

冷間成形円形鋼管部材の変形能力

X1.耐震設計 Y1.円形鋼管 Z1.変形能力
Z3.局部座屈

1序 円形鋼管部材断面力低下については局部座屈の影響が支配的である。3] では、短柱実験結果から径厚比の制限を行っている。軸力と曲げモーメントを受ける柱、勾配のある曲げモーメントを受ける梁は、塑性領域が曲げモーメントの大きな箇所に集中するため、短柱圧縮試験の変形能力から変形能力を直接求められない。1] では、短柱圧縮試験の応力上昇率とひずみ硬化域の勾配から部材の変形能力を求めているが、既往の実験データと比べてかなり安全側である。ここでは、既往の実験データから、部材の変形能力を短柱の変形能力と比較して信頼性設計法に必要な実験式と変動係数を求める。

2 軸圧縮力を受ける短柱 多くの実験が行われており、実験式も与えられている。しかし鋼材の製造方法、種類によって実験式が違っている。図2に冷間成形鋼管の既往の実験結果 4] 8] 12] 13] 16] 17] 18] 19] を示す。製造の違いによる変形能力の差はバラツキの中に隠れてしまう。冷間成形鋼管の変形能力は、すべて同じ式で与えられるとする。図2 図3に既に提案されている実験式と実験データの関係を示す。

- $\epsilon_m = 0.44 \cdot t/D$ 1)16]
- $\epsilon_m / \epsilon_v = 0.525 \cdot \alpha$ 2)15]
- $\epsilon_m / \epsilon_v^* = 0.293 \cdot \alpha$ 3)14]
- $\epsilon_m / \epsilon_v^* = 0.272 \cdot \alpha - 0.496$ 4)12]

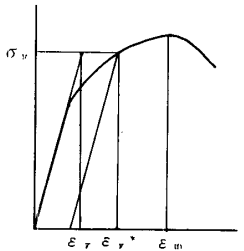


図1 短柱圧縮試験の応力ひずみ関係

局部座屈パラメータ α ($E/\sigma_v \cdot t/D$) と管厚管径比 t/D の関係から1)、2)式は同じ変数の式である。3)、4)式は ϵ_v^* を使用しており部材の変形能力に適応するには無理がある。2)式の実験結果に対する比を求めた式は α の小さい領域で危険側の誤差を生じた。2)式に定数項を加えた式で帰帰すると5)式が得られる。変動係数は、実験値と平均値の比に対数を取りその標準偏差としている。また、 ϵ_m と t/D との関係をもとめると6)式が得られる。5)、6)式は、形状は違うが実験値に対してほぼ同じ値を与える。

