

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、配筋と内型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に示した鋼材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。

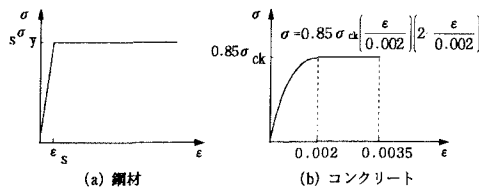


図-1.1 道路橋示方書

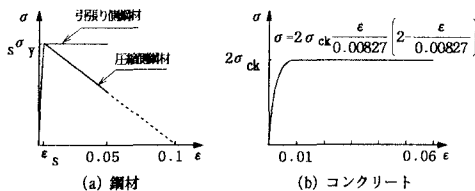


図-1.2 復旧仕様(SC)

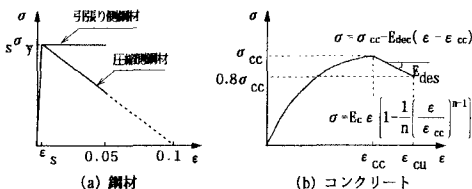


図-1.3 復旧仕様(RC)

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 ー ズ	試 験 体 名	寸 法			鋼 管			コンクリート			最大軸圧縮耐力					
		外 径	内 厚	径厚比	降 伏	引 張	ヤング率	圧 縮	ヤング率	実験値	道 示		復旧仕様(SC)		復旧仕様(RC)	
		D mm	t mm	D/t	σ_s kg/cm ²	σ_t kg/cm ²	E t/cm ²	σ_s kg/cm ²	E t/cm ²	N _{max} t	計算値 t	実験値 t	計算値 t	実験値 t	計算値 t	実験値 t
1	C04LB	299	4.50	67	3890				231	393	321	1.22	525	0.75	918	0.43
	C06LB	300	5.74	52	4080			283	224	463	374	1.24	573	0.81	1142	0.41
	C08LB	299	7.65	39	3920				224	502	427	1.18	615	0.82	1361	0.37
	C04MB	297	4.50	66	3890			363	332	464	362	1.28	623	0.74	972	0.48
	C06MB	298	5.74	52	4080			330	289	523	396	1.32	627	0.83	1174	0.44
	C08MB	296	7.65	39	3920			362	336	594	462	1.29	702	0.85	1421	0.42
	C06HB	300	5.74	52	4080					810	684	1.18	1302	0.62	1560	0.52
	C08HB	300	7.65	39	3920			841	480	856	730	1.17	1328	0.64	1810	0.47

表-2 曲げ圧縮

シ リ ー ズ	試 験 体 名	寸 法			鋼 管			コンクリート			最大曲げ耐力					
		外 径	径厚比	軸力比	降 伏	引 張	ヤング率	圧 縮	ヤング率	実験値	道 示		復旧仕様(SC)		復旧仕様(RC)	
		D mm	D/t	N/N ₀	σ_s kg/cm ²	σ_t kg/cm ²	E t/cm ²	σ_s kg/cm ²	E t/cm ²	M _{max} t-m	計算値 t-m	実験値 t-m	計算値 t-m	実験値 t-m	計算値 t-m	実験値 t-m
2	C04P5M		70.6	0.50	4466	5915		675		33.2	21.3	1.56	41.3	0.80	43.9	0.76
	C06P5M	300	51.5	0.51	4285	5576	2100	631	355	36.4	22.9	1.59	44.4	0.82	50.9	0.72
	C08P5M		35.7	0.48	4086	5604		666		52.2	29.3	1.78	51.7	1.01	62.0	0.84
3	EC4M-035	150	50.7	0.35				407	310	3.25	2.51	1.29	3.48	0.93	3.79	0.88
	EC4M-06			0.60						2.72	1.65	1.65	3.69	0.74	4.41	0.62
	EC4C2-035	300	101.4	0.35	2890	4160	2280	250	243	13.08	11.30	1.16	15.81	0.83	16.79	0.78
	EC4C2-06			0.60						11.19	7.53	1.49	17.28	0.65	19.60	0.57
	EC4D4-04	450	152.0	0.40				407	310	41.78	40.10	1.04	61.70	0.68	57.50	0.73
	EC4D4-06			0.60						35.36	29.00	1.22	70.90	0.50	63.10	0.56

