

第6章 角形鋼管柱、円形鋼管柱およびコンクリート充填角形鋼管柱 の変形性能

§ 6. 1 序

本章の研究目的は、円形鋼管、角形鋼管およびコンクリート充填角形鋼管柱材を対象とし、「構造計算指針・同解説」^{6.1)}、「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」^{6.2)}、「鋼構造限界状態設計規準(案)・同解説」^{6.3)}で変形性能に関して設定されている値の妥当性を、本論文の3章から5章の実験結果をもとに検討することである。

国際的にコンセンサスの得られている構造物の耐震設計の基本的立場は、1) 中規模の地震に対しては、内外装材を含めて構造物に実質的な損傷はなく(財産保護)、2) 大地震に対しては、構造体の崩壊によって人命に損傷を与えてはならない(人命保護)である^{6.4)}。

わが国においては、1981年に新耐震設計法^{6.1)}が施行される以前は、建築物各階の重量に水平震度0.2を乗じて地震力とし、骨組を許容応力度(弾性)設計していた。これは、上記の中規模または大地震のどちらを対象にしているかははっきりしていない。また、地震記録の蓄積や、超高層建築の実現を可能とした動的応答解析の結果より、従来の耐震規定では、地震力を適切に評価しているとは言えないことがわかってきた。すなわち、最大級の地震の地動の加速度は300~400 cm/sec²と推定されているが、構造物が弾性であれば加速度応答では1Gにもなりうること、高さ方向の地震力分布も長方形分布ではないこと等である。

すべての建築物に対して、静的予備設計をしたあと動的応答解析を行い、耐震性能を検討することが出来れば理想的だが、現時点では不可能である。新耐震設計法では、一般的な建物の耐震設計に対して、上記の動的応答解析で得られた知見を踏まえて、中地震および大地震時の標準層せん断力係数として、それぞれ、 $C_0=0.2$ 、 $C_0=1$ を設定し、また地震層せん断力係数の構造物の高さ方向の分布を表す A_i 分布や、地盤や建築物の固有周期の関数となる振動特性係数 R_t を規定し、静的解析で耐震性を検討している。 $C_0=0.2$ および1は地震力として、それぞれ地動の最大加速度で70~80 cm/sec²程度、300~400 cm/sec²程度の地震であるが、中地震と大地震の2種類を考えていることは、上記の国際的コンセンサスの得られている耐震設計の基本的立場に立つことを明確にし、また、建築物の設計法的世界的な趨勢となっている限界状態設計法を耐震設計に取り入れたものと考えられる。

新耐震設計法以前の基・規準で設計された建築物が強い地震に耐えたのは、設計震度に対する余剰耐力と降伏後の「粘り」によるものであったと考えられる。すなわち、「粘り」に関しては、弾性構造物に入力される地震力よりも小さい保有耐力をもつ建築物では、構造物各部が降伏するため、構造物に作用する力は保有耐力以上にならず、これに伴う変形に耐えるような降伏後の「粘り」を持つことにより地震に抵抗できたと考えられる。鉄骨構造のように部材の寸法制限をすることにより、「粘り」のある

骨組を設計することが可能である場合には、骨組の塑性変形を許容し、「粘り」で抵抗する骨組の方が経済的な設計ができると考えられる。

「粘り」は、建物の塑性変形能力、エネルギー吸収能力として定量化されるが、新耐震設計法を含めて、それ以後に発表されている「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」、 「鋼構造限界状態設計規準（案）・同解説」では、大地震に対する耐震設計に対して、建築物の「粘り」の重要性を考え、耐震設計に取り入れている。その骨子は、建築物の変形能力、エネルギー吸収能力に応じて、建物に必要な保有水平耐力を低減する、あるいは設計用地震荷重を低減させるというものである。これらの文献では、想定する地震力としては、設計対象としている骨組が線形弾性応答をすとした時、その標準ベースシヤール係数を1と考えているが、低減係数の値は弾塑性応答をすときの骨組の終局耐力と塑性変形応答量あるいはエネルギー吸収能力の関係が、線形弾性応答せん断力との対応で関係づけられる必要がある。

骨組の終局耐力を設定した弾塑性地震応答において、その塑性変形応答量と骨組を線形弾性とした時の応答せん断力との関係は、「最大変位一定則」、「ひずみエネルギー一定則」等、種々の提案がなされている。構造物の耐震性を静的解析により確保しようとする場合、骨組が変形性能、エネルギー吸収能力に見合った強度を保有することを確認するという基本的な考え方は一致しているが、建物の保有耐力と変形能力という2つの特性値を、地震の荷重効果に対してどう対応させるかについては各指針・規準により違いがみられ、統一されていない。

冷間成形円形鋼管、角形鋼管に対しては、塑性加工により降伏応力度が大幅に上昇し、また降伏比が大きくなっていることより、塑性変形能力が小さくなることが予想される。しかしながら、文献6. 2)、 6. 3)の柱材の変形能力は、鋼管短柱の実験結果より予測されているものであり、柱材の実験結果とは検討されていない。

