

## せん断スパン比が小さいRC柱の正負交番载荷試験

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○醍醐 宏治 東日本旅客鉄道(株) 正会員 水野 光一郎  
 東日本旅客鉄道(株) フェロー 小林 将志 東日本旅客鉄道(株) 正会員 大郷 貴之

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート柱部材の変形性能については、これまで多くの研究が行われているが、せん断スパン比(以下、 $a/d$ という)が1.5未満の小さい部材を対象とした事例は少なく、特に変形性能の指標としてじん性率により評価を行った事例は極めて少ない。そこで本研究では、 $a/d$ が小さい柱部材の正負交番载荷試験を実施し、じん性率により変形性能の検討を行ったので報告する。

### 2. 実験概要

実験に用いた試験体の断面を図-1に、諸元を表-1に示す。試験体は、鉄道RCラーメン高架橋の柱部材を実物大に近い大きさでモデル化し、载荷位置を変化させることで $a/d$ をパラメータとした。それぞれの試験体に使用した材料の強度を表-1に併せて示す。なお、曲げせん断耐力比 $V_y/V_{mu}$ の算出におけるせん断耐力 $V_y$ は、 $a/d$ の効果を考慮したコンクリートのせん断耐力式<sup>1)</sup>を用いて算出した。载荷は、一定の軸力 $0.98\text{N/mm}^2$ を作用させた状態で実施した。試験は、最外縁の軸方向鉄筋のひずみが、材料の試験結果から定まる降伏ひずみに達したときの正側、負側それぞれの载荷点変位の平均値を降伏変位とし、 $2\delta_y$ 以降は降伏変位の整数倍となる変位を変位制御にて与え、正負交番载荷試験を行った。

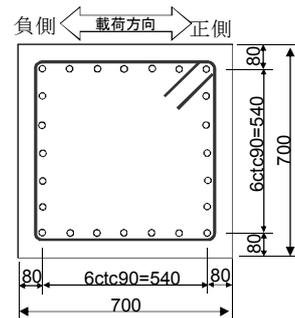


図-1 試験体の断面図

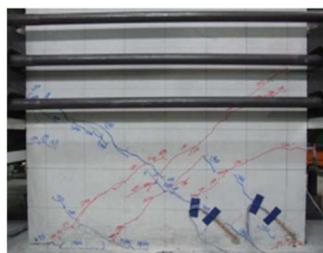
表-1 試験体の諸元

試験体名称	断面寸法 [mm]	有効高さ d [mm]	せん断スパン a [mm]	a/d	軸方向鉄筋			帯鉄筋			引張鉄筋比 $p_t$ [%]	帯鉄筋比 $p_w$ [%]	コンクリート圧縮強度		曲げせん断耐力比 $V_y \times a / M_u$
					径・本数 [mm]	降伏強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	弾性係数 [kN/mm <sup>2</sup> ]	径・間隔 [mm]	降伏強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	弾性係数 [kN/mm <sup>2</sup> ]			柱 [N/mm <sup>2</sup> ]	フーチング [N/mm <sup>2</sup> ]	
C-3	700×700	620	465	0.75	D22 @24	378	194	D19 ctc90	389	186	0.55	0.91	25.1	30.8	1.19
C-1			620	1.00									28.1	30.8	1.49
C-2			930	1.50									31.4	31.5	1.75

