

大阪大学工学部 正員 西村 宣男 大阪大学大学院 学生員 村上 茂之
大阪大学工学部 学生員○讃井 一将 酒井鉄工所 正員 竹内 修治

1. はじめに

本研究で対象にする鋼管は平板から加工する製作鋼管で、橋脚や水圧鉄管などの大型厚板鋼管で用いられている。この製作工程で発生する残留応力や加工硬化による降伏応力度の上昇など材料学的な初期不整は、鋼管の耐荷力を検討する際に重要な問題となる。塑性曲げ加工による残留応力は鋼管の径厚比の影響を受け、また板厚方向に変化することが特徴である。塑性曲げ加工時の板厚方向のひずみ分布から加工硬化による降伏点の上昇量も板厚方向に変化することが考えられる。

本研究では、鋼管の外半径、板厚および鋼材の諸材料定数から径厚比によって変化する残留応力および板厚方向の降伏応力度の変化量を評価する式を作成し、実験データと比較することによって提案式の妥当性を確認する。

2. 残留応力および降伏応力度の上昇量の評価式

(1) 残留応力の評価式

塑性曲げ加工時のひずみ分布を図-1に示す。中立軸の長さを L としたとき鋼管外縁の長さは $L(1+\varepsilon_0)$ で与えられ、両者の比よりひずみ ε_0 、およびひずみ分布 ε_n は次式で与えられる。

$$\varepsilon_n = \varepsilon_0 \eta \quad (-1 \leq \eta \leq 1) \quad \dots (1)$$

$$\varepsilon_0 = t/(2R-t) \quad \dots (2)$$

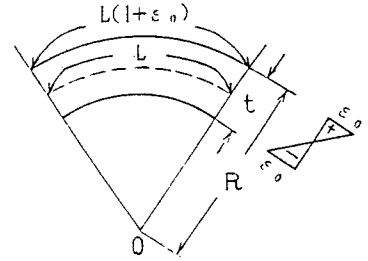


図-1 中心および外縁の長さ

このひずみ分布から曲げ加工時の応力分布 σ_n が与えられる。このときひずみ硬化域の応力-ひずみ曲線はB-n近似曲線¹⁾に従うものとする。これより曲げモーメントの大きさ M を求めると次式のようになる。

$$M = 2 \int_{-1}^1 \eta \sigma_{n,\eta} d\eta \quad \dots (3)$$

このモーメントの除荷は弾性的であると考えると応力分布 $\sigma_{b,\eta}$ は直線形となり、次式のようになる。

$$\sigma_{b,\eta} = \frac{6}{t^2} M \eta \quad \dots (4)$$

残留応力 $\sigma_{r,\eta}$ は両者の和で与えられることから次式で表される。

$$\sigma_{r,\eta} = \sigma_{n,\eta} + \sigma_{b,\eta} \quad \dots (5)$$

(2) 降伏応力度上昇の評価式

塑性曲げ加工時にひずみ硬化域まで塑性履歴を受けると加工硬化が生じ、降伏点が増加する。このとき降伏応力度の上昇量 $\Delta\sigma$ は次式で与えられる。

$$\Delta\sigma = |\sigma_n| - \sigma_Y \quad \dots (6)$$

また、加工硬化の発生は径厚比によって決定され、鋼管の径厚比が次の条件を満たす場合に加工硬化が発生する。

$$R/t < (1 + \varepsilon_{ST}) / 2\varepsilon_{ST} \quad \dots (7)$$

3. 実験データとの比較

上記の評価式の妥当性を確認するため、鋼種SM570, HT780の2種の鋼材で製作された鋼管で実験を行った。図-2で示すように縦継手溶接の影響が少ないと考えられる位置より試験片を採取し、残留応力分布および降伏応力の上昇量を求めた。鋼材の材料定数は表-1のように与える。図-3では評価式による残留応力を実線で、実験データの値を点で、Chen-Ross²⁾の提案する残留応力分布を破線で示したが、SM570, HT780の両鋼種ともChen-Rossの提案式よりも近い値で精度良く推定できていることが分かる。また板厚中心においてChen-Ross式では不連続となっているのに対し、本推定法では連続となっている。これは本推定法では板厚中心付近において弾性域が残っていると考えたためである。また図-4では降伏応力度の上昇について比較を行った。横軸には径厚比に降伏ひずみを乗じた無次元化径厚比³⁾を用いている。径厚比が小さくなるに従い加工硬化を大きく受けているため、降伏点の上昇が大きくなっていることが分かる。また両鋼種ともに非常に良い精度で推定可能ということが分かる。

4. 結論

本研究では鋼管の径厚比と加工を施す前の応力-ひずみ関係から残留応力と降伏応力度の上昇量を評価する式を作成した。そして実験データと比較することにより提案式の妥当性を検討した。これより本提案式を用いて残留応力および降伏応力度の上昇量の評価が可能であるといえる。

[参考文献]

1)西村宣男：低降伏比高張力鋼の機械的特性と曲げ強度，鋼構造部材および要素の塑性強度の有効利用に関する研究，平成2年度科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書，1991.3

2)W.F.Chen, D.A.Ross: Tests of Fabricated Tubular Columns, Journal of the Structural Division, Proc. of the ASCE, pp.619-634, March.1977

3)B.KATO: Cold-Formed Welded Steel Tubular Members, AXIALLY COMPRESSED STRUCTURES, Stability and Strength, Applied Science Publishers, 1982

モデル管 A HT780 $t=50$

モデル管 B SM570 $t=37$

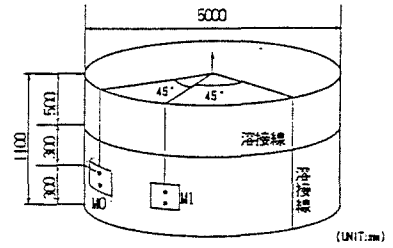


図-2 実験供試体

表-1 材料定数

材料定数	SM570	HT780
σ_y (kgf/cm ²)	5530	8178
E (kgf/cm ²)	2.091×10^6	2.06×10^6
ϵ_{st}	0.0026	0.0040
n	0.10	0.04
B	1.00	1.00
ϵ_0	0.00746	0.01010

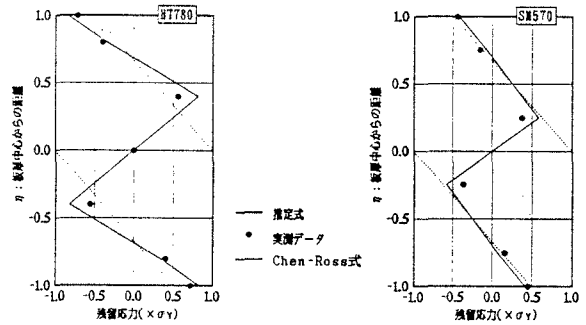


図-3 残留応力分布

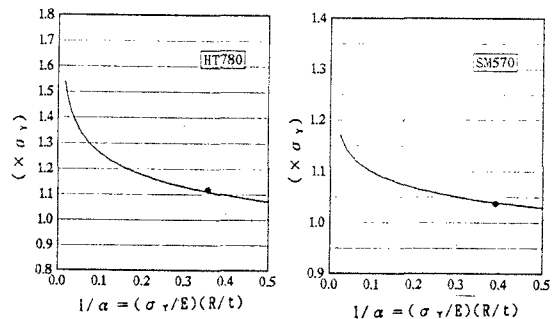


図-4 降伏応力度の上昇