

配筋仕様の異なる RC 柱の変形性能に関する研究

清水建設 技術研究所 正会員 ○吉武謙二 正会員 小倉大季
土木技術本部 正会員 小川 晃 フェロー 出羽克之

1. はじめに RC 柱部材の耐震性能に関して、断面耐力とともに変形性能の重要性が認識されている。横方向鉄筋量やその定着体の変形性能に及ぼす影響に関する研究はなされている¹⁾が、配筋仕様が変形性能に及ぼす影響に関する研究は極めて少ない。本報では代表的な 2 種類の配筋仕様が RC 柱部材の変形性能に及ぼす影響を把握することを目的として、正負交番曲げ載荷実験を実施し考察を加えた。

2. 実験概要 試験体一覧を表 - 1 に、試験体形状および配筋を図 - 1、図 - 2 に示す。試験体 No.1 は帯鉄筋と端部が半円形フックの中間帯鉄筋を組合せたもの、試験体 No.2 は配力鉄筋と閉合型中間帯鉄筋を組合せたものである。試験体 No.1 は道路橋脚、試験体 No.2 は開削トンネルの側壁などに用いられている配筋である。中間帯鉄筋の半円形フック部分および帯鉄筋の 135 度フック部分の余長は、それぞれ道路橋示方書 耐震設計編²⁾に準じて 8 φ、10 φ (φ は鉄筋の呼び径) とした。半円形フックの曲げ内半径は 2.5 φ とした。試験体 No.2 の配力鉄筋については、定着板によって試験体側面で定着した。断面寸法は 1,000mm × 500mm、せん断スパン比は 3.7 とした。引張鉄筋比は 1.2%、せん断補強鉄筋比 0.34% とした。各試験体の有効高さ、横方向鉄筋量や材質は統一した。変形性能と密接な関係がある横方向鉄筋の効果¹⁾をより顕在化させるため、軸力は一般土木構造物における作用軸力より大きい 3.5N/mm² とし、横方向鉄筋を考慮しない場合は、せん断破壊先行となるよう設計した。試験体のせん断耐力 V_y は 1,056kN ($V_c=564$ kN, $V_s=492$ kN)、曲げ降伏荷重は 668kN である。

載荷は鉛直ジャッキにより軸力 3.5N/mm² を載荷しその軸力を一定に保ち、水平ジャッキにより水平力を橋軸方向に変位制御にて正負交番載荷した。制御変位は試験体 No.1 で軸方向鉄筋が降伏した時点の変位 13mm とし、同一制御変位における繰り返し回数は 3 回とした。コンクリートおよび鉄筋の材料試験結果を表 - 1、2 に示す。

3. 実験結果 実験終了時の試験体破壊状況を写真 - 1 に示す。水平荷重載荷点における水平荷重－水平変位関係およびその包絡線をそれぞれ図 - 2、図 - 3 に示す。水平荷重は軸

