

冷間ロール成形角形鋼管  
「トウテツコラム (TSC295)」

技術資料

東京製鐵株式会社

本図書を無断で転載することを禁止します。

## 目次

1. 製品仕様の概要 (1-5p)
2. 技術資料
  - 2.1. 溶接施工要領 (6-17p)
  - 2.2. 性能評価 (18-38p)
3. 設計施工法 (39-40p)

# 1. 製品仕様の概要

本製品は、主として建築構造物の柱材に使用する冷間ロール成形法により製造される角形鋼管であり、その製品の仕様は下記に示す通りである。

## 1. 種類及び名称

トウテツコラム (T S C 2 9 5)

## 2. 製造法

溶解・熱間圧延により製造された帯鋼を、冷間ロール成形法によって造管する。製造工程の概略は図-1に示す通り。

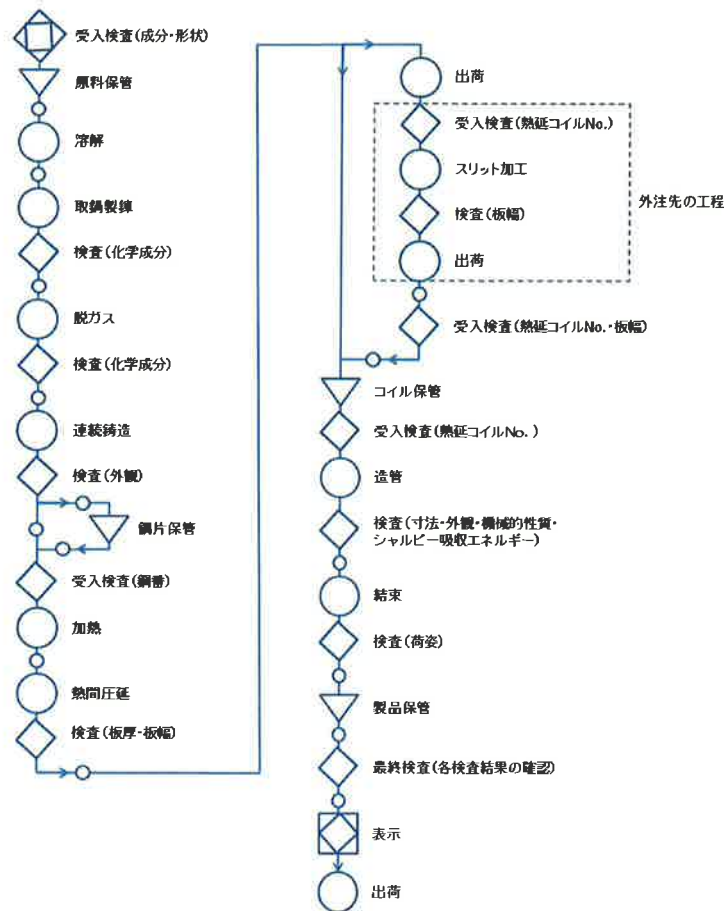


図-1 製造工程の概略

## 3. 製品仕様の概要

東京製鐵(株)社内規格「製品規格(鋼管)」による。なお、本仕様は(財)日本建築センター「冷間成形角形鋼管評価規準」に準拠している。

### 3. 1. 化学成分

化学成分は表-1による。

表-1 化学成分 (単位 %)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sn	全N
0.18 以下	0.35 以下	1.40 以下	0.030 以下	0.008 以下	0.40 以下	0.25 以下	0.040 以下	0.006 以下

備考：1. 必要に応じて、上記以外の合金元素を添加することができる。

2. 全Nは窒化物型とフリーなNの和とする。

3. Al等Nを固定化する元素を添加し、フリーなNが0.006%以下であれば全Nは0.009%まで含有できる。

### 3. 2. 溶接特性

炭素当量及び溶接割れ感受性組成は表-2による。なお、炭素当量、溶接割れ感受性組成は、次の式による。また、計算式に規定された元素は添加の有無にかかわらず、計算に用いる。

炭素当量 (%) =  $C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$

溶接割れ感受性組成 (%) =  $C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$

表-2 炭素当量及び溶接割れ感受性組成 (単位 %)

炭素当量 Ceq	溶接割れ感受性組成 Pcm
0.36 以下	0.26 以下

### 3. 3. 機械的性質

機械的性質は表-3による。

表-3 機械的性質

板厚 (mm)	降伏点又は 0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	降伏比 (%)	伸び	
				試験片	(%)
6 以上 7 未満	295 以上	400 以上 550 以下	90 以下	5 号	21 以上
7 以上 8 未満					22 以上
8 以上 12 未満					24 以上
12 以上 16 以下	295 以上 445 以下				27 以上
16 超 22 以下					31 以上

備考：1. 試験片は、角形鋼管の溶接部分を含まない辺の中央部分から管軸方向に切り取り、JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法) -2011 に規定する5号試験片に仕上げる。

2. 降伏比の算出方法は以下式の通りとする。

降伏比 (%) = [降伏点又は0.2%耐力 (N/mm<sup>2</sup>) / 引張強さ (N/mm<sup>2</sup>)] × 100

3. 4. シャルピー吸収エネルギー

シャルピー吸収エネルギーは表－4による。

表－4 シャルピー吸収エネルギー

試験温度 (°C)	シャルピー 吸収エネルギー (J)	試験片
0	27 以上	Vノッチ 長さ方向

備考：溶接面を除く平板部分について試験を行い、吸収エネルギーは3個の試験片の平均値とする。

3. 5. 寸法許容差

1) 寸法許容差は表－5及び表－6による。ただし、辺の長さ、各辺の平板部分の凹凸、隣合った平板部分のなす角度及び角部の曲率半径を測定する位置は、角形鋼管の両端よりそれぞれ50mmを除く任意の点とする。

表－5 寸法許容差

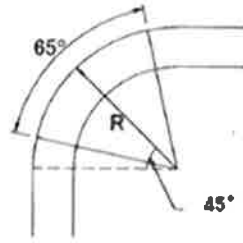
項目及び区分		寸法許容差
辺の長さ		±1.0% かつ ±3.0mm
各辺の平板部分の凹凸		辺の長さの0.5%以下 かつ 3mm以下
隣合った平板部分のなす角度		±1.0度
長さ		-0.0 +規定せず
曲がり	製品長さ9m未満	全長の1/1500以下
	製品長さ9m以上	全長の1/1250以下
ねじれ		$[1.5 \times \text{辺の長さ (mm)} / 1000] \times$ 全長(m)mm以下
厚さ	6mm以上16mm未満	-0.3mm +1.0mm
	16mm以上22mm以下	-0.3mm +1.2mm

- 備考：1. 平板部分とは角部の曲率部分を除く平坦な板部分をいう。  
 2. 各辺の平板部分の凹凸及び隣合った平板部分のなす角度は、溶接の余盛部分を除いた位置で測定する。  
 3. 曲がり許容差は、上下、左右の大曲がりに適用する。  
 4. 板厚の許容差は、平板部分の溶接余盛部分を除いた部分に適用する。

表－6 角部外側の曲率半径及び寸法許容差 (t: 板厚)

項目及び区分	角部外側の 曲率半径標準値	寸法許容差
6mm以上22mm以下	2.5 t mm	±0.5t mm

- 備考：1. 角部外側の曲率半径とは、角部外側中心における曲率半径をいう。(図－2参照)  
 2. 角部外側の曲率の測定は図に示す65度の範囲で測定する。(図－2参照)  
 3. 受渡当事者間の協定によって、曲率半径標準値より大きな曲率半径とすることができる。ただし、この場合の寸法許容差は表－6による。



R : 角部外側の曲率半径

図-2 角部外側の曲率半径

#### 4. 寸法、質量及び断面性能

TSC 295 の寸法、質量及び断面性能は表-7 の通りとする。質量及び断面性能の計算方法は下記による。

##### 4.1. 断面形状

表-7 中の記号は図-1 の通りとする。

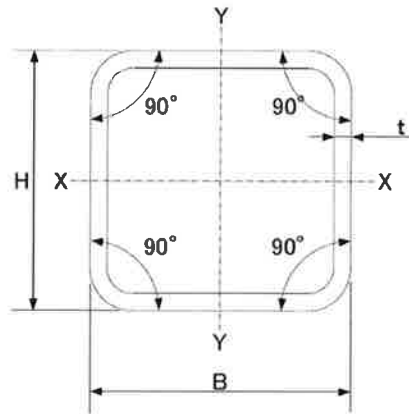


図-1 断面形状

##### 4.2. 質量

単位質量の計算は、 $1\text{cm}^3$  の鋼を  $7.85\text{g}$  とし、次式によって計算し、JIS Z 8401 の規則 A によって有効数字 3 けたに丸める。角部の曲率半径の標準は、厚さの中心線で  $2.0t$  とする。

$$W = 0.0157t ( H + B - 3.716t )$$

W = TSC の単位質量 (kg/m)

t = TSC の厚さ (mm)

H, B = TSC の辺の長さ (mm)

##### 4.3. 断面性能の計算

表-1 の数値は角部外側が  $2.5t$  の曲率半径を有する一様な円弧 (1/4 円) をなすものとして計算する。(図-2 参照)

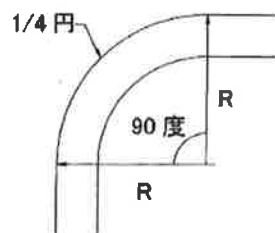


図-2 計算用角部外側曲率半径

表-7 寸法、質量及び断面性能 (R=2.5t で計算)

辺の長さ HxB	厚さ t	単位 質量 W	断面積	断面二次 モーメン ト	断面係数	断面二 次半径	塑性断 面係数	幅厚比 ランク
mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	
150×150	6	26.2	33.32	1,130	150	5.82	178	FA
150×150	9	37.7	47.98	1,540	205	5.66	248	FA
150×150	12	48.1	61.30	1,850	247	5.50	307	FA
175×175	6	30.9	39.32	1,840	210	6.84	246	FA
175×175	9	44.7	56.98	2,550	291	6.68	348	FA
175×175	12	57.5	73.30	3,120	356	6.52	437	FA
200×200	6	35.6	45.32	2,800	280	7.86	327	FC
200×200	8	46.5	59.24	3,570	357	7.76	421	FA
200×200	9	51.8	65.98	3,920	392	7.71	465	FA
200×200	12	67.0	85.30	4,860	486	7.55	588	FA
250×250	6	45.0	57.32	5,620	450	9.90	521	FC
250×250	8	59.1	75.24	7,230	578	9.80	676	FB
250×250	9	65.9	83.98	7,980	639	9.75	750	FA
250×250	12	85.8	109.3	10,100	805	9.59	959	FA
250×250	14	98.5	125.4	11,300	903	9.49	1,090	FA
250×250	16	111	141.0	12,400	992	9.38	1,210	FA
300×300	6	54.4	69.32	9,890	660	11.9	760	FD
300×300	8	71.6	91.24	12,800	853	11.8	991	FC
300×300	9	80.1	102.0	14,200	946	11.8	1,100	FC
300×300	12	105	133.3	18,100	1,200	11.6	1,420	FA
300×300	14	120	153.4	20,400	1,360	11.5	1,620	FA
300×300	16	136	173.0	22,600	1,510	11.4	1,810	FA
300×300	19	158	201.2	25,500	1,700	11.3	2,070	FA
350×350	9	94.2	120.0	23,000	1,310	13.8	1,520	FC
350×350	12	123	157.3	29,400	1,680	13.7	1,970	FA
350×350	14	142	181.4	33,400	1,910	13.6	2,260	FA
350×350	16	161	205.0	37,200	2,130	13.5	2,530	FA
350×350	19	188	239.2	42,400	2,420	13.3	2,910	FA
350×350	22	214	272.0	47,100	2,690	13.2	3,270	FA
400×400	9	108	138.0	34,800	1,740	15.9	2,010	FD
400×400	12	142	181.3	44,800	2,240	15.7	2,610	FC
400×400	14	164	209.4	51,100	2,560	15.6	3,000	FA
400×400	16	186	237.0	57,100	2,850	15.5	3,370	FA
400×400	19	218	277.2	65,400	3,270	15.4	3,900	FA
400×400	22	248	316.0	73,000	3,650	15.2	4,390	FA

## 2. 技術資料

### 2.1. 溶接施工要領

#### 1. 適用範囲

本指針は、建築物の構造上主要な部材に「TSC295」を用いる溶接施工に適用する。本指針は、柱とダイアフラム、柱と柱及び柱又はダイアフラムとはりの溶接に関する共通事項を述べる。本指針に記載していない事項については、「2008年版冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル」<sup>1)</sup> 及び「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事」<sup>2)</sup> を参照下さい。

#### 2. 溶接方法の選択

柱とダイアフラム、柱と柱及び柱とはりを溶接する溶接方法として、次の5種類の溶接方法を適用する。

- ① CO<sub>2</sub>半自動溶接
- ② CO<sub>2</sub>全自動溶接
- ③ アルゴンとCO<sub>2</sub>を混合したガスを使用するマグ溶接の半自動溶接
- ④ アルゴンとCO<sub>2</sub>を混合したガスを使用するマグ溶接の全自動溶接
- ⑤ 被覆アーク溶接棒を使用したアーク溶接

#### 3. 溶接技能者の資格

表1に柱（角形鋼管）とダイアフラム、柱と柱及び柱とはりの接合部等の溶接に従事する溶接技能者又は溶接作業員（オペレーター）に必要な資格を示す。

表1 溶接技能者・溶接作業員の資格

アーク手溶接	半自動溶接	全自動溶接	ロボット溶接
A-3F A-3F 又は A-3H A-3V	SA-3F SA-3F 又は SA-3H SA-3V	JIS Z 3801もしくは JIS Z 3841 の「基本となる 級」以上	JIS Z 3841の 「基本となる 級」以上

#### 4. 溶接材料の選択

表2に柱-柱、柱-ダイアフラム溶接施工での適切な溶接材料の例を示す。

表2 柱-柱、柱-ダイアフラム溶接施工での適切な溶接材料の例

部位別溶接法	溶接姿勢	溶接材料規格及び種類
裏当て金取付溶接 組立溶接	下向き、立向き 又は横向	JIS Z 3312 YGW11, YGW12, YGW13, YGW14 JIS Z 3312 YGW15, YGW16, YGW17 等
本溶接 補修溶接	下向き、又は横向 き	JIS Z 3312 YGW11, YGW12, YGW13, YGW14 JIS Z 3312 YGW15, YGW16, YGW17 JIS Z 3313 T49J0T1-OCA-U JIS Z 3211 E4916H15, E4916UH15, E5516-GH10, E5716H10, E5716UH10 等