表-3 曲げ引張耐力

シ リ ー ズ	試 験 体 名	寸 法			鋼 管			コンクリート			最大引張耐力					
		外 径	径厚比	軸力比	降 伏	引 張	ヤング率	圧 縮	ヤング率	実験値	道 示		復旧仕様(SC)		復旧仕様(RC)	
		D mm	D/t	N/N ₀	σ_s kg/cm ²	σ_t kg/cm ²	E t/cm ²	σ_s kg/cm ²	E t/cm ²	P _{max} t	計算値 t	実験値 t	計算値 t	実験値 t	計算値 t	実験値 t
4	A	116.7	0.50	4400			2100	271	289	64.0	47.4	1.35	75.8	0.81	79.4	0.81
	B	116.7	0.51	4400				341	277	78.0	52.2	1.36	83.2	0.94	84.7	0.92
	C	116.7	0.48	4400				436	301	83.0	64.5	1.29	90.4	0.92	90.2	0.92
	D	58.3	0.51	4400				284	257	115.0	82.9	1.38	113.8	1.01	124.7	0.92

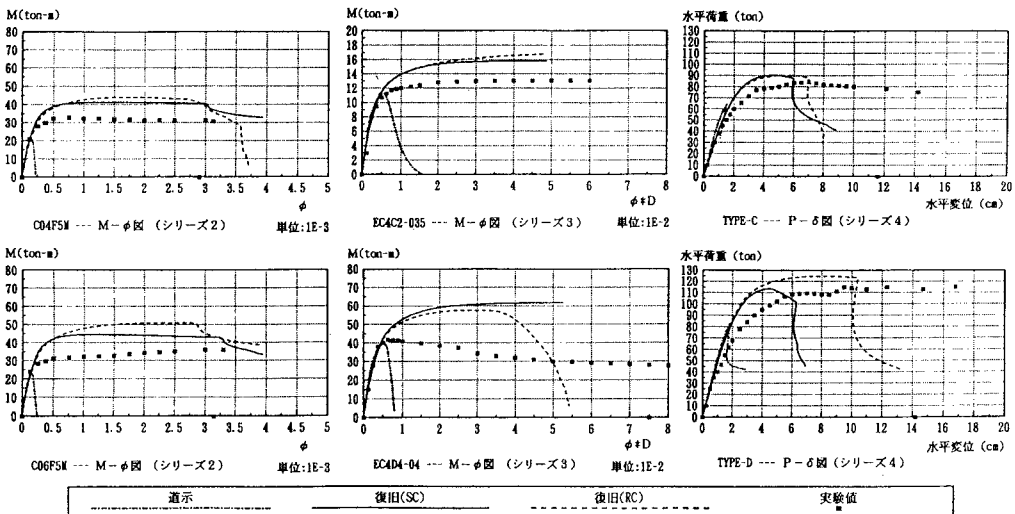


図-2 各モデルの解析と実験結果の比較

【参考文献】 1) 太田 誠一：コンクリート管柱の設計と施工，土木学会第50回年次学術講演会（平成7年8月）。 2) 日本建設学会：道徳指示方書・同規格管柱設計仕様，1990年2月。 3) 日本建設学会：「阪神・淡路大震災による被災した建築物の調査と被害状況」の資料に関する参考資料（第6号），平成5年6月。 4) 上野 弘明：充満コンクリート管柱に関する研究（その2）中心圧縮試験，日本建築学会大会学術講演要録，pp.1615~1616，1989.10。 5) 上野 弘明：コンクリート管柱の設計と施工に関する研究（その1）中心圧縮試験，日本建築学会大会学術講演要録，pp.1067~1068，1990.10。 6) 上野 弘明：コンクリート管柱の設計と施工に関する研究（その2）曲げ引張試験，日本建築学会大会学術講演要録，pp.747~748，1985.8。 7) 上野 弘明：コンクリート管柱の設計と施工に関する研究（その2），ISSN 0386-5878，第27巻第2号，平成7年2月。