

SD490 を軸方向鉄筋に用いた RC 部材の変形性能について

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 ○石井 秀和
 (独) 鉄道・運輸機構 正会員 清水 健志
 (独) 鉄道・運輸機構 正会員 徳永 潔計

(財) 鉄道総研 正会員 谷村 幸裕
 (財) 鉄道総研 正会員 岡本 大
 (財) 鉄道総研 正会員 京野 光男

1. 目的

現在、鉄道構造物の RC 橋脚や高架橋の柱の軸方向鉄筋としては、主に SD390 が用いられている。一方、兵庫県南部地震以降、構造物にはより高い水準の耐震性が求められるようになった。そのため、これらの構造物を構築する上では、部材の耐力や変形性能を確保するため、必要な鉄筋量が増加し、配筋が過密化する傾向にある。鉄筋の過密化を緩和するための方法の一つとして、高強度の鉄筋を用いることにより、必要鉄筋量を減らす事が考えられる。現在 JIS 規格に定められている鉄筋のうち、最も強度の高い鉄筋は SD490 であるが、SD490 が軸方向鉄筋として実際の鉄道構造物に使用された実績はほとんどない。本研究では鉄道構造物における鉄筋の過密化の緩和を目的とし、SD490 を使用する上で RC 部材の耐力・変形性能が、現行の RC 標準に示される設計式により算定可能かを検討する。

表-1 試験体諸元

試験体	断面寸法 (mm)	せん断スパン (mm)	軸方向鉄筋 (引張り鉄筋比%)	帯鉄筋 (帯鉄筋比%)	コンクリート強度 呼び強度 (N/mm2)
基準	800×800	3000	32-SD345-D25 (0.78)	SD345-D13 ct c80 (0.79)	24
①			32-SD490-D25 (0.78)	SD390-D13 ct c80 (0.79)	
②			32-SD490-D29 (0.99)		40
③					

2. 試験体諸元および実験方法

SD490 を軸方向鉄筋に用いた柱部材の耐力・変形性能を静的正負交番試験により確認する。既往の SD345 を用いた研究との対比を考え、試験体はラーメン高架橋柱をモデル化したものとする。各試験体の諸元を表-1 に、試験体②の配筋を図-1 に示す。

試験体には所定の軸力 (2352KN) を載荷し、試験体の両側に設置した 2 基のジャッキにより水平力を載荷した (図-2)。載荷スケジュールは以下の通りである。

(1) 水平荷重が材料試験結果から計算した降伏荷重の 50% に達するまでを正負 1 サイクルずつ載荷する。(2) 柱基部の軸方向鉄筋ひずみをモニターしながら荷重制御で載荷し、軸方向鉄筋が降伏した時点の荷重を P_y 、降伏変位を δ_y とする。

(3) 軸方向鉄筋降伏以降は変位制御とし、 $\pm 1 \delta_y$ 、 $\pm 2 \delta_y$ 、 $\pm 3 \delta_y$ 、・・・と正負 3 回ずつの交番載荷を行う。(4) 載荷終了は、最大耐力に達してから負勾配領域に入り、1 サイクル目の復元力が最大耐力の 80%を下回った時点とする。

3. 試験結果

各試験体の最終損傷状況を表-2 に示す。基準試験体では載荷面の柱基部のかぶりコンクリートの剥落範囲は 0.5D 程度、試験体①は 1D 程度、試験体②では 1.5D 程度であった。試験体②は基準試験体、試験体①と比較して、より広い範囲で剥落が生じる結果となった。ただし、基準試験体が軸方向鉄筋の座屈範囲でかぶりコンクリートが剥落したのに対して、試験体①、②ではともに軸方向鉄筋の座屈範囲は 0.7~0.8D 程度であり、座屈範囲より上部の載荷面では載荷終了時でも損傷はかぶりコンクリートの剥落程度であった。

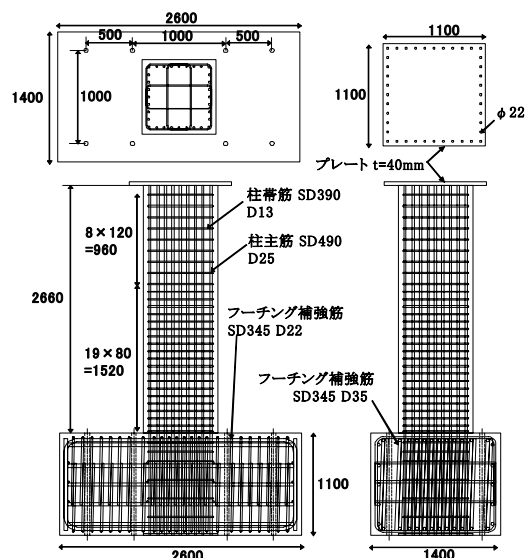


図-1 試験体配筋図 (試験体②)

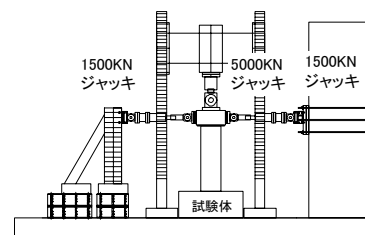


図-2 載荷装置図

キーワード SD490、変形性能評価、静的正負交番試験

連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 (独) 鉄道・運輸機構 設計技術部 TEL 045-222-9082