5. 溶接施工条件

5. 1. 溶接入熱とパス間温度

表3に適切な溶接入熱とパス間温度を示す。

表3 適切な溶接入熱とパス間温度  
(全自動アーク溶接適用の場合)

溶接材料	柱とダイアフラムの溶接 柱溶接			柱はり溶接	
	施工部位	溶接入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (°C)	溶接入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (°C)
JIS Z 3312 YGW11, YGW12, YGW13, YGW14 JIS Z 3312 YGW15, YGW16, YGW17 JIS Z 3313 T49JOT1-OCA-U	平板部	40以下	350以下	40以下	350以下
JIS Z 3211 E4916H15, E4916UH15, E5516-GH10, E5716H10, E5716UH10等	角部	40以下	350以下	—	—

(半自動アーク溶接適用の場合)

溶接材料	柱とダイアフラムの溶接 柱溶接			柱はり溶接	
	施工部位	溶接入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (°C)	溶接入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (°C)
JIS Z 3312 YGW11, YGW12, YGW13, YGW18 JIS Z 3312 YGW15, YGW16, YGW19 JIS Z 3313 T49JOT1-OCA-U	平板部	40以下	350以下	40以下	350以下
JIS Z 3211 E4916H15, E4916UH15, E5516-GH10, E5716H10, E5716UH10等	角部	40以下	350以下	—	—

備考 1: 溶接入熱(H)は次式の通り。

$$H = (60 \times E \times I) / V$$

H: 入熱量 (J/cm)、I: アーク電流 (A)、E: 溶接電圧 (V)、V: 溶接速度 (cm/min)

2: パス間温度の測定では、コラム径の中央位置で開先の端より10mm母材側を接触式、若しくは非接触式温度計で次の溶接パスが通過するときの温度を測定する。

3: 490N/mm<sup>2</sup>級ワイヤは予熱不要とする。一方、540 N/mm<sup>2</sup>ワイヤは水素源管理（開先内の錆、溶接時のシールド性の管理等）のレベルの悪い場合は、50°C程度の予熱を必要とする。フラックス入りワイヤを使用する場合は、溶接材料メーカーに問い合わせ、水素源管理を厳格にした上で使用することが望ましい。

5. 2. 溶接電流・アーク電圧

図1にCO<sub>2</sub>溶接での適正な溶接電流・アーク電圧の範囲を示す。

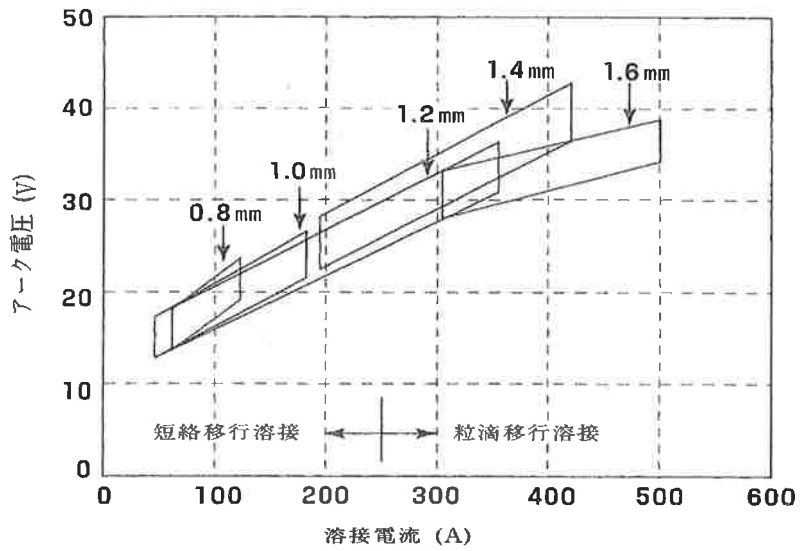


図1 ソリッドワイヤの適正溶接条件

5. 3. シールドガス流量、被溶接材-ノズル先端間距離

表4に適正なシールドガス流量及び被溶接材-ノズル先端間距離を示す。

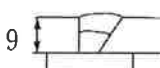
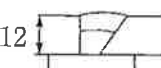



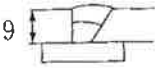
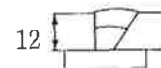



表4 適正なシールドガス流量及び被溶接材-ノズル先端間距離

シールドガス流量	25L/分以上
被溶接材-ノズル先端間距離	35mm以下

5. 4. 層数

表5に入熱30kJ/cmにおける適正な柱-ダイアフラム-パネル溶接積層法の例を示す。

表5 入熱30kJ/cmでの標準的な柱-ダイアフラム-パネル溶接積層法の例  
(電流、電圧、速度例：300A-34V-21cm/min)

ワイヤ径 (mm)	板厚 (mm)	積層法
1.2	9	 2層 2パス
	12	 2層 2パス
	16	 3層 3パス
	19	 5層 5パス
	22	 5層 6パス
1.4	9	 2層 2パス
	12	 2層 2パス
	16	 3層 3パス
	19	 4層 4パス
	22	 5層 5パス

許容されるウィーピング幅は、最大でも20mmが目安である。ウィーピング幅は溶接面の開先幅 $\times$ (2~4mm)を目安とするため、開先幅が24mm以上では、図2の通り振分け溶接にすることが望ましい。

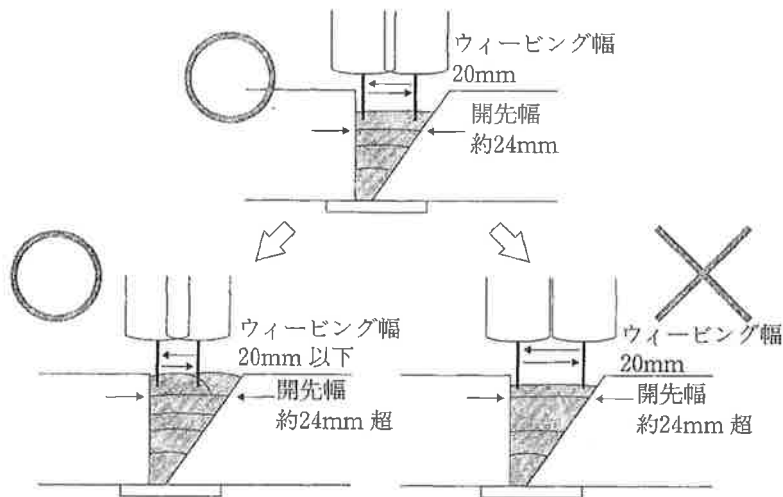


図2 許容ウィーピング幅と積層法

## 6. 溶接姿勢

### 6. 1. 通しダイアフラム形式

柱と通しダイアフラムを溶接する場合の溶接施工方法を以下に示す。

#### 1) 斜め保持治具を使用した場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その1

図3に示す通り、最初に柱の平板部各辺の1層目の溶接を行い、次に各辺ごとに平板部の多層盛り溶接を行う。続いて、治具によって45度傾け柱の各角部ごとにガウジングした後、角部を溶接する。溶接姿勢は平板部では下向き姿勢で角部は上り坂溶接で溶接施工する。

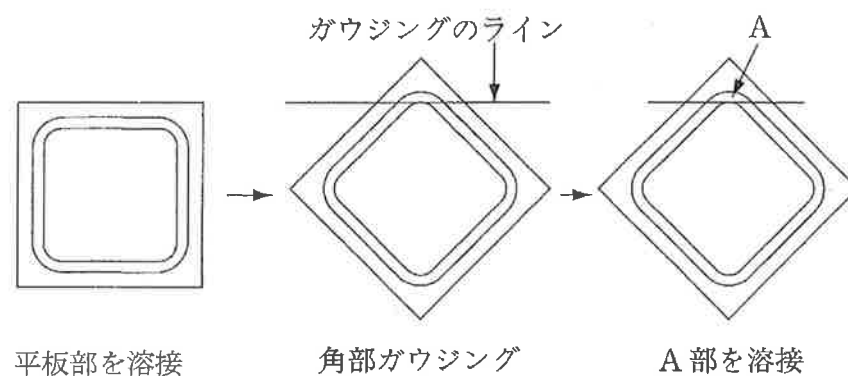


図3 斜め保持治具を使用した場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その1

2) 斜め保持治具を使用した場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その2

図4に示す通り、治具によって45度傾け、セラミックタブを取付けて、最初に各角部を溶接する。次に各辺ごとに平板部が平らになるようにガウジングした後、平板部の溶接を行う。溶接姿勢は平板部では下向き姿勢で角部は上り坂溶接で溶接施工する。

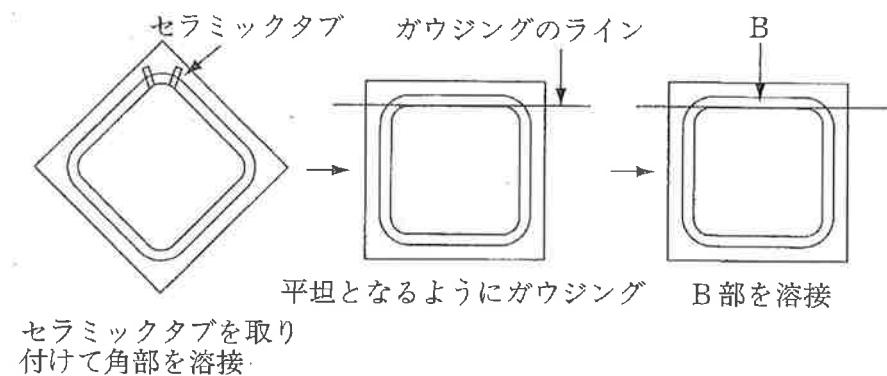


図4 斜め保持治具を使用した場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その2

3) 斜め保持治具を使用しない場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その1

図5に示す通り、最初に平板部の1層目の溶接を行い、その後平板部の両端の角部45度の位置にセラミックタブを挿入しセラミックタブの所から溶接を開始し、角部の上り坂溶接から直線部の下向き溶接姿勢へと連続して変化させながら溶接施工を行い、平板部の中央付近で反対側のセラミックタブから同様な溶接施工方法できた溶接部とつなぐ。このような方法で多層盛り溶接を行う。その後セラミックタブを取り外し、溶接開始端部を反円形上にガウジングする。これと同じ方法で他の辺を溶接施工する。

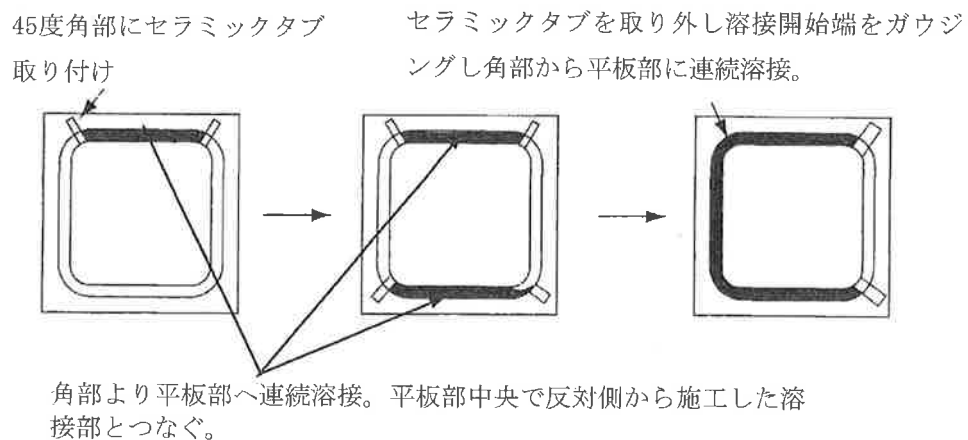


図5 斜め保持治具を使用しない場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その1

4) 斜め保持治具を使用しない場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その2

図6に示す通り、最初に直線部の1層目の溶接を行い、セラミックタブを取り付け、各辺ごとに平板部の多層盛り溶接を行う。次にセラミックタブを取り外した後、各角部ごとに角部をガウジングした後、角部の溶接は立て向き上進溶接から上り坂溶接、下向き溶接と溶接姿勢を変えながら多層盛り溶接を行う。

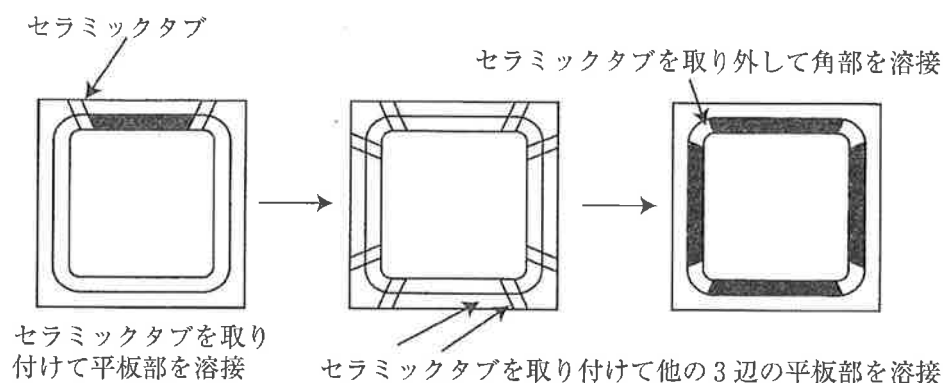


図6 斜め保持治具を使用しない場合の通しダイアフラム溶接施工方法 その2

斜め保持治具を使用した溶接施工方法において、角部の溶接積層方法は図7の積層方法に従うのが望ましい。セラミックタブ側から溶接開始し、上り坂溶接姿勢で運棒し角部頂点で溶接終了する。次に反対側のセラミックタブ側から溶接開始し角部頂点で溶接部をつなぐ。この繰り返により角部を多層盛り溶接する。

