

地下鉄構造物用溶接鋼管柱の強度実験について

名古屋市交通局 高 見 敬 一

。武 内 一 郎

上 関 裕 功

1. ま え が き

地下鉄駅の東降場部に最近鋼管柱を使用する例が多くなつて来た。ところで、それらの鋼管柱のほとんどが、遠心力鑄造による鑄鋼管柱であるが、今日、高張力鋼を用いて鋼管柱を製作する案が提出され、この資料を得るための実験を行なうこととなつた。

供試体の設計ならびに製作に当つては、型式は在来と同じく上下に支圧板を付けた柱とするが、鋼管部分は縦に一箇所継目を持つ溶接鋼管とした。

材質は冷間加工しやすいこと、溶接性が高いことなどから、鋼管材を WEL-TEN 50A、上下支圧板を SM-50A 相当とした。

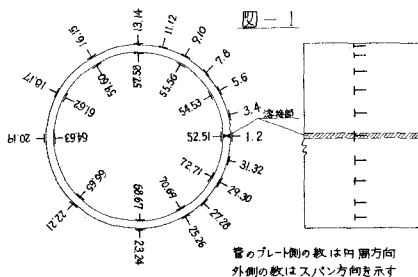
本実験は、昭和40年5月～6月にかけて、残留応力測定試験を名古屋大学土木工学科にて、また、圧縮破壊試験は国鉄技術研究所鋼構造実験所の3,000t試験機を使用して行なつた。

2. 溶接鋼管の残留応力測定

1) 実験目的 実験に用いた溶接鋼管は、冷間プレス加工により円管状に曲げられた鋼板の合端を、突合せ溶接により、縦方向に継目をもつた鋼管である。こゝでは、鋼管の溶接により生ずる残留応力分布を、円周方向、および、スパン方向について求め、それによつて残留応力が鋼管柱の強度に与える影響を調べた。

2) 実験方法 残留

応力の測定は sectioning method による。すなわち、鋼管の円周方向に沿つて切断を入れ、鋼管を細片に分割しながら、応力解放をは



かり，解放前と解放後の歪の差より残留応力を求める。歪計の貼付位置は図－１に示す。

切断はＡＢＣの三段階に別け，Ａは縦方向に四つ割りとし，Ｂは歪計貼付位置を中心に左２００mmの位置で切断，Ｃは歪計を含んで可能な限りの細片（幅５０～７０mm）まで切断した。

3) 実験結果 細断した試験片から１号試験片を３本製作し，材料の諸性質を求めると，表－１のようである。

表－１

降伏点 (Kg/mm ²)	引張強さ (Kg/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)	ポアソン比	せん断弾性係数 (Kg/cm ²)	弾性係数 (Kg/cm ²)
33.3	51.9	64.0	25.2	0.27	8.10×10^5	2.06×10^6

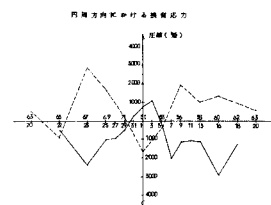
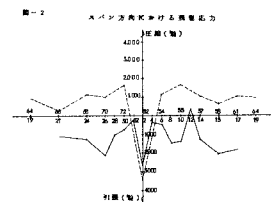
表－１のポアソン比と弾性係数を用いて，切断線を入れる前後の歪量の差を ξ_1 (円周方向)， ξ_2 (スパン方向)として，残留応力 σ_1 (円周方向)， σ_2 (スパン方向)を次式によつて求める。

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\nu^2} (\xi_1 + \nu \xi_2), \quad \sigma_2 = \frac{E}{1-\nu^2} (\xi_2 + \nu \xi_1)$$

こゝに E：弾性係数， ν ：ポアソン比

上式によつて求めた残留応力の値は，図－２のようになる。

この結果から，鋼筒柱の溶接組立中に生じた軸方向，および，円周方向の残留応力は，溶接箇所では引張応力（ 3000 Kg/cm^2 ）が集中的に発生し，他の箇所ではほぼ均一に引張，圧縮応力とも分布し，これらの値は引張側で約 1060 Kg/cm^2 圧縮側で約 1070 Kg/cm^2 である。従つて，柱軸方向の圧縮残留応力は，材料の降伏点応力（ $\sigma_y = 33.3 \text{ Kg/cm}^2$ ）の約 36% 程度が発生していると言う結果が得られた。