各試験体の計算値と実験値の比較を表-3 に示す。コンクリート強度の影響について試験体①と試験体②に着目すると、降伏荷重、最大荷重の計算値は試験体①、②ともに試験値を5～10%程度、過小評価する結果となっており、安全側に評価されている。一方、変位については試験体①ではM点の変位で約20%程度、N点変位で約15%程度、計算値が試験値を過大評価する結果となった。これに対して、試験体②では計算値を上回るまでには至らないものの、計算値と試験値の差は約5%程度に留まり、ほぼ一致を示した。また図-3 に示すように試験体②の骨格曲線は試験値を概ね内包する結果となった。これは、コンクリートを高強度化したことで帯鉄筋内部のコンクリートの圧壊が遅れ、軸方向鉄筋に座屈を生じる変位が大きくなったことに起因すると考えられる。

続いて軸方向鉄筋比の影響について試験体②と試験体③に着目する。試験体③では降伏荷重、最大荷重の計算値は試験値を上回り安全側に評価されている。また変位についても試験体③では計算値と試験値の差はM点の変位で約15%程度、N点の変位で約5%程度と計算値を上回るまでには至らないものの、試験体②同様、骨格曲線は試験値を概ね内包する結果となった。各試験体の包絡線を図-4 に示す。

以上のことから、軸方向鉄筋にSD490を使用した場合、強度40N/mm²のコンクリートを使用することで、変形性能評価に現行の変形性能算定式を適用することが出来ると考えられる。

4. まとめ

(1) 通常強度の軸方向鉄筋を用いた場合に比べて、柱基部のかぶりコンクリートの剥落範囲は、コンクリートを高強度化した場合でも広がることが確認された。(2) 各試験体ともに、降伏耐力、および最大耐力は、RC 標準に示される方法により評価できることを確認した。(3) 軸方向鉄筋にSD490を使用した場合でも、コンクリートを高強度化(呼び強度:40N/mm²)することで、今回実験を実施したいずれの軸方向鉄筋比の試験体についてもRC 標準に示される変形性能算定式が適用できると考えられる。ただし、水平変位については一部、計算値が試験値を内包できない可能性が懸念される箇所もあるため、実設計では帯鉄筋のピッチを変える等の考慮も必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 渡邊ら：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. 8
- 2) 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

表-2 各試験体の最終損傷状況

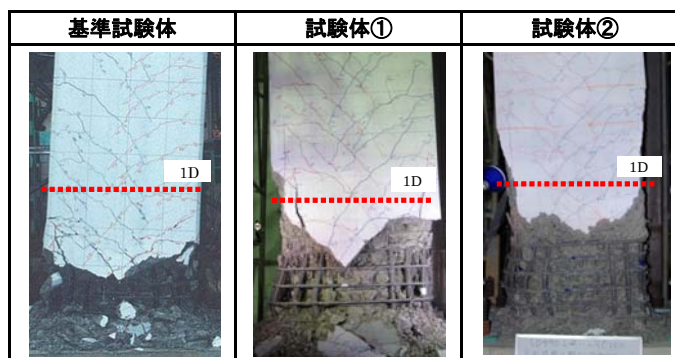


表-3 計算値との比較

試験体	Py/Pycal (KN)	Pmax/Pmaxcal (KN)	$\delta y / \delta y_{cal}$ (mm)	$\delta m / \delta m_{cal}$ (mm)	$\delta n / \delta n_{cal}$ (mm)
基準 正側	1.10	1.17	1.45	1.22	1.14
負側	1.12	1.10	1.64	1.23	1.14
平均	1.11	1.14	1.54	1.22	1.14
① 正側	1.09	1.11	1.25	0.79	0.88
負側	1.10	1.12	1.27	0.79	0.85
平均	1.10	1.11	1.26	0.79	0.87
② 正側	1.06	1.07	1.23	0.93	0.96
負側	1.06	1.07	1.36	0.93	0.93
平均	1.06	1.07	1.29	0.93	0.95
③ 正側	1.04	1.02	1.30	0.83	0.94
負側	1.06	1.02	1.30	0.82	0.92
平均	1.05	1.02	1.30	0.83	0.93

※Pycal：降伏荷重(計算値)、Pmaxcal：最大荷重(計算値)

δy_{cal} ：降伏変位(計算値)、 δm_{cal} ：M点での水平変位(計算値)

δn_{cal} ：N点での水平変位

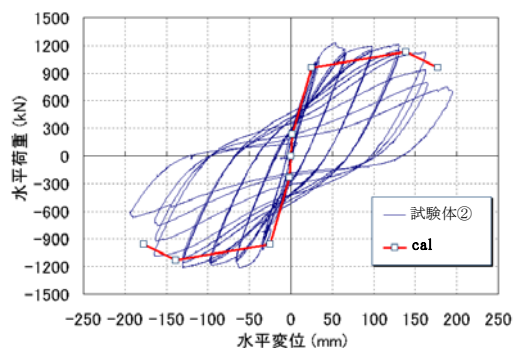


図-3 載荷試験結果と計算値の比較(試験体②)

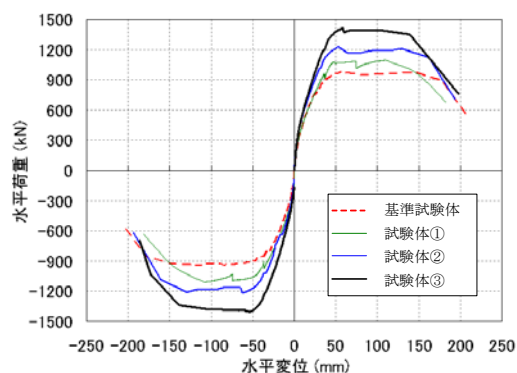


図-4 各試験体の包絡線