

円形コンクリート充填鋼管橋脚の地震時保有 耐力・変形性能照査に関する一考察

九州大学大学院 学生員 ○唐 嘉琳 九州大学工学部 正 員 太田俊昭
九州大学工学部 正 員 日野伸一 九州大学工学部 正 員 黒田一郎

1. まえがき

近年、土木・建築の構造物におけるコンクリートを充填した鋼管柱(Concrete Filled Steel Tube 以下CFT柱と略す)が構造部材として頻繁に用いられている。建設工事における労働時間の短縮、高所作業の軽減、配筋と内枠施工の簡略化を含んだ省力化・急速施工および構造物の耐震性の向上を図ることを目指した工法として、著者らの提案した多柱式合成高橋脚¹⁾の構造部材もCFT柱を採用した。CFT柱は大きな耐力、すぐれた靱性および施工面の有利性を持つことが良く知られており、CFT柱における拘束されたコンクリートの力学特性を定量化するために、国内外で多数の研究が行われている。一方、CFT柱の設計において、地震時保有水平耐力と許容塑性率を評価するために、文献2,3)では鋼管とコンクリートの応力～ひずみ曲線を図-1に示したものを与えて

いる。しかし、これらの適用性についての検証は未だ十分とは言えない。そこで本報では、図-1に示す現在提案されている代表的な拘束コンクリートの応力～ひずみ関係式を用いて、CFT柱に関する軸圧縮耐力、曲げ耐力及び曲げモーメント-曲率関係、荷重-変位関係曲線などを既往の実験結果と比較し、これらの適用性について調べた。

2. 解析方法

解析対象は、文献4～7)に報告されている中心圧縮、偏心圧縮、曲げせん断圧縮を受ける円形CFT柱とする。供試体の寸法、材料定数を表1～3に示す。解析では、鋼管および充填コンクリート部分の断面をそれぞれ300、軸方向に200分割し、断面は平面保持を仮定し、図-1に示した鋼管とコンクリートの応力～ひずみ曲線をそれぞれ用いて、変形増分法による軸圧縮耐力、曲げモーメント-曲率関係を数値計算した。また、荷重-変位関係の計算はP-δ効果を考慮し、柱の各断面における力のつり合い条件から中立軸の位置を繰り返し計算する。

3. 実験結果との比較

ここで用いられる実験結果は4シリーズである。ただし、シリーズ1は中心圧縮⁴⁾、シリーズ2⁵⁾とシリーズ3⁶⁾は曲げ圧縮、シリーズ4は曲げせん断圧縮⁷⁾である。表1～3に示した結果によると、最大耐力については道示モデルの計算値がいずれも実験値より小さくなる(約30%)。復旧仕様(SC)、(RC)モデルの計算値が荷重の作用方式により大きなばらつきがあるが、ともに実験値を上回る(中心圧縮:約20～55%、曲げ圧縮:約10～40%、曲げせん断圧縮:約6～15%)。靱性率については各モデルの計算値が実験値を下回る。また、図-2をみると、M-φ、P-δ曲線については各モデルの計算結果は部材の降伏後から実験曲線を追跡することができない。従って、CFT柱の耐力と変形性能に対して、道示モデルは十分評価できないことがわかる。復旧仕様(SC)、(RC)モデルを用いる場合は耐力の計算値が危険側、靱性率の計算値が安全側になることがわかる。

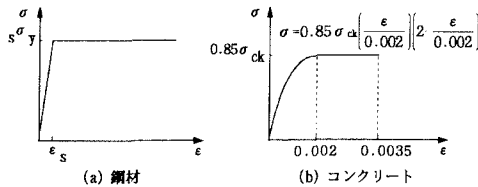


図-1.1 道路橋示方書

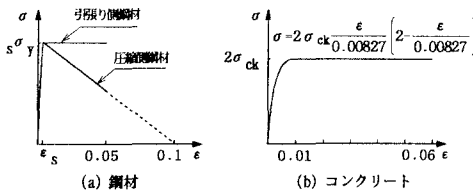


図-1.2 復旧仕様 (SC)

