水平変位を降伏変位 δ_y として、 δ_y の整数倍で変位制御にて繰り返し漸増載荷をさせる方法とした。各サイクルでの繰り返し回数は 1 回とした。主な計測項目は、水平変位、軸方向鉄筋および帯鉄筋のひずみ、軸方向鉄筋の拔出し量であり、ひび割れ状況を観察した。

表-1 試験体の諸元

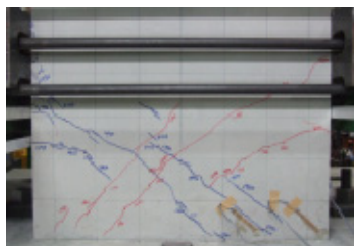
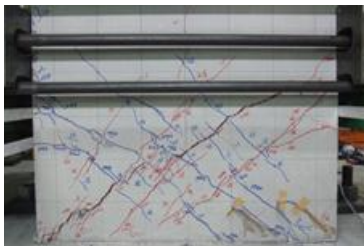
名称	せん断スパン a [mm]	せん断スパン比 a/d	引張鉄筋 (最外縁)	側方鉄筋 (片側)	帯鉄筋等 (鋼材種別・間隔[mm]・組数)	コンクリート圧縮強度		曲げせん断耐力比 $V_y \times a / M_u$
						柱 [N/mm ²]	フーチング [N/mm ²]	
P-4	465	0.75	SD345 D22-7 本	SD345 D22-5 本	SD345・D13ctc90×1 組	23.9	32.0	0.93
R-1	465	0.75			SD345・D13ctc90×1 組 補強鋼板 SS400・ $t=5.8$ mm	30.4	30.8	1.56

3. 実験の結果

両試験体の損傷の進み方について以下に記す。なお、本稿では、RC 部材の変形特性を把握する点として、部材の軸方向鉄筋が引張降伏ひずみに達する時点である Y 点（曲げ降伏点）や、部材が最大の水平抵抗荷重に到達した後に、部材の水平変位が降伏荷重を維持する最大の変位に達する時点である N 点（終局点）に着目した³⁾。

(1) RC 柱の試験体（P-4）

P-4 試験体の Y 点および N 点の状況を図-1 および図-2 に示す。水平方向の載荷により、まず、柱基部とフーチング上面の境界部に水平ひび割れが生じた。そして、載荷点から圧縮側の柱基部の対角ラインに沿う斜

図-1 Y点での状況
(P-4)図-2 N点での状況
(P-4)図-3 N点での状況
(R-1)図-4 載荷終了後の鋼板内の
く体の損傷状況(R-1)

キーワード 耐震補強, せん断スパン比, 静的正負交番載荷試験, 変形性能

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 03-5334-1288

めひび割れが生じた。その後、荷重の増加とともに、載荷点下側に新たに水平および斜めひび割れを生じ、さらに荷重が大きくなると、斜めひび割れが伸展し、柱基部の軸方向鉄筋が降伏した。水平変位が大きくなると、対角ライン付近の斜めひび割れの本数が徐々に増加するとともに、ひび割れの幅が拡大した。また、柱基部付近で、コンクリート表面が剥離するような微細ひび割れが発生し、斜めひび割れの幅が拡大している範囲で帯鉄筋が降伏した。載荷中、対角ラインに沿う斜めひび割れが大きく伸展し、幅も広がったが、部材全体がずれるような挙動とはならなかった。斜めひび割れに沿って部材の損傷が進み、徐々に荷重が低下した。

(2) 鋼板を巻き立てた補強試験体 (R-1)

R-1 試験体の N 点での状況を図-3 に、載荷終了後の鋼板内のく体の損傷状況を図-4 に示す。水平方向の載荷により、まず、柱基部とフーチング上面の境界部に水平ひび割れが生じた。水平荷重の増加とともに、柱基部の軸方向鉄筋が降伏した。その後、水平変位が大きくなると、柱基部でく体のコンクリート表面に微細ひび割れが生じ、圧壊が徐々に進んだ。また、柱く体の帯鉄筋が降伏した。そして、交番載荷により、補強鋼板が柱基部から徐々に変形し、下部が膨らむ形状となった。載荷終了後、補強鋼板を切断して、柱く体の損傷状況を確認したところ、損傷は基部に集中し、回転中心を形成していた。

