

I-61

電縫鋼管の残留応力

豊田工業高等専門学校 正会員 忠 和男 正会員 桜井孝昌
名古屋工業大学 正会員 後藤芳 正会員 松浦 聖

1、はじめに

現在、構造用鋼管として数種類の鋼管が製造されているが、製造の容易さ及び経済性の面から電縫鋼管(電気溶接抵抗鋼管)が多用されている。電縫鋼管では、製造過程に於て生じる溶接による熱残留応力よりも、繰り返し受ける冷間塑性加工による塑性履歴の影響の方が大きいという報告が加藤¹⁾、青木²⁾らによってされている。また、これらの残留応力が電縫鋼管の耐力に及ぼす影響についても指摘されている。本報告では、既往の報告をもとに鋼管の直径及び板厚を変化させて同様の測定を行い比較検討した。

2、実験概要

鋼管としては、STK41で、直径318.5mmおよび355.6mmの2種類でそれぞれの直径に対して3種類の板厚を用い、合計6体の供試体を用いた。鋼管から切り出した試験片の引張試験結果を表-1に示す。

残留歪の測定は、切断法を用い鋼管の中央部分の表裏に2軸ゲージを貼って行った。測定方法は、まず、最初の供試体(供試体NO.1)は、2000mmの鋼管表面に管軸及び円周方向に合わせて2軸ゲージを貼る。これを400mmに切断した。さらに、この鋼管の裏面に表面と同様に2軸ゲージを貼る。続いて、400mmの鋼管を50mmの輪に切断し、最終的にはこれを20等分して短冊状とした。(図-1、及び図-2参照)歪量は、各切断段階に於て測定した。1本目の供試体において2000mmから切り出した残留歪と

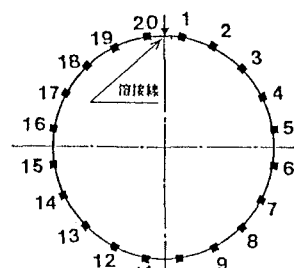


図-1 歪ゲージの貼り付け位置

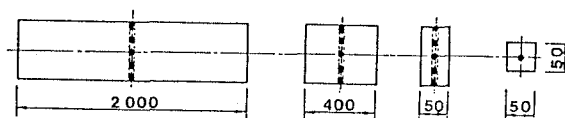


図-2 鋼管の切断方法 単位:mm

400mmから切り出した場合の残留歪とを比較しその歪量の差は最大でも 100×10^{-6} 程度で余り差がないことを確認した。従って、2本目以降は400mmの鋼管の表裏面に2軸ゲージを貼って切断及び測定を進めた。溶接線は、図-1に示すように歪測定位置の1と20との間に存在する。

3、実験結果及び考察

図-3は、次式により残留応力を計算した結果である。 σ_x 及び σ_y は、それぞれ管軸方向の残留応力及び円周方向の残留応力を示している。

$$\sigma_x = \{E(\epsilon_x + \nu \epsilon_y)\} / (1 - \nu^2)$$

$$\sigma_y = \{E(\epsilon_y + \nu \epsilon_x)\} / (1 - \nu^2) \quad (1)$$

式中E、 ν は表-1の値を、 ϵ_x 、 ϵ_y は、測定した残留歪の値を用いた。横軸に測定位置を、縦軸に残

表-1 鋼管から切り出した試験片の引張試験結果

供試体 番 号	鋼管の 直 径 D (mm)	鋼管の 板 厚 T (mm)	試験片の 断面積 A (mm ²)	ヤング 係数 E $\times 10^6$ (kg/cm ²)	ポアソン 比 ν	降伏応力 $\sigma_y \times 10^2$ (kg/cm ²)
NO.1	318.5	7.9	193.55	2.01	0.29	53.3
NO.2	318.5	6.0	141.15	1.89	0.36	44.0
NO.3	318.5	6.9	162.13	2.16	0.32	39.6
NO.4	355.6	6.4	150.69	2.05	0.28	50.9
NO.5	355.6	7.9	184.44	2.04	0.29	46.5
NO.6	355.6	9.5	227.72	2.00	0.31	37.2

留応力を示す。図に示すように σ_x 及び σ_y の円周上の分布状態は全体的にはほぼ一定であるが溶接線部及びそこから円周方向に 180° 進んだ位置の応力は他の部分に比較して30%程度大きくなっている。残留応力の円周上での平均値は、管軸方向で、 $\sigma_x^{OUT}=2573\text{Kg/cm}^2$ 、 $\sigma_x^{IN}=-2524\text{Kg/cm}^2$ 、円周方向で、 $\sigma_y^{OUT}=1410\text{Kg/cm}^2$ 、 $\sigma_y^{IN}=-1317\text{Kg/cm}^2$ 、となり管軸方向の残留応力が円周方向の2倍程度の値を示した。

