

名古屋大学 学生員 ○近藤 隆人
 名古屋大学 正員 菊池 洋一
 名古屋大学 正員 近藤 明雅

1. まえがき 鋼柱の静的耐荷力に影響を及ぼす主要な要因の1つに、残留応力がある。その残留応力の緩和が柱の耐荷力にどの程度影響を及ぼすかを明らかにすることを目的として、残留応力の異なる3つのタイプの鋼柱を用い、実験的に、残留応力分布と耐荷力を求め、その影響を比較検討した。

残留応力の緩和方法としては、現在、应力除去焼鈍法、低温应力除去法、予熱による方法などが用いられていて、実験では、ほとんど完全に除去できるといわれる应力除去焼鈍法と、溶接線方向に機械的引張力を作用させ、残留応力を緩和する方法の2方法を採用した。

2. 実験概要 実験には、板厚6mmのゲループ溶接（L形）にて鋼柱を用いた。各実験柱の寸法・形状、残留応力の測定箇所、および座屈試験柱の切り出し箇所を図-1に示す。図中の各タイプの名称、およびに実験に用いた本数は下記のようである。

C-TYPE 2本 寄接したままの状態の鋼柱

AC-TYPE 1本 すでに应力除去焼鈍（その加熱曲線を図-2に示す）を施して、
残留応力を緩和した鋼柱

PC-TYPE 4本 引張荷重によって、残留応力を緩和する鋼柱

実験は、柱の引張試験、残留応力の測定、初期にわみの測定、中心軸座屈試験などからなる。PC-TYPEは、両端をボルトで固定して12.4本すべく、 72.5° ($\sigma = 32.14 \text{ kg/mm}^2$) まで引張荷重を作用させ、残留応力の緩和を行った。残留応力の測定は、図-1に示す測定箇所において、図-3に示すように断面分割法により行はれ、また、座屈試験柱の長さは、 231 cm ($l/r = 60$) とし、これを図-1に示す位置から切り出し、初期にわみを測定した。

座屈試験は、すべての柱の両端をピン支持とし、耐荷力に及ぼす初期にわみの影響を小さくするために、溶接ビード部を含まない面を座屈面にとって試験を行はれ、柱の中央部において、座屈面内と面外の両方向の変位を、ダイヤルゲージにより測定した。

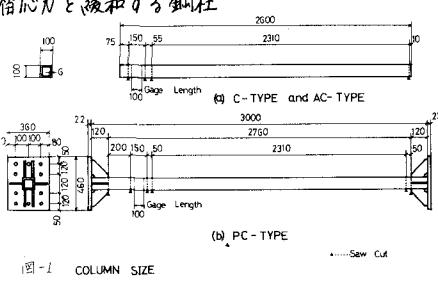


図-1 COLUMN SIZE AND POSITION OF RESIDUAL STRESS TEST SPECIMEN

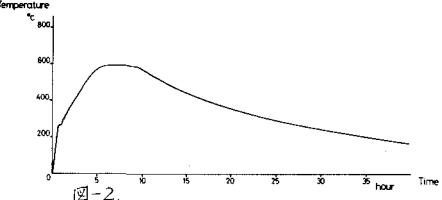


図-2

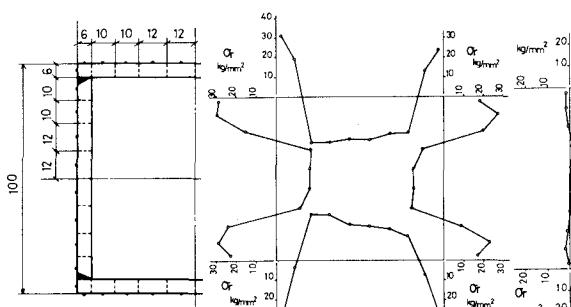


図-3.

図-4.

図-5.

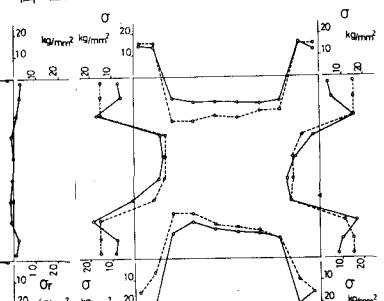


図-6.

— C-1
--- Residual Stress Calculated from C-1

3. 実験結果、および考察

3-1. 残留応力分布 C, AC, PC-TYPEの1例を、図-4, 5, 6に示す。C-TYPEでは、溶接部近傍で高い引張残留応力(0.6~0.8 σ_y)が存在し、それ以外の部分では、ほぼ一様な圧縮残留応力(0.3~0.4 σ_y)が存在している。溶接ビード部における引張残留応力の低下は、限界温度を越え加熱されるため、冷却過程で、変態による熱膨張を生じ、引張残留応力が減少することによると考えられてい。AC-TYPEでは、一般に認められているように、ほぼ完全に除去された状態にある。PC-TYPEでは、引張残留応力が0.4 σ_y 程度、圧縮残留応力が0.2~0.3 σ_y で、C-TYPEと比較すると、6~7割に緩和されている。破線で示した分布は、材質が理想的な弾塑性体という仮定のもとに、C-1に引張荷重を作用させた時の計算値であり、実験結果とかなり一致しているが、溶接ビード部の相違は、柱の材質と溶接金属の降伏点のちがいによるものではないかと考えられる。