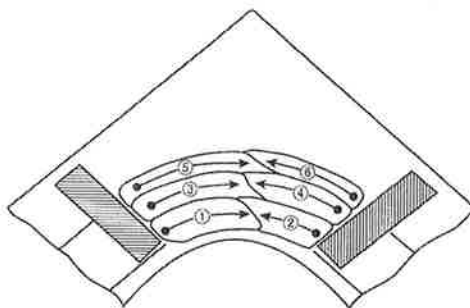


図7 斜め保持治具を使用した溶接施工時の角部での溶接積層方法

### 6. 2. 外ダイアフラム形式

外ダイアフラムを4枚の板から組立てる場合、図8の通り角形鋼管の隅角部で溶接線が重なる。その重なる部分の開先成形のため、ガウジング等を必要とする。

柱（角形鋼管）とダイアフラムとの溶接として下向き溶接を採用するため、ピットなどがあり鉛直に柱を立てることが出来る製作工場では施工されるのが望ましい。

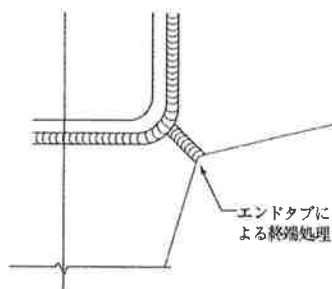


図8 外ダイアフラム溶接線

### 6. 3. 内ダイアフラム形式（落とし込みダイアフラム形式）

落とし込みダイアフラム形式の内ダイアフラムと柱内面の溶接施工方法を次に示す。1つ目の方法は、図9（イ）に示す通り、コア部の中央を切断してダイアフラムを落とし込む方法で、横向き溶接を採用する。もう一つの方法は、図9（ロ）に示す通り、はりせいの異なる場合の柱とダイアフラムの溶接方法で、下向き溶接を採用する。また、落とし込みダイアフラム形式の内ダイアフラムと柱内面の溶接で、裏当て金と柱内面への組立溶接やダイアフラムと裏当て金との組立溶接については、まず内ダイアフラム取り付け位置に裏当て金を挿入して裏当て金組立溶接を実施し、その後ダイアフラムを挿入して所定の開先形状になるようにダイアフラムと裏当て金の組立溶接を実施する。

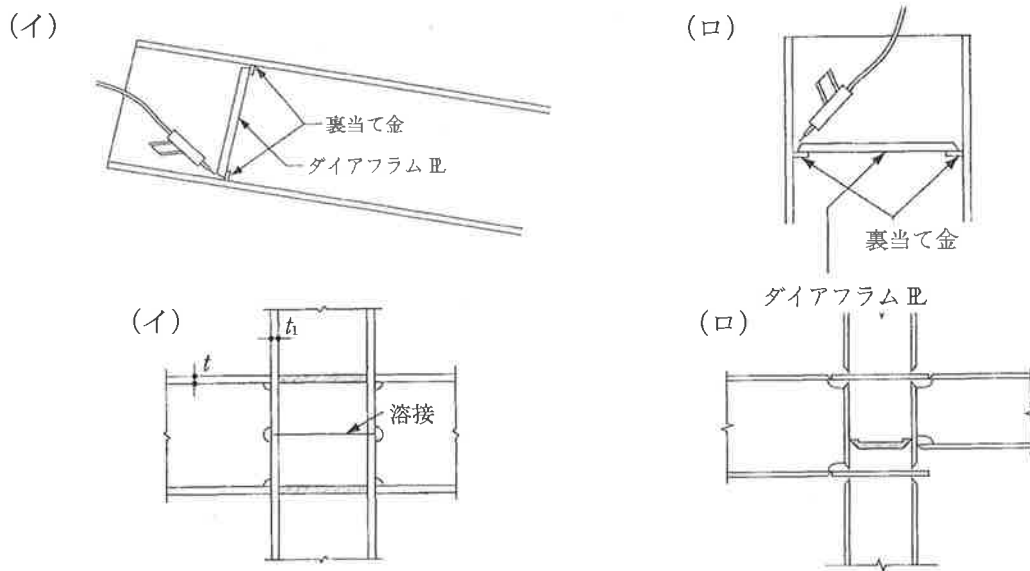


図9 落とし込み式内ダイアフラムの溶接

#### 6. 4. 柱継手形式

柱継手形式の溶接施工方法を次に示す。1つ目の方法は、落とし込みダイアフラム形式の内ダイアフラムを溶接した後の柱同士の接合に使うもので、図9（イ）の通り、コア部の中央部を切断し、内ダイアフラムを挿入、溶接した後コア部分を溶接施工する方法で、自動又は半自動溶接を適用する。回転治具を使用しないで半自動溶接で施工する場合は、下向き溶接だけでなく角部は立向き溶接となる。立向き溶接の場合でも特に溶接止端部を形成するパスの溶接条件は滑らかな形状になるように選定することが望ましい。

もう一つの方法は、建築現場で主として柱と柱を接合する場合に採用し、半自動溶接で溶接姿勢は横向き溶接とする。横向き突合わせ溶接は、一般的にウィービングは融合不良等の欠陥発生の防止の観点から適用せず、各パスそれぞれでオーバーラップのない溶接部を形成する必要があり、各パスを20kJ/cm以下の低入熱で溶接施工する。

#### 7. その他の溶接施工方法

##### 7. 1. コラム柱シャフトのロボット溶接法

##### 7. 1. 1. 組立精度

図10に開先加工及び組立の形状を示す。表6に柱-ダイアフラムや仕口-ダイアフラム溶接の場合のおおよその許容範囲を示す。

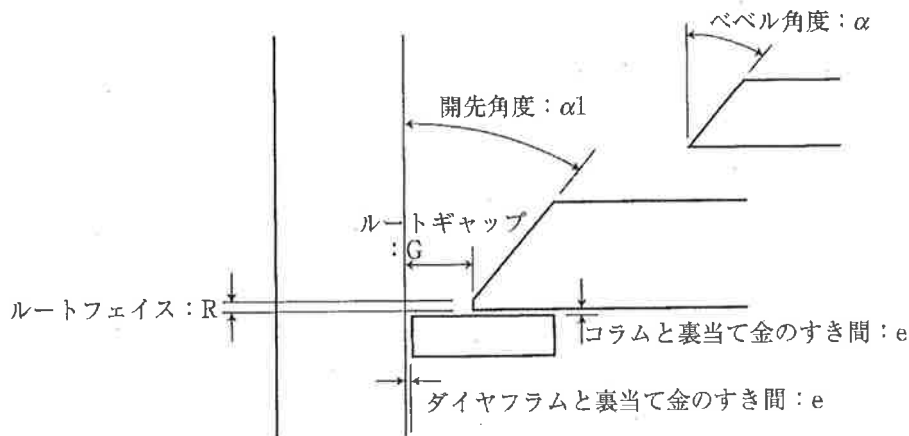


図10 開先加工及び組立形状



表6 開先加工及び組立精度

項目		管理値		
		下向き	横向き	立向き
溶接姿勢		下向き	横向き	立向き
コラムベベル角度 ( $\alpha$ )		$\alpha \pm 1^\circ$	$\alpha \pm 1^\circ$	$\alpha \pm 1^\circ$
開先面の粗さ	粗さ	100 $\mu$ mRz以下	100 $\mu$ mRz以下	100 $\mu$ mRz以下
	ノッチ深さ	1mm以下	0.5mm以下	1mm以下
コラム管端直角度		$t/D \leq 2.5/1000$	$t/D \leq 2.5/1000$	$t/D \leq 2.5/1000$
ルートフェイス (R)		1mm以下	1mm以下	1mm以下
開先角度 ( $\alpha 1$ )		$\alpha 1 \pm 2^\circ$	$\alpha 1 \pm 2^\circ$	$\alpha 1 \pm 2^\circ$
裏当て金の隙間 (肌すき) (e)		1mm以下	1mm以下	1mm以下
裏当て金の板厚		9mm以上	9mm以上	9mm以上
ルートギャップの適用範囲 (G)		4~10mm	5~9mm	4~10mm
同一継手内でのルートギャップ変動		4mm以下	2mm以下	4mm以下

7. 1. 2. 裏当て金、コラム-ダイアフラムの組立溶接

図11に裏当て金組立溶接の一例を示す。コラムと裏当て金の密着に配慮し隙間は1mm以下に取り付け、溶接は一辺2~3か所とし、コラム角部には組立溶接は行わない。溶接ビードの長さは40mm以上ですみ肉サイズは4~6mmの1パス溶接を行う。

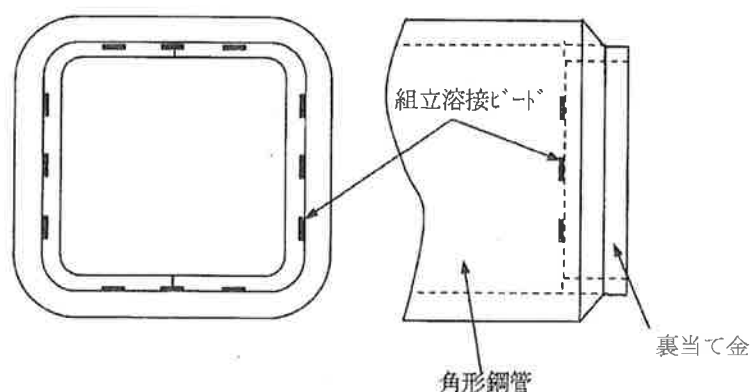


図11 裏当て金の組立溶接の例

コラム-ダイアフラムの組立溶接は、コラム等閉鎖断面のため、組立溶接は開先内に溶接しなければならない。本溶接としてロボット溶接した溶接部と同等の品質の溶接部になるように施工しなければならない。図12に主としてコアの組立溶接で採用されている平板部を2ヶ所/面から3ヶ所/面の組立溶接を行う方法（方式1）と、大組立の組立溶接で採用されている角部を除く直線部を全長組立溶接する方法（方式2）と角部も含め全周組立溶接する方法（方式3）を示す。各方式の組立溶接では以下の点に注意を払うこととする。

方式1の場合

- ①組立溶接ビードは角部から20mm以上離し、溶接長として40mm以上の溶接施工とする。
- ②組立溶接ビードのど厚は図13（イ）に示すように3mm程度を目標とする。
- ③上面は下向き溶接、側面（2辺）は立向き下進溶接、下面は180度反転後に下向き溶接を行う。

- ④組立溶接ビードとコラム開先部に小さな隙間が出来ない様に運棒する。
- ⑤組立溶接の溶接開始・終了端の溶接ビード形状は、余盛高さが過大になったり過小になったり溶接ビード形状の凹凸が発生しがちである。このことを考慮し、滑らかな溶接ビード形状になるように溶接施工する。結果として急激な凹凸のある溶接ビード形状になった場合、グラインダー掛けによる整形を行う。

方式2及び3の場合

- ①方式1と同様、原則として上面は下向き溶接、側面（2辺）は立向き下進溶接、下面は180度反転後に下向き溶接を行う。
- ②組立溶接ビードのど厚は3mm位を目標に図13の（ロ）のシーリングビードのようにルートギャップ部全幅を均一なビード形状になるように組立溶接する。
- ③方式1と同様に、溶接開始・終了端の溶接ビード形状は滑らかな溶接ビード形状になるように溶接施工する。急激な凹凸のある溶接ビード形状になった場合、グラインダー掛けによる整形を行う。

方式1、2及び3のいずれの場合も溶接は、拡散性水素発生が少なく、且ついずれの溶接姿勢でも良好なビード形成可能な半自動炭酸ガス溶接法を適用し、ワイヤ径は1.2mmを使用するのが望ましい。

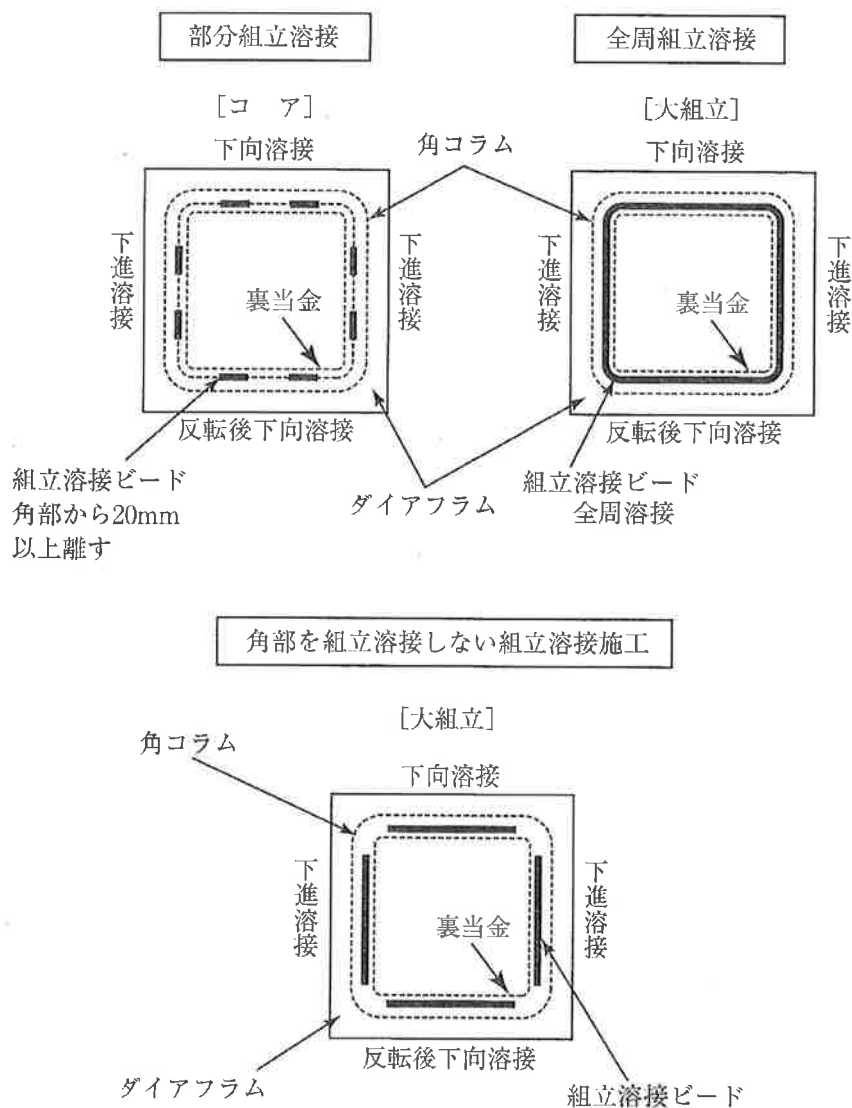


図12 コラムダイヤフラムとの組立溶接

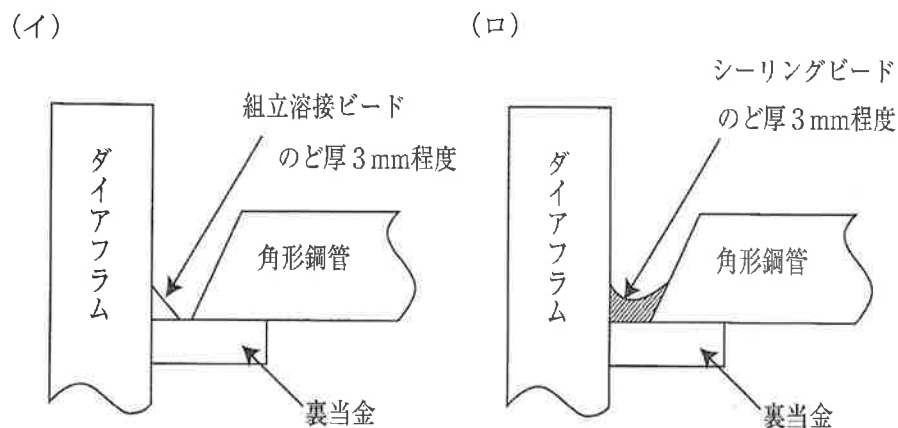


図13 組立溶接ビード

### 7. 1. 3. ロボット溶接

表7にルートギャップ6mmの場合の下向き姿勢での標準ロボット溶接条件の例を示す。図14に標準的なアークスタート位置を示す。コラムシーム部から50mm位のところをスタート位置とする。

