

中部工業大学 正員 平澤征夫
 中部工業大学 正員 伊藤和幸
 旭コンクリート工業(株) 正員 加納昌男

1. まえがき

鉄筋コンクリート長柱の終局強度算定については、たわみ変形の大きさが終局強度に影響をおよぼすため、終局時のたわみ変形と強度を併せて決定することが重要な問題となり、特に長方形断面を有する鉄筋コンクリート長柱が二軸曲げを受ける場合には、荷重の大きさにより断面の二つの主軸に関してその曲げ剛性の大きさの関係でたわみ変形の方法が刻々と変化するため、終局強度と終局時のたわみ変形を算定することが複雑となる。

本研究は、鉄筋コンクリート長柱が二軸曲げを受ける場合の終局強度と終局時偏心距離を三つの算定方法により算定し、実験結果との比較により、これら算定方法の適合性の検討を行なったのである。

2. 算定方法

本研究で用いた算定方法は、① CEB/FIP の設計規程による方法(付加モーメント法、以下、算定方法①と記す。)、②大略は Pannell と Robinson の方法による方法(修正 Pannell-Robinson 法、以下、算定方法②と記す。)、③弾性荷重法を用いた要素法(以下、算定方法③と記す。)の三つである。算定方法①は、二軸曲げを受ける鉄筋コンクリート長柱の柱長中央における終局時のたわみ変形を、細長比、コンクリートと鉄筋の性質、断面形状・寸法、鉄筋の量と配置なども考慮した近似式を用いて算定する方法である。算定方法②は、二軸曲げを受ける鉄筋コンクリート長柱の終局強度と終局時偏心距離がこの長柱と同じ断面を有する長柱の中心軸終局強度ならびに短柱の破壊曲線により算定できる

と仮定して求める近似的算定法の一つである。算定方法③は、一般的算定方法といわれている方法で柱断面をいくつかの要素に分割し、柱長方向にもいくつかのセグメントに分割して、電子計算機を用いて計算する方法であり、変形の決定は繰返し計算による収束法による。終局強度と終局時偏心距離は、ある荷重のもとで柱長中央断面のコンクリート圧縮ひずみが終局ひずみ(0.0035)に達した時の荷重と偏心距離として定まる。

3. 実験概要

表-1 に実験計画を示す。偏心方向はⅠ～Ⅴの5方向、初期偏心距離はすべて3 cm とした。各方向に2体ずつ合計10体について実験を行なった。供試体断面は10×15 cmの長方形とし、柱長は230 cm であり、両端に載荷用鋼板(厚2 cm)を接着した後、試験機に設置した状態で上下ヒンジ間が250 cm となる。軸方向鉄筋には異形棒鋼D10 mm を4本配し($P=1.9\%$)、スターラップにはφ6 mm の丸鋼を10 cm 間隔に配した。載荷は両端ヒンジの偏心荷重載荷とし、測定は、柱長中央断面の4隅角部のコンクリート表面ひずみおよび二軸方向のたわみを測定した。試験

表-1 実験計画

偏心方向	供試体数	備考
Ⅰ	2	
Ⅱ	2	
Ⅲ	2	
Ⅳ	2	
Ⅴ	2	

表-2 算定結果と実験結果の比較(計算値①)

偏心方向	No.	柱長中央における終局時偏心距離						実験値/計算値		
		e_{xy} (cm)	e_{yt} (cm)	e_{xt} (cm)	e_{xc} (cm)	e_{yc} (cm)	e_{xc} (cm)	e_{yc} (cm)	e_{xc} (cm)	e_{yc} (cm)
Ⅰ	1	0.31	4.54	4.55	—	4.43	4.43	—	1.02	1.03
	2	0.65	4.53	4.58	—	4.43	4.43	—	1.02	1.03
	3	2.77	3.69	4.62	3.67	4.57	5.86	0.76	0.81	0.79
Ⅱ	4	3.06	3.80	4.88	3.57	4.55	5.78	0.86	0.84	0.84
	5	4.56	2.77	5.33	4.69	3.90	6.10	0.97	0.71	0.88
Ⅲ	6	4.49	2.88	5.33	4.61	3.85	6.01	0.97	0.75	0.89
	7	5.50	1.53	5.71	5.32	2.92	6.07	1.03	0.52	0.94
Ⅳ	8	7.09	1.59	7.26	5.29	2.89	6.03	1.34	0.55	1.21
	9	7.36	0.36	7.37	5.57	—	5.57	1.32	—	1.32
Ⅴ	10	5.03	0.19	5.04	5.56	—	5.56	0.91	—	0.91

