

I - 13

角形鋼管柱の中心軸圧縮強度に関する実験的研究

愛知工業大学 正 員 青木 徹彦

愛知工業大学 学生員 長谷川 桂

1 はじめに

角形鋼管部材は製鉄所内でコイル状の帯板から電縫鋼管を作り、さらにこれをローラーで連続的に角形に成形して製作する。このような複雑な製作過程のために、母材強度の上昇、残留応力分布の変化が著しいと思われるが、トラス構造物のような主として圧縮力を受ける部材としての強度特性が今だ十分に把握されていないようである。そこで本研究では、角形鋼管柱を圧縮部材として設計するときに必要なとなる部材抵抗強度に関する基礎データを収集することを主な目的として、多種の異形断面および細長比の柱を中心軸載荷して強度特性を明らかにする。

Table 1 Test Program

2 実験方法

実験に使用する角形鋼管柱は材質が STK400(SS400相当)で、実験供試体は文献1)に述べたものと同じ12種の断面形である。公称断面寸法および実測細長比をTable 1に示す。圧縮実験に先立ち、部材の長さ方向の8等分点上に1/100mm精度のダイヤルゲージを設置し、初期たわみを測定する。試験機は300ton耐圧機を使用し、供試体を断面の弱軸まわりに両端単純支持条件で載荷する。整置は、予想最大荷重の20%程度の荷重を加え、部材両端付近に貼り付けた整置用のひずみの値を計測し、一様圧縮応力状態になるように微調整を繰り返し行う。

3 実験結果および考察

3.1 初期たわみ

各部材の初期たわみの最大値は柱長 L に対し $L/2500 \sim L/15000$ の範囲にあり、十分小さい値であった。初期たわみの形状はSin半波が支配的であった。

3.2 中心軸圧縮実験

a. 最大強度と基準耐荷力曲線²⁾

実験で得られた最大強度を公称降伏応力 ($\sigma_F = 2400 \text{ kgf/cm}^2$) で無次元化し、図示すると Fig.1 になる。同図でわかるように実験値は基準耐荷力曲線よりもかなり高い値となった。基準耐荷力曲線は従来実測強度の下限値として設定されているが、本実験結果の下限値はそれより約 1.5 倍も高い結果を示した。材料の有効利用、安全性のバランス、経済性という観点から見るとこれは不合理と思われる。実測値が高くなった原因は文献1)で述べたように、公称値に比べ母材強度の著しい増加にあると思われる ($\sigma_{0.2T} = 4225 \text{ kgf/cm}^2 = 1.76 \sigma_F$)。そこで、無次元化に用いる降伏点の値を検討して、公称降伏応力の代わりに実験値が基準耐荷力曲線の上に位置するような降伏応力を逆算し、公称降伏応力の約 1.3 倍の $\sigma_F^* = 3150 (\text{kgf/cm}^2)$ を求めた。この値を用いて無次元化した結果を Fig.2 に示す。

b. 最大強度のばらつきと局部座屈強度 Fig.1, Fig.2 に示す結果からわかるように、今回の実験点には変動係数約 16% と大きなばらつきが生じている。これは、同一細長比の部材でも、試験体によ

Test Specimen Name	Dimension of Cross Section $a \times b \times t (\text{mm})$	Slenderness Ratio (L/r)
Square		
A1	100×100×4.5	42, 73
A2	100×100×6.0	42, 73
B1	150×150×4.5	39, 67
B2	150×150×6.0	39, 67
C1	200×200×4.5	37, 70
C2	200×200×6.0	37, 70
C3	200×200×8.0	37, 70
Rectangular		
D1	100×150×4.5	45, 76, 107
D2	100×150×6.0	45, 76, 107
E1	150×200×4.5	65
E2	150×200×6.0	41, 65, 90
F1	150×250×6.0	37, 62

