

軸方向鉄筋の配置が RC 部材の変形性能に及ぼす影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 ○正会員 中田 裕喜, 田所 敏弥, 谷村 幸裕, 松本 光矢

1. はじめに

小断面の部材などに対し、ラーメン高架橋柱の荷重試験¹⁾に基づく現行の配筋法を適用すると、隅角部のように鉄筋が輻輳する部位では配筋が困難になる場合がある。既往の研究²⁾では、配筋の細目に応じた変形性能を明らかにすることを目的として、帯鉄筋の径と間隔に着目した荷重試験が実施されている。ここでは、軸方向鉄筋の径とあき(本数)に着目した小断面 RC 部材の荷重試験を実施し、軸方向鉄筋の配置条件が変形性能、特に耐力低下点に及ぼす影響について検討した。

2. 試験概要

表-1, 図-1 に試験体の諸元を示す。小断面ボックスカルバートの側壁の諸元を参考にし、軸方向鉄筋比を一定(約0.6%)として、その径およびあき(本数)をパラメータとした試験体を設定した。帯鉄筋比はいずれも0.57%とし、帯鉄筋間隔は既往の実験結果²⁾を考慮し、有意な差が生じることが予想される $d/2$ (d : 有効高さ)としている。断面形状は $400 \times 400 \text{mm}$ とした。せん断スパンは十分に曲げ破壊がせん断破壊に先行するように、 1500mm (せん断スパン比 4.29) とした。これらの試験体に対し、 $1, 2, 3, \dots, n\delta_y$ (δ_y : 降伏変位で、 8.6mm に統一した) ごとに各3回繰返しの正負交番荷重試験を行った。

3. 試験結果

図-2 に No.1, 4 の軸方向鉄筋の座屈が顕著になった時の試験体基部の損傷状況を示す。損傷過程はいずれも曲げひび割れの発生後、圧縮側基部の圧壊、軸方向鉄筋の座屈、かぶりコンクリートのはく落であった。軸方向鉄筋の座屈は、いずれも試験体基部における帯鉄筋の間で生じた。

図-3 に水平荷重-水平変位関係を示す。図中には同一変位での繰返し荷重により、水平荷重が大きく低下した点と、鉄道構造物等設計標準(耐震設計)による骨格曲線の計算値^{2), 3)}を示した。計算値は帯鉄筋の間隔が $d/4$ 以下が前提となっている計算値である。また、表-2 には計算値の M 点(繰返しにより大きな荷重低下が生じない最

表-1 試験体諸元

No	f'_c (N/mm^2)	軸方向鉄筋				帯鉄筋				軸力 (kN) (応力)
		径-あき(mm) -本数	f_{sy} (N/mm^2)	E_s (kN/mm^2)	p_t (%)	径-間隔	f_{wy} (N/mm^2)	E_w (N/mm^2)	p_w (%)	
1	33.4	D13-50-14	370	198	0.63	D16-175mm (間隔 $d/2$)	356	189	0.57	430 ($3.0 \text{N}/\text{mm}^2$)
2	30.5	D16-100-8	382	194	0.57					
3	27.9	D19-150-6	377	198	0.61					
4	33.4	D22-300-4	379	192	0.55					

f'_c : コンクリートの圧縮強度, f_{sy} : 軸方向鉄筋の降伏強度, E_s : 軸方向鉄筋のヤング率, p_t : 引張鉄筋比
 f_{wy} : 帯鉄筋の降伏強度, E_w : 帯鉄筋のヤング率, p_w : 帯鉄筋比, d : 断面有効高さ

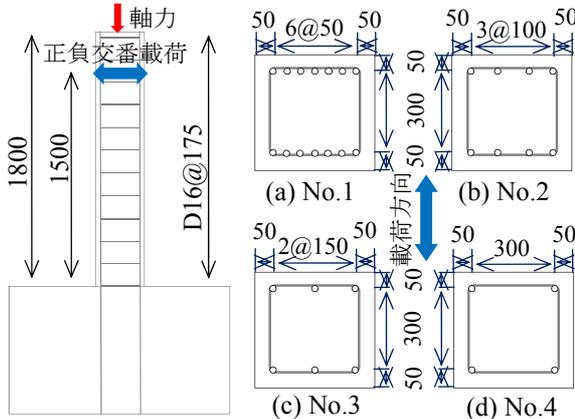


図-1 試験体図 (単位: mm)