表7 溶接ロボット標準溶接条件の例（下向き）

溶接位置区分	溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)
初層	280~340	29~39
中間層	230~400	25~45
クレータ	120~200	17~25
最終層	220~320	25~37

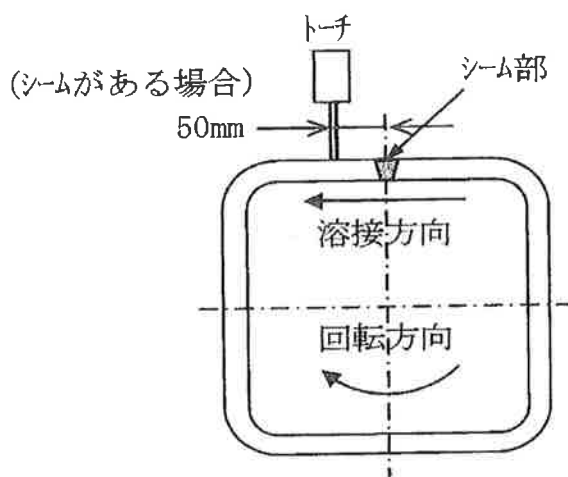


図14 ロボット溶接の標準的スタート位置

#### 【参考文献】

- 1) 2008年版冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル (財団法人日本建築センター 平成20年12月)
- 2) 建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事 (社団法人日本建築学会 平成19年2月)

## 2.2. 性能評価

### 1. 品質水準

TSC295 の品質確認のため、実施した試験の結果を以下に示す。

#### 1. 1. 機械的性質

引張試験の結果を表 1 に、応力-歪み曲線を図 1 に示す。

表 1 機械的性質の例

サイズ (mm)	採取 位置	試験片 形状	降伏点又は 0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	降伏比 (%)	伸び (%)
□150×6	平板部	5号	392	508	77.2	32.4
□150×9			390	482	80.9	36.8
□250×12			403	502	80.3	38.9
□300×16			384	481	79.8	42.1
□400×22			403	498	80.9	45.2

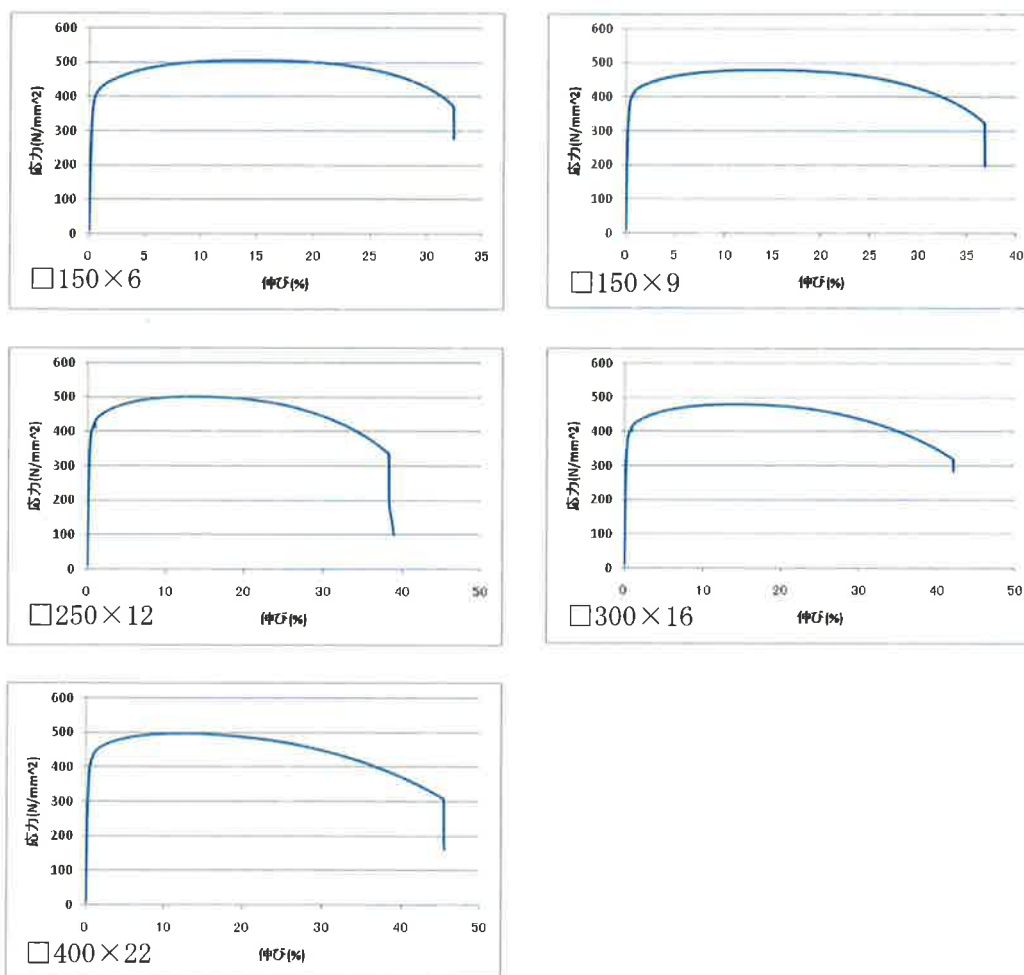


図 1 応力-歪み曲線

1. 2. 化学成分

化学分析の結果を表 2 に示す。

表 2 化学成分の例 (単位 mass%)

サイズ (mm)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sn	全N
□150×6	0.15	0.02	0.58	0.022	0.003	0.30	0.17	0.017	0.0042
□150×9	0.14	0.02	0.58	0.014	0.001	0.30	0.13	0.017	0.0037
□250×12	0.15	0.02	0.58	0.022	0.003	0.30	0.17	0.017	0.0042
□300×16	0.14	0.02	0.57	0.011	0.002	0.24	0.14	0.015	0.0036
□400×22	0.14	0.03	0.57	0.015	0.001	0.29	0.13	0.017	0.0043

1. 3. 炭素当量及び溶接割れ感受性組成

炭素当量及び溶接割れ感受性組成の結果を表 3 に示す。

表 3 炭素当量及び溶接割れ感受性組成の例 (単位 mass%)

サイズ (mm)	炭素当量 $C_{eq}$	溶接割れ感受性組成 $P_{CM}$
□150×6	0.29	0.21
□150×9	0.27	0.20
□250×12	0.29	0.21
□300×16	0.27	0.19
□400×22	0.28	0.20

1. 4. シャルピー吸収エネルギー

シャルピー吸収エネルギーの結果を表 4 に、衝撃試験片の破面を図 2 に示す。シャルピー吸収エネルギーは 3 個の試験片の平均値とし、サブサイズの吸収エネルギーは標準試験片換算値である。

表 4 シャルピー吸収エネルギーの例

サイズ (mm)	シャルピー 吸収エネルギー (J)	試験片形状	試験温度 (°C)	試験片サイズ
□150×6	104	Vノッチ 長さ方向	0	2.5mm サブサイズ
□150×9	176			5.0mm サブサイズ
□250×12	187			標準試験片
□300×16	185			標準試験片
□400×22	165			標準試験片



図2 衝撃試験片の破面 (□400×22)

1. 5. 品質水準のまとめ

いずれの項目も品質基準を十分に満足するものである。特筆すべきは、TSC295の母材を当社自ら製造することで、低降伏比（80%程度）を実現している点である。そのため部材の塑性変形領域が拡大し、有害な延性亀裂が発生しにくくなる。

2. 溶接部特性

TSC295の溶接部特性を調査するために実施した試験の結果を以下に示す。

2. 1. 試験体及び溶接施工条件

溶接部特性を調査するために製作した試験体を図3に示す。溶接はCO<sub>2</sub>ガスシールドアーク溶接とした。溶接施工条件を表5に示す。通しダイアフラム材及び内ダイアフラム材はSN490B又はSN490Cを用い、溶接ワイヤは、JIS Z 3312:YGW18 (1.2φ)を用いた。

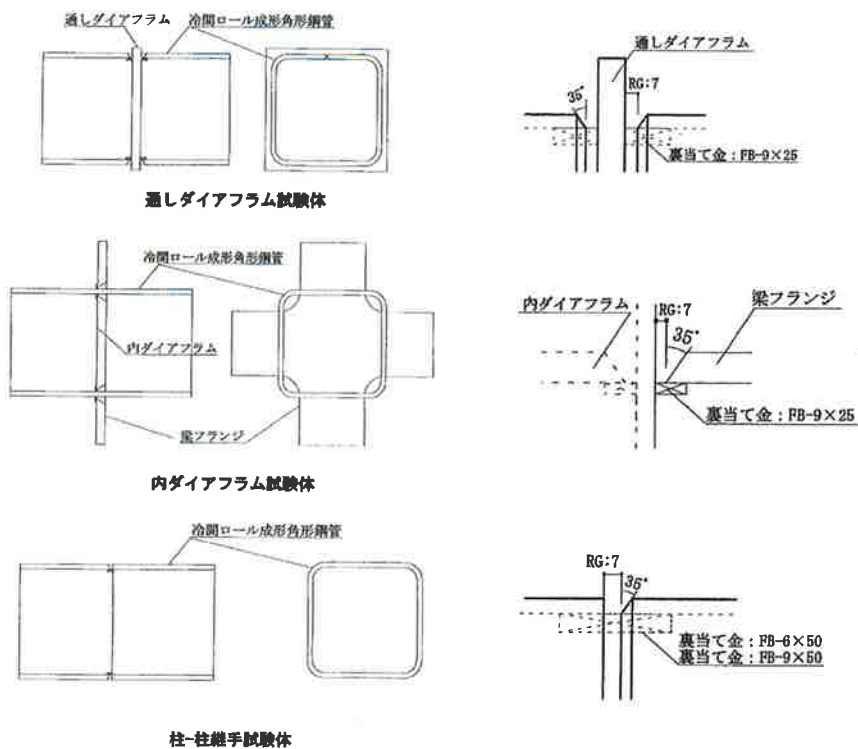


図3 試験体の形状

表5 溶接施工条件

サイズ (mm)	継手形式	溶接方法	溶接姿勢	開先角度	ルートギャップ (mm)	入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (°C)	積層
□150×6	通しダイア フラム	半自動	下向き	35	7	40 以下	350 以下	
	柱-柱継手	半自動	横向き					
□250×12	通しダイ アフラム	ロボット	下向き					
	内ダイア フラム	半自動	下向き					
	柱-柱継手	半自動	横向き					
□400×22	通しダイ アフラム	ロボット	下向き					
	内ダイア フラム	半自動	下向き					
	柱-柱継手	半自動	横向き					

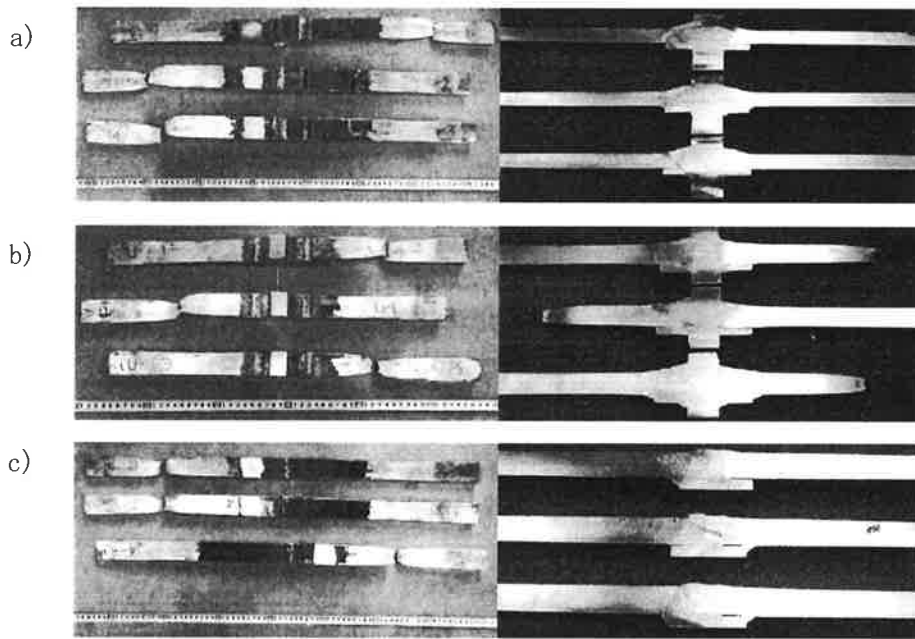
2. 2. 溶接部の引張試験

十字継手引張試験の結果を表 6 に、試験片の破壊状況を図 4 に示す。試験片採取位置を図 5 に示す。試験片は、JASS6 付則 1. サブマージアーク自動溶接の承認試験 3. 3. 6 隅肉溶接の引張試験片を参考とし、裏当て金及び余盛りは残したままとした。