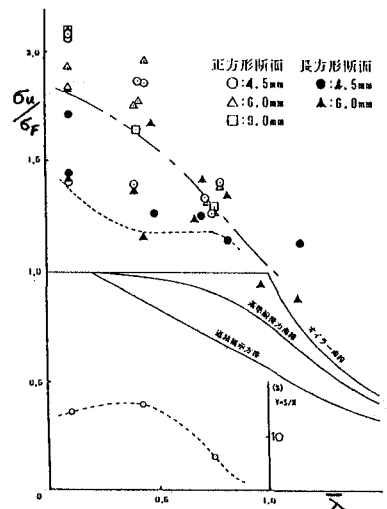


Fig.1 Maximum Strength of the Centrally Loaded Columns

り異なった幅厚比を有し、局部座屈を生じた部材があるためと思われる。このことは文献1)の短柱圧縮実験からも明らかである。特に、長方形断面部材では、長辺に大きな幅厚比を有するため局部座屈が生じやすく、強度低下につながる。そこで、中心軸圧縮強度と幅厚比パラメータの関係を調べた。この結果を Fig.3に示す。同図より短柱、正方形、長方形断面共に細長比が大きいほど最大応力近似直線の傾きが小さくなるのがわかる。細長比が大きくなると、板としての局部座屈が生じる前の低い荷重で柱としての全体座屈が生じ、幅厚比の影響を受けにくくなるためである。同図の近似直線の傾き、すなわち幅厚比影響度を細長比に対して図示するとFig.4を得る。この図から本部材の細長比 80以上では幅厚比の影響は受けないが、細長比の小さい部材では幅厚比の影響を受け易いので注意する必要がある。

局部座屈を生ずる部材の圧縮強度を無次元化する方法として短柱強度を用いることがある（Q-Factor法）。この結果を Fig.5に示す。文献1)で述べたように、角管鋼管の素材の応力-ひずみ関係にはSS鋼材のような塑性流動域（踊り場）が現れず、比例限後にひずみ硬化域に入るため、特に幅厚比の小さい部材の短柱最大強度は一般鋼材の降伏点以上の値を与える恐れがあり、同図でも見かけの強度が低下しているものがある。この場合、例えば応力が0.2%Offset値を超える値を用いない等の処置が必要となろう。

c. 無次元化の方法 本実験結果に対して基準耐荷力曲線を定めるに際して、以下の3つの無次元化の方法が考えられる。

- 1) 従来通り公称値($\sigma_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$)を用いて実験値を無次元化する。この方法では、従来の鋼部材と同様の手順で設計が行えるが、角形鋼管部材の高強度特性を生かしていない。
- 2) 従来通りの基準耐荷力曲線を用いるが、鋼管部材に対して特別に定めた、公称降伏応力の約1.3倍($\sigma_y=3150 \text{ kgf/cm}^2$)の降伏応力を用いて無次元化する。簡単である反面、局部座屈、強度のばらつきをカバーできない。
- 3) 短柱強度もしくは降伏応力を部材の幅厚比の関数で与える。この方法は1)、2)に比べ設計手順が複雑になるが、構造物の軽量化あるいは経済性が重要とき効果的であると思われる。

4. まとめ 角形鋼管部材は母材強度が著しく高く、高性能部材と言える。一方で、幅厚比が大きく局部座屈を生ずる断面もあり、柱部材の圧縮強度のばらつきも大きい。本研究では種々の断面の角形鋼管の中心軸圧縮強度を実験的に明らかにし、無次元化の方法を検討した。

参考文献 1) 長谷川 桂、青木徹彦：角形鋼管の残留応力分布と短柱強度、土年学講概要集平成5年

2) 福本嘯士他：鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する総合的研究、科研報告平成2年3月

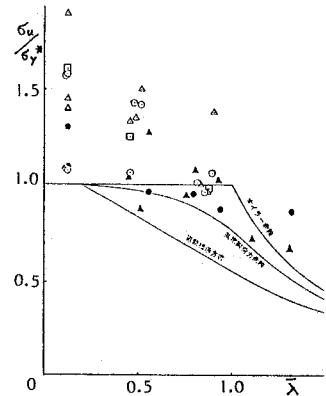


Fig.2 Maximum Column Strength Nondimensionalized due to Increased Yield Strength

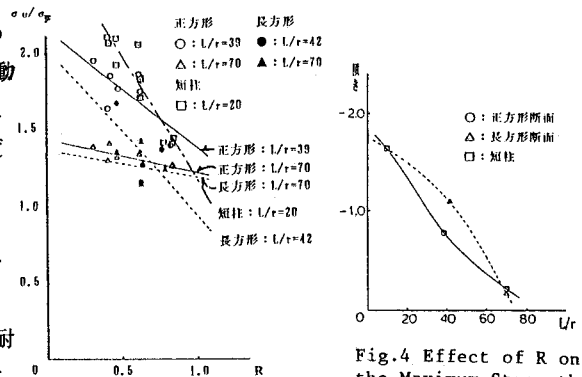


Fig.3 Column Strength vs. Width-Thickness Parameters

Fig.4 Effect of R on the Maximum Strength

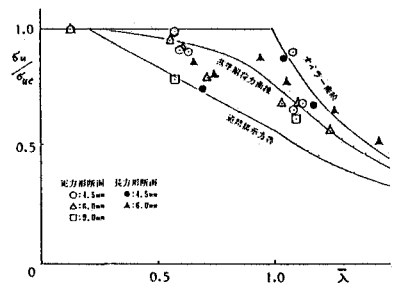


Fig.5 Maximum Column Strength Nondimensionalized due to Stub Column Strength