(3) 荷重と変位の関係

両試験体の作用モーメントと回転角の関係を図-5 に示す。これより、両試験体ともに、軸方向鉄筋が降伏し、最大の水平抵抗荷重に達した後に、部材の水平変位が降伏荷重を維持する最大の変位に達し、徐々に荷重が低下することがわかる。鋼板を巻き立てた R-1 では、回転角が $1/20$ 以上の領域で、水平荷重が見かけ上増加しているが、これは速度効果によるものと思われる。また、回転角が $1/10$ 以上の変位量が大きい領域においても水平荷重は一定の値を保ち、大幅に低下しないことがわかる。

さらに、両試験体の回転角と鉛直変位の関係を図-6 に示す。なお、鉛直変位は、部材長との比率として表し、負側が部材が短縮する方向である。これより、両試験体ともに、回転角が大きい領域や載荷試験が終了した時点においても軸方向圧縮力を保持し、部材の軸方向の変位量が 1.5% 程度以下と小さいことがわかる。

4. まとめ

本稿では、 $a/d=0.75$ の RC 柱とそれに鋼板を巻き立てた柱を用いた試験により、以下の結果を得た。

- ・鋼板を巻き立てた補強試験体の損傷は基部に集中し、回転中心を形成していた。すなわち、RC 柱に補強鋼板を巻き立てることで、部材全長にわたって発生した RC 柱の損傷が基部のみの損傷へと変わった。
- ・鋼板を巻き立てた補強試験体は、大変形領域においても一定の水平力を分担し続けた。
- ・両試験体ともに、部材の軸方向の変位量は小さく、載荷終了時点においても軸方向圧縮力を保持した。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），丸善，1992 年 10 月
- 2) 鉄道総合技術研究所編：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 年 4 月
- 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），丸善，1999 年 8 月

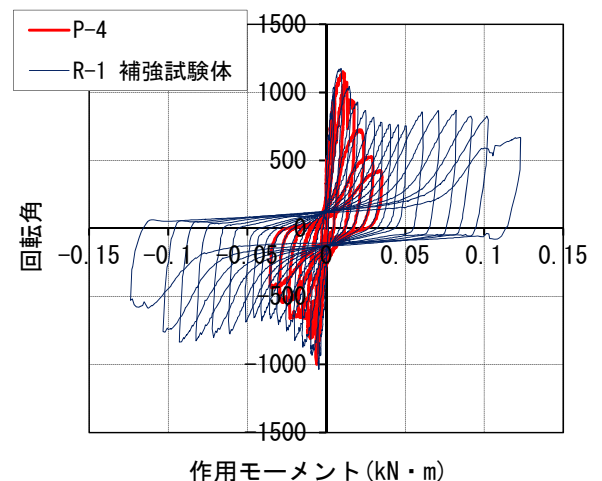


図-5 作用モーメントと回転角の関係

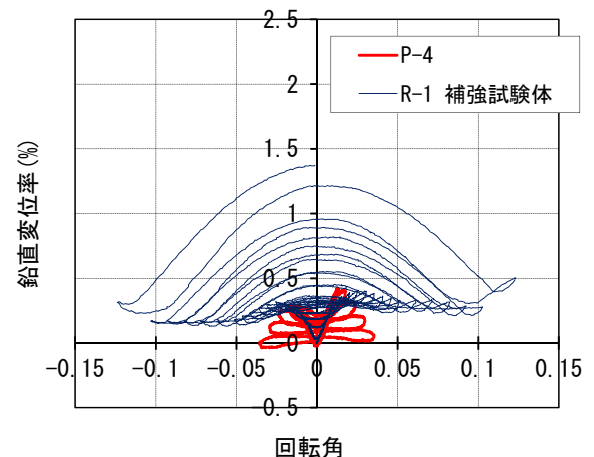


図-6 回転角と鉛直変位の関係