

# 高強度材料を用いた SRC 柱の変形性能に関する実験的研究

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○堀 慎一, 奥西 淳一, 岡本 大

## 1. はじめに

鉄骨鉄筋コンクリート(以下, SRC) 部材は駅部高架橋など, 設計・施工上の制約条件が多い箇所で見られる場合が多く, 部材断面の縮小や鉄筋量の軽減等を目的として高強度材料の活用が望まれている. 現在の「鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)」<sup>1)</sup>では, SRC 部材の変形性能は, 部材の損傷状況を考慮して, 部材端部の曲げモーメントと部材角の関係を図 1 に示す骨格曲線にモデル化しており, 各折れ点毎に変形性能算定式が提案されている. 算定式における材料の適用範囲の上限は, 軸方向鉄筋が SD390, 鉄骨が SM570, コンクリートの圧縮強度が 50N/mm<sup>2</sup>である. そこで本研究では, 軸方向鉄筋が SD490, 鉄骨が SM570, コンクリートの圧縮強度が 60N/mm<sup>2</sup>の高強度材料を用いた SRC 部材の交番載荷実験を行い, 変形性能算定式の適

用性を評価することを目的とした.

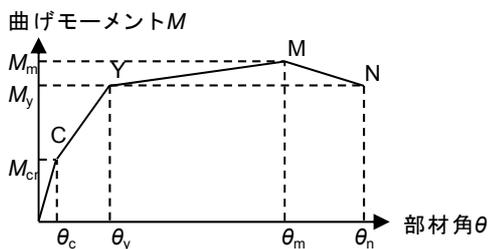
## 2. 実験概要

試験体は, 既往の実験<sup>2)</sup>や実構造物の施工実績を踏まえ, 図 2 および表 1 に示す曲げ破壊型の縮小試験体とした. 材料は, 軸方向鉄筋が SD490, 鉄骨が SM570, コンクリートの目標圧縮強度が 30 および 60N/mm<sup>2</sup>のものを用いた. 各材料の材料試験結果を表 2, 表 3 に示す.

載荷実験は, 一定の鉛直荷重を載荷した状態で水平方向に 3 回の繰返しの正負交番載荷を行った. なお, 載荷は, 試験体基部の軸方向鉄筋のひずみが降伏ひずみに達した水平変位を  $\pm 1\delta_y$  とし,  $\pm 1\delta_y, \pm 2\delta_y, \pm 3\delta_y, \dots, \pm n\delta_y$  と増加させ, 荷重が十分に低下するまで変位制御で行った.

## 3. 実験結果

試験体の損傷過程は全て同一であり, 曲げひび割れ



C点: ひび割れ発生点 ( $M_{cr}, \theta_c$ )  
 Y点: 部材降伏点 ( $M_y, \theta_y$ )  
 部材下端の最外縁の軸方向鉄筋が降伏する点  
 M点: 最大耐荷力点 ( $M_m, \theta_m$ )  
 最大耐力に達した後, 同一変位での繰返し荷重による顕著な耐力低下が生じないような最大変位点  
 N点: 終局点 ( $M_n (=M_y), \theta_n$ )  
 最大耐荷力点以降の耐力低下時に降伏耐力を維持できる最大変形点

図 1 骨格曲線モデル

表 1 試験体諸元

No.	試験体諸元											軸力			
	断面寸法 (mm)	せん断スパン比	鉄骨		軸方向鉄筋			帯鉄筋		鋼材比	鉄骨鉄筋比	コンクリート目標強度 $f'_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	導入軸応力 $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	軸力比 $\sigma/f'_c$	
			鋼材種	寸法 (mm) $B_s \times D_s \times t_w \times t_f$	鉄筋種	使用鉄筋	$p_t$ (%)	鉄筋種	使用鉄筋						$p_w$ (%)
L-1	420 × 420	5	SM 570	250 × 250 × 9 × 9	SD 490	4-D16	0.51	SD 345	D6@100	0.15	4.6	4.15	60	3	0.05
L-2													30	3	0.10
L-3													30	7	0.23
L-4													D13@100	0.6	30

