

高強度材料を使用した RC 柱部材の変形性状

東急建設株式会社 正会員 黒岩俊之 正会員 宮城敏明
 鉄道総合技術研究所 正会員 佐藤 勉 正会員 岡本 大
 正会員 吉田幸司

1. はじめに

設計想定地震動の増大に伴った鉄筋の太径化，鉄筋本数の増加による過密配筋対策として，高強度材料による RC 部材の合理化は，施工性の向上および構造物を高品質化できることなどから，有効な解決策の一つである。高強度材料を RC 部材に適用するためには，耐力や変形性能などの基本的な部材特性を明らかにし，設計に反映させる必要がある。

本論文では，柱部材の交番載荷実験により求めた荷重—変位関係の履歴曲線の形状をもとに，高強度材料を用いた柱部材の変形性能と現行の設計式の適用性について述べる。

2. 実験概要

表 1 試験体の諸元

実験を行った試験体の諸元を，表 1 に示す。試験体の基本的な外形寸法は同一であり， $B \times H = 320 \times 320 \text{ mm}$ の矩形断面，せん断スパン $L_a = 1200 \text{ mm}$ とした。試験体

試験体	軸方向鉄筋	本数	$p_s(\%)$	せん断補強鉄筋	間隔 (mm)	$p_w(\%)$	$V_u \cdot L_a / Mu$
No.1	SD295A-D13	20本	2.68	SD295A-D6	ctc45	0.44	2.33
No.2	SD295A-D13	20本	2.68	USD785-D6	ctc120	0.16	2.32
No.3	USD685-D10	16本	1.20	USD785-D6	ctc120	0.16	2.06
No.4	USD685-D10	16本	1.20	USD785-D6	ctc120	0.16	2.25

ps：軸方向鉄筋比， pw：帯鉄筋比
 Vu：せん断耐力， La：せん断スパン長， Mu：曲げ耐力

の配筋は，基準試験体 No.1 と帯鉄筋のみに高強度鉄筋を用いた No.2，および帯鉄筋と軸方向鉄筋の両方に高強度鉄筋を用いた No.3 とし，各々の曲げ耐力および曲げ・せん断耐力比をほぼ一定とした。また，No.4 は No.3 と同一配筋とし，目標強度を 80 N/mm^2 としたコンクリートを用いた。

試験体に使用した鉄筋およびコンクリートの材料試験結果をそれぞれ表 2，表 3 に示す。

載荷は，試験体上部に水平力を加えるカンチレバー式とし，載荷サイクルは，降伏変位の倍数を各 3 回ずつ繰り返す漸増定変位正負交番載荷とした。また，軸力は載荷していない。

3. 実験結果

各試験体の降伏荷重および最大荷重の実験値とファイバーモデルによる計算値の比較を表 4 に示す。

降伏耐力は最外縁の軸方向鉄筋が材料試験における降伏ひずみに達した時点とした。コンクリートの終局ひずみは，No.1～No.3 については 0.0035 ，No.4 に関しては 0.0035 および 0.0025 の 2 通りについて計算した。

表 2 鉄筋の材料試験結果

試験体	呼び名	降伏強度 $f_{sy} (\text{N/mm}^2)$	弾性係数 $E_s (\text{N/mm}^2)$	引張強度 $f_{su} (\text{N/mm}^2)$
No.1	SD295A-D13	355	187000	515
	SD295A-D6	444	192000	576
No.2	SD295A-D13	368	195000	553
	USD785-D6	855	205000	861
No.3	USD685-D10	711	193000	891
	USD785-D6	1070	186000	1232
No.4	USD685-D10	711	193000	891
	USD785-D6	1070	186000	1232

表 3 コンクリートの材料試験結果

試験体	部位	呼び名	圧縮強度 $f_c (\text{N/mm}^2)$	弾性係数 $E_c (\text{N/mm}^2)$
No.1	柱	18-15-10H	28.3	20400
		21-15-20H	33.9	-
No.2	柱	18-15-10H	17.8	20200
		21-15-20H	32.8	-
No.3	柱	18-15-10H	25.5	28700
		21-15-20H	23.2	-
No.4	柱	目標強度 80 N/mm^2	81.1	37000
		21-15-20H	23.0	-

表 4 試験体耐力の実験値と計算値の比較

試験体	降伏荷重			最大荷重		
	Pycal (kN)	Pyexp (kN)	exp/cal	Pucal (kN)	Puexp (kN)	exp/cal
No.1	77.50	88.50	1.14	101.50	99.63	0.98
No.2	77.70	88.25	1.14	100.30	106.75	1.06
No.3	72.60	84.95	1.17	88.10	96.55	1.10
No.4(1)	78.10	85.40	1.09	97.10	98.85	1.02
No.4(2)				96.90		1.02