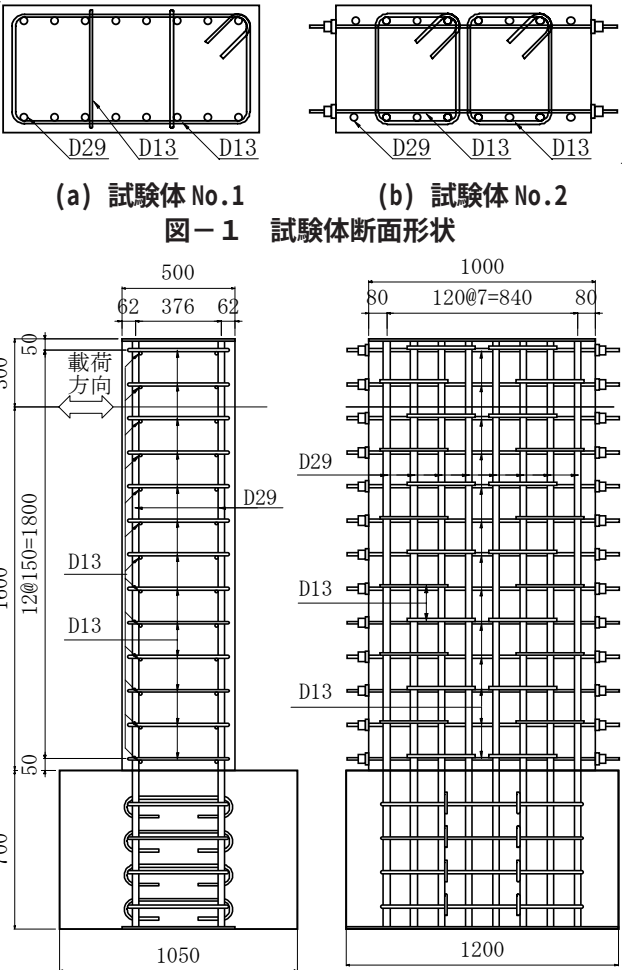


図 - 2 試験体の形状および寸法 (試験体 No.2)

表 - 1 試験体一覧およびコンクリート試験結果

試験体名	配筋仕様	コンクリートの材料試験結果		
		圧縮強度 (N/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
No. 1	帯鉄筋と 中間帯鉄筋	27.3	2.5	28.5
No. 2	配力鉄筋と閉合 型中間帯鉄筋	25.2	2.4	26.1

表 - 2 鉄筋引張試験結果

鉄筋種類	適用部位	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
D29 (SD345)	軸方向鉄筋	389	586	200
D13 (SD345)	中間帯鉄筋	366	574	179
D13 (SD345)	帯鉄筋 配力鉄筋	390	545	189



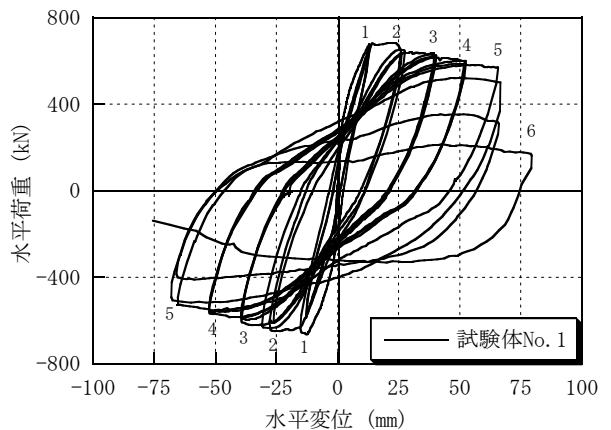
写真-1 試験体破壊状況 (左:試験体 No.1, 右:試験体 No.2)

力による付加曲げモーメントによる影響を補正した値である。文献2), 文献3)による計算値を図-3に併記した。文献2)における δu 点は32mm, 文献3)における δn 点は43mmである。試験体No.1, No.2ともに5 δy のサイクルで軸方向鉄筋が座屈し, 被りコンクリートが剥落した。試験体No.1では6 δy の負側1回目サイクルで, 試験体No.2では6 δy の負側2回目サイクルで, コアコンクリートの損傷が進み軸力が保持できなくなり载荷を終了した。包絡線を比較すると, 各基準の終局変位を大きく超えた5 δy までは試験体No.1と試験体No.2の耐荷性能はほぼ同等であるが, 6 δy のサイクルでは試験体No.2の耐荷性能が高くなった。

