

## 円形鋼管の局部座屈終局耐力と変形能力

(短柱圧縮試験結果における製造方法と降伏比の影響)

正会員 ○越智 健之\*1

同 黒羽 啓明\*2

構造設計一般 鋼管 局部座屈  
短柱 降伏比

1. はじめに 局部座屈や曲げ座屈で定まる終局耐力は、素材の特性の影響を受ける。円形鋼管部材については、製造方法の違いにより熱間圧延材料と冷間成形材料とに区分して比較され、それらの特性の違いは明らかになっている。また、局部座屈終局耐力の問題は、短柱圧縮試験の実験資料と有限要素法による解析から、降伏比による影響が検討されている 1)。

文献 1)においては降伏比を説明変数に用いた回帰式で実験値と比較されており、降伏比に対する実験値の傾向や、変形能力に対する降伏比の感度が明確でない。そこで、降伏比の変化により、どの程度の変形能力の改善ができるのかを実験資料に基づいて検討をする。

2. 応力上昇率 実験資料 1)には高強度材料や一般構造用材料ではない鋼管も多くあり、説明変数に含まない要因がある。短柱圧縮試験における局部座屈に関係すると考えられるのは径厚比( $D/t$ )、降伏応力度( $\sigma_y$ )、降伏比( $\sigma_y/\sigma_u$ )と製造方法である。ここでは、大きく冷間成形材と熱間圧延材に区別し、熱処理材は熱間圧延材に含める。

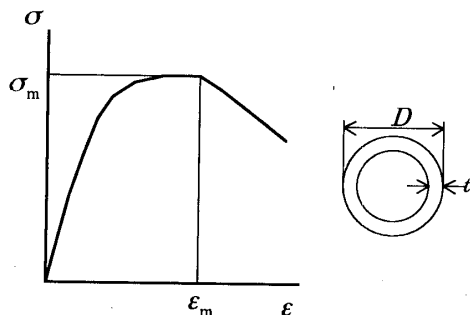


図1. 短柱圧縮試験の応力度と平均ひずみ度の関係

短柱試験における終局耐力は、応力-ひずみ関係の影響を極端に受けるため、無次元化径厚比よりも降伏比と径厚比に依存する。そのため、冷間成形材の実験結果に対して 1)式を与えた 2)。

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_y} = 1.80 \cdot \left(\frac{D}{t}\right)^{-0.160} \cdot \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_u}\right)^{-0.433} \quad 1)$$

熱間圧延材の実験結果を冷間成形材とともに図2. に示す。1)式の回帰には熱間圧延材の実験資料を含んでいないが、概ね実験資料の傾向を捉えている。また、図2. において冷間成形材料と極端に異なるのは極厚鋼管と

比較的薄肉の鋼管であり、極厚の領域では極端な応力上昇と比較的薄肉では降伏比の影響が考えられる。それらの実験資料を除けば、応力上昇率は径厚比と降伏比が主な変数であり両者で変動のほとんどを説明できる。鋼管部材の変形能力は応力上昇率により定まるので、径厚比と降伏比を用いて構造区分を定める必要がある。

