コンクリート充填矩形断面柱の耐力評価について

九州大学工学部　学生員　○藤原　優
山口大学工学部　正会員　　高海克彦
山口大学工学部　正会員　　濱田純夫

1. はじめに

ＲＣ橋脚の周囲に鉄板を巻き立てたり、鋼管の中にコンクリートを充填したりした合成橋脚は、大きな軸力と曲げモーメントを受ける場合に、周囲の鉄板の拘束効果により大きな耐力と変形性能の向上が期待できる。改訂された道路橋示方書耐震編ではコンクリート充填鋼製橋脚の地震時保有水平耐力および許容塑性率を鉄筋コンクリート橋脚に準じて算定することが規定されている。しかしながら、用いられる構成則は実験結果との適用性に改良の余地のあることも指摘されている。

本研究は設計基準の適用性を既往の実験結果と比較し、幾つかの知見を得ることを目的とするものである。

2. 実験概要 [1)]

鋼管は長さＬ=75cm、辺長Ｂ=25cm の矩形断面で、板厚とコンクリート強度レベル（Ｌ,Ｍ,Ｈ）をパラメーターとしている。表１に試験体一覧を示す。試験体コードは左から順にＲ：矩形，06～12：公称板厚，Ｌ，Ｍ，Ｈ：コンクリートの強度レベル，3～5：軸力比×10 である。試験体のせん断スパン比（Ｌ/Ｂ）はすべて３に統一してある。実験ではせん断破壊は生じていない。

表１　試験体コード

試験体コード	鋼管			コンクリート		導入軸力
	板厚 t, mm	幅厚比 D/t, B/t	σcr, σy tf/cm²	fc tf/cm²	Ec tf/cm²	N ton
R06L5	5.76	43.4	3.79	0.308	243	191
R08L5	7.65	32.7	3.66	0.308	243	216
R12L5	11.89	21.0	3.23	0.308	243	251
R06M5	5.76	43.4	3.79	0.388	355	214
R08M5	7.65	32.7	3.66	0.388	345	238
R12M5	11.89	21.0	3.23	0.388	355	271
R06H5	5.76	43.4	3.79	0.866	350	350
R08H5	7.65	32.7	3.66	0.866	369	369
R12H5	11.89	21.0	3.23	0.866	393	393

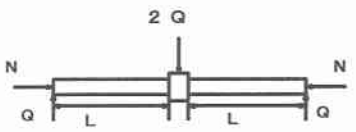

図１載荷状況

3. 解析に使用した応力ーひずみ曲線

（充填鋼管柱の構成則）

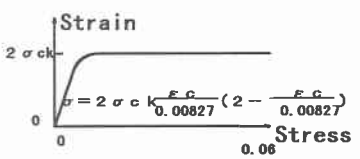

図２コンクリートの応力ーひずみモデル

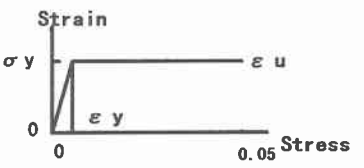

図３鉄筋の応力ーひずみモデル（引張）

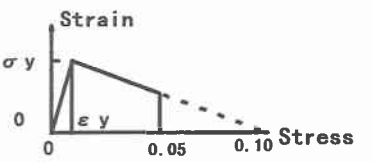

図４鉄筋の応力ーひずみモデル（圧縮）

（ＲＣ柱の構成則）

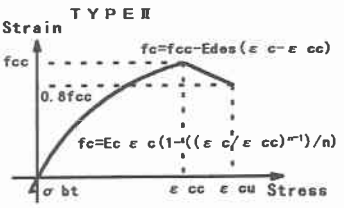

図５コンクリートの応力ーひずみモデル

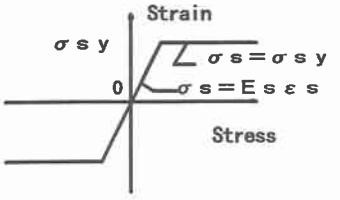

図６鉄筋の応力ーひずみのモデル

タイプⅠのコンクリートの応力ーひずみモデルは図５で終局ひずみがεcc となる。タイプⅡではεcu である。

4. 最大耐力の解析結果

表１のデータから解析により曲げ耐力と曲率の関係（Ｍ－Φ関係）を求めた。そして表２に示すように曲げ耐力の最大値を実験値と比較した。

解析では、コンクリートの強度レベルが大きくなるにつれて最大耐力の値も大きくなっている。しかしながら、実験値はそうなっておらずコンクリートの強度レベルＭのものの方がＬのものよりも大きな値を示している。このため（解析値）／（実験値）が強度レベルＭの試験体で１より小さい値となっている。

