

(288) 鋼管の強度特性に関する検討

新日本製鉄(株)八幡技術研究所 中島浩衛 \*水谷 渉  
菊間敏夫 松本絃美

1. 緒言 : 鋼板を素材として鋼管を製造する場合、冷間で曲げ、圧縮、引張の各種変形をうけるため、鋼管の降伏強度は通常素材と異ってくる。この現象は一般にバウシinger効果と呼ばれて居り、素材の強度設計上この点を十分考慮しなければならない。本論文では素材のバウシinger効果を考慮した降伏条件式を導き、変形履歴による強度変化を定量的に予測出来ることを明らかにした。

2. 実験および計算方法 : 図 1に示すような形状の試験片を用いて、図 2の母材の応力-歪曲線Aと、圧縮歪付加後の応力-歪曲線Bを求め、バウシinger効果率を(1)式のように定義すると、圧縮歪 $\epsilon_c$ とバウシinger効果率 $\lambda_{0.5}$ との関係は、(2)式のように表わされる(JISI-Jan-1971のJamiesonの報告とは独立に研究を行ったものである)。

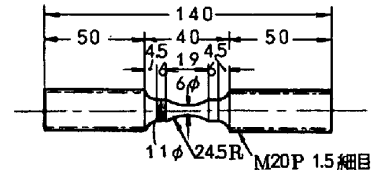


図 1 圧縮および圧縮-引張試験片

$$\lambda_{0.5} = \frac{\sigma_c - \sigma_t}{\sigma_c} \dots\dots(1) \quad \lambda_{0.5} = \frac{\epsilon_c}{K_1 + K_2 \epsilon_c} \dots\dots(2)$$

$K_1, K_2$ : 材料固有の定数でバウシinger効果係数と呼ぶ。バウシinger効果を考慮した降伏条件式を導くためには、圧縮歪を与えた後の応力-歪曲線を正確に表示する必要がある。そこで実験結果を整理すると0.5% under loadの応力を基準にしたときの応力-歪曲線の近似式は(3)式のように表わされる。

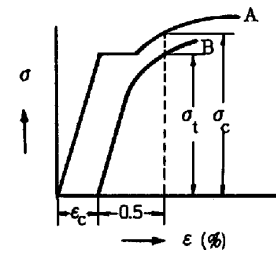


図 2 圧縮歪付加後の応力-歪曲線

$$\sigma / \sigma_{0.5} = \frac{f \epsilon_{0.5}}{A (\epsilon / \epsilon_{0.5}) + (1 - A)} \dots\dots(3) \quad \text{但し } A = \frac{K_3 + K_4 \epsilon_c}{K_3 + \epsilon_c}$$

$\sigma$ : 新歪(引張り歪)が $\epsilon$ での応力  $\epsilon$ : 新歪(引張り歪)  $\epsilon_c$ : 旧歪(圧縮歪)  
 $\sigma_{0.5}$ : 0.5% under loadの応力  $\epsilon_{0.5}$ : 0.005  $K_3, K_4$ :  $K_1, K_2$ 同様バウシinger効果係数

上記(1)(2)(3)式を用いるとバウシinger効果を考慮した降伏条件式は(4)式のように導かれる。ここで圧縮後の引張り変形と、引張り後の圧縮変形のバウシinger効果は等しいものと考え変形歪を新歪、旧歪に分けて一般性をもたせて表示した。

$$\sigma = f(\bar{\epsilon} + \epsilon) \cdot \left\{ 1 - \frac{\bar{\epsilon}}{K_1 + K_2 \bar{\epsilon}} \right\} \cdot \frac{(\bar{\epsilon} + K_3)(\epsilon / \epsilon_{0.5})}{(K_3 + K_4 \bar{\epsilon})(\epsilon / \epsilon_{0.5}) + \bar{\epsilon}(1 - K_4)} \dots\dots(4)$$

- I)  $\bar{\epsilon} + \epsilon \leq \epsilon_0$  のとき  $f(\bar{\epsilon} + \epsilon) = \sigma_0$
- II)  $\bar{\epsilon} + \epsilon > \epsilon_0$  のとき  $f(\bar{\epsilon} + \epsilon) = \sigma_0 + \lambda E(\bar{\epsilon} + \epsilon - \epsilon_0)$

$\sigma$ : 新応力  $\sigma_0$ : 母材の降伏応力  $\lambda$ : 加工硬化係数 ( $\lambda = \frac{\partial \sigma}{\partial \epsilon} / E$ )  
 $E$ : ヤング率  $\epsilon$ : 新歪  $\bar{\epsilon}$ : 旧歪  
 $\epsilon_0$ : 降伏点伸び  $\epsilon_{0.5}$ : 0.005  $K_1, K_2, K_3, K_4$ : バウシinger効果係数

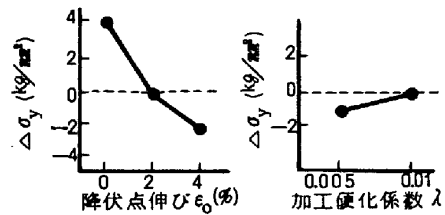


図 3 降伏点伸びの影響

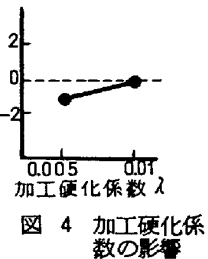


図 4 加工硬化係数の影響

3. 実験結果とまとめ

- 1) 母材特性の降伏点伸びは大きいほど、加工硬化係数は小さいほど鋼管の降伏強度の低下が大きい(図3, 4参照)
- 2) 降伏条件式による降伏強度の計算値と実測値は図5に示すようによく対応することを示しその妥当性を裏付けている。

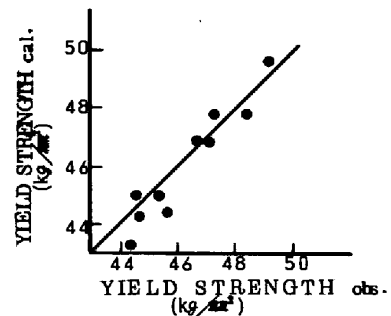


図 5 降伏条件式による計算値と鋼管より得られた実測値の比較