表 6 溶接部引張試験（十字継手引張試験）

サイズ (mm)	試験体	採取 位置	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置
□150×6	通しダイアフラム	平板部	494	母材
		角部	586	母材
	柱-柱継手	平板部	492	母材
		角部	580	母材
□250×12	通しダイアフラム	平板部	494	母材
		角部	609	熱影響部※
	内ダイアフラム	平板部	544	母材
		柱-柱継手	平板部	485
	角部	636	母材	
□400×22	通しダイアフラム	平板部	496	母材
		角部	557	母材
	内ダイアフラム	平板部	531	母材
		柱-柱継手	平板部	485
	角部	551	母材	

※平板部の溶接中に裏当て金の溶け落ちが生じ、溶接を一時中断した



a) 通しダイアフラム/平板部  
 b) 内ダイアフラム/平板部  
 c) 柱-柱継手/平板部

図 4 十字継手引張試験片（□400×22）の破壊状況



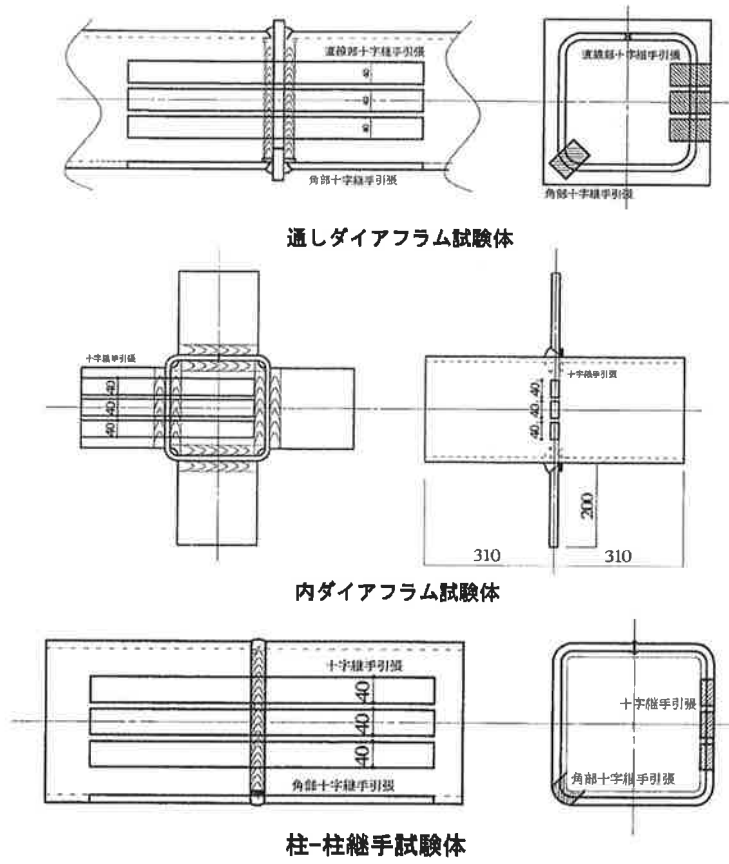
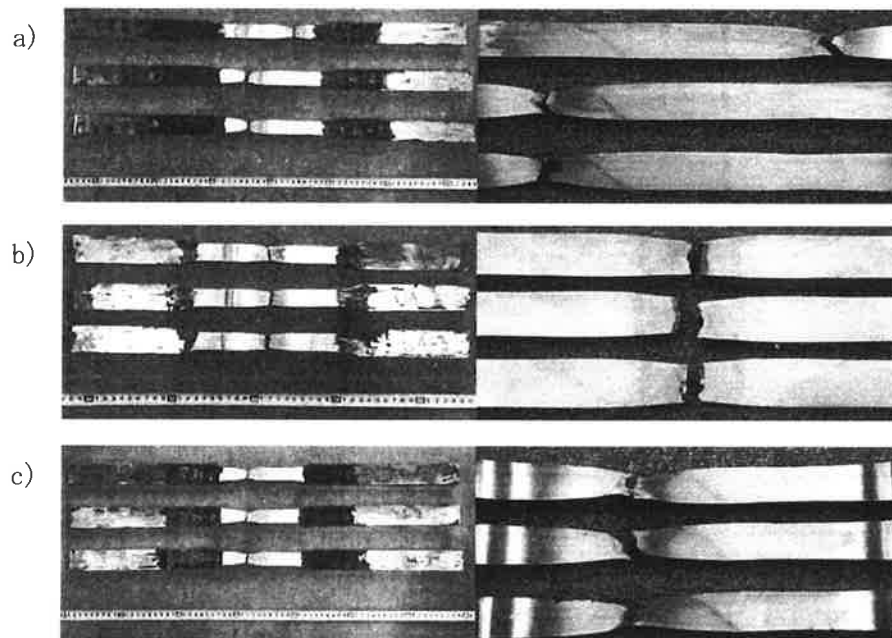


図5 試験片採取位置

平継手引張試験の結果を表7に、試験片の破壊状況を図6に示す。試験片の採取位置は図5と同様とした。試験片は、JIS Z 3121 突合せ溶接継手の引張試験方法に規定される1A号とし、裏当て金及び余盛りは削り取った形状とした。

表7 溶接部引張試験（平継手引張試験）

サイズ (mm)	試験体	採取 位置	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置
□150×6	通しダイアフラム	平板部	465	母材
		角部	525	母材
	柱-柱継手	平板部	496	母材
		角部	536	母材
□250×12	通しダイアフラム	平板部	489	母材
		角部	510	母材
	内ダイアフラム	平板部	476	母材
		柱-柱継手	平板部	518
□400×22	通しダイアフラム	平板部	509	母材
		角部	528	母材
	内ダイアフラム	平板部	534	母材
		柱-柱継手	平板部	522
		角部	570	母材



a)通しダイアフラム/平板部  
b)内ダイアフラム/平板部  
c)柱-柱継手/平板部

図6 平継手引張試験片（□400×22）の破壊状況

### 2. 3. 溶接部のシャルピー衝撃試験

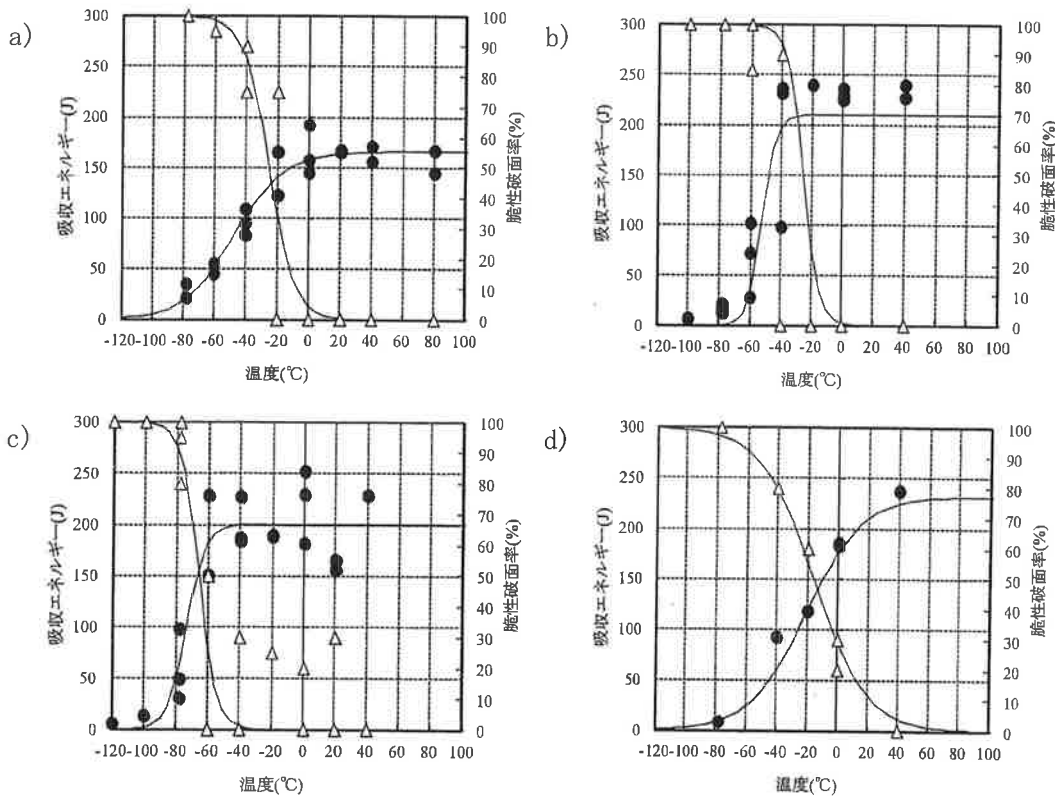
溶接部のシャルピー衝撃試験結果を表 8 に、衝撃試験片の遷移曲線を図 7 に示す。試験片採取位置は図 8 に示す。サブサイズの吸収エネルギーは標準試験片換算値である。

表 8 溶接部のシャルピー衝撃試験

サイズ (mm)	試験体	採取位置	$vE_0$ (J)	$vB_0$ (%)	$vE_{shelf}$ (J)	$vT_E$ (°C)	$vT_s$ (°C)	試験片サイズ
□150×6	柱-柱継手	FL(平板部)	192[96]	0	192	-74	-74	5.0mm サブサイズ
		HAZ(平板部)	197[98]	5	197	-57	-64	5.0mm サブサイズ
		HAZ(角部)	117[29]	0	117	-	-	2.5mm サブサイズ
□250×12	内ダイアフラム	HAZ(平板部)	123	47	169	-14	-1	標準試験片
	柱-柱継手	FL(平板部)	229	12	258	-43	-33	標準試験片
		HAZ(平板部)	213	3	218	-47	-33	標準試験片
		HAZ(角部)	146	5	331	12	-25	標準試験片
□400×22	内ダイアフラム	HAZ(平板部)	158	5	166	-47	-25	標準試験片
	柱-柱継手	FL(平板部)	210	0	236	-52	-25	標準試験片
		HAZ(平板部)	200	0	200	-73	-65	標準試験片
		HAZ(角部)	196	26	257	-21	-16	標準試験片

$vE_0$ :0°C吸収エネルギー、 $vB_0$ :脆性破面率、 $vE_{shelf}$ :上部棚吸収エネルギー、 $vT_E$ :エネルギー遷移温度、 $vT_s$ :破面遷移温度

□内は未換算データを示す。



a) 内ダイアフラム/HAZ(平板部)、b) 柱-柱継手/FL(平板部)、c) 柱-柱継手/HAZ(平板部)、d) 柱-柱継手/HAZ(角部)

図 7 遷移曲線 (□400×22)

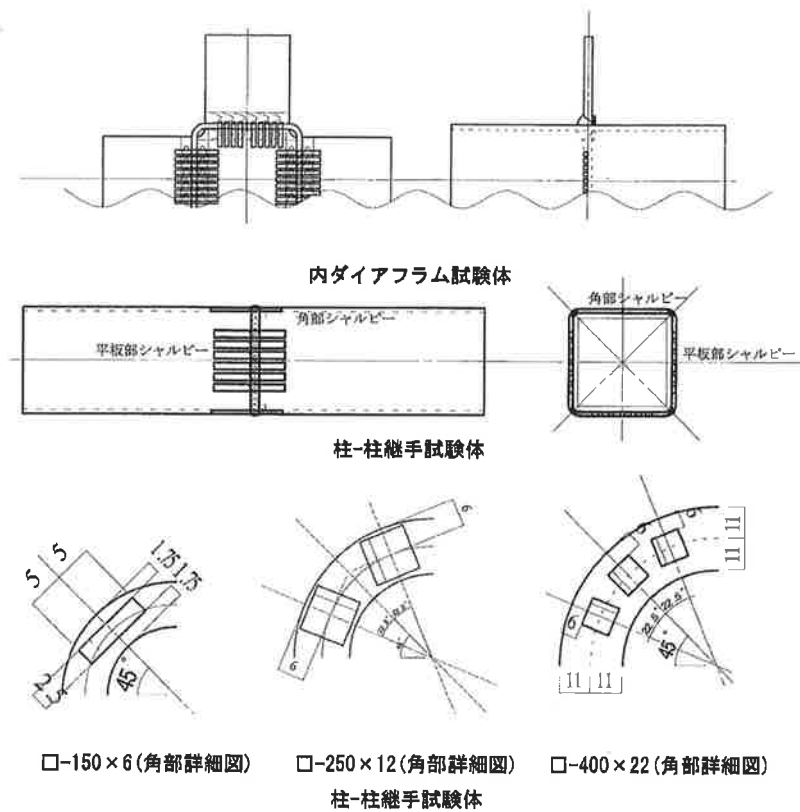


図8 試験片採取位置

#### 2. 4. 溶接部特性のまとめ

溶接部を含む引張試験片は母材又は熱影響部での破断であった。全ての引張試験において引張強さは、品質基準下限の  $400 \text{ N/mm}^2$  以上である。これらから、溶接部の保有耐力接合が確認出来た。

溶接熱影響部 (HAZ) のシャルピー吸収エネルギーはいずれも脆性的破断防止の指標<sup>1)</sup> である  $70\text{J}$  ( $0^\circ\text{C}$ ) 以上であった。その理由は HAZ 靱性を向上させる為に、脱ガス処理さらに Ti 添加 (TiN による  $\gamma$  粒微細化・フリー窒素低減) しているためである。

これらから、表 5 に示すような適正な溶接方法及び溶接施工条件を選択すれば、溶接部の脆性的破断を防止出来るものといえる。

### 3. 塑性変形性能

TSC295 を用いた柱部材の塑性変形性能を調査するために実施した試験について以下に示す。

#### 3. 1. 部材試験

TSC295 を用いた柱部材の塑性変形性能を調査するために行った部材試験について以下に示す。

##### 3. 1. 1. 試験体及び溶接施工条件

試験体形状を図9に示す。試験体は、TSC295を2分割し、通しダイアフラムを溶接した試験体である。通しダイアフラムはSN490C(板厚40mm)とした。溶接はCO<sub>2</sub>ガスシールドアーク溶接とした。溶接施工条件を表9に示す。溶接材料はJIS Z 3312 YGW18を使用した。なお、溶接止端部のグラインダー仕上げは行っていない。

