

小断面 RC 部材の変形性能に帯鉄筋配置が及ぼす影響

九州旅客鉄道(株) ○正会員 徳永 光宏 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 田所 敏弥
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 谷村 幸裕 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 中田 裕喜

1. はじめに

小規模な線路下横断ボックスカルバートの施工時には、空間的な制約も多いため、隅角部のように鉄筋が輻輳する部位では配筋等の課題が多い。また、設計時にはスパン長が短いことから発生断面力が小さくなり、計算上必要な部材高が小さくなるが、比較的大きな断面を想定した現行の配筋法を適用すると帯鉄筋等の配筋が困難になる場合がある。部材高さをある程度高くすることで鉄筋間隔を確保することになるが、設計上は極めて余裕のある部材となっている。RC 部材の変形性能を精度よく評価するためには、軸方向鉄筋量や帯鉄筋量の影響だけでなく、軸方向鉄筋や帯鉄筋の径、間隔等の配筋詳細による影響を検討する必要があると考えられる。そこで小断面部材の配筋を模擬した RC 部材の載荷試験を実施し、小断面部材特有の配筋条件が構造特性に及ぼす影響について検討した。

2. 試験概要

試験体は、小断面の RC 部材を模擬した試験体である。断面形状は何れの試験体も $400 \times 400 \text{ mm}$ の正方形断面、せん断スパンが 1500 mm ($a/d=4.29$) である。試験体の形状を図-1 に、諸元を表-1 に示す。帯鉄筋比を一定として帯鉄筋の間隔をパラメータとし、正負交番載荷試験を行った。なお、軸力は実際の構造物における地震時の軸応力を想定して 3.0 N/mm^2 ($=430 \text{ kN}$) とした。

3. 試験結果

(1) 荷重-変位関係

図-2 に各試験体の荷重-変位関係の履歴曲線と鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）（以下、RC 標準）¹⁾ に基づく計算値 (cal-1) との比較を示す。なお、RC 標準に示される変形性能算定式では、軸方向鉄筋量の影響は塑性ヒンジ部の回転角 θ_{pm} を算定する式(1)により考慮

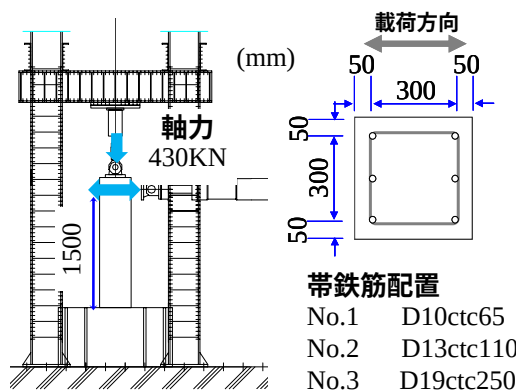


図-1 試験体図

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	f_{sy} (N/mm^2)	p_t (%)	径-間隔	f_{wy} (N/mm^2)	p_w (%)	s/d	
1	33.2	D19	385.8	0.61	D10ctc65	374.7	0.55	0.19	430 (3.0)
2	35.4				D13ctc110	377.9	0.58	0.32	
3	36.4				D19ctc250	385.8	0.57	0.72	

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, f_{wy} : 帯鉄筋の降伏強度

p_t : 引張鉄筋比, p_w : 帯鉄筋比, d : 断面有効高さ, s : 帯鉄筋の間隔

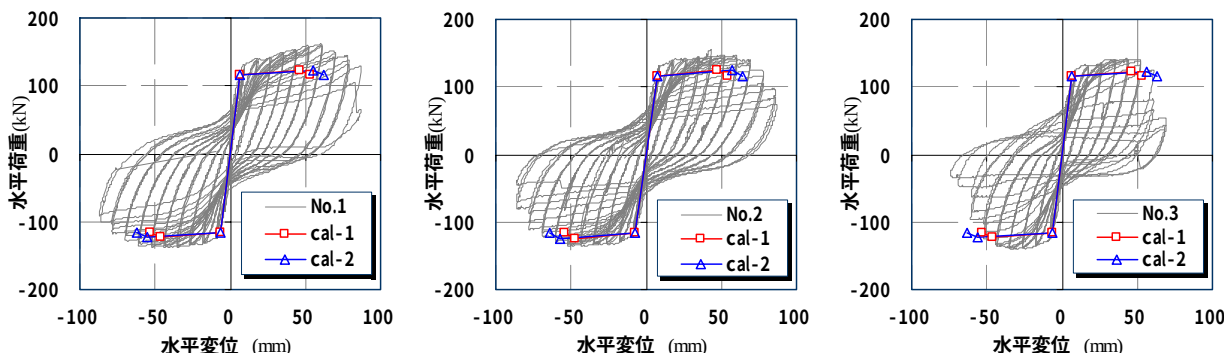


図-2 荷重-変位関係

される．なお、式(1)では軸方向鉄筋量の影響について下限値が設けられているが、本検討で対象とする構造物の軸方向鉄筋量は式による下限値以下となることから、下限値を考慮しない場合の試算を行った．試算による計算値を cal-2 として図-2 にあわせて示す．

$$\theta_{pm} = (0.021k_{w0} \cdot p_w + 0.013) / (0.79 k_{s0} \cdot p_t + 0.153) \quad (1)$$