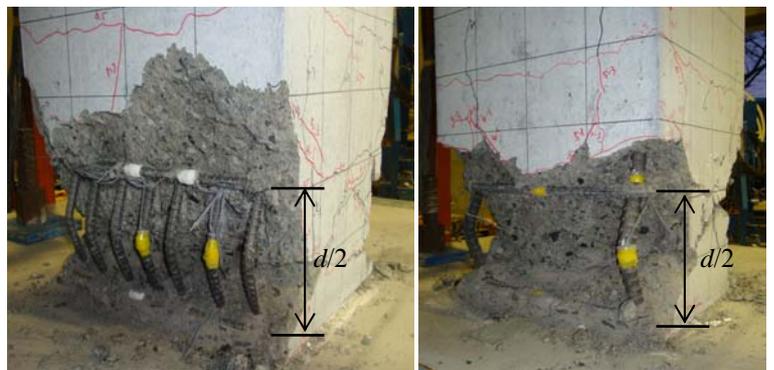


図-2 試験体基部の座屈状況 (+9 δ_y , 1ループ目)

keyword: 小断面, 変形性能, 軸方向鉄筋, 座屈, 施工性

連絡先: 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

大変位) と、試験結果を比較したものを示す。ただし、M 点の定義上、試験結果の変位は繰返しによる荷重低下点から $1\delta_y$ 差し引いたものとした。

水平荷重の低下が生じる変位 (正側) は、No.1~3 は $6\delta_y$ 、No.4 は $7\delta_y$ であり、軸方向鉄筋が太径である No.4 が最も変形性能を有していることがわかった。また、計算値と比較すると、No.1~3 の M 点相当変位は計算値よりも小さくなり、今回の配筋状況の部材に対しては、現行の計算式では評価できないと考えられる。

図-4 に No.2 における水平荷重と軸方向鉄筋の座屈頂点付近で計測した曲率との関係を示す。軸方向鉄筋の曲率は、座屈頂点付近の正負荷荷面側で両面計測したひずみから算定し、外側にはらみだす方向を正とした。繰返し回数の増加にしたがって、軸方向鉄筋の座屈により曲率が生じ、曲率が增大または反転する。表-2 に各試験体の曲率が增大・反転する点、即ち座屈開始したサイクルと繰返しによる水平荷重低下時の変位を比較したものを示す。表より、いずれも概ね両者が一致している。これは、軸方向鉄筋の座屈により水平荷重が低下することを意味している。

軸方向鉄筋の座屈開始は細長比と境界条件に依存すると考えられる。帯鉄筋間隔が小さい場合には、帯鉄筋の複数区間に渡って軸方向鉄筋の座屈が生じると考えられるが²⁾、今回の試験では全て 1 区間であり、座屈長は同一である。座屈における境界条件を同一とし、かぶりコンクリートの影響が小さいとすれば、荷重低下点は細長比の大きい No.1 が小さく、細長比の小さい No.4 が大きくなると考えられ、その傾向が見られた。

ただし、帯鉄筋の径と間隔に着目した文献 2) の試験 (軸方向鉄筋比、帯鉄筋比、断面寸法等は今回と同一) では、帯鉄筋間隔を $0.72d$ とした試験体は $0.19d$ とした試験体よりも、荷重低下点は $3\delta_y$ 程度小さく、軸方向鉄筋の配置が変形性能に及ぼす影響は、帯鉄筋に比して小さい結果となった。

配筋状況に応じた変形性能を精度よく評価するためには、今後、帯鉄筋位置と座屈長の関係などについて検討する必要がある。

5. まとめ

軸方向鉄筋比と帯鉄筋比を一定のもと、軸方向鉄筋の径とあき (本数) をパラメータにした正負交番載荷試験を実施した。その結果、今回の試験では、径が大きくなるほど変形性能を有する傾向がみられた。ただし、帯鉄筋間隔が変形性能に及ぼす影響に比べて小さいことがわかった。