(1)： $\epsilon'_{cu}=0.0035$ ，(2)： $\epsilon'_{cu}=0.0025$

Pycal：降伏荷重の実験値 Pyexp：降伏荷重の計算値
 Pucal：最大荷重の実験値 Puexp：最大荷重の計算値

キーワード：高強度コンクリート，高強度鉄筋，変形性能，RC 柱部材

連絡先：〒229-1124 相模原市田名 3062-1 TEL：042-763-9507 FAX：042-763-9503

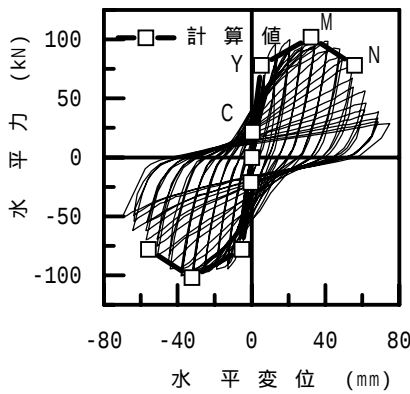


図1 荷重-変位曲線 (No.1)

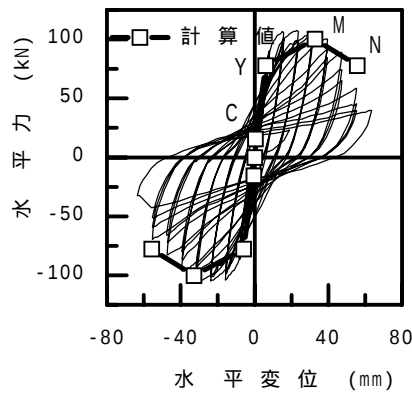


図2 荷重-変位曲線 (No.2)

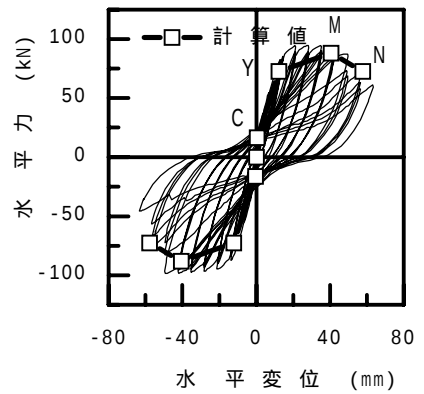


図3 荷重-変位曲線 (No.3)

表4に示すように、高強度鉄筋を使用したNo.2およびNo.3に関しても通常のRC部材と同様な精度で降伏および最大耐力が計算されている。高強度コンクリートを使用したNo.4に関しても他の試験体と同様な精度で耐力を算定計算でき、コンクリートの終局ひずみが最大耐力に与える影響は少ない。

図1～図4に示す計算値は「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）」¹⁾（以後、耐震標準と記す。）にもとづいて算定したものである。高強度材料の使用に対して、計算値の各折れ点の算定時に以下のように考慮した。

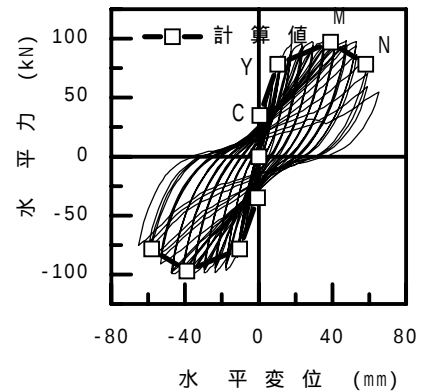


図4 荷重-変位曲線 (No.4)

- (1) 第1折れ点（C点）は、設計曲げ強度に達する時として定義されている。「鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）」²⁾（以後、RC標準と記す。）では設計曲げ強度の算定式の適用範囲として、 f'_c が20～50N/mm²のコンクリートとされているが、本検討では f'_c 80N/mm²のコンクリートを用いたNo.4に関しても、RC標準に示される式を適用した。
- (2) 第2折れ点（Y点）は引張鉄筋が降伏する点として定義される。耐震標準を準用した。
- (3) 第3折れ点（M点）は最大水平変位をほぼ維持できる最大変位点として定義される。M点の部材角は軸方向鉄筋の抜け出しによる部材角、塑性ヒンジの回転角、および塑性ヒンジ以外の回転角の和として求められる。本検討では、高強度帯鉄筋を用いたNo.2～No.4試験体について、帯鉄筋強度を考慮する係数 k_{w0} の値として帯筋の降伏強度の規格値785N/mm²を345N/mm²で除した値2.28を用いた。また、 f'_c 80N/mm²のコンクリートを使用しているNo.4に関しては、M点の曲げモーメントを算出する際にコンクリートの終局ひずみの値を、「コンクリート標準示方書・設計編」³⁾に準じて0.0025とした。
- (4) 第4折れ点（N点）は降伏荷重を維持できる最大変位として定義される。耐震標準を準用した。

以上の方法により求めた包絡線の計算値と各試験体の荷重-変位履歴曲線の実験値を図1～図4に合わせて示した。各試験体において、計算値と実験値は概ね整合している。

4. まとめ

本検討の範囲内では、高強度鉄筋および高強度コンクリートを用いたRC柱部材の荷重—変位関係は、通常強度の材料を用いた部材と同様な設計式で概ね評価できた。

【参考文献】

- 1) 鉄道総合技術研究所編；鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），1999.10
- 2) 鉄道総合技術研究所編；鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），1999.10
- 3) 土木学会編；平成8年制定・コンクリート標準示方書（設計編），1996