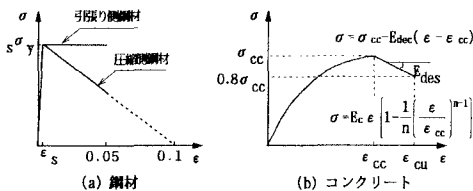


図-1.3 復旧仕様 (RC)

図-1 鋼材とコンクリートの応力～ひずみ曲線

表-1 中心圧縮

シ リ ズ	試 験 体 名	寸 法			鋼 管			コンクリート			最大軸圧縮耐力														
		外 径 D mm	内 厚 t mm	径厚比 D/t	降 伏 σ_y kg/cm ²	引 張 σ_t kg/cm ²	ヤング率 E t/cm ²	圧 縮 σ_{CB} kg/cm ²	ヤング率 E t/cm ²	実験値 N _{max} t	道 示		復旧仕様(SC)		復旧仕様(RC)										
											計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値									
1	C04LB	299	4.50	67	3890	5290	2100	283	224	463	321	1.22	525	0.75	918	0.43									
	C06LB	300	5.74	52	4080	5750											224	374	1.24	573	0.81	1142	0.41		
	C08LB	299	7.65	39	3920	5550											224	502	1.18	615	0.82	1361	0.37		
	C04MB	297	4.50	66	3890	5290											363	332	464	362	1.28	623	0.74	972	0.48
	C06MB	298	5.74	52	4080	5750											330	289	523	396	1.32	627	0.83	1174	0.44
	C08MB	296	7.65	39	3920	5550											362	336	594	462	1.29	702	0.85	1421	0.42
	C06FB	300	5.74	52	4080	5750											810	684	810	684	1.18	1302	0.62	1560	0.52
	C08FB	300	7.65	39	3920	5550											841	480	856	730	1.17	1328	0.64	1810	0.47

表-2 曲げ圧縮

シ リ ズ	試 験 体 名	寸 法			軸力比 N/N ₀	鋼 管			コンクリート			最大曲げ耐力												
		外 径 D mm	径厚比 D/t	降 伏 σ_y kg/cm ²		引 張 σ_t kg/cm ²	ヤング率 E t/cm ²	圧 縮 σ_{CB} kg/cm ²	ヤング率 E t/cm ²	実験値 M _{max} t-m	道 示		復旧仕様(SC)		復旧仕様(RC)									
											計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値								
2	C04F5M	300	70.6	0.50	4466	5915	2100	675	33.2	21.3	1.56	41.3	0.80	43.9	0.76									
	C06F5M		51.5	0.51	4285	5576										631	355	36.4	22.9	1.59	44.4	0.82	50.9	0.72
	C08F5M		35.7	0.48	4086	5604										666	52.2	29.3	1.78	51.7	1.01	62.0	0.84	
3	ECA4M-035	150	50.7	0.35	2890	4160	2280	407	310	3.25	2.51	1.29	3.48	0.93	3.79	0.88								
	ECA4-06		60.0	0.60													2.72	1.65	1.65	3.69	0.74	4.41	0.62	
	ECAC2-035	300	101.4	0.35	2890	4160	2280	250	243	13.08	11.30	1.16	15.81	0.83	16.79	0.78								
	ECAC2-06		60.0	0.60													11.19	7.53	1.49	17.28	0.65	19.60	0.57	
	ECAD4-04	450	152.0	0.40	2890	4160	2280	407	310	41.78	40.10	1.04	61.70	0.68	57.50	0.73								
ECAD4-06	60.0	0.60	35.36	29.00													1.22	70.90	0.50	63.10	0.56			