したがって、本章の研究目的は、円形鋼管、角形鋼管およびコンクリート充填角形鋼管柱材を対象とし、各種指針・規準で変形性能に関して設定されている値の妥当性を、本論文で得られた実験結果をもとに検討することである。

§ 6. 2 各種規準および指針の検討

6. 2. 1 構造計算指針・同解説

この指針では、構造物の変形性能に関する評価は構造特性係数 D_s で行っている。構造特性係数 D_s は、地震時に許容できる塑性変形の程度とエネルギー吸収能力および振動減衰性に応じて、必要保有水平耐力を低減する係数と考えられる。

鉄骨造では、幅厚比（径厚比）、材料強度をパラメータとして柱・はりの種別をFA～FDの4種類に分類し、さらに筋かいの細長比（BA～BCの3種類）、プレースの保有水平耐力の分担率 β_u をもとに構造特性係数を0.25～0.5の数値で与

えている。

表 6. 1 に角形鋼管，円形鋼管に関しての柱・はりの種別と，対応する剛節架構（ $\beta u = 0$ ）の場合の構造特性係数 D_s を示す。

表 6. 1 柱・はりの種別と構造特性係数

	鋼種	F A	F B	F C	F D
角形鋼管柱材	STKR41	3 3	3 7	4 8	左 記 以 外
	STKR50	2 7	3 2	4 1	
円形鋼管柱材	STK41	5 0	7 0	1 0 0	
	STK50	3 6	5 0	7 3	
構造特性係数	—	0. 2 5	0. 3	0. 3 5	0. 4 0

この指針では，構造特性係数 D_s の評価法は明示されていないが，一例として，下式を示している。

$$D_s = \frac{D_h}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad (6. 1)$$

ここで， $D_h = 1. 5 / (1 + 10h)$ ， μ は骨組各階の塑性率， h は減衰定数。

(6. 1) 式では， μ は各階の塑性率であり，対応する部材の塑性率は明示されていない。骨組の降伏変位は，はり材やパネル部の変形もはいるため，柱材の塑性率をそのまま用いることは危険側になる場合もあるが，ここでは本論文各章の R95 を塑性変形能力とし，

$$\mu = R95 + 1 \quad (6. 2)$$

として，塑性率 μ をもとめ，式 (6. 1) に代入して構造特性係数 D_s を求めた（ただし， $D_h = 1$ とした）。これは 1 層 1 スパン骨組ではりが剛の場合に対応する。また，コンクリート充填鋼管は鉄骨鉄筋コンクリート構造に分類されるが，ここでは鉄骨構造として考えている。

表 6. 2 (a) ~ (c) に構造特性係数 D_s を示す。また，図 6. 1 に幅厚比と D_s の関係を示す。図中には，表 1 の F A ~ F D に対応する区分を点線で示している。この区分は，表 6. 1 の幅厚比に対して，材料強度の規準値 F を考えた対応する値より算定したものである（円形鋼管：F A ; 120/ F ，F B ; 168/ F ，F C ; 240/ F ，角形鋼管：F A ; 51/ \sqrt{F} ，F B ; 57/ \sqrt{F} ，F C ; 74/ \sqrt{F} ）。なお表 6. 2 で，耐力の項に * がつい

ているのは計算耐力に達しなかった事を示す。

図6.1(a)より円形鋼管柱の場合は、FAクラス、FBクラスに入る径厚比では、構造特性係数1Dsは指針の値以下となり、安全側となるが、FC、FDクラスに入る幅厚比では、規定された値以上となる場合がある。また、図6.1(b)より、角形鋼管柱の場合は、FA~FDクラスに対して、ほとんど全ての試験体に対して規定された値以上となる。図6.1(c)より、コンクリート充填鋼管柱は、すべてがFDランクにあるが、1Dsの値は0.17から0.31の間にあり、鋼構造設計規準の幅厚比制限値の2倍を超える幅厚比でもFBランクが期待できる。