降伏比の影響を検討するため、試験体は降伏比の異なる2グループの冷間成形角形鋼管を使用した。降伏比の低いグループはTSC295のスペックであり、以下Lシリーズと称する。降伏比の高いグループは、試験的にTSC295の成分系と熱延鋼板の製造条件を調整して降伏比を高くしたものであり、以下Hシリーズと称する。各試験体の実験パラメータを表10に、素材の化学成分及び機械的性質を表11及び表12に示す。

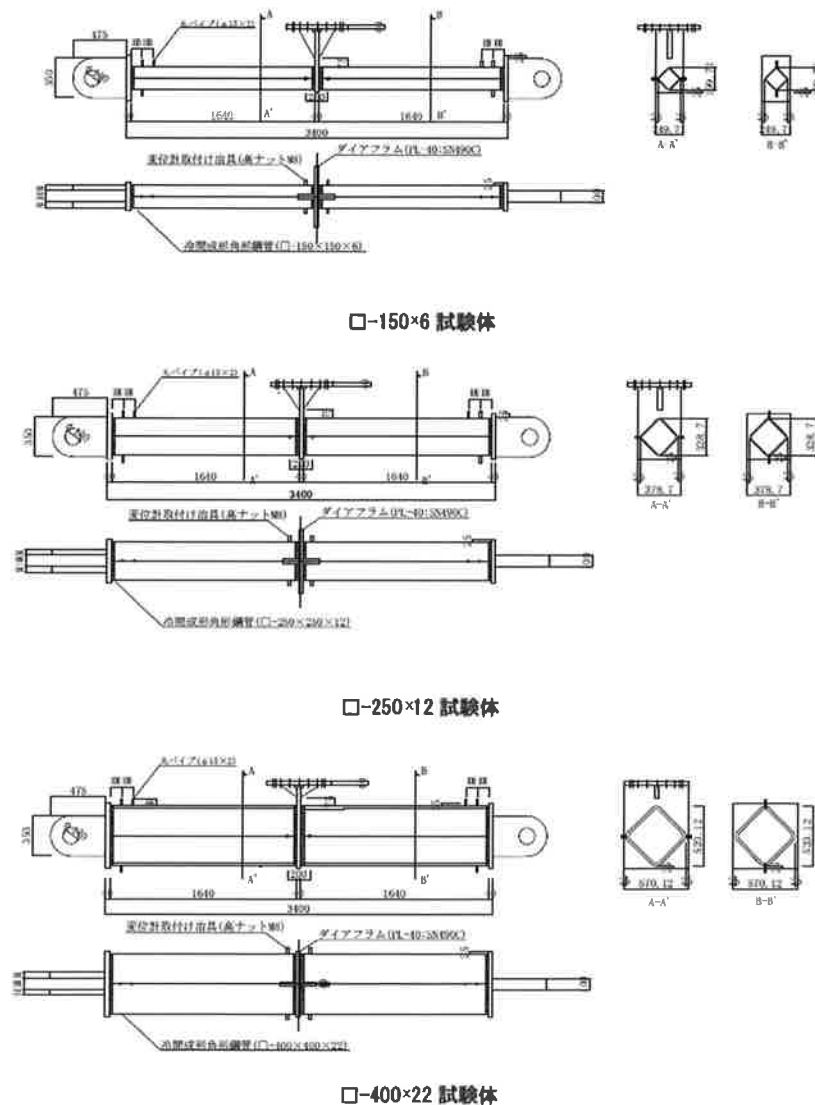


図9 試験体形状

表9 溶接施工条件

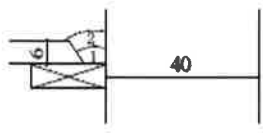
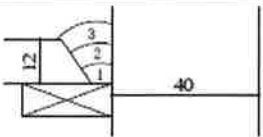
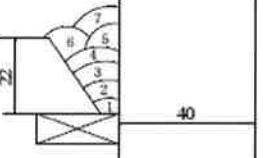
サイズ	溶接方法	溶接姿勢	開先角度	ルートギャップ (mm)	入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (°C)	積層
□150×6	半自動	下向き	35	7	40 以下	350 以下	
□250×12	ロボット	下向き					
□400×22	ロボット	下向き					

表10 実験パラメータ

試験体名	D (mm)	t (mm)	D/t	YR (%)	$cP_p$	$c\delta_p$	試験温度 (°C)
□150-H	150	6	25.0	92	70	40.20	0
□150-L	150	6	25.0	80	69	39.85	
□250-H	250	12	20.8	89	366	23.45	
□250-L	250	12	20.8	83	380	24.45	
□400-H	400	22	18.2	90	1649	14.52	
□400-L	400	22	18.2	82	1693	15.00	

D:辺長、t:板厚、YR:降伏比、 $cP_p$ :全塑性モーメント時の荷重、 $c\delta_p$ : $cP_p$ 時の変異

表11 素材の化学成分

(単位%)

試験体名	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sn	Ti	全N	Free N	$C_{eq}$	$P_{cm}$
□150-H	0.05	0.03	0.90	0.022	0.001	0.30	0.13	0.018	<0.003	0.0055	0.0047	0.23	0.12
□150-L	0.16	0.02	0.40	0.015	0.001	0.34	0.13	0.017	0.005	0.0043	0.0027	0.26	0.21
□250-H	0.06	0.04	0.64	0.023	0.001	0.36	0.23	0.019	0.019	0.0048	0.0009	0.22	0.13
□250-L	0.16	0.02	0.40	0.014	0.001	0.34	0.13	0.017	0.005	0.0043	0.0027	0.26	0.21
□400-H	0.07	0.02	0.70	0.021	0.002	0.35	0.18	0.027	0.016	0.0051	0.0031	0.23	0.14
□400-L	0.16	0.02	0.52	0.018	0.003	0.28	0.17	0.016	0.014	0.0044	0.0008	0.29	0.21

表 12 素材の機械的性質

試験体名	採取位置	試験片形状	$\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	YR (%)	EL (%)	$vE_0$ (J)	$vB_0$ (%)	$vT_s$ (°C)
□150-H	平板部	5号	398	432	92	32	278	0	-89
	角部	14B号	523	545	96	16	137	0	-110
□150-L	平板部	5号	401	499	80	34	196	0	-56
	角部	14B号	472	518	91	17	121	0	-84
□250-H	平板部	1A号	383	429	89	25	300	0	-68
	角部	14B号	481	516	93	18	300	0	-68
□250-L	平板部	1A号	402	486	83	28	231	10	-23
	角部	14B号	477	525	91	18	190	10	-11
□400-H	平板部	1A号	373	414	90	31	301	0	-47
	角部	14B号	454	490	93	19	302	0	-49
□400-L	平板部	1A号	395	480	82	28	222	6	-22
	角部	14B号	433	489	89	27	216	16	-16

$\sigma_y$ :降伏点又は0.2%耐力、 $\sigma_u$ :引張強さ、YR:降伏比、EL:破断伸び、 $vE_0$ :0°Cでの吸収エネルギー、 $vB_0$ :脆性破面率、 $vT_s$ :破面遷移温度

### 3. 1. 2. 試験方法

試験体セットアップ図を図10に示す。载荷は両端をピン・ローラー支持とし、中央のダイアフラムに繰返し力を与える三点曲げ加力とした。なお、軸力は導入していない。载荷方向は45°方向とし、試験温度は0°Cとした。载荷は、試験体が破断若しくは荷重が最大耐力の90%に低下するまで加力した。载荷プログラムは、全塑性モーメント $M_p$ に対応する変形量 $\delta_p$ を基準に、予備加力とした $0.5\delta_p$ を1回、次に $\delta_p$ の2, 4, 6, 8倍の変形量を各2回与える正負交番繰返し载荷を実施した。

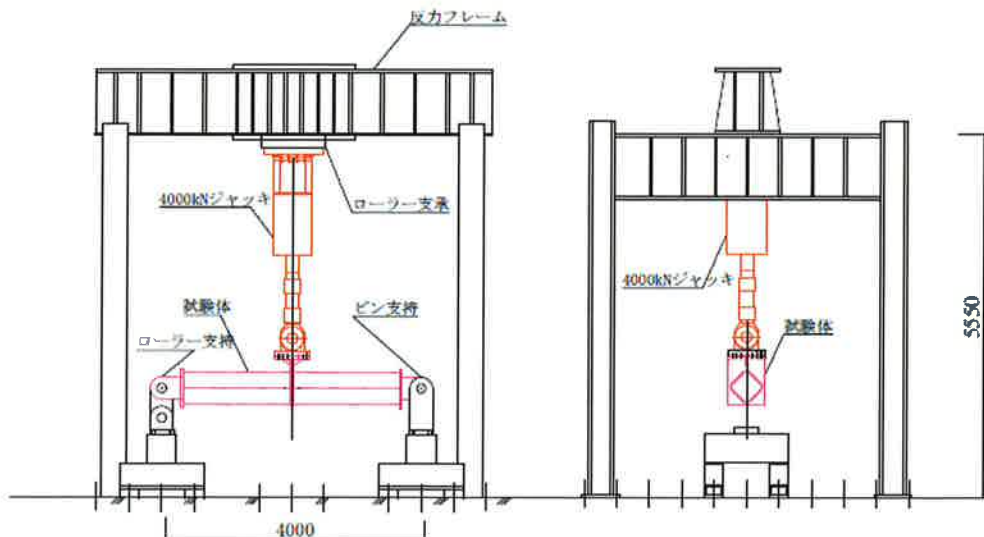


図 10 試験体セットアップ図

### 3. 1. 3. 試験結果

各試験体の実験結果を表 13 に示す。荷重-変位関係を図 12 に示す。L シリーズ、H シリーズともに □-400×22 は延性亀裂を起点として脆性破断し、□-150×6、□-250×12 の試験体は局部座屈により耐力が低下した為、実験を終了した。部材の破壊状況を図 13 に示す。

塑性変形性能は塑性変形能力及び累積塑性変形倍率で評価した。塑性変形能力は耐力低下の無い安定なループより得られた変位量を  $c\delta_p$  で除した値から 1 を引いた値と定義した。累積塑性変形倍率はスケルトン曲線部分の塑性吸収エネルギー  $W_s$  を  $c\delta_p \cdot cP_p$  で除して無次元化した  ${}_{\epsilon}\eta_s$ 、最大耐力を迎え耐力が 90% に低下するまで塑性吸収エネルギーと認めた  $W_s(0.9)$  を無次元化した  ${}_{\epsilon}\eta_s(0.9)$ 、全てのループでの面積を合計した  $\Sigma W_i$  を  $c\delta_p \cdot cP_p$  で除した  ${}_{\epsilon}\eta A$ 、全てのループでの変位  $\Sigma \mu_i$  を  $c\delta_p$  で除した  $\eta A$  と定義した。累積塑性変形倍率の算出方法を図 12 に示す。

図 14 に幅厚比と塑性変形能力の関係を示す。幅厚比が小さくなるにつれて、塑性変形能力は高くなる傾向が確認された。

図 15 に幅厚比と耐力上昇率の関係を示す。耐力上昇率は最大荷重実験値  $cP_{max}$  を  $cP_p$  で除した値と定義した。各サイズともに、L グループの方が耐力上昇率が高い傾向にあった。

図 16 に降伏比と累積塑性変形倍率 ( ${}_{\epsilon}\eta_s^+ + {}_{\epsilon}\eta_s^-$ ) の関係を示す。累積塑性変形倍率 ( ${}_{\epsilon}\eta_s^+ + {}_{\epsilon}\eta_s^-$ ) は正負の  ${}_{\epsilon}\eta_s$  の和とした。各サイズともに、L シリーズの方が累積塑性変形倍率 ( ${}_{\epsilon}\eta_s^+ + {}_{\epsilon}\eta_s^-$ ) が高い傾向にあった。

図 17 に幅厚比と累積塑性変形倍率 ( ${}_{\epsilon}\eta A$ ) の関係を示す。累積塑性変形倍率 ( ${}_{\epsilon}\eta A$ ) は他社冷間成形角形鋼管 (BCR) を用いた既往の研究<sup>2)</sup> とほぼ同等の数値であった。

表 13 部材試験結果

試験体名		$cP_{max}$	$c\delta_{max}$	$c\delta_{smax}$	$W_s$	$cP_{max}/cP_p$	${}_{\epsilon}\eta_s$	${}_{\epsilon}\eta_s(0.9)$	${}_{\epsilon}\eta A$	$\eta A$	最終サイクル
□150-H	+	90	140	127	6,337	1.29	2.25	2.88	11.57	11.30	$4c\delta_p$ (+2 回目)
	-	-81	-82	-112	4,448	1.15	1.58	3.19	8.06	8.37	
□150-L	+	90	160	151	8,110	1.30	2.93	3.29	12.10	11.77	$4c\delta_p$ (+2 回目)
	-	-80	-160	-140	6,509	1.15	2.35	3.41	8.38	8.90	
□250-H	+	426	140	94	24,133	1.16	2.81	4.62	34.33	34.98	$8c\delta_p$ (+1 回目)
	-	-447	-141	-94	25,132	1.22	2.93	5.34	33.71	32.84	
□250-L	+	503	147	96	28,567	1.32	3.08	3.42	31.59	27.56	$6c\delta_p$ (-2 回目)
	-	-472	-147	-115	35,442	1.24	3.82	5.37	34.17	32.14	
□400-H	+	2,141	120	60	75,657	1.30	3.16	5.35	71.23	63.02	押切り
	-	-2,068	-116	-70	92,724	1.25	3.87	3.87	59.99	56.98	
□400-L	+	2,273	120	97	153,480	1.34	6.05	6.05	41.42	37.42	$8c\delta_p$ (-1 回目)
	-	-2,167	-110	-93	136,704	1.28	5.38	5.38	45.24	42.46	

$cP_{max}$ : 最大荷重実験値、 $c\delta_{max}$ : 最大荷重時の変位、 $c\delta_{smax}$ : スケルトン曲線部分の最大変位、