表-3 曲げ引張圧縮

シ リ ズ	試 験 体 名	寸 法			軸力比 N/N ₀	鋼 管			コンクリート			最大耐力																										
		外 径 D mm	径厚比 D/t	降 伏 σ_y kg/cm ²		引 張 σ_t kg/cm ²	ヤング率 E t/cm ²	圧 縮 σ_{CB} kg/cm ²	ヤング率 E t/cm ²	P _{max} t	道 示		復旧仕様(SC)		復旧仕様(RC)																							
											計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値																						
4	A	700	116.7	0.50	4400	2100	271	289	64.0	47.4	1.35	75.8	0.81	79.4	0.81	1.28	2.72	2.77	1.26	5.15	0.68																	
	B		116.7	0.51																		4400	277	78.0	57.2	1.36	83.2	0.94	84.7	0.92	4.30	1.23	3.50	2.46	1.76	4.00	1.06	
	C		116.7	0.48																		4400	436	301	83.0	64.5	1.29	90.4	0.92	90.2	0.92	4.73	1.31	3.61	2.43	1.95	3.63	1.30
	D		58.33	0.51																		4000	284	257	115.0	82.9	1.38	113.8	1.01	124.7	0.92	11.72	1.39	8.43	2.25	5.21	5.23	2.22

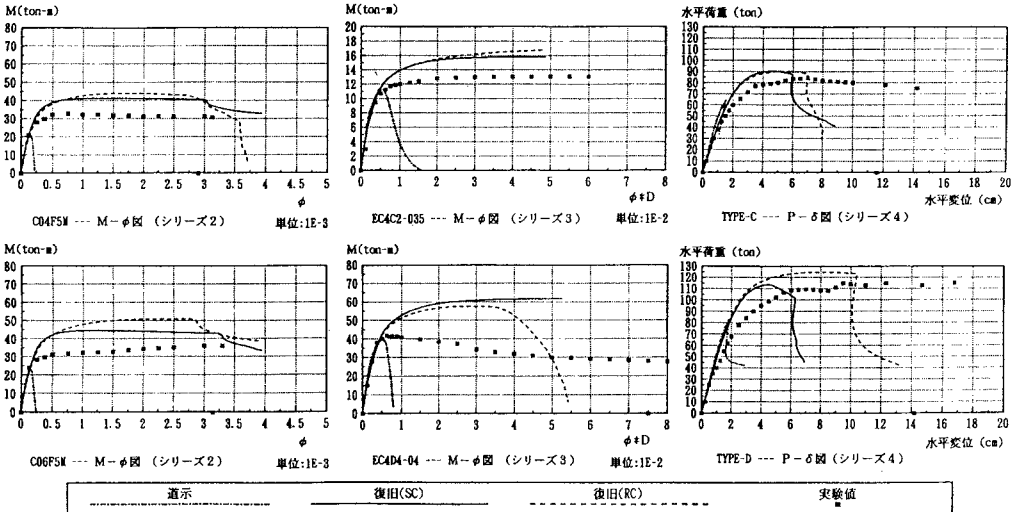


図-2 各モデルの解析と実験結果の比較

【参考文献】 1) 太田 誠一: コンクリート充填鋼管を用いた多軸圧縮試験の力学特性, 土木学会第50回年次学術講演会 (平成7年9月). 2) 日本建設学会: 道示指示方書-同軸圧縮試験法(編), 1990年2月. 3) 日本建設学会: 「同軸圧縮試験より被災した鋼管の復旧に係る仕様」の検討に関する参考資料(第6号), 平成7年6月. 4) 上野 利夫: 充満鋼管コンクリート柱に関する研究(その2) 中心圧縮試験, 日本建築学会大会学術講演要録 第1615-1616, 1983. 10. 5) 上野 利夫: コンクリート充填鋼管の超軸圧縮試験の適用に関する研究, 日本建築学会大会学術講演要録 第1067-1068, 1990. 10. 6) 磯野 健治ら: ハイブリッド構造に関する日米共同研究(第6号)FT-7)コンクリート充填鋼管柱の曲げ実験, 日本建築学会大会学術講演要録 第747-748, 1985. 8. 7) 磯野 健治ら: コンクリート充填鋼管の軸圧縮(その2), ISSN 0386-5878, 資料2724号, 平成7年2月.