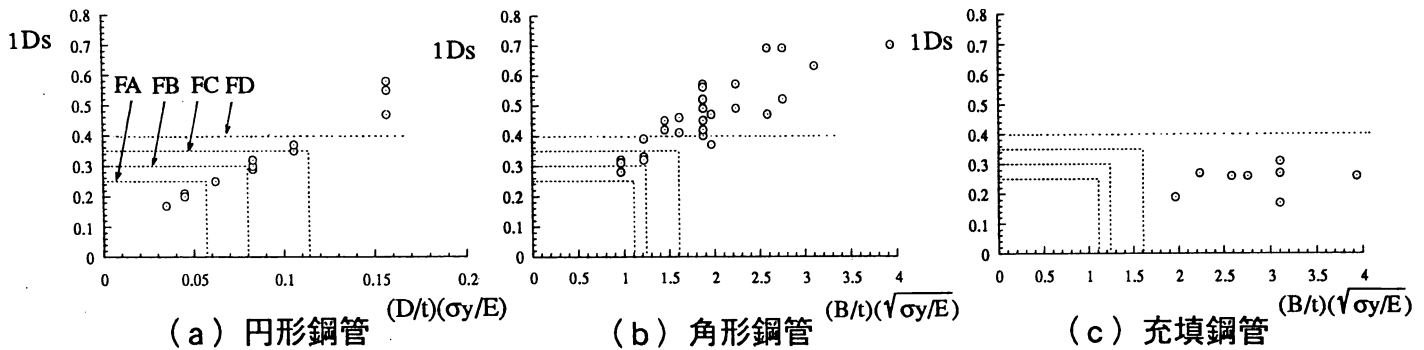


図6.1 構造特性係数1Ds-幅厚比(径厚比)関係

表6.2(a) 円形鋼管の変形性能

*: 全塑性モーメント計算値に達しない
↑: 左の値以上

番号	試験体	耐力	無次元化 径厚比	文献6.1)				文献6.2)		文献6.3)
				R95	1Ds	R95'	1Ds'	η	2Ds	Rmax
1	I-201		0.0452	10.98 ↑	0.21	38.97	0.11	11.20 ↑	0.21	10.98
2	I-203		0.0452	11.59 ↑	0.20	41.06	0.11	11.91 ↑	0.20	8.79
3	I-205		0.0452	12.41	0.20	43.88	0.11	13.72 ↑	0.19	9.16
4	II-201		0.0452	-	-	-	-	32.51	0.12	-
5	II-203		0.0452	-	-	-	-	24.50	0.14	-
6	II-205		0.0452	-	-	-	-	18.50	0.16	-
7	I-203A		0.0349	16.20 ↑	0.17	33.81	0.12	19.34 ↑	0.16	15.30
8	II-203A		0.0349	-	-	-	-	64.10	0.09	-

9	I-401	*	0.0832	5.26	0.29	17.39	0.17	3.39	0.36	3.97
10	I-403	*	0.0832	4.98	0.30	16.52	0.17	2.14	0.44	2.69
11	I-405	*	0.0832	4.34	0.32	14.54	0.18	2.62	0.40	3.50
12	II-401	*	0.0832	-	-	-	-	3.94	0.34	-
13	II-403	*	0.0832	-	-	-	-	4.17	0.33	-
14	II-405	*	0.0832	-	-	-	-	1.95	0.45	-
15	I-403A		0.0624	7.22	0.25	12.97	0.19	9.72	0.22	6.45
16	II-403A		0.0624	-	-	-	-	6.72	0.26	-

17	I-601		0.106	3.62	0.35	8.26	0.24	3.62	0.35	1.90
18	I-603		0.106	3.11	0.37	7.18	0.26	2.67	0.40	2.74
19	I-605	*	0.106	3.20	0.37	7.37	0.25	1.46	0.51	1.95
20	II-601		0.106	-	-	-	-	3.99	0.33	-
21	II-603		0.106	-	-	-	-	2.28	0.42	-
22	II-605	*	0.106	-	-	-	-	2.31	0.42	-

23	I-901	*	0.157	1.78	0.47	5.01	0.30	1.02	0.57	1.35
24	I-903	*	0.157	1.17	0.55	3.53	0.35	0.34	0.77	0.62
25	I-905	*	0.157	0.99	0.58	3.10	0.37	0.37	0.76	0.68
26	II-901	*	0.157	-	-	-	-	0.94	0.59	-
27	II-903	*	0.157	-	-	-	-	0.49	0.71	-
28	II-905	*	0.157	-	-	-	-	0.61	0.67	-