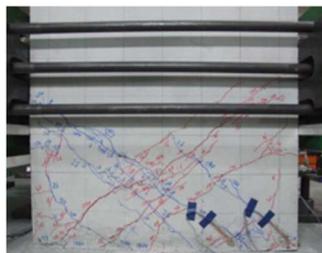
### 3. 実験結果

#### (1) 損傷状況

図-2～図-4に各試験体の降伏時(Y点)と降伏荷重を維持する最大変位時(N点)における損傷状況を示す。いずれの試験体も、 $1\delta_y$ で曲げひび割れおよび载荷点と圧縮側基部とを結ぶ斜めひび割れが発生した。 $a/d$ が大きい試験体ほど、曲げひび割れの本数が多く、ひび割れが分散して発生する傾向であった。その後、 $2\delta_y$ で斜めひび割れ幅が拡大した。また、 $a/d$ が小さい試験体ほど斜めひび割れ幅が大きかった。 $3\delta_y$ 以降は斜めひび割れ交差部を起点としてかぶりコンクリートの剥離、剥落を生じ、斜めひび割れに沿って損傷が進展し、徐々に荷重が低下した。 $a/d$ が小さいほど斜めひび割れに沿ってずれるような変形は、顕著になる傾向であった。いずれの試験体も、帯鉄筋は降伏しており、载荷後の軸方向鉄筋の顕著な変形は確認されなかった。

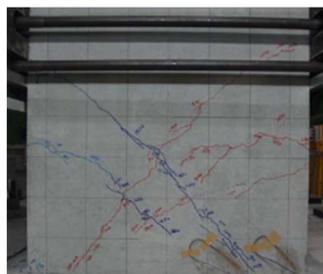


Y点での状況



N点での状況

図-2 C-3試験体の損傷状況



Y点での状況



N点での状況

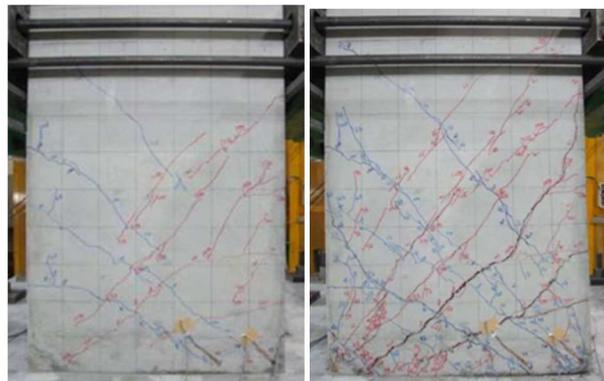
図-3 C-1試験体の損傷状況

キーワード せん断スパン比, RC柱, 正負交番载荷試験, 変形性能

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6 東日本旅客鉄道(株)構造技術センター TEL 03-6276-1251

(2) 荷重－変位関係

載荷点における水平荷重と水平変位の関係を図－5に示す。なお、縦軸を降伏荷重の計算値  $P_{ycal}$ 、横軸を降伏荷重の計算値に到達した時の載荷点変位の実験値  $\delta_{yexp}$  で除してそれぞれ単位化している。最大荷重はいずれも  $1\delta_y$  もしくは  $2\delta_y$  となっており、最大荷重以降の荷重勾配は、C-3 試験体と C-1 試験体は同程度であった。C-2 試験体は、他の試験体よりも緩やかに荷重が低下する傾向を示した。



Y点での状況 N点での状況  
図－4 C-2 試験体の損傷状況

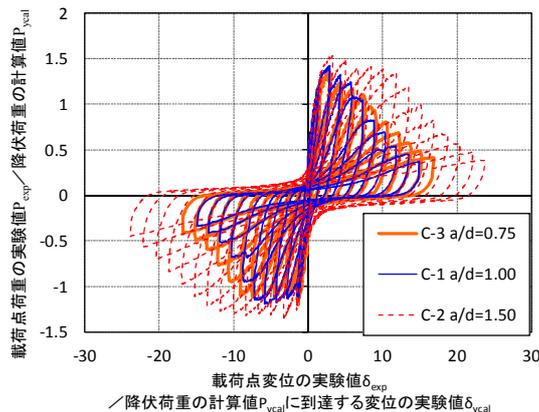
4. せん断スパン比が小さいRC柱の変形性能評価

RC 部材の変形性能に関する主な評価指標としてじん性率や回転角などがある。本稿では、じん性率により  $a/d$  が小さい RC 柱部材の変形性能について検討を行う。