しかし、一般的にコンクリートの強度レベルが高くなるにつれ耐力の値も大きくなることは事実である。強度レベルＭ以外のＬとＭでは（解析値）／（実験値）が１を超え、本研究で使用した応力－ひずみモデルが設計に対して安全側の耐力の値を算定できることを意味している。

（凡例）

◆ 充填鋼管柱の構成則を用いた場合

□ ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）の構成則を用いた場合

△ ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）の構成則を用いた場合

表２ 曲げ耐力の最大値

供試体	利用した構成則	最大値			終局値
		実験値Ma (tf-m)	解析値Mb (tf-m)	Mb/Ma	解析値Ｍｄ (tf-m)
R06L5	充填鋼管柱	24.8	28.2	1.137	24.2
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	24.8	28.7	1.157	28.5
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	24.8	29.1	1.173	28.4
R08L5	充填鋼管柱	28.1	34.4	1.224	28.7
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	28.1	35.7	1.270	35.7
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	28.1	27.5	0.979	26.5
R12L5	充填鋼管柱	44.1	34.4	0.780	28.7
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	44.1	45.3	1.027	45.3
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	44.1	45.3	1.027	44.1
R06M5	充填鋼管柱	35.6	26.5	0.744	13.8
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	35.6	27.5	0.772	27.3
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	35.6	27.5	0.772	26.5
R08M5	充填鋼管柱	42.2	35.4	0.839	30.3
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	42.2	36.6	0.867	36.5
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	42.2	36.6	0.867	35.6
R12M5	充填鋼管柱	64.7	44.5	0.688	36.0
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	64.7	46.2	0.714	46.0
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	64.7	46.1	0.713	44.8
R06H5	充填鋼管柱	35.1	33.7	0.960	12.7
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	35.1	35.2	1.003	35.2
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	35.1	34.7	0.989	34.0
R08H5	充填鋼管柱	39.2	40.2	1.026	16.4
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	39.2	41.7	1.064	41.7
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	39.2	51.2	1.306	49.4
R12H5	充填鋼管柱	50.0	49.6	0.992	22.8
	ＲＣ柱（TYPE Ⅰ）	50.0	51.2	1.024	51.0
	ＲＣ柱（TYPE Ⅱ）	50.0	51.2	1.024	49.4

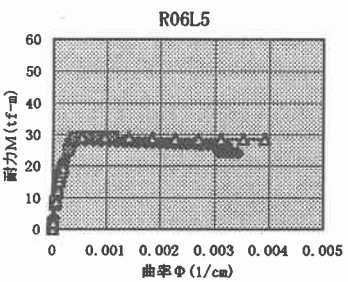

図 7 R06L5 のＭ－Φ図

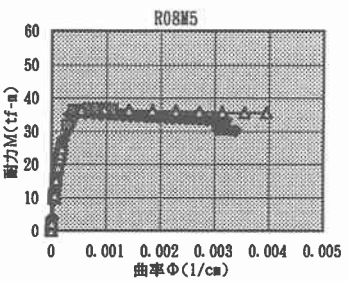

図 8 R08M5 のＭ－Φ図

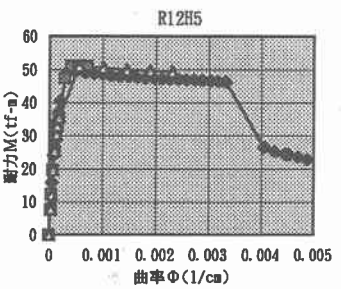

図 9 R12H5 のＭ－Φ図

充填鋼管柱の構成則を用いてＭ－Φ関係を算定すると終局付近で耐力値が急激に低下する部分がみられる。この原因は鋼の応力－ひずみ関係が充填鋼管柱とＲＣ柱で異なることから生じてくる。ＲＣ柱では応力値が $\varepsilon=\pm\infty$ に対しても定義されているが、充填鋼管柱では $|\varepsilon|>0.05$ で応力値は０とされている。このことが解析に反映されたと考えられる。

5. 結論

①現在提案されている応力－ひずみモデルは実験値に対してある程度安全側の耐力値を算定できる。

②現在提案されているＲＣ柱タイプⅡの応力－ひずみモデルにおける終局ひずみの定義式を用いた場合の計算結果は入力するデータの値（断面におけるコンクリートと鉄筋の板厚比、コンクリートの強度レベルなど）によって大きなばらつきを示す。

参考文献　１）加藤勉　曲げと圧縮をうけるコンクリート充填鋼管柱の耐力、変形能力