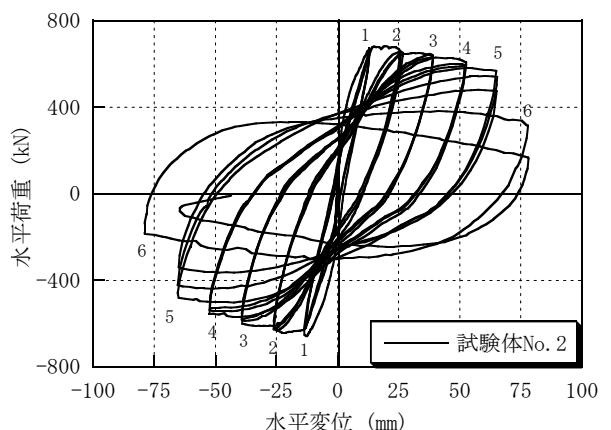
履歴吸収エネルギーの比較を図-4に示す。履歴吸収エネルギーは水平荷重-水平変位関係において各载荷サイクルの履歴曲線に囲まれた面積とした。各塑性率における全ての繰り返し载荷時の値をプロットした。試験体No.2と試験体No.1の履歴吸収エネルギーは各基準の終局変位を大きく超えた5 δy まではほぼ同等であるが, 試験体No.1で軸力が保持できなくなる直前の5 δy の3回目のサイクルからは試験体No.2の履歴吸収エネルギーが高くなった。試験体No.1では軸方向鉄筋が座屈し帯鉄筋が伸び出すことによりコアコンクリートの拘束効果が低下するが, 試験体No.2では閉合型中間帯鉄筋が伸び出した後においても, 配力鉄筋によりコアコンクリートが拘束されるためコアコンクリートの損傷が少なかったことがこの差異の要因であると考えられる。

4. まとめ 配筋仕様の相違がRC柱部材の変形性能に及ぼす影響を把握することを目的として, 正負交番曲げ载荷実験を実施した。今回の実験条件では, 帯鉄筋と中間帯鉄筋を組合せた試験体No.1と配力鉄筋と閉合型中間帯鉄筋を組合せた試験体No.2の耐荷性能は, 終局変位を大きく超えた5 δy まではほぼ同等であった。一方, 試験体No.1で軸力が保持できなくなる直前のサイクルからは試験体No.2の耐荷性能が高くなった。この差異の要因は配力鉄筋によるコアコンクリートの拘束効果であると考えられる。

参考文献 1)星隈順一, 川島一彦, 長屋和宏:鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に用いるコンクリートの応力-ひずみ関係, 土木学会論文集, No.520/V-28, pp.1-11, 1995.8, 2)日本道路協会:道路橋示方書(耐震設計編), 2002., 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, 1999.10



(a) 試験体 No.1 (帯鉄筋と中間帯鉄筋)



(b) 試験体 No.2 (配力筋と閉合型中間帯鉄筋)

図-2 水平荷重-水平変位関係

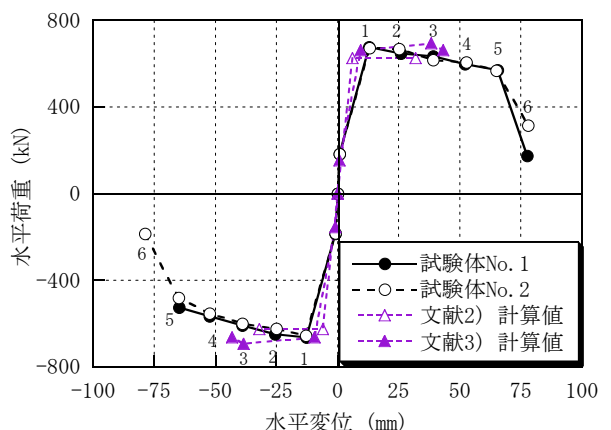


図-3 水平荷重-水平変位包絡線

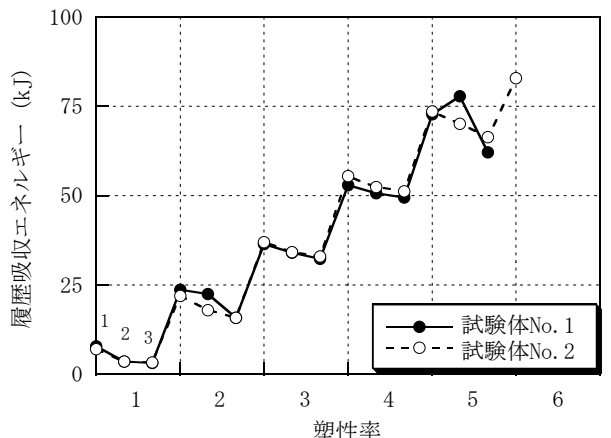


図-4 履歴吸収エネルギー