各試験体のじん性率  $\mu$  を表－2に示す。じん性率  $\mu$  は、降伏荷重の計算値を維持する最大の載荷点変位  $\delta_{ucexp}$  を  $\delta_{yexp}$  で除すことにより算出し、正側載荷と負側載荷の平均値である。

各試験体のじん性率  $\mu$  と曲げせん断耐力比の関係を図－6に示す。また、 $a/d$  が 1.5 未満および 1.5 以上の柱の既往の正負交番載荷試験結果<sup>2),3),4),5)</sup>を併せて示す。

図－6より、 $a/d$  が小さい試験体においても  $a/d$  が大きい試験体と同様に曲げせん断耐力比に応じてじん性率が大きくなる傾向を示しており、曲げせん断耐力比が 1.0 でじん性率 3、曲げせん断耐力比 2.0 でじん性率 10 程度であった。また、 $a/d$  が大きい部材の損傷は、軸方向鉄筋が大きく曲げ変形することが特徴であり、今回実験を行った  $a/d$  が小さい部材とは変形特性が異なるが、図－6に示すじん性率  $\mu$  と曲げせん断耐力比との関係においては、せん断スパン比の大小に関わらず一定の相関関係が見られる結果であった。



図－5 載荷点荷重－変位関係

表－2 じん性率の再評価結果

試験体名称	じん性率 $\mu$
C-3	9.33
C-1	8.00
C-2	15.9

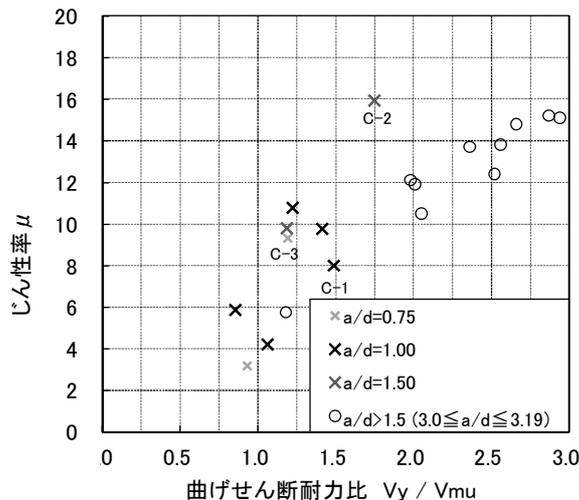
5. まとめ

本稿では、 $0.75 \leq a/d \leq 1.5$  の RC 柱の載荷試験および既往の試験結果より、以下の知見を得た。

- ・  $a/d$  が小さい部材は、 $a/d$  が大きい部材と同様に曲げせん断耐力比に応じて変形性能を有している。
- ・ 本稿および既往の実験の範囲内では、じん性率と曲げせん断耐力比においてせん断スパン比の大小に関わらず一定の相関関係が見られた。

参考文献

- 1) 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) 水野光一郎, 小林將志: せん断スパン比の小さい鉄筋コンクリート部材の変形性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次報告集, vol.35, No.2, pp.781-786, 2013 年 7 月
- 3) 小林將志, 高木謙次: せん断スパン比 1.0 程度の壁式橋脚の変形性能に対する実験的研究, 土木学会第 53 回年次学術講演会, V-536, pp.1072-1073, 1998 年 10 月
- 4) 石橋忠良, 津吉毅, 小林薫, 小林將志: 大変形正負交番載荷を受ける RC 柱の損傷状況及び補修効果に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.648, V-47, pp.55-69, 2000 年 5 月
- 5) 伊東典紀, 醍醐宏治, 小林將志, 大郷貴之: 曲げ破壊先行型の既設 RC 柱に用いる場合の一面耐震補強工法の設計, 東日本旅客鉄道株式会社技術報 (SED), No.44, 2014 年 11 月



図－6 じん性率と曲げせん断耐力比の関係