

高強度材料を用いた RC 部材の変形性能照査方法に関する検討

前田建設工業 正会員 近藤眞生
 前田建設工業 正会員 三島徹也
 鉄道総合技術研究所 正会員 谷村幸裕
 鉄道総合技術研究所 正会員 佐藤 勉

1. はじめに

高強度材料を用いた RC 部材の変形性能に関する研究は現在までに行われており、その成果は設計施工指針に取り入れられている¹⁾²⁾。

本検討は、その変形性能評価式により算出される部材の変形性能が、設計想定地震動による応答値に対し性能を満足するか否かを照査する際に、算定値に対し用いる部材係数 γ_b に関して検討を行ったものである。本検討を行うにあたり、別途柱試験体の正負交番載荷試験を実施しており、部材係数検討の際の指標とした。

2. 部材係数の検討

1) 実験概要

表-1 に、部材係数の検討を行うため実施した試験体の一覧を示す。載荷は軸方向鉄筋の降伏時を $1 \gamma_y$ とし、順次変位を γ_y の整数倍に増大させた。このとき、各 γ_y 1 回の載荷としている。これら試験体の中で、以下の a~c に示す鉄筋比および材料強度に適用範囲を設定し、No.2,6,7,8 試験体は予め適用範囲外として取り扱い、適用範囲内の試験体が安全側で評価できるように部材係数の検討を行った。

・適用範囲の設定

a. 引張鉄筋比 $P_t : 0.79P_t + 0.153 \leq 0.78$ (鉄道標準式に準拠³⁾)

b. コンクリートの設計基準強度 $f'_{ck} : f'_{ck} \geq 80\text{N/mm}^2$

c. 帯鉄筋の降伏強度の特性値 $f_{wyk} : f_{wyk} \geq 785\text{N/mm}^2$

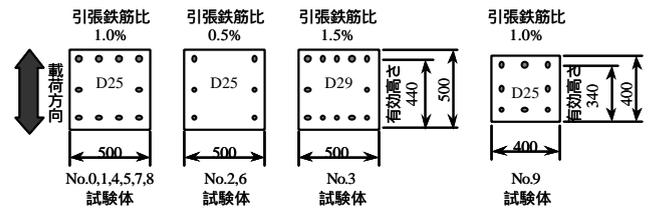


図-1 試験体断面形状

表-1 試験体一覧

試験体 No.	柱部断面寸法 (mm)	コンクリート強度 (N/mm ²)	軸方向鉄筋			帯鉄筋				作用軸力 (N/mm ²)	せん断スパン比	せん断余裕率	
			呼び径	ρs (%)	種類	呼び径	ピッチ (mm)	ρw (%)	種類				
0	500 × 500	23.3	D25	1.0	SD295	D10	60	0.476	SD345	3	3.0	1.5	
1		70.3	D25	1.0	USD685	D10	60	0.476	USD785			6	1.5
2		73.1	D25	0.5		D10	90	0.317					1.5
3		73.4	D29	1.5		D13	75	0.676		1.5			
4		71.6	D25	1.0		D13	75	0.676		2.0			
5		80.6	D25	1.0		D13	45	1.126		3.0			
6		67.0	D25	0.5		SD345	D10	140		0.204			1.5
7		103.1	D25	1.0	USD685	D10	60	0.476	10	1.5			
8		70.4	D25	1.0	USD685	D13	120	0.422	USD1275	6		2.0	
9	400 × 400	64.0	D25	1.0		D10	90	0.396	USD785	4.69	3.88	1.5	

2) 部材係数の検討

表-2 に、高強度材料を用いた RC 部材の変形性能算定式の概略と、算定される各変形量に対する部材係数の一覧を示す。表-3 に、これら部材係数を考慮した算定値と実験値との比較を行ったものを示す。また、図-2(a), (b) に、代表的な試験体として No.1 と No.9 試験体の荷重 - 変位関係と、その算定値と重ね合わせたものを示す。表中に示したように、適用範囲内の試験体に関しては今回設定した部材係数により Y, M, N 点の各状態において No.0 試験体に比べ若干余裕は少ない様ではあるが、計算値に対し実験値が安全側で評価できることがわかった。

キーワード：高強度材料、変形性能、部材係数、照査、正負交番載荷試験

連絡先：東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業 技術本部 技術研究所 TEL03-3977-2355 FAX03-3977-2251

表-2 変形性能の設計式と部材係数

	変形性能の設計式		部材係数 g_i
Y 点 降伏時	$q_{yd} = q_y / g_b$ $= (q_{y0} + q_{y1}) / g_b$	q_{y0} : く体変形による部材回転角	1.0
		q_{y1} : 部材接合部からの軸方向鉄筋の拔出しによる部材端部の回転角	
M 点 最大荷重時	$q_{md} = q_{m0d} + q_{m1d}$ $= (d_{mbd} + d_{mpd}) / L_a + q_{m1d}$ $d_{mbd} = d_{mb} / g_b$ $d_{mpd} = d_{mp} / g_b$ $q_{m1d} = q_{m1} / g_b$	d_{mb} : 塑性ヒンジ部以外の曲げ変形によるく体変位	1.0
		d_{mp} : 塑性ヒンジ部の曲げ変形によるく体変位	1.0
		q_{m1} : 部材接合部からの軸方向鉄筋の拔出しによる部材端部の回転角	1.0
N 点 終局時	$q_{nd} = q_{n0d} + q_{n1d}$ $= (d_{nbd} + d_{npd}) / L_a + q_{n1d}$ $d_{nbd} = d_{nb} / g_b$ $d_{npd} = d_{npd} + Dq_{pd} \cdot (L_a - L_p / 2)$ $Dq_{pd} = Dq_p / g_b$ $q_{n1d} = q_{n1} / g_b$	d_{nb} : 塑性ヒンジ部以外の曲げ変形によるく体変位	1.0
		Dq_p : M 点 (最大荷重時) から N 点 (終局時) の塑性ヒンジ回転角増分	1.15
		q_{n1} : 部材接合部からの軸方向鉄筋の拔出しによる部材端部の回転角	1.0