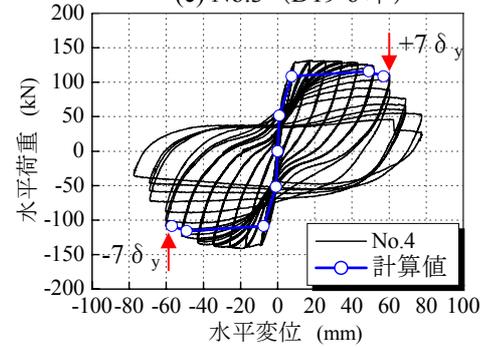
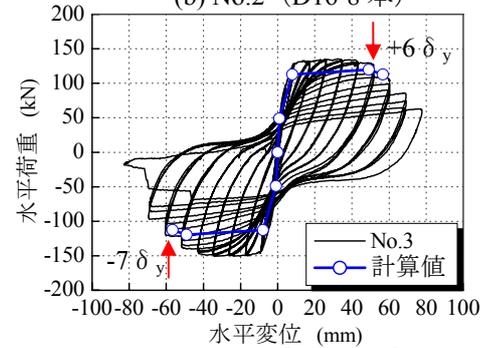
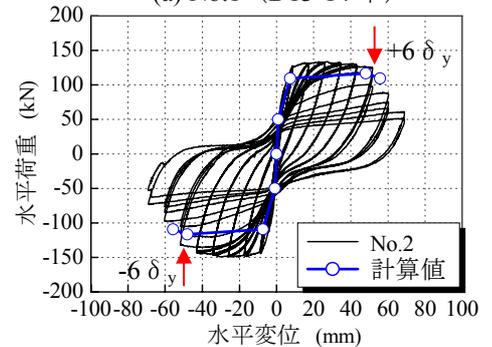
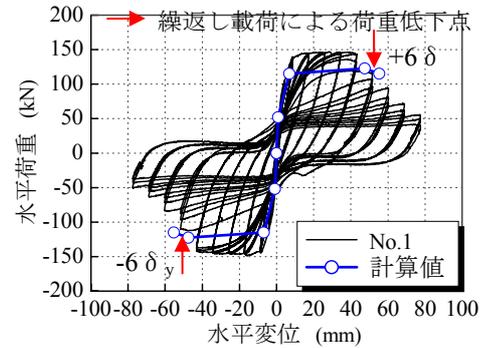
表-2 耐力低下点の変位に関する比較 (正側)

No.	計算値 M 点変位	耐力低下した変位 $-1\delta_y$ の変位	座屈開始したサイクル	耐力低下した変位
1	47.5mm	$5\delta_y$ (43.0mm)	+ $5\delta_y$, 3 サイクル目	$6\delta_y$
2	48.1mm	$5\delta_y$ (43.0mm)	+ $6\delta_y$, 2 サイクル目	$6\delta_y$
3	49.1mm	$5\delta_y$ (43.0mm)	+ $6\delta_y$, 2 サイクル目	$6\delta_y$
4	49.1mm	$6\delta_y$ (51.6mm)	+ $6\delta_y$, 2 サイクル目	$7\delta_y$

*No.4 のみ、帯鉄筋隅角部に有する軸方向鉄筋の曲率から判定した。その他は中心部付近に有する軸方向鉄筋の曲率より判定している。 $\delta_y=8.6\text{mm}$ 。

参考文献

1) 渡邊忠朋, 谷村幸裕, 瀧口将志, 佐藤勉: 鉄筋コンクリート部材の損傷状況を考慮した変形性能算定手法, 土木学会論文集, No.683/V-52, pp31~45, 2001, 2) 徳永光宏, 田所敏弥, 谷村幸裕, 中田裕喜: RC 部材の変形性能に帯鉄筋配置が及ぼす影響, 土木学会第 65 回年次講演大会, V-637, pp1272~1274, 2010, 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計), 丸善, 1999。



*括弧内は軸方向鉄筋の径と本数
図-3 水平荷重-水平変位関係

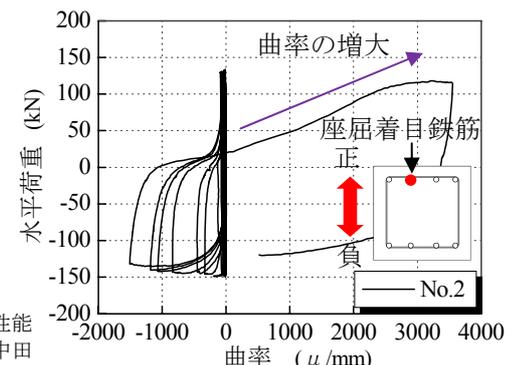


図-4 水平荷重-曲率関係 (No.2)