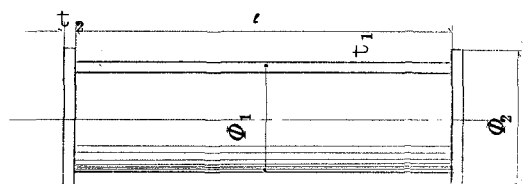


3. 圧縮試験

1) 試験方法

供試体 3 本についての諸元は表 - 2 に示す。

表 - 2



	鋼管Ⅰ	鋼管Ⅱ	鋼管Ⅲ	鋼管Ⅳ
ℓ (mm)	1800	1800	3460	3460
ϕ_1 "	600	600	600	500
ϕ_2 "		1065	1065	1065
t_1 "	23	23	23	26
t_2 "		95	95	95
断面積 A (cm ²)	417	417	417	388
断面二次モーメント I (cm ⁴)	175.100	175.100	175.100	109.200
断面二次半径 i (cm)	20.4	20.4	20.4	16.97
細長比 ℓ/r	8.82	8.82	16.96	20.4
試験種別	残留応力測定	圧縮試験	圧縮試験	圧縮試験

設計荷重は 3 本とも 530 t とし、鋼管Ⅱは細長比 ℓ/r の影響を除いた状態での挙動を見るため、管長を試験機にかゝる最小長さ (18 m) とした。鋼管Ⅲ、および、Ⅳは実物大とし、それぞれ、外径を 600 mm、および、500 mm とした。

測定は鋼管上下両端部と中央部に抵抗線歪計 (2 軸 90° ロゼット) を貼付けて、管軸方向と円周方向の歪とを、また、下端部と中央部 (鋼管Ⅱは中央部のみ) とにダイヤルゲージを取り付けて、管断面の変形を測定した。

2) 圧縮試験結果

鋼管軸方向の歪測定結果の一例は図 - 3 に示す。

鋼管Ⅱ，および，Ⅲの中心軸圧縮による座屈崩壊過程は，柱は材料の降伏点応力に達しても，柱としての全体座屈，および，円筒の提灯形座屈を生ずることなく，さらに荷重を増加すると，断面は歪硬化領域に入りつつ，歪も次第に増大し，歪硬化領域内で柱の上下端部の塑性局部座屈により崩壊している。

鋼管Ⅳの座屈崩壊過程は，前者の鋼管Ⅱ，Ⅲのそれらと異なり，中央部ではうみ出した全体座屈により崩壊している。これは，試験体の違いによる材料性質のばらつきに起因すると考えら

れると同時に， D/t が鋼管Ⅲの $600/23 = 26.1$ に比較して， $500/26 = 19.2$ と小さく，局部座屈強度に対して有利な断面となつていいることは逆に，細長比は大きくなつていいるため，全体座屈に対して不利になつたものと考えられる。

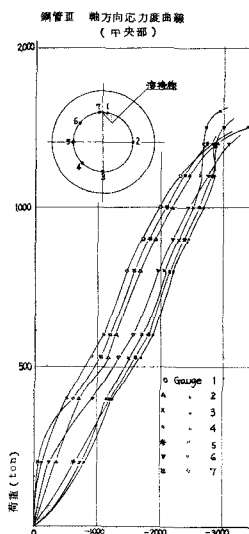
これらを実験値と計算値との比較により示すと，次のようになる。

	Py		Pult	
	計算値	実験値 ※	計算値	実験値
鋼管Ⅱ	1389 t	1,250 t	2,164 t	2,070 t
鋼管Ⅲ	1389 t	1,200 t	2,164 t	1,792 t

※ Py実験値は柱の中央部に貼付けた歪計の一部が流れ始めたときの荷重

Py 実験値は Py 計算値に比較し，鋼管Ⅱでは90 % Ⅲでは87 % とほぼ同一であるが，この低下は残留応力による断面の一部での初期流れが発生したと思われる。Pult実験値は Pult 計算値に比較し，鋼管Ⅱでは95 % ，Ⅲでは83 % であり，断面は歪硬化領域内で材料の最大強度に達する前に局部座屈により崩壊した。

図-5



4. む す び

柱の座屈強度は通常圧縮残留応力により低下するものであるが，本実験に用いたような細長比の小さい柱では，柱の崩壊が全断面の材料の降伏により支配されるため，残留応力測定結果による低下は，ほとんど認められなかった。従つて，これが実用に当つては，残留応力を焼鈍などにより除去することなく，また，縦方向の溶接継目の影響についても座屈後のかなり大きな変形に対して亀裂その他の破損が認められず，鋼管Ⅷ，Ⅳの設計荷重に対する安全率3.4前後から見ても，実用上支障ないとの結論を得た。

なお，この実験については，名古屋大学工学部土木工学科，福本助教授の長期にわたる御教示にあづかつたことを追記して，感謝の意を表する。