表 6.2 (b) 角形鋼管の変形性能

番号	試験体	耐力	無次元化 幅厚比	文献 6. 1)				文献 6. 2)		文献 6. 3) R max
				R 95	1 D s	R 95'	1 D s'	η	2 D s	
1	221		0.97	5.84	0.28	16.50	0.17	8.52	0.24	3.33
2	223		0.97	4.39	0.32	12.61	0.20	5.70	0.28	3.12
3	225		0.97	4.79	0.31	13.68	0.19	6.11	0.28	4.44
4	251(1)		1.22	4.20	0.33	17.14	0.17	4.09	0.33	3.41
5	251(2)		1.22	2.76	0.39	11.74	0.20	2.19	0.43	2.25
6	253		1.22	4.33	0.32	17.63	0.17	5.23	0.30	2.56
7	253C		1.22	-	-	-	-	4.28	0.32	-
8	311		1.46	2.36	0.42	8.60	0.23	2.61	0.40	1.30
9	313		1.46	1.93	0.45	7.23	0.25	2.07	0.44	1.11
10	331		1.62	2.46	0.41	9.86	0.22	1.71	0.48	1.93
11	333	*	1.62	1.85	0.46	7.73	0.25	1.21	0.54	1.58
12	335		1.62	1.86	0.46	7.76	0.25	1.12	0.56	1.30
13	331C		1.62	-	-	-	-	2.12	0.44	-
14	333C		1.62	-	-	-	-	1.28	0.53	-
15	335C	*	1.62	-	-	-	-	1.10	0.56	-
16	471	*	1.88	2.66	0.40	5.51	0.29	1.11	0.56	1.62
17	473	*	1.88	1.92	0.45	4.10	0.33	0.77	0.63	1.27
18	473D	*	1.88	1.59	0.49	3.48	0.35	1.08	0.56	1.44
19	475	*	1.88	2.40	0.42	5.02	0.30	1.30	0.53	1.02
20	476	*	1.88	1.36	0.52	3.04	0.38	0.39	0.75	1.09
21	471A	*	1.88	1.60	0.49	3.49	0.35	1.23	0.54	1.56
22	473A	*	1.88	1.05	0.57	2.45	0.41	0.36	0.76	0.60
23	475A	*	1.88	1.09	0.56	2.52	0.41	0.73	0.64	0.91
24	471C	*	1.88	-	-	-	-	1.12	0.56	-
25	473C	*	1.88	-	-	-	-	1.11	0.56	-
26	476C	*	1.88	-	-	-	-	-	-	-
27	471	*	1.97	3.10	0.37	8.86	0.23	0.97	0.58	1.79
28	473	*	1.97	1.80	0.47	5.48	0.29	0.59	0.68	1.32
29	601	*	2.59	1.75	0.47	5.56	0.29	0.27	0.81	0.82
30	603	*	2.59	0.56	0.69	2.36	0.42	-	-	0.00
31	751	*	3.11	0.76	0.63	2.37	0.42	0.00	1.00	0.40
32	753	*	3.11	0.00	-	-	-	-	-	-
33	941	*	3.94	0.53	0.70	1.86	0.46	-	-	0.40
34	943	*	3.94	0.00	-	-	-	-	-	-
35	H-471	*	2.24	1.56	0.49	4.29	0.32	0.47	0.72	1.03
36	H-473	*	2.24	1.06	0.57	3.12	0.37	0.16	0.87	0.63
37	H-581	*	2.76	1.33	0.52	3.65	0.35	0.47	0.72	1.04
38	H-583	*	2.76	0.56	0.69	1.90	0.46	-	-	0.35

表 6.2 (c) 充填鋼管の変形性能

番号	試験体	耐力	無次元化 幅厚比	文献 6. 1)				文献 6. 2)		文献 6. 3) R max
				R 95	1 D s	R 95'	1 D s'	η	2 D s	
1	CM473		1.97	12.78	0.19	-	-	17.67	0.17	6.24
2	CM603		2.59	7.08	0.26	-	-	8.24	0.24	3.19
3	CM751		3.11	17.56	0.17	-	-	28.05	0.13	5.35
4	CM753		3.11	6.16	0.27	-	-	6.44	0.27	3.02
5	CM754		3.11	4.61	0.31	-	-	4.00	0.33	2.58
6	CM943		3.94	7.08	0.26	-	-	7.83	0.24	3.53
7	CC473		1.97	-	-	-	-	10.48	0.21	-
8	CC603		2.59	-	-	-	-	10.50	0.21	-
9	CC753		3.11	-	-	-	-	6.26	0.27	-
10	CC943		3.94	-	-	-	-	12.36	0.20	-
11	HT-CM473	*	2.24	6.27	0.27	-	-	3.15	0.37	1.97
12	HT-CM583	*	2.76	7.15	0.26	-	-	4.19	0.33	2.62
13	HT-CC473	*	2.24	-	-	-	-	3.35	0.36	-
14	HT-CC583	*	2.76	-	-	-	-	3.97	0.33	-

図6.1の構造特性係数の値は、引張試験による降伏応力度をもとに算定した弾性限回転角を基準量としてR95を求め、式(6.1)で算定した。したがって、算定したDs値に対応する保有耐力は引張試験による降伏応力度をもとに算定することになる。しかし、表6.1に示す構造特性係数に対応する保有耐力の算定には、JISに示されている材料強度を用いるから、それに対応する1Ds'を以下のようにして求めた。

図6.2に示すように2つの系に対して、系1(実挙動を理想化したもの)の耐力をMpc、塑性変形能力をR95、系2(耐力をJIS規格値で計算したもの)の耐力をα・Mpc、塑性変形能力をR95'とし、「耐震性能が等価であることは両者の吸収エネルギーが等しいこと」とすると次式が得られる。

$$M_{pc} \cdot \theta_{pc} / 2 + M_{pc} \cdot R_{95} \cdot \theta_{pc} = \alpha \cdot M_{pc} \cdot \alpha \cdot \theta_{pc} / 2 + \alpha \cdot M_{pc} \cdot R_{95}' \cdot \alpha \cdot \theta_{pc} \quad (6.3)$$