3-2. 座屈荷重 ACの座屈試験中に、ピン支持装置が故障したため、ACは95°で実験を中止し、PC-TYPEの4本目は、実験できなかった。

C, AC, PC-TYPEの荷重-変位曲線の1例を図-7, 8, 9に示す。図中の破線は、初期にわみを考慮して、残留応力分布から、モーメント-曲率-荷重の関係を用いて求めた計算結果である。実験結果と計算結果は、初期にわみの大きいものほど、図-7のようにその適合性が高くなる傾向がからわれ、全体的にも良い一致をみた。座屈荷重の実験値と計算値を表-1, 表-2に示す。C-2の実験値は、反転したことによる影響で計算値との差が大きくなり、たとえられ、それを除けば、実験値と計算値は数%の相違がみられるにすぎない。

実験値においては、PC-TYPEの平均座屈荷重は、C-TYPEの平均座屈荷重に比べて、8%増加しており、計算値においては、14%の増加がある。C-2の反転の影響がなければ、実験値の増加率は、もっと計算値の増加率に近づくはずである。AC-TYPEの座屈荷重は、実験では95°以上という結果しか得られなかつたが、それがもC, PC-TYPEのそれと比べて27%, 17%の増加がみられる。また、計算値においても、C, PC-TYPEのそれと比べて、31%, 15%の増加がみられる。以上のようには、実験においても、数値計算においても、同様な結果が得られ、残留応力の影響は、はつきり認められる。

4. あとがき 初期にわみの影響を打ち消す、残留応力による影響だけを単独でとりだすことがむつかしく、また、試験本数が少なかつたこともあり、残留応力と耐荷力の関係などは、得られなかつた。たゞ、残留応力が緩和されると耐荷力が増大する傾向は、明確に認められた。特に、残留応力を除去した場合、耐荷力は3割程度増加した。初期にわみの影響はかなり大きいので、引張荷重を作用させることは、残留応力の緩和のみならず、初期にわみも緩和され、耐荷力の増大にかなり有効であると考えられる。なお、本実験では、鋼柱の材質はSS41を指定したが、実験に用いた鋼柱の降伏点は、46.76 kg/mm²である。

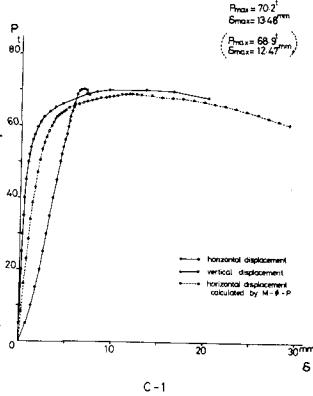


図-4 LOAD-DISPLACEMENT CURVES

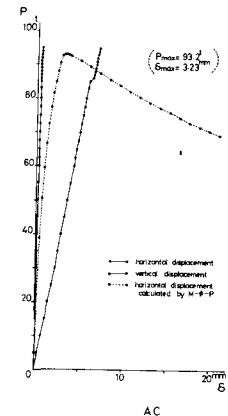


図-5 LOAD-DISPLACEMENT CURVES

	E_0 (10^{10} N/m ²)	σ_{max} (kg/cm ²)	G_{max} (kg/cm ²)	R_{max} (mm)	α_{max}/α_y
C-1	13.98	70.2	31.12	33.48	0.653
C-2	2.49	79.4	35.20	2.08	0.738
AC	4.69	—	—	—	—
PC-1	2.02	85.6	37.94	1.90	0.786
PC-2	1.77	79.9	35.42	4.77	0.743
PC-3	0.58	77.3	34.28	5.94	0.719
PC-4	2.08	—	—	—	—
mean value	8.24	74.6	33.35	7.78	0.696
PC-TYPE	1.62	80.9	35.96	4.20	0.752

	P_{max} (kg)	σ_{max} (kg/cm ²)	R_{max} (mm)	α_{max}/α_y
C-1	68.9	30.9	12.47	0.641
C-2	73.6	33.6	12.01	0.684
AC	93.2	42.1	1.23	0.867
PC-1	79.6	33.2	9.47	0.740
PC-2	83.7	36.2	4.47	0.760
PC-3	82.3	36.6	4.93	0.765
PC-4	80.1	35.5	9.93	0.745
mean value	77.3	31.6	12.24	0.667
PC-TYPE	80.9	35.9	8.20	0.752

表-1

表-2

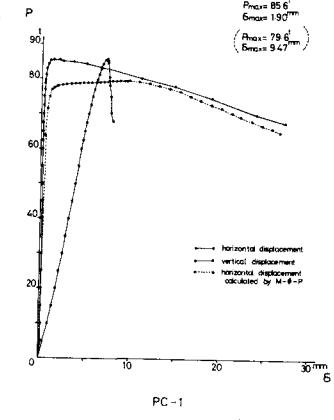


図-6 LOAD-DISPLACEMENT CURVES