ただし、 θ_{pm} : 塑性ヒンジ部の回転角

$$0.021k_{w0} \cdot p_w + 0.013 \leq 0.04$$

$$0.79p_t + 0.153 \geq 0.78$$

k_{s0} : 軸方向鉄筋の規格値による SD345 との強度比

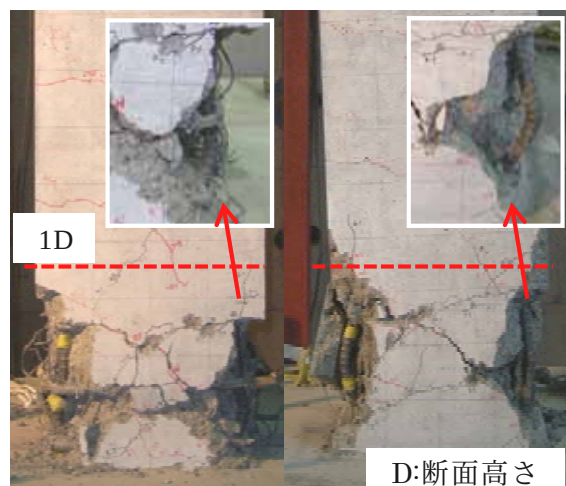


図-2 から、No.1, 2 試験体では変形性能についてほぼ同等であり、最大荷重および荷重低下時の変位とも cal-1, 2 による計算値は試験結果をよく評価できている．一方、No.3 試験体では cal-2 について計算値が試験値を過大評価する結果となっており、帯鉄筋の径および間隔を大きくすると、変形性能が低下する傾向であることが確認された．

No.2 (D13ctc110) No.3 (D19ctc250)
図-3 荷重低下時の損傷状況

(2) 損傷状態

図-3 に No.2, 3 試験体の荷重低下時における損傷状況を示す．荷重低下時における損傷は、すべての試験体において柱基部のかぶりがはく落し、軸方向鉄筋が座屈した状況であった．座屈の形状に関して、No.1, 2 試験体では図-3 に示すように帯鉄筋間隔 2 区間での座屈であった．一方、No.3 試験体では、帯鉄筋間隔 1 区間座屈であり、側壁基部に配置する帯鉄筋の間隔を大きくすることで、軸方向鉄筋の座屈長が長くなっていることが分かる．このことは、荷重一関係で、No.3 試験体の変形性能が他の試験体に比べ変形性能が低下した要因のひとつと考えられる．

(3) 軸方向鉄筋の局率

図-4 は柱基部における軸方向鉄筋の曲率－水平変位の履歴を示したものである．軸方向鉄筋の曲率は鉄筋 1 本の正負両側で計測したひずみの値から算定した．図-4 から、曲率が反転する現象がみられるが、これは、軸方向鉄筋の座屈の開始に起因するものと考えられる．他の試験体を含めてこの時点が座屈開始時点であると判断した．表-2 に耐力低下点と座屈開始時点の比較を示す．帯鉄筋の間隔を大きくすることで、軸方向鉄筋に座屈を生じる変位が小さくなり、その結果、変形性能が低下したと考えられる．

4. おわりに

帯鉄筋の径および間隔を大きくすると、小断面部材の変形性能が低下する傾向であることが確認された．また、帯鉄筋の間隔を大きくすることで、軸方向鉄筋の座屈長が長くなったことが、変形性能が低下した要因のひとつと考えられる．

参考文献 1) 財団法人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，2004.4

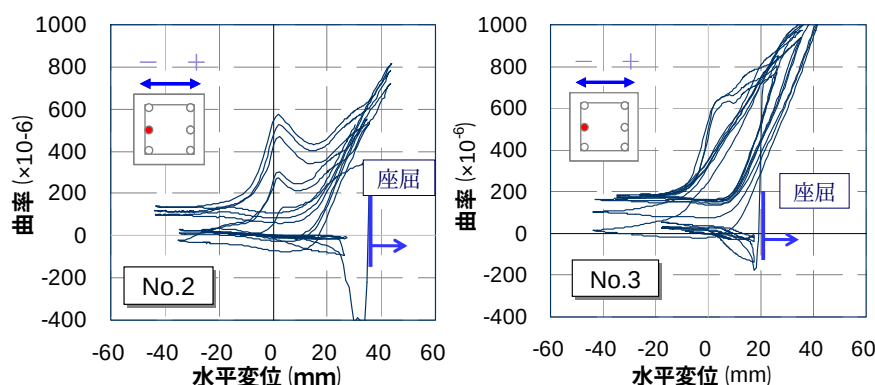


図-4 軸方向鉄筋曲率－水平変位関係

表-2 耐力低下点と座屈開始時点との比較

No.	座屈開始 サイクル	耐力低下 サイクル
1	-4 δ_y -3	8 δ_y -1
2	+4 δ_y -2	8 δ_y -1
3	+3 δ_y -2	5 δ_y -1