表 2 材料試験結果 (コンクリート)

No.	く体			スタブ
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	割裂引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
L-1	62.1	31.7	4.43	69.0
L-2	29.6	25.9	2.1	32.2
L-3	32.3	26.3	1.8	34.1
L-4	32.3	26.9	2.1	33.6

表 3 材料試験結果 (鋼材)

No.	材料	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kNmm <sup>2</sup> )
L-1	SM570	582	667	210
	SD490(D16)	542	724	199
	SD345(D6)	366	565	196
L-2,3,4	SM570	576	636	192
	SD490(D16)	537	713	195
	SD345(D6)	356	552	182
	SD345(D13)	371	537	194

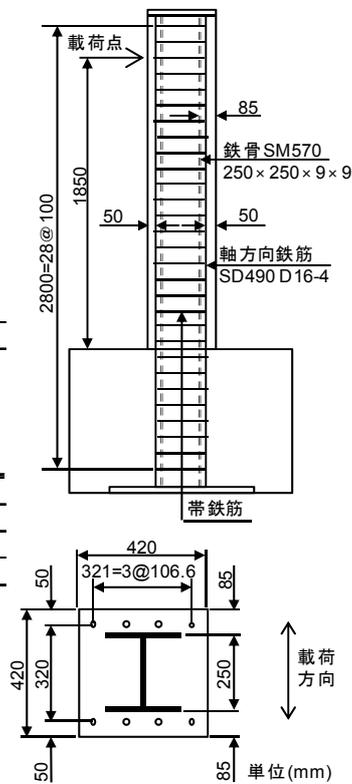


図 2 試験体一般図

キーワード SRC 部材, 変形性能, 高強度材料

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL:042-573-7281



(a) 3δy-3回目 (M点) (b) 4δy-3回目 (繰返しにより荷重低下)  
 図3 試験体の損傷状況 (L-4)

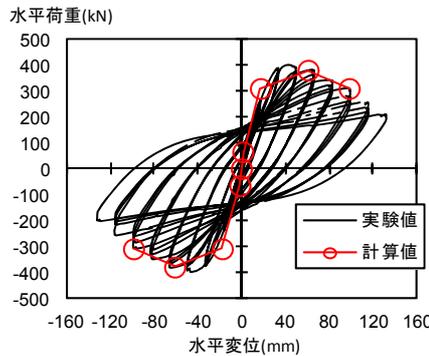


図4 荷重変位関係 (L-1)

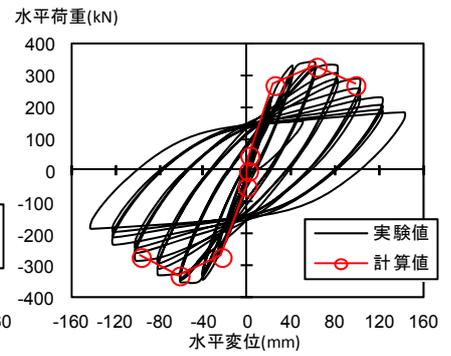


図5 荷重変位関係 (L-2)

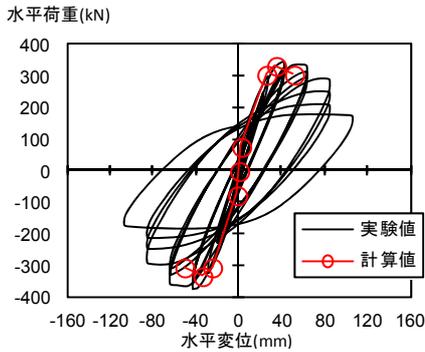


図6 荷重変位関係 (L-3)