したがって、R95'は次式となる。

$$R_{95}' = (0.5 + R_{95}) / \alpha^2 - 0.5 \quad (6.4)$$

図6.3に、円形鋼管および角形鋼管柱材に対して、式(6.4)で求めたR95'を式(6.1)に代入して算定した構造特性係数1Ds'と幅厚比の関係を示す。ここで、式(6.4)右辺のαの値は簡単のため、材料強度規格値Fを実降伏応力度σyで除したものとした。また、表6.2に1Ds'の値を示す。

構造特性係数1Ds'は円形鋼管、角形鋼管ともに、FA~FCの各クラスに対して、表6.1で規定されている構造特性係数よりも概ね小さく、保有耐力の算定に材料強度規格値Fを用いれば、表6.1の構造特性係数はほぼ妥当である。

しかし、降伏応力度が冷間成形のため極めて大きくなっている円形鋼管や角形鋼管柱では、材料強度として規格値を使って柱材の耐力を算定すると実耐力に比べて大幅に耐力を小さく見積ることになる。したがって骨組の崩壊形として理想とされているはり崩壊型として骨組を設計しておけば、柱崩壊型になる可能性はさらに少なくなるが、はりと柱の強度比が計算上と実際のもので異なり、柱材は不経済の設計となる可能性があるだろう。

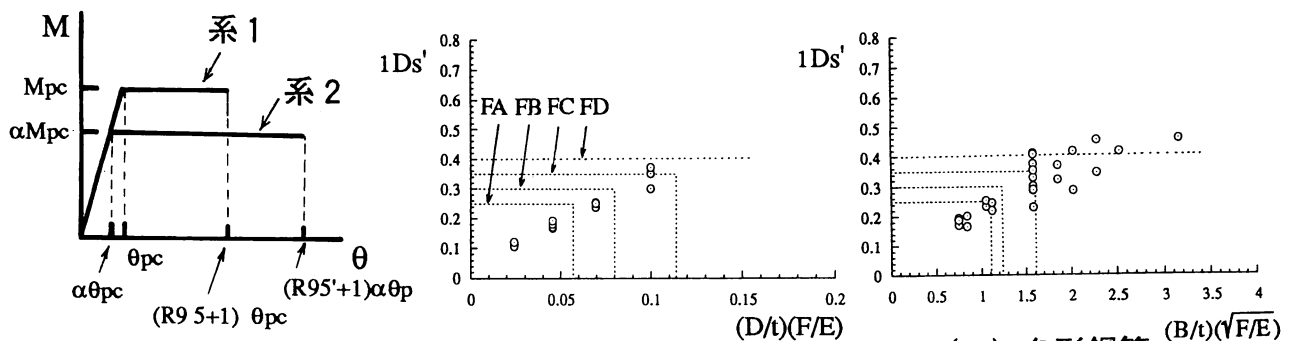


図6.2 等価な耐震性を持つ系1と系2

(a) 円形鋼管

(b) 角形鋼管

図6.3 1Ds' - 幅厚比(径厚比)関係

また、本指針ではF Dクラスの幅厚比を持つ柱も保有耐力を検討すれば設計できるが、これらの柱は本論文3章、4章で示したように実降伏応力度を用いて計算した全塑性モーメントを期待できないため、4章の有効幅の概念を用いた耐力式を用いる等の注意が必要である。

6. 2. 2 建築耐震設計における保有耐力と変形性能（1990）

「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」の変形性能の考え方は、すべての構造種別に統一したものにはなっていない。鋼構造では、エネルギー吸収能力を基準に考え、累積塑性変形倍率が保有耐力と共に耐震性能の特性値となる。累積塑性変形倍率は、全塑性モーメントを維持できる点までで部材が吸収できるエネルギーを完全弾塑性型の復元力特性へ換算したときと変形倍率で定義している。

設定されている柱材および骨組の累積塑性変形倍率を表6. 3に示す。冷間成形鋼管以外の断面では、部材の寸法制限としての幅厚比のクラスはJ I S規格値Fをパラメータとして表されているが、冷間成形材の降伏応力度は規格値Fを大きく上回る事が考慮されており、幅厚比の値は数字で示されている。また、冷間成形材の全塑性耐力は材料の降伏応力度を3. 3 t/cm²と仮定して算定することとなっている。

表6.3 構造ランクと累積塑性変形倍率および寸法制限

	構造ランク			
	I	II	III	IV
柱材の累積塑性変形倍率	6.0	1.5	0	0
骨組の累積塑性変形倍率	7.0	3.25	2.0	1.0
冷間成形角形鋼管の幅厚比	23	28	$74/\sqrt{F}$	—
冷間成形円形鋼管の径厚比	36	54	$240/F$	—