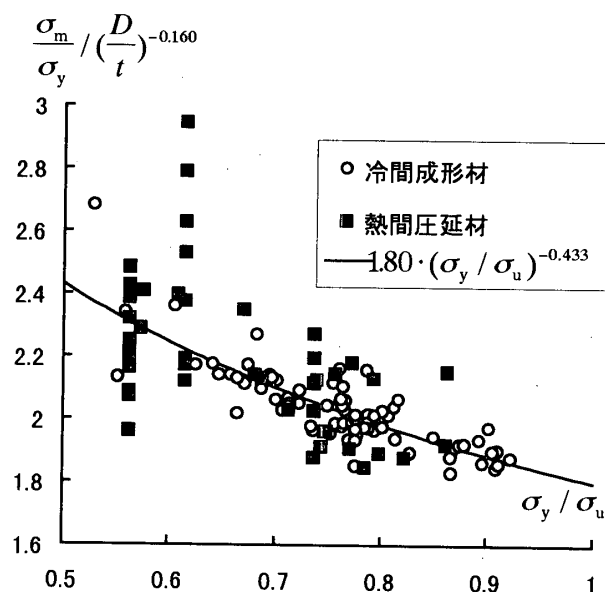


図2. 応力上昇率と降伏比の関係

3. 塑性率 冷間成形材の塑性率( $\epsilon_m/\epsilon_y$ )については、実験資料に基づいて 2)式を与えた 2)。

$$\frac{\epsilon_m}{\epsilon_y} = 0.205 \cdot \left(\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{D}{t}\right)^{-1.39} \quad 2)$$

その後に行われた実験結果を含めて、実験資料と無次元化径厚比( $\sigma_y/E \cdot D/t$ )の関係を図3. に示す。冷間成形材については 2)式で実験資料の傾向が適切に表されている。2)式に対する冷間成形材の実験資料の変動係数は 0.167 である。

熱間圧延材の資料を図4. に示す。実線は冷間成形材の平均値であり、実線を下回るのは鋼種の低い材料と降伏して直ちに耐力低下する径厚比の材料である。

この 2)式を基に降伏比の影響を調べたのが図5. である。冷間成形材については降伏比の影響を受けていない。

Load-carrying and Deformation Capacities of Circular Tubular Stub Columns

OCHI Kenshi and KUROBANE Yoshiaki

また、熱間圧延材については、極厚鋼管と降伏して直ちに耐力が低下した実験を除けば、降伏比の影響がある。

ただし、降伏比と無次元化径厚比は両方が降伏応力度の関数となるために、説明変数間に相関があることになる。すなわち、降伏応力度が低ければ、無次元化径厚比と降伏比は小さくなる。このことは、回帰に両変数を説明変数とすることで検討することができる。

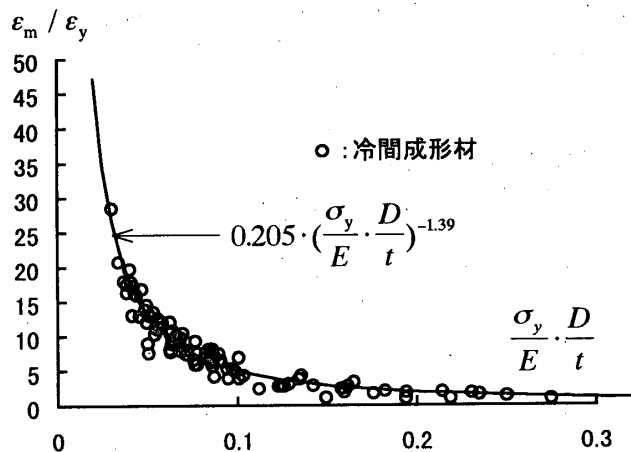


図3. 冷間成形材の塑性率と無次元化径厚比の関係

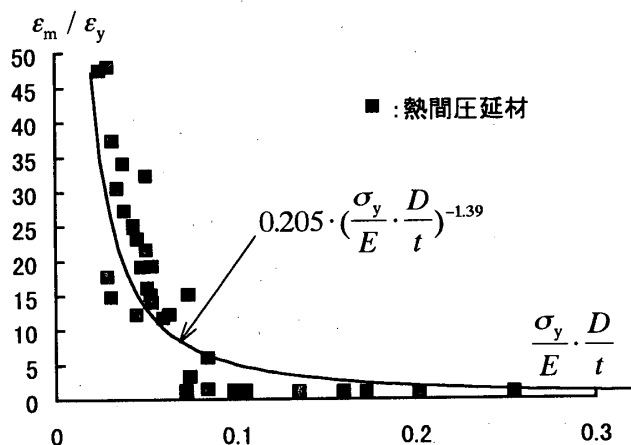


図4. 熱間圧延材の塑性率と無次元化径厚比の関係

そこで、無次元化径厚比と降伏比を説明変数とし、降伏後直ちに局部座屈で耐力が低下した熱間圧延の資料を除いて回帰を行うと3)式となる。

$$\frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_y} = 0.122 \cdot \left( \frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{D}{t} \right)^{-1.47} \cdot \left( \frac{\sigma_y}{\sigma_u} \right)^{-1.22} \quad 3)$$