$W_s$ : スケルトン曲線部分の塑性吸収エネルギー

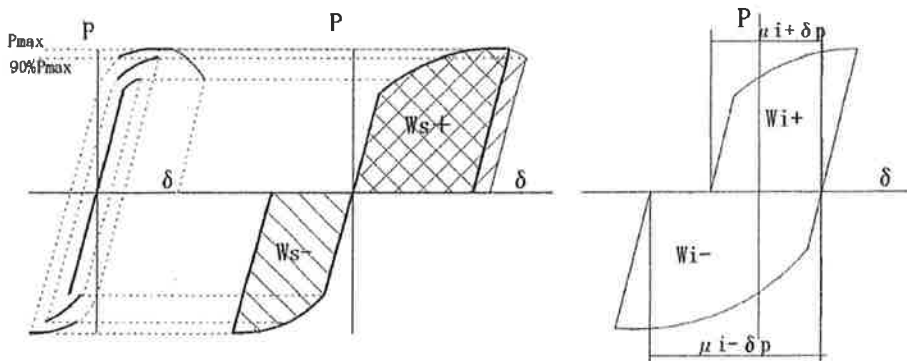


図 11 累積塑性変形倍率算出方法



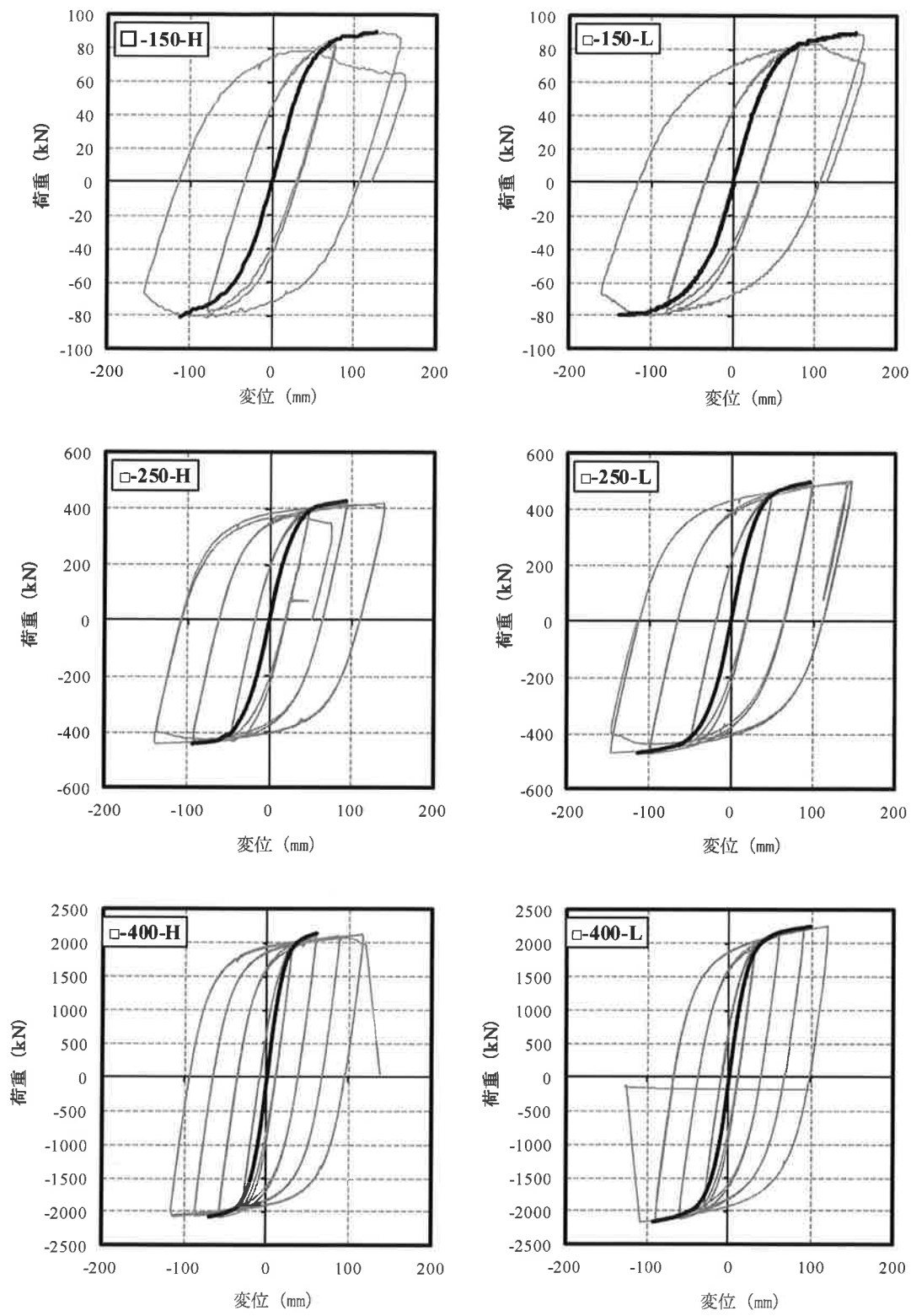


図 12 荷重-変位関係

□150-H



□150-L



□250-H



□250-L



□400-H



□400-L



図 13 試験体の破壊状況

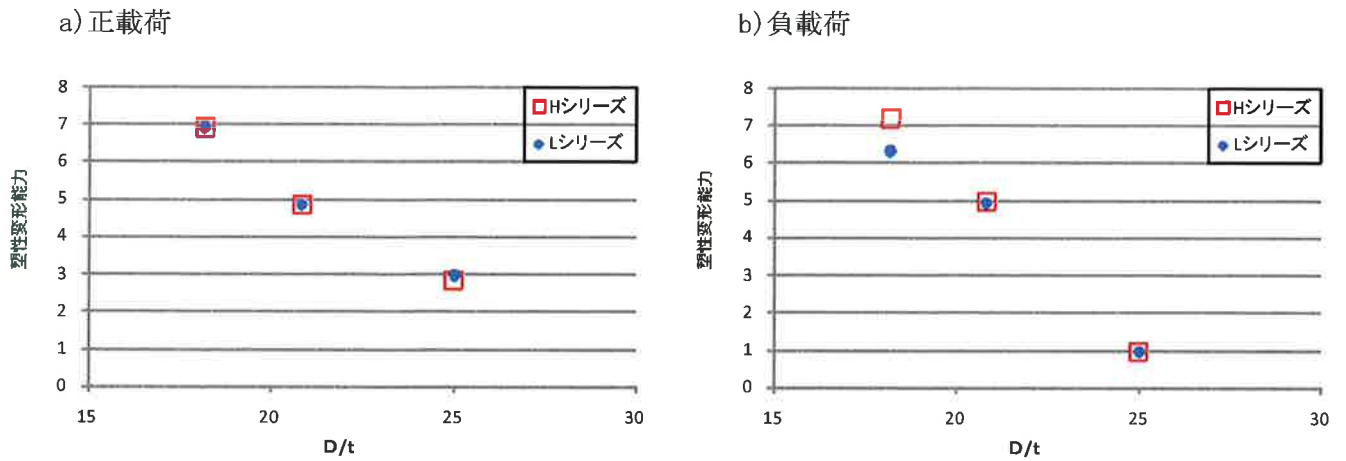


図 14 幅厚比と塑性変形能力の関係

耐力低下の無い安定なループの変位量は以下のループより求めた。  
□150-H (+) :  $4c\delta_p$  (+1 回目)、□150-H (-) :  $2c\delta_p$  (-2 回目)  
□150-L (+) :  $4c\delta_p$  (+1 回目)、□150-H (-) :  $2c\delta_p$  (-2 回目)  
□250-H (+) :  $6c\delta_p$  (+1 回目)、□250-H (-) :  $6c\delta_p$  (-1 回目)  
□250-L (+) :  $6c\delta_p$  (+1 回目)、□250-H (-) :  $6c\delta_p$  (-1 回目)  
□400-H (+) :  $8c\delta_p$  (+2 回目)、□400-H (-) :  $8c\delta_p$  (-2 回目)  
□400-L (+) :  $8c\delta_p$  (+1 回目)、□400-H (-) :  $8c\delta_p$  (-1 回目)

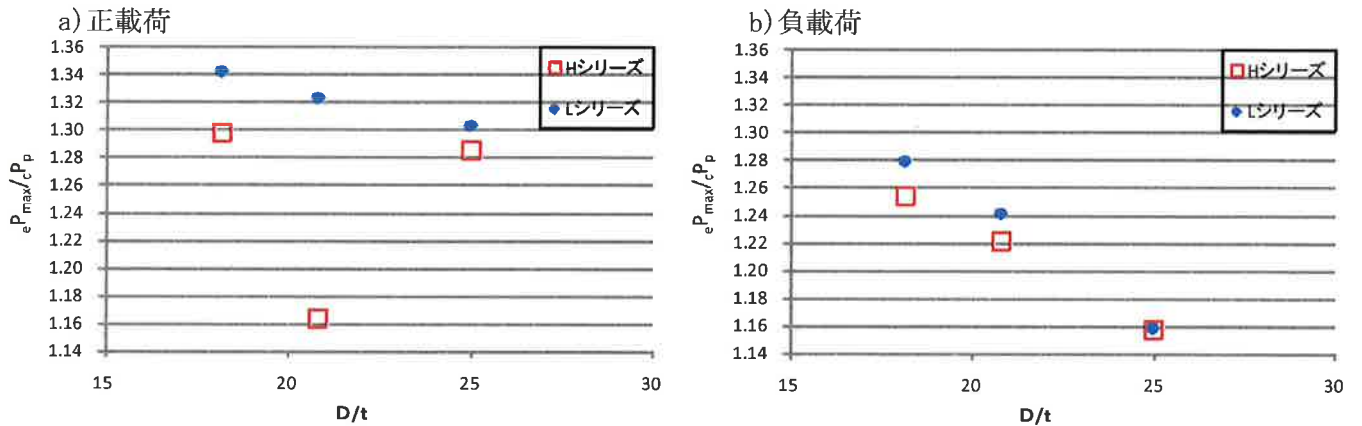


図 15 幅厚比と耐力上昇率の関係

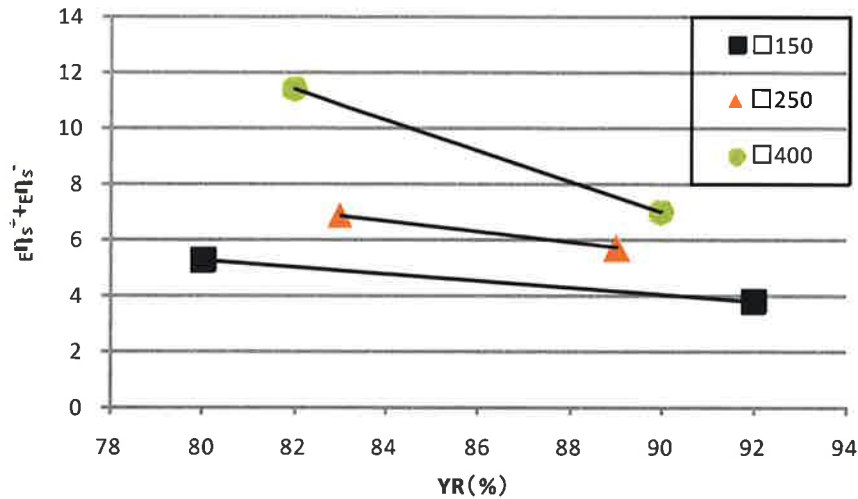


図 16 降伏比と累積塑性倍率(εηs+ + εηs-)の関係

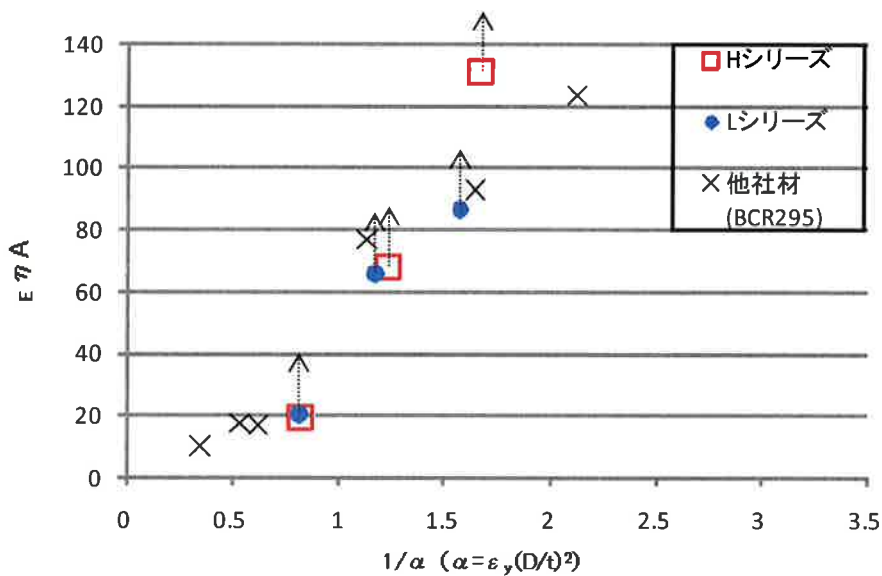


図 17 幅厚比と累積塑性変形倍率 (εηA) の関係

### 3. 1. 4. 部材試験のまとめ

本実験は 0°C、且つ応力集中する溶接止端部を残した厳しい条件で行ったものであるが、他社材 (BCR) 同等の累積塑性変形倍率を示した。したがって、TSC295 を用い適正な溶接条件で施工された柱部材は、他社材 (BCR) 同等の塑性変形性能があるといえる。

降伏比と累積塑性変形倍率について、従来の知見の通り有意な関係が確認された。図 15 の通り低降伏比材は耐力上昇率が大きく、累積塑性変形倍率が增大したものと推察される。TSC295 を用いた柱部材の優れた塑性変形性能は、母材の生産から造管までの工程を自社で一貫して行い、降伏比を低く管理することにより実現されているといえる。さらに、当社では造管工程に新規開発された FFX ミルを採用しており、造管時の歪みが円周方向に均一になるため、部材の変形能力が安定して期待出来る。

### 3. 2. 短柱圧縮試験

幅厚比が大きく、溶接部の破断が無い場合においては、塑性変形性能は局部座屈により支配される。TSC295 における幅厚比と局部座屈の関係を調査するために実施した短柱圧縮試験について以下に示す。

#### 3. 2. 1. 試験体

試験体形状を図18に示す。試験体端面の仕上げ加工面の精度は $25\mu R_y$ 程度、直角度は $1.5/1000\text{mm}$ 以下とした。素材の機械的性質を表14に示す。