表-3 算定値と実験値との比較

試験体	Y点 (降伏時)					M点 (最大荷重時)					N点 (終局時)					
	実験値	算定値				yexp / ycal	実験値	算定値			mexp / mcal	実験値	算定値			nexp / ncal
		y	y0	y1	y			m	m0	m1			m	n	n0	
No.0	8.80	3.48	2.79	6.28	1.40	52.80	31.87	5.88	37.75	1.40	72.27	47.21	5.88	53.09	1.36	
No.1	15.94	6.30	3.12	9.41	1.69	63.79	49.85	8.91	58.75	1.09	67.69	56.19	8.91	65.10	1.04	
No.2	13.25	5.58	2.34	7.92	1.67	37.02	39.95	5.62	45.56	0.81	40.49	51.90	5.62	57.52	0.70	
No.3	17.68	6.66	4.36	11.02	1.60	62.80	38.10	13.26	51.36	1.22	69.40	42.27	13.26	55.53	1.25	
No.4	15.87	6.46	3.53	9.99	1.59	71.18	55.30	11.28	66.59	1.07	79.85	61.90	11.28	73.18	1.09	
No.5	15.28	6.37	3.31	9.67	1.58	83.93	55.31	11.24	66.55	1.26	87.66	63.47	11.24	74.71	1.17	
No.6	6.68	3.36	1.21	4.56	1.46	33.43	32.02	2.53	34.55	0.97	44.14	47.56	2.53	50.09	0.88	
No.7	15.27	6.39	2.54	8.93	1.71	45.92	49.77	7.09	56.86	0.81	46.98	56.55	7.09	63.64	0.74	
No.8	17.05	6.33	3.29	9.62	1.77	61.38	55.26	10.40	65.66	0.93	63.76	61.61	10.40	72.01	0.89	
No.9	18.52	8.52	5.61	14.12	1.31	73.12	42.60	14.09	56.69	1.29	90.58	47.65	14.09	61.74	1.47	

また、実験値が計算値に対し下回った試験体に関して、No.2 および No.6 試験体は軸方向鉄筋ピッチが大きいためによるコアコンクリートの拘束不足、No.8 試験体は帯鉄筋の曲げ加工部分での早期破断が原因としてそれぞれ考えられる。

3. まとめ

高強度材料を用いた RC 部材の変形性能照査時に用いる部材係数 g_i に関して、高強度材料を用いた場合でも普通強度の RC 部材と同様に、N 点の M 点からの塑性ヒンジ回転角増分 $\Delta\theta_p$ に対する部材係数にのみ 1.15 を適用し、それ以外の各損傷レベルでの部材係数は全て 1.0 としても安全側で評価できることがわかった。

参考文献

- 1) S.Q.C 構造物開発・普及協会編：新世代交通システム用 超高性能コンクリート構造物設計施工指針 (案), 2000.3
- 2) 近藤・三島・下野・佐藤：高強度材料を用いた RC 部材の変形性能評価方法に関する研究，コンクリート工学年次報告論文集，No.3，pp217～222，1999
- 3) 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

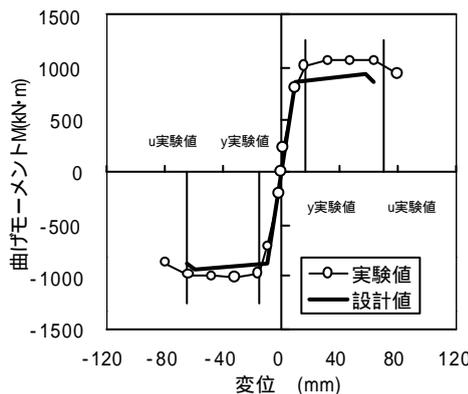


図-2(a) No.1 試験体

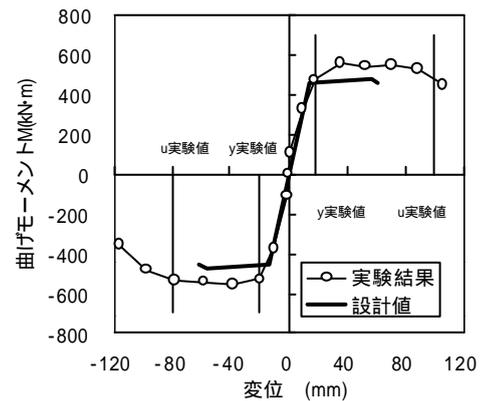


図-2(b) No.9 試験体