表-1 に実験計画を示す。偏心方向はⅠ～Ⅴの5方向、初期偏心距離はすべて3 cm とした。各方向に2体ずつ合計10体について実験を行なった。供試体断面は10×15 cmの長方形とし、柱長は230 cm であり、両端に載荷用鋼板(厚2 cm)を接着した後、試験機に設置した状態で上下ヒンジ間が250 cm となる。軸方向鉄筋には異形棒鋼D10 mm を4本配し($P=1.9\%$)、スターラップにはφ6 mm の丸鋼を10 cm 間隔に配した。載荷は両端ヒンジの偏心荷重載荷とし、測定は、柱長中央断面の4隅角部のコンクリート表面ひずみおよび二軸方向のたわみを測定した。試験

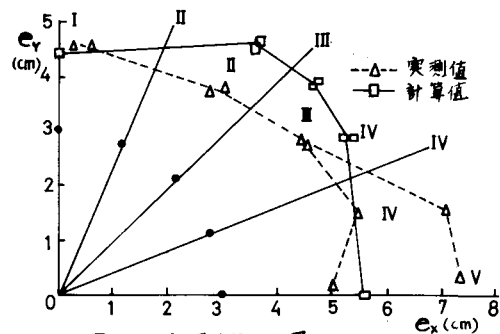


図-1 終局時偏心位置

時材命は42±2日であり、コンクリート圧縮強度は345~458 N/cm^2 であった。

4. 実験結果および適合性の検討

1). 表-2, 図-1 に算定方法①による柱長中央における終局時偏心距離の算定結果と実測値と比較した結果を示す。これより、偏心方向Ⅰに対しては1.03とかなりよい適合性を示したがⅡ~Ⅳ方向(二軸曲げ)に対しては計算値が実測値より平均値で15%程度大きくなる傾向があり、適合性がよいとは言えない。また、たわみ変形方向の推定もそれ程よいとは考えられない。

2). 表-3, 図-2 に算定方法②による終局強度と柱長中央における終局時偏心距離の算定結果と実測値と比較した結果を示す。終局強度については偏心方向ⅠとⅡに対しては、実測値と計算値の比は1.01となり適合性は良い。しかし、偏心方向Ⅲ~Ⅴに対しては、実測値と計算値の比は平均値で0.85となり適合性は良くない。つぎに終局時偏心距離については、x方向に対して1.21、y方向に対して1.01となり、x方向の偏心距離の算定に問題があると考えられる。またx-y両方向を合成した偏心距離の比較ではⅠ,Ⅱ方向に対しては、0.96~1.06と適合性はよいが、Ⅲ~Ⅴ方向では平均1.21となり適合性が良くないと考えられる。

3). 表-4, 図-3 に算定方法③による終局強度と柱長中央における終局時偏心距離の算定結果と実測値の比較を示す。終局強度については偏心方向Ⅰにおいて実測値と計算値との比は平均1.23となり、かなり安全側の計算値を与えた。これに対し、他の方向に関しては、平均値で1.02となりよい一致を示した。終局時偏心距離についても、x,y方向についてそれぞれ平均値で0.94,1.05となり、よい一致を示した。

以上より、算定方法③(一般的算定方法)は終局強度および終局時偏心距離を比較的正確に算定でき、他の近似的算定方法(算定方法①と②)と比較すれば、現在の二軸曲げを受ける鉄筋コンクリート長柱の終局強度算定方法としては最も適合性のよい算定方法といえる。

表-3 算定結果と実測結果の比較(計算値②)