正会員 ○ 越智健之*1 同 最相元雄*2
同 黒羽啓明*3

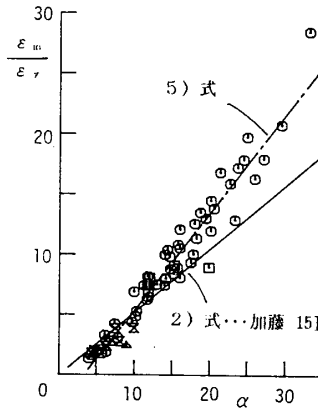


図2 ϵ_m / ϵ_v と α の関係

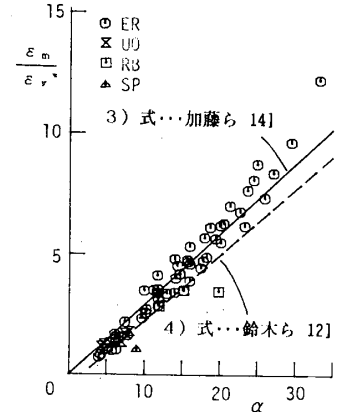


図3 $\epsilon_m / \epsilon_v^*$ と α の関係

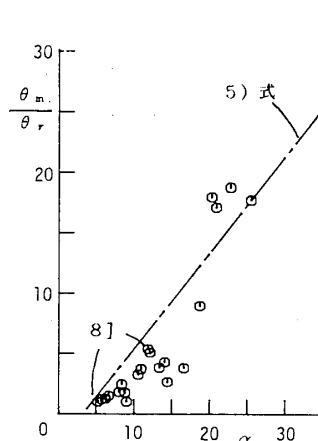


図4 θ_m / θ_v と α の関係

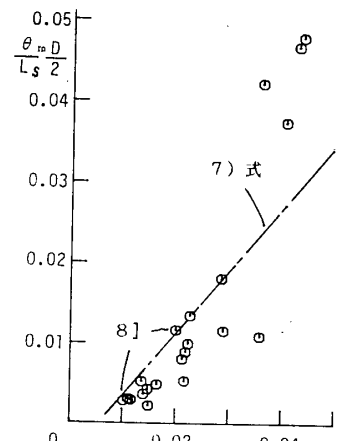


図5 θ_m と t/D の関係

θ_m : 耐力低下をはじめる回転量
 θ_v : 全塑性モーメントMpに対応する降伏回転角

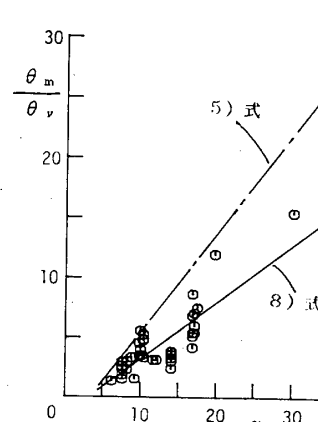


図6 θ_m / θ_v と α の関係

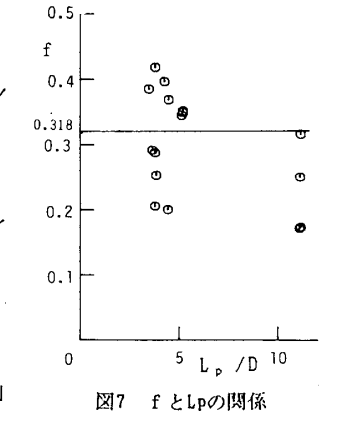


図7 f と L_p/D の関係

軸力を受ける部材の場合
 θ_m : 断面力が低下をはじめる回転量
 θ_v : 軸力を考慮した全塑性モーメントMpcに対応する変形量

$$(\epsilon_m / \epsilon_r)_c = 0.817 \cdot \alpha - 2.83 \quad 5)$$

$V_{(5)} = .283$ V_c : 変動係数 c : 平均値を表す添字

$$(\epsilon_m)_c = 0.788 \cdot t/D - 0.00487 \quad 6) \quad V_{(6)} = .230$$

3 等曲げモーメントを受ける部材 図4に θ

m/θ_r が5)式と等しいとして実験結果 8] 9] を比較した。 $\alpha < 20$ の実験データは、危険側の推定となる。

鋼管断面の圧縮側最外縁のひずみが6)式に等しくなる時点で耐力が低下しはじめると仮定し、等モーメントを受けける部分(長さ L_c)は、最大耐力まで同じ曲率であるとすると7)式が得られる。7)式と実験値の関係を図5に示す。

$$\theta_m / L_c \cdot D/2 = (\epsilon_m)_c \quad 7)$$

8] の実験と7)式は良く一致している。測定方法の違いから8] の実験は試験体長さに対して平均的な θ_m を与えており9] は局所的な θ_m を与えている。

4 勾配のある曲げモーメントを受ける部材

図6に θ_m / θ_r と α_c の関係を示す。 θ_m / θ_r が ϵ_m / ϵ_r に等しいとした5)式と既往の実験データ 4] 5] 6] 7] 10] は良く似た傾向がある。実験値と5)式の比を取り8)式となる。

$$(\theta_m / \theta_r)_c = 0.578 \cdot (\epsilon_m / \epsilon_r)_c \quad 8) \quad V_{(8)} = 0.325$$

8)式と実験値の関係を軸力比 n 、細長比、 M_m / M_p 、 c について比較を行ったが、ほとんど相関はなかった。

最外縁のひずみが試験体の軸方向位置によって変化するため直接6)式と実験結果を比較できない。モーメントの最大となる位置から反曲点までの長さ L_p を用い9)式で実験値と比較する。

$$\theta_m = f \cdot (\epsilon_m)_c \cdot L_p / D \cdot 2 \quad 9)$$

f に L_c と L_p の関係、 n 、 M_m / M_p と θ_m の関係等が含まれる。軸力を受けない部材について f の値を検討してみる。図7に f の実験値と L_p / D の関係を示す。若干の傾向が見られるが $L_p / D = 11$ の部材を除けば、平均0.318を用いることができる。また f と M_m / M_p の関係を図8に示す。 M_m / M_p に変化のないため傾向はみられない。図9に軸力の影響を調べるために f の実験値と n の関係を示す。図9によると、 $n > .5$ の領域で危険側であるが、軸力を考慮して全塑性モーメントを求める場合の中立軸 3] で最外縁のひずみを定義すれば良い。

$$(\theta_m)_c = 0.318 \cdot (\epsilon_m)_c \cdot L_p / H \quad 10)$$

$V_{(10)} = 0.212$ H : 断面の中立軸から最外縁までの長さ 図10に8)、10)式と実験結果の比較をする。変動係数からも分るように10)式が8)式に比べすぐれている。