表6. 2に累積塑性変形倍率 η を示す。累積塑性変形倍率 η は、単調加力実験に対しては、荷重-変形関係を図6. 4 (a) ~ (c)に示すように3つに分類し、図中に示すエネルギーEが完全弾塑性型復元力特性を持つ場合と等価となるようにして、塑性変形倍率を求めた。すなわち、図6. 4 (a) ~ (c)の無次元化吸収エネルギーを計算し、次式で η を算定した。

$$\eta = E - 1 / 2 \quad (6. 5)$$

繰返し加力実験に対しては、3~5章の単調挙動と繰返し挙動の対応の項で示したように、正側の荷重-変形関係を重ね合わせたものに対して、単調加力実験の場合と

同様に分類して、累積塑性変形倍率 η を求めた。

図6.5に累積塑性変形倍率 η と幅厚比の関係を示す。図6.5および表6.2より、表6.3に示されている構造ランクと柱材の累積塑性変形倍率は円形鋼管では十分に満足されていること、角形鋼管でもほぼ満足していることがわかる。また、降伏応力度も円形鋼管の焼きなましを行ったもの以外は 3.3 t/cm^2 以上あり、保有耐力も設計では小さく見積ることになり、実験結果と比較すると安全側となる。コンクリート充填鋼管に関しては、幅厚比が鋼構造設計規準の制限値の2倍程度までは、構造ランクIIは期待できる。

本文献では鋼材のバウシinger効果、柱はりパネル部分の吸収エネルギーを考慮し、また正負累積塑性変形を等量として、建物の階数、崩壊形（柱崩壊型、はり崩壊型、パネル崩壊型）をパラメータとして、構造特性係数 D_s を示している。ここでは、表6.2および図6.6に参考のため、式(6.2)右辺の R_{95} のかわりに、累積塑性変形倍率 η を用いて、式(6.1)で計算した構造特性係数 $2D_s$ を示す。図中の点線は比較のために「構造計算指針・同解説」のFA~FDランクと構造特性係数の値の範囲を示したものである。図6.1で示した変形能力 R_{95} から求めた構造特性係数 $1D_s$ とほぼ同様な傾向を示しているが、幅厚比の小さい部分で $2D_s < 1D_s$ となり、大きな