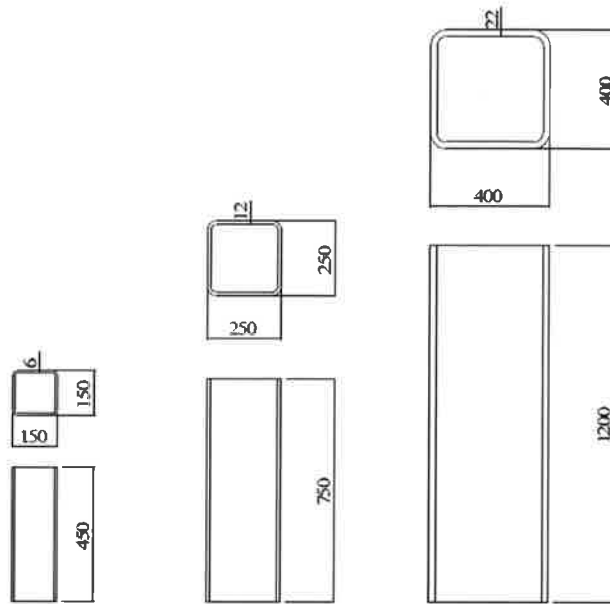


図 18 試験体形状

表 14 素材の機械的性質

サイズ	採取位置	試験片形状	$\sigma_y$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$\sigma_u$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	YR (%)	EL (%)
□150×6	平板部	5号	404	476	85	32
□250×12	平板部	1A号	406	488	83	23
□400×22	平板部	1A号	409	484	85	28

$\sigma_y$ :降伏点又は0.2%耐力、 $\sigma_u$ :引張強さ、YR:降伏比、EL:破断伸び

### 3. 2. 2. 試験方法

試験方法模式図を図 19 に示す。試験は 30MN 大型構造物試験機を用いて単調圧縮加力を実施した。加力は、弾性域で予備加力を行い、偏心加力が無いことを確認した後、平押しで加力を実施した。歪みゲージの最大値と最小値の差が 10%以内に収まることで偏心加力が無いものと判断した。歪みゲージは、平板部（材軸方向中央）に貼付した 4 枚を用いた。試験は、荷重が最大荷重の 6 割程度に低下した時点で終了した。

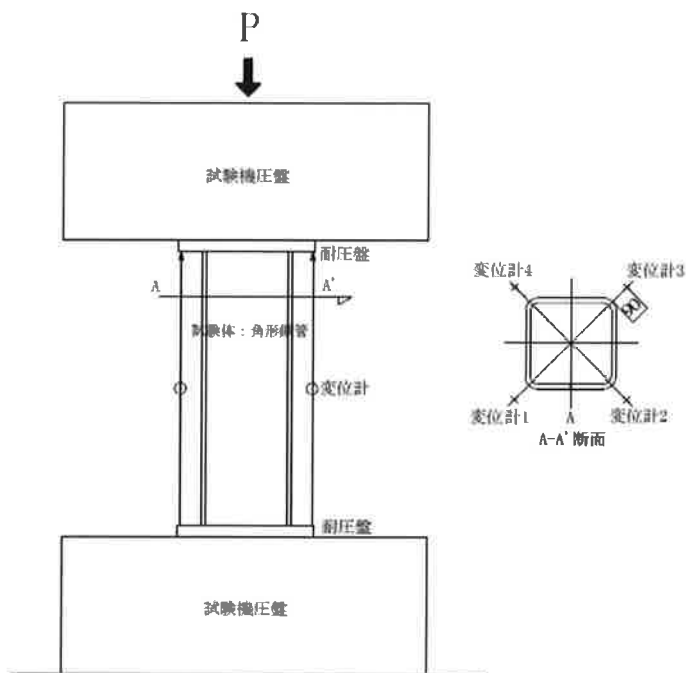


図 19 試験方法模式図

### 3. 2. 3. 試験結果

圧縮試験の結果を表 15 及び図 20 に、破壊状況を図 21 に示す。各サイズ（幅厚比 18~25）ともに局部座屈による耐力低下により終局を迎えており、シーム溶接部の破断は確認されなかった。図 22 に幅厚比と耐力上昇率の関係を示す。各サイズともに耐力上昇率（最大応力度/素材の降伏点又は 0.2%耐力）は 1.0 を上回っており、鋼材能力限界以下での局部座屈は発生しなかった。

表 15 圧縮試験結果

サイズ (mm)	$e\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$e\sigma_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$e\epsilon_{max}$ (%)	$e\sigma_{max}/\sigma_y$
□150×6	393	424	1.2	1.05
□250×12	405	451	1.8	1.11
□400×22	402	454	2.5	1.11

$e\sigma_y$ :降伏応力度、 $e\sigma_{max}$ :最大応力度、 $e\epsilon_{max}$ : $e\sigma_{max}$ に対応する最大圧縮歪み  
 $\sigma_y$ :素材の降伏点又は 0.2%耐力

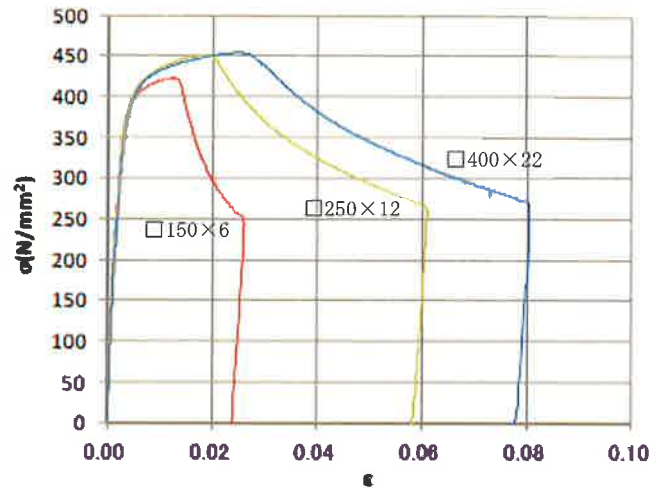


図 20 応力-歪み関係

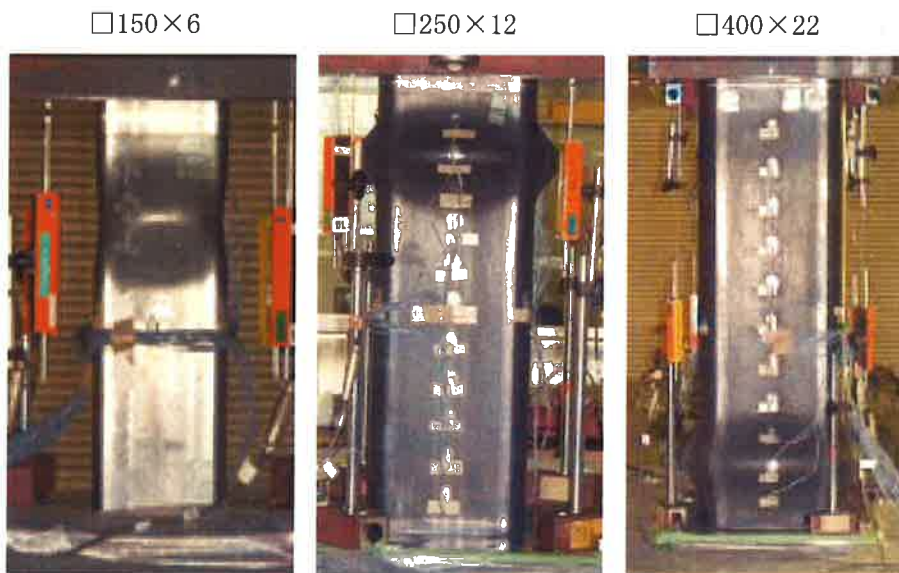


図 21 試験体の破壊状況

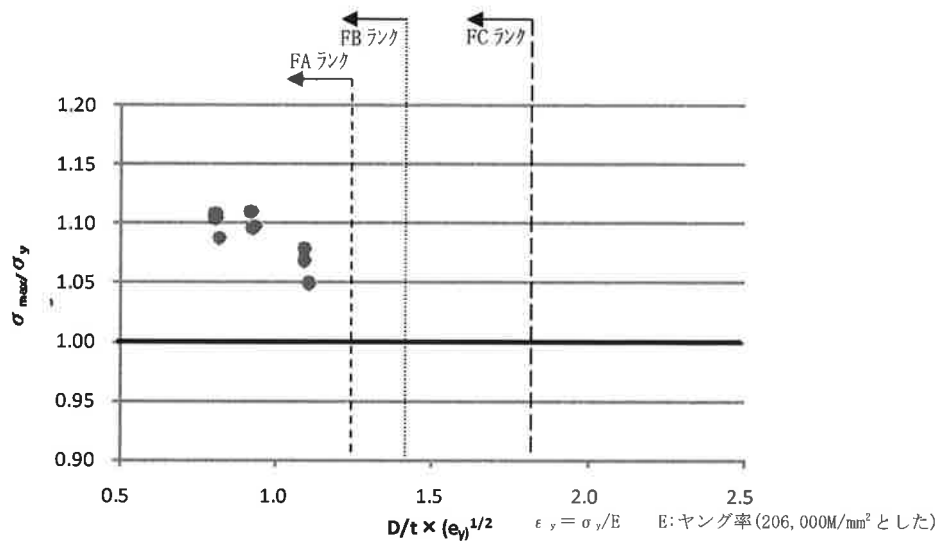


図 22 幅厚比と耐力上昇度の関係

### 3. 2. 4. 短柱圧縮試験のまとめ

各サイズ（幅厚比 18～25）ともに局部座屈による耐力低下により終局を迎えており、シーム溶接部の破断は確認されなかった。耐力上昇率（最大応力度/素材の降伏点又は 0.2%耐力）、各サイズともに 1.0 を上回っている。したがって、FA ランクの TSC295 は鋼材能力限界まで塑性変形性能を発揮出来るものと判断される。

#### 【参考文献】

- 1) 鉄骨柱梁溶接接合部の脆性的破断防止ガイドライン（(財)日本建築センター 2006年6月）
- 2) 斜め入力を受けた場合の建築構造用冷間成形角型鋼管の力学的性状に関する研究（遠藤良治 他（社）日本建築学会学術講演梗概集 p687-690 1998年9月）



## 3. 設計施工法

### 1. 総則

#### 1. 1. 適用範囲

本指針は、「トウテツコラム (T S C 2 9 5)」を、鉄骨造建築の柱材に使用する場合の設計施工法に適用する。

#### 1. 2. 関連基規準

本指針の設計法に記述されていない設計事項については、建築基準法、同施行令及び告示等並びにこれらに基づく「2008年度版冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル」(日本建築センター 2008年)及び関連する設計基準等を参照下さい。

また、本指針の加工・施工法に記述されていない施行事項については、「建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 6 鉄骨工事」(日本建築学会 2007年)及び関連する施工規準等を参照下さい。

### 2. 材料

本指針に適用する材料は「トウテツコラム (T S C 2 9 5)」とし、その種類の記号は表-1の通りとする。

表-1 適用材料

分類	種類の記号	鋼種
冷間ロール成形角形鋼管	T S C 2 9 5	400N/mm <sup>2</sup>

溶接材料は「建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 6 鉄骨工事」(日本建築学会 2007年)による。

### 3. 鋼材の基準強度及び溶接部の基準強度

#### 3. 1. 許容応力度の基準強度

許容応力度の基準強度 (F 値) は表-2の数値とする。

表-2 基準強度

分類	種類の記号	F 値 (N/mm <sup>2</sup> )
冷間ロール成形角形鋼管	T S C 2 9 5	295

材料強度の基準強度は表-2の数値の1.1倍以下の数値とすることが出来る。

#### 3. 2. 溶接部の許容応力度の基準強度

溶接部の許容応力度の基準強度は表-3の数値とする。

表-3 基準強度

分類	種類の記号	F 値 (N/mm <sup>2</sup> )
冷間ロール成形角形鋼管	T S C 2 9 5	295

溶接部の材料強度の基準強度は表-3の数値の1.1倍以下の数値とすることが出来る。

#### 4. 鉄骨柱材としての設計法

##### 4. 1. 部材種別と幅厚比の関係

##### 4. 1. 1. 設計ルート2に適用する幅厚比

設計ルート2に適用する幅厚比は、表-4の通りとする。

表-4 設計ルート2に適用する幅厚比

部材	断面形状	幅厚比
柱	角形鋼管	2.9以下

##### 4. 1. 2. 設計ルート3に適用する幅厚比

設計ルート3に適用する幅厚比は、表-5の通りとする。

表-5 設計ルート3に適用する幅厚比

種別		FA	FB	FC	FD
部材	断面形状	幅厚比			
柱	角形鋼管	2.9以下	3.3以下	4.3以下	左記以外

##### 4. 2. 変形能力確保のための条件

柱・梁の仕口・継手部が保有水平耐力時に破断しないように、当該部位の応力に乗じる安全率( $\alpha$ 値)は表-6の通りとする。

表-6 当該部位の応力に乗じる安全率( $\alpha$ 値)

部位	作用応力	400N級
仕口部	曲げ	1.3
継手部	曲げ・せん断	1.3*

※継手部が部材の塑性変形が予測される領域にある場合の最大曲げ強さの検討は、設計用曲げモーメントとして全塑性モーメントの1.2倍に対して行ってもよい

尚、継手部が部材の塑性化が予想される領域にある場合の検討には、上記括弧内の $\alpha$ 値を用いることが出来る。ここで、継手部とは完全溶込み溶接以外の接合部、例えば高力ボルト接合部を指し、また、塑性化が予想される領域とは部材長の1/10又は部材せいとの2倍以上までの部分程度をいう。

冷間成形角形鋼管柱の耐力比確保に考慮すること。

#### 5. 加工・施工法の留意事項

冷間加工により特に角部の材料強度が上昇し、鋼材の延性が低下している等の理由により、TSC 295を用いた鉄骨の加工・施工で特に留意すべき事項がある。一般的な事項は「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 6鉄骨工事」(日本建築学会 2007年)に規定されている通りであるが、これらのうち重要な事項は溶接施工要領に記載する。

TSC 295は、平板部も冷間加工を受けており、この冷間加工による降伏点上昇を積極的に評価して、設計に適用する材料の許容応力度の基準強度(F値)を295N/mm<sup>2</sup>としている。従って、加工に当たってTSC 295全体に熱処理等を行うと降伏点が低下してしまうので、このような熱処理は行ってはならない。