図-4は、板厚中央面の管軸方向平均残留応力を図示したものである。平均残留応力(σ_{AU})は、残留応力が板厚方向に直線的に分布するものと仮定して σ_x^{OUT} と σ_x^{IN} との平均値で定義した。平均残留応力 σ_{XAU} は、この図から測定位置1の値が最も大きく 700Kg/cm^2 である。 σ_{AU} を円周方向に合計した値を同様に σ_{AU} の絶対値を合計した値で除した結果+0.18となった。これから残留応力の自己釣合もこの程度の精度で釣り合っていると言える。

表-2に全供試体について σ_x の最大値、円周上に関する σ_x の平均応力度及び板厚中央面の応力の最大値を示した。残留管軸方向応力 σ_x の最大値は $\sigma_x^{OUT}=1.0\sigma_y$ 、 $\sigma_x^{IN}=-0.9\sigma_y$ 程度であった。周上で平均した σ_{XAU} は、 $\sigma_{XAU}^{OUT}=0.7\sigma_y$ 、 $\sigma_{XAU}^{IN}=-0.6\sigma_y$ 程度でかなり大きい。一方、板厚中央面の応力 σ_x は、最大でも $0.3\sigma_y\sim 0.5\sigma_y$ で、周上全体では、小さい。従って、残留応力としては、板厚断面に生じている曲げモーメントの影響の方が軸応力のそれより大きいと言える。

4、まとめ

残留応力測定の結果、1)今回使用したサイズの電縫鋼管では残留歪および残留応力のいずれも管軸方向の値が円周方向の値を卓越した。
2) σ_x^{OUT} 、 σ_x^{IN} は、円周上全体で一定符号を示し、その分布の変動幅は小さい。3)、板曲げによる残留応力が大きく板厚中央面の軸方向残留応力は一般に小さい。

参考文献 1)加藤、青木：電気抵抗溶接鋼管のひずみ履歴と残留応力、日本建築学会論文報告集、230号、昭和50年4月；2)青木、福本：小口径電縫鋼管の統計的材料強度特性と残留応力分布の評価、土木学会論文報告集、314号、1981年10月

図-3 残留応力 (NO. 6)

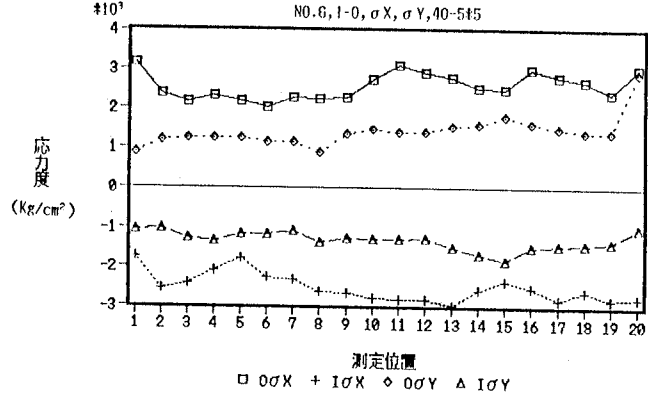


図-4 平均残留応力 (NO. 6)

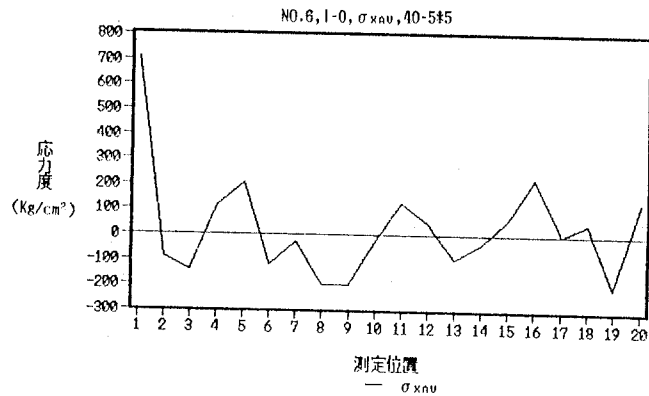


表-2 σ_x の最大値、平均応力及び板厚中央面の応力の最大値

供試体 番号	σ_x の最大値 / σ_y 尚、 σ_y は降伏応力		円周上の平均応力 / σ_y		板厚中央面 の最大応力 と降伏応力 との比 σ_m / σ_y
	$\frac{\sigma_x^{OUTMAX}}{\sigma_y}$	$\frac{\sigma_x^{INMAX}}{\sigma_y}$	$\frac{\sigma_x^{OUT}}{\sigma_y}$	$\frac{\sigma_x^{IN}}{\sigma_y}$	
NO.1	1.20	-0.89	0.77	-0.58	0.43
NO.2	0.95	-0.94	0.68	-0.60	-0.25
NO.3	1.26	-0.82	0.47	-0.70	0.56
NO.4	0.97	-1.09	0.78	-0.69	0.14
NO.5	1.02	-0.99	0.80	-0.58	0.33
NO.6	0.85	-0.67	0.69	-0.68	0.19