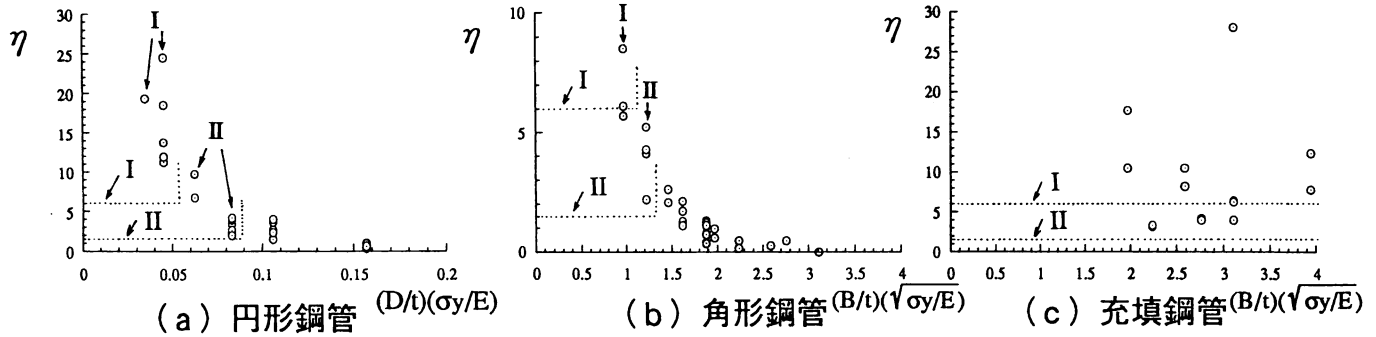


図6.5 塑性変形倍率—幅厚比（径厚比）関係

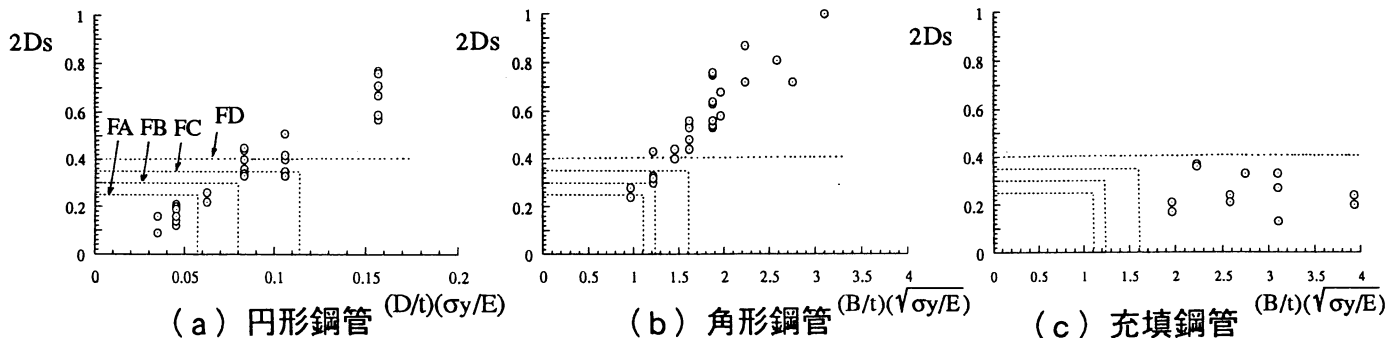


図6.6 構造特性係数 $2D_s$ —幅厚比（径厚比関係）

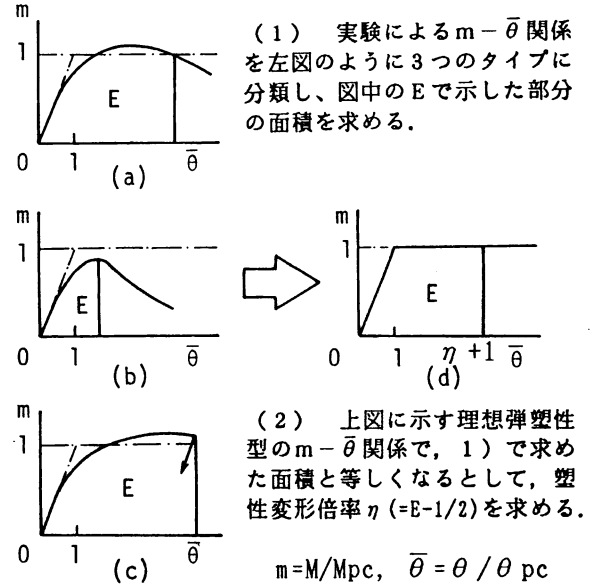


図6.4 塑性変形倍率の求め方

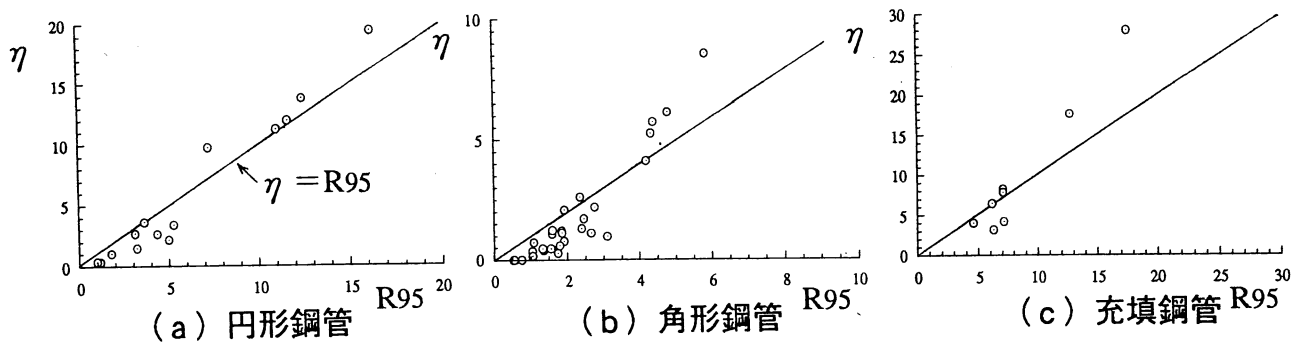


図 6.7 塑性変形能力 R 9 5 - 塑性変形倍率 η 関係

部分で $2D_s > 1D_s$ となっている。これは、図 6. 7 に塑性変形能力 R 9 5 と累積塑性変形倍率 η の関係を示しているが、変形能力 R 9 5 が小さい範囲では、 $R 9 5 > \eta$ となり、R 9 5 が大きくなると、 $R 9 5 < \eta$ となることによる。また、R 9 5 が 5 ~ 1 0 の範囲ではほぼ $R 9 5 \approx \eta$ となることが観察される。

6. 2. 3 鋼構造限界状態設計規準（案）・同解説

この規準（案）では、限界変形量として、抵抗力低下開始時の変形量をとっている。

表 6. 4 に構造区分（S-I ~ S-IV）と対応する骨組の塑性変形能力および部材の塑性変形能力の関係、板要素の幅厚比区分を示している。本規準（案）も、文献 6. 2 と同様に、冷間成形材に対しては、幅厚比の区分は数値で与えられている。

表 6. 4 構造区分と構造特性係数、塑性変形能力および幅厚比（径厚比）

構造区分	S - I	S - II	S - III	S - IV
D s 係数	0. 2 5	0. 3	0. 3 5	0. 4 5
骨組の塑性変形能力の下限	2. 5 ~ 3. 0	1. 8 ~ 2. 3	1. 3 ~ 1. 9	1. 0 ~ 1. 2
部材の塑性変形能力の下限	3. 8 ~ 4. 5	2. 6 ~ 3. 5	(1. 3 ~ 1. 9)	(1. 0 ~ 1. 2)
板要素の幅厚比区分	P - I	P - II	P - III	P - IV
冷間成形角形鋼管柱幅厚比	2 4	2 8	3 6	3 6
冷間成形円形鋼管柱径厚比	3 6	5 4	9 0	9 0