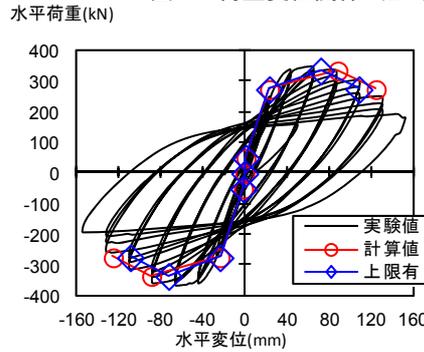


図7 荷重変位関係 (L-4)

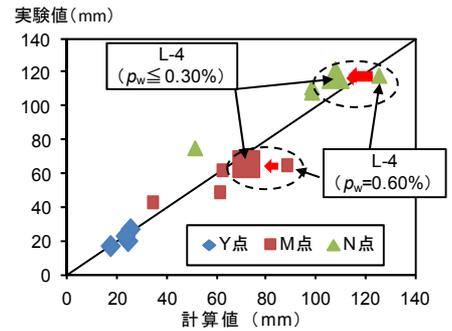


図8 各折れ点の変位の計算値と実験値の比較

の発生後に軸方向鉄筋が降伏し、次いで鉄骨フランジが降伏、最大荷重付近では圧縮側コンクリートのはく落が生じる曲げ破壊型であった。L-4 試験体の損傷状況を図2に示す。

4. 変形性能の評価

図4～図7に各試験体の荷重変位関係の実験値と計算値を示す。ここで、実験値は軸力の影響を考慮した値、計算値は既往の算定式<sup>1)</sup>による値を用いた。また、図8に、図1の骨格モデルの各折れ点における、各試験体の水平変位の計算値と実験値の比較を示す。L-1～L3試験体は、実験値と計算値が概ね一致しており、高強度材料を用いた場合でも既往の算定式が適用できることが確認できる。

帯鉄筋比が0.60%のL-4試験体は、M点において、計算値が実験値を過大評価している。SRC部材の変形性能算定式のうち、M点における変位は、鋼材の伸出しによる回転変位、塑性ヒンジ部以外のく体の曲げ変形による変位および塑性ヒンジ部の回転変位の合計となっている。このうち、塑性ヒンジ部の回転角は式(1)により算定している。

$$\theta_{pm} = (0.0365p_w + 0.0159) / \{21.1(N/N_b)^{3.8} + 0.939\} \quad (1)$$

ここに、 $\theta_{pm}$ :塑性ヒンジ部の回転角(rad)、 $p_w$ :帯鉄筋比(%),  $N$ :部材に生じる軸力(N)、 $N_b$ :釣合い軸力(N)とする。

式(1)のうち、 $(0.0365p_w + 0.0159)$ は、 $p_w = 0, 0.15, 0.30\%$

の実験結果において導かれた関係<sup>2)</sup>であり、帯鉄筋比が大きくなると軸方向鉄筋の座屈を拘束する効果があることを示している。図3(b)にも示すように、M点以降の耐力低下は、軸方向鉄筋の座屈と関連があるが、帯鉄筋比を、0.30%を超えて大きくした場合、軸方向鉄筋の座屈を拘束しても、内部の鉄骨フランジの座屈の影響により、耐力が低下している可能性がある。図7、図8に、L-4試験体の計算値を、帯鉄筋比0.30%を上限とした場合の実験値と計算値の比較を示しているが、上限を設けることで計算値は実験値を評価できることが確認できる。従って、式(1)の適用にあたっては、これまでの実験において適用性が確認されている帯鉄筋比0.30%を上限値とするのがよいと考えられる。

5. まとめ

軸方向鉄筋がSD490、鉄骨がSM570、コンクリート強度が60N/mm<sup>2</sup>の高強度材料を用いたSRC部材の変形性能について検討した。本実験の範囲においては、帯鉄筋の効果適切に考慮することにより、既往の算定式で評価できることが明らかとなった。

参考文献 1) 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)，2012.9 2) 村田清満，池田学，川合治，瀧口将志，渡邊忠朋，木下雅敬：鉄骨鉄筋コンクリート柱の変形性能の定量評価に関する研究，土木学会論文集 No.619, I-47, pp.235-251, 1999.4