この回帰式に対する実験値の変動係数は、0.235であり、2)式よりも精度が悪い。これは、熱間圧延材の資料を含めたためである。3)式と実験値の関係を図6. に示す。図6. は図5. と同様の傾向があり、降伏比に対して冷間成形材は影響を受けておらず、熱間圧延材のみが

降伏比に依存しており、回帰式は両者の中間に位置してしまう。そのために、回帰式としての精度も悪くなり、降伏比と塑性率の関係が明らかにならない。

$$\frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_y} / \left\{ 0.205 \cdot \left( \frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{D}{t} \right)^{-1.39} \right\}$$

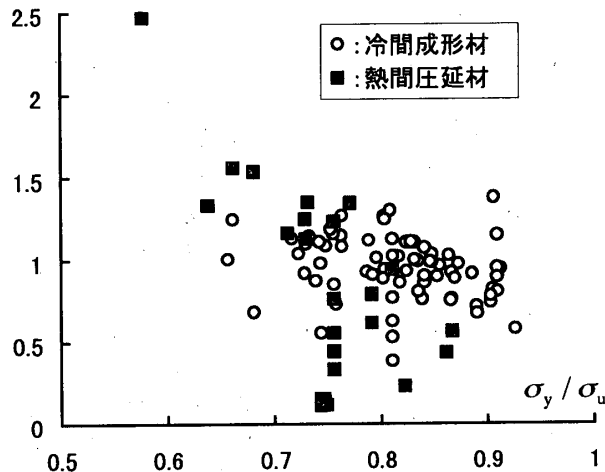


図5. 塑性率と降伏比の関係

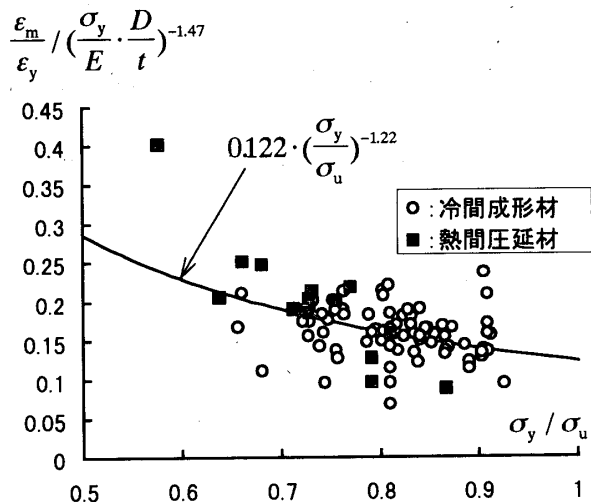


図6. 降伏比を説明変数とした回帰式と実験値の関係

4. まとめ 既往の短柱圧縮試験結果から、応力上昇率と塑性率に対する降伏比の影響を調べた。応力上昇率には降伏比が大きく影響する。しかし、冷間成形材の塑性率には降伏比がほとんど影響せず、熱間圧延材の塑性率には影響を与えることが分かった。謝辞 本研究の一部に鋼材倶楽部の援助を得た。記して感謝します。参考文献 1)日本建築学会：鋼管構造の挙動と設計に関する最近の研究,1994.5 2)越智健之、黒羽啓明：冷間成形円形鋼管部材の耐力と変形能の統計的評価、日本建築学会構造系論文報告集,391号,1988.9

\*1 熊本大学 助教授・学博

\*2 熊本工業大学 教授・工博

Assoc. Prof., Kumamoto University, Ph.D

Prof., Kumamoto Institute of Technology, Dr.Eng.