表 6. 2 に耐力時の変形能力 R_{max} を示す。また、図 6. 8 (a) ~ (c) に変形能力 R_{max} と幅厚比の関係を示す。

図 6. 8 (a), (b) より円形鋼管では、表 6. 4 に規定されている値を満足していること、また角形鋼管でもほぼ満足していることがわかる。また、図 6. 8 (c) より、コンクリート充填鋼管では、幅厚比が鋼構造設計規準の 2 倍を超えても、概ね構造区分 S - II にはいることがわかる。

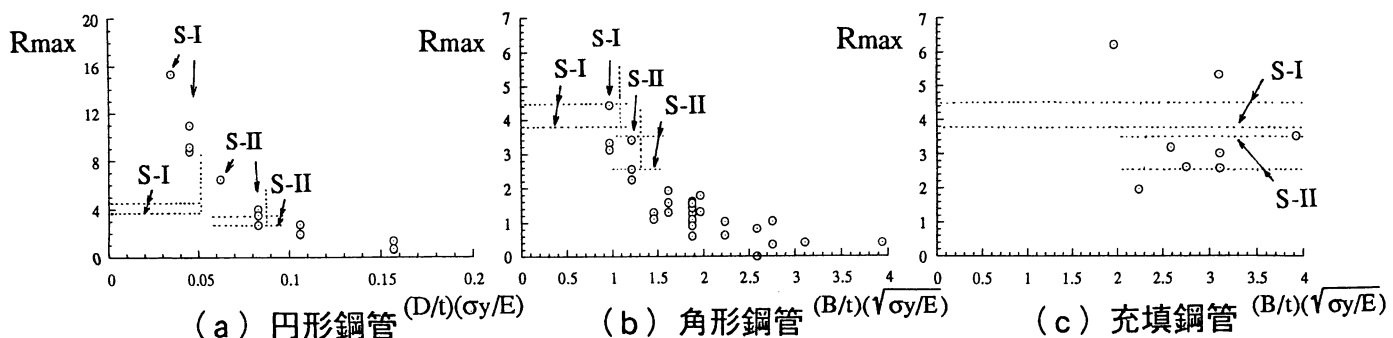


図 6. 8 変形能力 R_{max} - 幅厚比（径厚比）関係

§ 6. 3 結論

本論文の3章から5章の実験結果に基づき、「構造計算指針・同解説」,「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」,「鋼構造限界状態設計規準(案)・同解説」で提案されている部材の変形性能の評価の妥当性を検討した結果,以下の結論が得られた。

1) 「構造計算指針・同解説」の変形性能

引張試験による降伏応力度を基準量の算定に用いた場合,円形鋼管柱は,径厚比の区分がFAクラス,FBクラスに入る幅厚比では,構造特性係数の設定値は安全側となるが,FC,FDクラスに入る幅厚比では,危険側となる場合もある。角形鋼管柱は,FA~FDクラスに対して,ほとんど全ての試験体に対して規定された構造特性係数の値以上となる。コンクリート充填鋼管柱は,鋼構造設計規準の幅厚比制限値の2倍程度の幅厚比でもFBランクが期待できる。

材料強度としてJIS規格値を用いて基準量を算定すれば,規定された構造特性係数の値は円形鋼管,角形鋼管ともに,ほぼ妥当な値となっている。

2) 「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」の変形性能

円形鋼管柱では,設定されている柱材の累積塑性変形倍率は十分に満足されている。角形鋼管柱はほぼ満足している。コンクリート充填鋼管柱に関しては,幅厚比が鋼構造設計規準の制限値の2倍程度までは,構造ランクIIは期待できる。

3) 「鋼構造限界状態設計規準(案)・同解説」の変形性能

円形鋼管柱では,規準(案)に規定されている値を満足している。角形鋼管柱はほぼ満足している。コンクリート充填鋼管では,幅厚比が鋼構造設計規準の2倍を超えても,構造区分S-IIにはいる。

4) 検討した3つの指針,規準において,同じランクとなる幅厚比(径厚比)を持つ円形鋼管と角形鋼管を比較すると,円形鋼管の方が角形鋼管に比べて変形性能は優れている。

第6章の参考文献

- 6.1) 日本建築センター：改正建築基準法施行令新耐震基準に基づく構造計算指針・同解説, 1981.2.
- 6.2) 日本建築学会：建築耐震設計における保有耐力と変形性能(1990), 1990.6.
- 6.3) 日本建築学会：鋼構造限界状態設計規準(案)・同解説, 1990.2.
- 6.4) 日本建築学会：地震荷重と建築構造の耐震性(1976), 1977.6.