偏心方向	供試体 No.	実測値				計算値②				実測値/計算値			
		終局強度 P_{ut} (t)	終局時偏心距離 e_{xt} (cm)	終局時偏心距離 e_{yt} (cm)	終局時偏心距離 e_{ut} (cm)	終局強度 P_{uc} (t)	終局時偏心距離 e_{xc} (cm)	終局時偏心距離 e_{yc} (cm)	終局時偏心距離 e_{uc} (cm)	P_{ut}/P_{uc}	e_{xt}/e_{xc}	e_{yt}/e_{yc}	e_{ut}/e_{uc}
Ⅰ	1	27.5	0.31	4.54	4.55	26.2	0.00	4.70	4.70	1.05	-	0.97	0.97
	2	30.8	0.65	4.53	4.58	31.0	0.00	4.75	4.75	0.99	-	0.96	0.96
Ⅱ	3	20.7	2.77	3.69	4.62	21.6	2.49	3.85	4.58	0.96	1.12	0.96	1.01
	4	22.7	3.06	3.80	4.88	22.3	2.54	3.84	4.60	1.02	1.20	0.99	1.06
Ⅲ	5	15.7	4.56	2.77	5.33	17.7	3.92	2.77	4.81	0.89	1.16	1.00	1.11
	6	15.6	4.49	2.88	5.33	18.9	3.92	2.78	4.81	0.83	1.14	1.03	1.11
Ⅳ	7	12.5	5.50	1.53	5.71	15.3	4.76	1.46	4.98	0.82	1.16	1.05	1.15
	8	12.8	7.09	1.59	7.26	15.7	4.77	1.46	4.99	0.82	1.49	1.09	1.46
Ⅴ	9	13.0	7.36	0.36	7.37	14.2	5.07	0.00	5.07	0.92	1.45	-	1.45
	10	12.0	5.03	0.19	5.04	14.3	5.09	0.00	5.09	0.84	0.99	-	0.99
		平均				平均				0.91	1.21	1.01	1.13

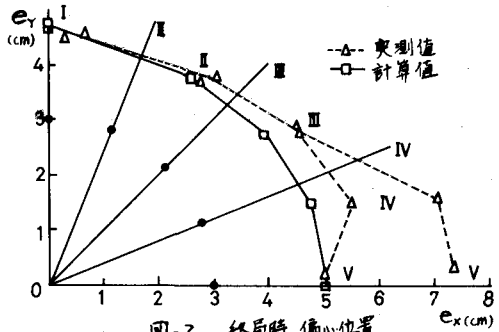


図-2 終局時 偏心位置

表-4 算定結果と実測結果の比較(計算値③)

偏心方向	供試体 No.	実測値				計算値③				実測値/計算値			
		終局強度 P_{ut} (t)	終局時偏心距離 e_{xt} (cm)	終局時偏心距離 e_{yt} (cm)	終局時偏心距離 e_{ut} (cm)	終局強度 P_{uc} (t)	終局時偏心距離 e_{xc} (cm)	終局時偏心距離 e_{yc} (cm)	終局時偏心距離 e_{uc} (cm)	P_{ut}/P_{uc}	e_{xt}/e_{xc}	e_{yt}/e_{yc}	e_{ut}/e_{uc}
Ⅰ	1	27.5	0.31	4.54	4.55	22.0	0.00	4.62	4.62	1.25	-	0.98	0.99
	2	30.8	0.65	4.53	4.58	25.5	0.00	4.62	4.62	1.21	-	0.98	0.99
Ⅱ	3	20.7	2.77	3.69	4.62	20.4	2.88	3.70	4.69	1.01	0.96	1.00	0.98
	4	22.7	3.06	3.80	4.88	22.2	2.87	3.70	4.68	1.02	1.07	1.03	1.04
Ⅲ	5	15.7	4.56	2.77	5.33	16.6	4.67	2.59	5.34	0.95	0.98	1.07	1.00
	6	15.6	4.49	2.88	5.33	17.7	4.73	2.60	5.40	0.88	0.95	1.11	0.98
Ⅳ	7	12.5	5.50	1.53	5.71	11.6	6.70	1.41	6.85	1.08	0.82	1.08	0.85
	8	12.8	7.09	1.59	7.26	11.9	6.75	1.41	6.90	1.08	1.05	1.12	1.05
Ⅴ	9	13.0	7.36	0.36	7.37	11.6	7.15	0.00	7.15	1.12	1.03	-	1.03
	10	12.0	5.03	0.19	5.04	12.2	7.15	0.00	7.15	0.98	0.70	-	0.70
		平均				平均				1.06	0.94	1.05	0.96

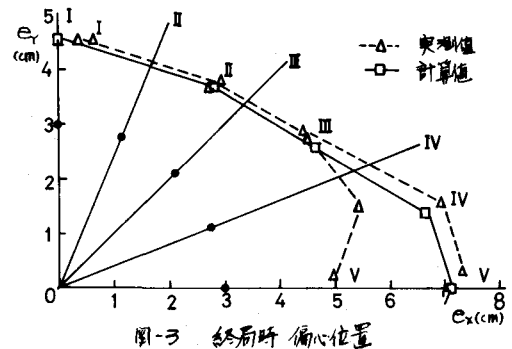


図-3 終局時 偏心位置