

日本鋼管技研福山 平 忠明 ○石原利郎 小指軍夫  
 福山製鉄所 西野征規男

1. 緒言: スパイラル造管したパイプは造管法によっては内部応力が発生しその力学的挙動が内部応力がない場合と異なる場合がある。この現象はパイプをリング状のまま周方向応力を負荷した時に顕著で、大きな内部応力が存在している場合には0.5%降伏強さ以下の低応力負荷においても塑性変形を生じることがある。そこでその現象の解析および対策を検討した。
2. 試験方法: 試験管としては外径1524mm、管厚12.7mm、グレード×60のスパイラル鋼管の内部応力状態の異なるものについてリング引張試験を実施し、SMYS<sup>\*</sup>の90%の応力下での塑性変形量に注目した。また解析は測定された内部応力分布をもとに、材料を弾完全塑性体とみなし単純曲げ理論を用いて行った。(\* SMYS: Specified Minimum Yield Strength)

3. 試験結果: 解析は図1に示すような内部応力分布を有するスパイラル管について行った。図1において(A)は通常の造管条件、(B)は予め製品寸法より小さめに曲げたものをスプリング・バックを利用して製品寸法に迄戻すことによって得た応力分布を示している。(B)の分布はパイプ切断法により解放された表面応力をもとに計算により求めた。なお参考の為完全にスプリング・バックさせた場合の応力分布を一点鎖線で示した。更に弾完全塑性体の近似程度を調べるため実際の応力-ひずみ線から求めた場合の各応力分布を破線で付記したが両者の差は小さく十分な近似を与えていることが判る。

図1の如き内部応力分布を有する場合の力学的挙動について検討する。図1の如き初期分布をもつ材料がひずみ $\bar{\epsilon}$ を加えられると応力分布は新しい状態に変化しそれに要する荷重は新しい応力分布曲線と初期分布曲線で囲われる面積で与えられ、例えば図1(A)の場合応力( $\bar{\sigma}$ )-ひずみ( $\bar{\epsilon}$ )曲線は

$$E \bar{\epsilon} = E \epsilon_0 + \sigma_Y - (E \epsilon_0 + \sigma_Y)^2 - 4 E \epsilon_0 \bar{\sigma})^{1/2} \quad \sigma_Y: \text{降伏点}, \epsilon_0: \text{表面曲げ歪}$$

となりこれよりSMYSの90%応力負荷時の塑性ひずみは0.158%と計算された。(B)の場合も同様の考え方で計算できる。図2は計算結果および実測値を各々示しており両者はほぼ一致した値を示している。なお、低応力塑性変形の原因としては内部応力のほかにバウシinger効果にも起因するがその影響度は0.03%以下と小さく今回の解析では無視した。図2において $r = 562 \text{ mm}$ の点は完全にスプリングバックした時外径1524mmになるような初期曲げ半径であるが同図より完全にスプリングバックさせずとも低応力塑性変形量は著しく減少し本方法は実操業の立場からも極めて有効であることが明らかとなった。

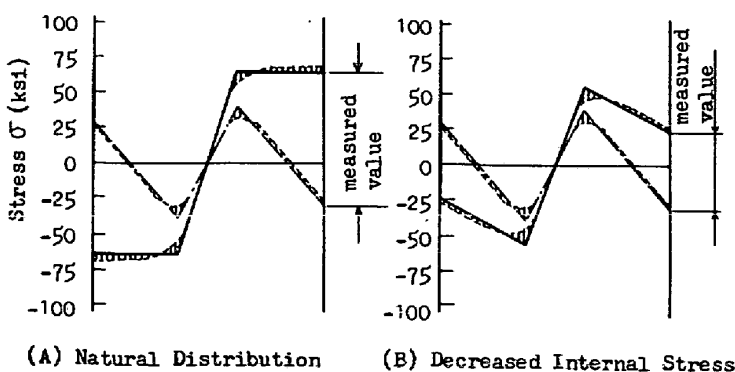


図1 スパイラル管の内部応力分布

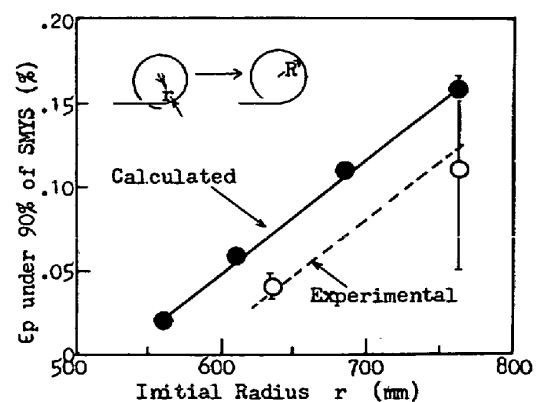


図2 塑性歪とスプリングバック量の関係