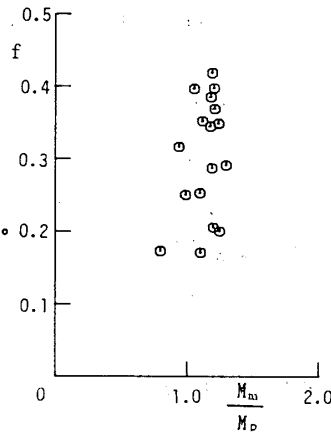


図8 f と M_m / M_p の関係

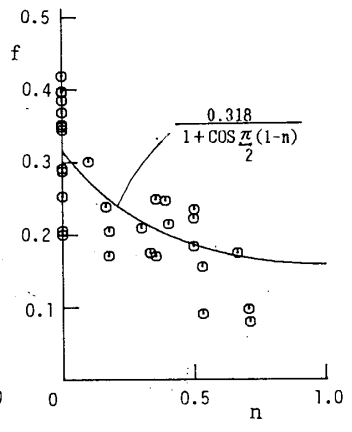
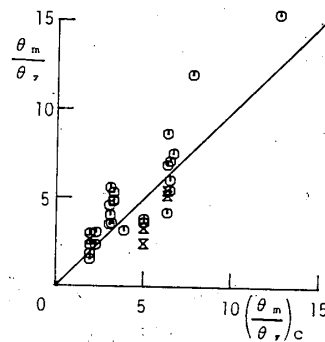
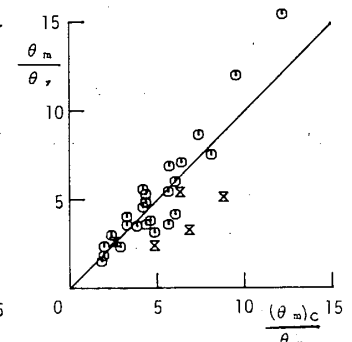


図9 f と軸力比 n の関係

M_m : 最大曲げモーメント



(a) 8)式と実験値の関係



(b) 10)式と実験値の関係

図10 実験値と推定値の関係 $\alpha : n > 0.5$

参考文献

- 1) 鋼材倶楽部：中低層鉄骨建物の耐震設計法 2) 日本建築学会：建築耐震設計における保有耐力と変形性能 3) 日本建築学会：鋼構造塑性設計指針
- データ引用文献
- 4) 越智、最相、黒羽、大塚：円形鋼管部材の履歴性状（その1、耐力、変形能と径厚比）、建築学会大会梗概集 昭和60.10
- 5) 加藤、秋山、鈴木：鋼管梁の曲げ耐力、建築学会大会梗概集 昭和48.10
- 6) 松井、津田：一定鉛直荷重と変動水平力を受ける円形鋼管柱の弾塑性挙動に関する研究（その2、径厚比 $D/t=20$ ）、建築学会九州支部研究報告 昭和60.3
- 7) 松井、津田：一定鉛直荷重と変動水平力を受ける円形鋼管柱の弾塑性挙動に関する研究（その1、径厚比 $D/t=40$ ）、建築学会九州支部研究報告 昭和59.3
- 8) 五十嵐、長尾：電鍍鋼管部材の局部座屈挙動、建築学会大会梗概集 昭和50.10 [9) Sherman, "TEST OF CIRCULAR STEEL TUBES IN BENDING," ASCE, Vol.102, ST11, Nov. 1976
- 10) Sherman, "INTERPRETIVE DISCUSSION OF TUBULAR BEAM-COLUMN TEST DATA," Report to SELL OIL COMPANY, Dec. 1980
- 11) Sherman, "SUPPLEMENTAL TESTS FOR BENDING CAPACITY OF FABRICATED PIPES," Civil Engineering Department Report, Univ. of Wisconsin-Milwaukee, Feb. 1983
- 12) 鈴木、小河、加藤、栗本：軸圧縮を受ける高張力鋼管の強度性状に関する研究、建築学会論文報告集、第321号、57.11
- 13) 三井、黒羽、遠藤：管通しガセットプレート継手の耐力と変形能力に関する実験的研究、構造工学論文集 Vol.31.B 昭和60.3
- 14) Kato, B., Nishiyama, I., "INELASTIC LOCAL BACKLING OF COLD-FORMED CIRCULAR-HOLLOW SECTION AND SQUARE-HOLLOW SECTION MEMBERS," U.S Japan Seminar on Inelastic Instability of Steel Structure and Structural Elements, 1981
- 15) Kato, B., "LOCAL BUCKLING OF STEEL CIRCULAR TUBES IN PLASTIC REGION," Proc. of the Stability of Structures Under Static and Dynamic Loads, SSR/ASCE, 1977
- 16) 加藤、秋山、鈴木：軸圧縮力を受ける鋼管の塑性局部座屈耐力、建築学会論文報告集、第204号、48.2
- 17) JSSC：塑性加工をうけた鋼材の機械的性質-STK41の引張ならびに圧縮に対する機械的性質一、JSSC, Vol.6, No.53 1970
- 18) Kurobane, Y., Ogawa, K., Ochi, K., Makino, Y., "Local Buckling of Braces in Tubular K-joints. Thin-Walled Structures 4, 1986
- 19) 牧野、黒羽、瀧沢、山本、沖：軸力と面内曲げモーメントを受ける鋼管K継手（その1 実験概要）建築学会大会梗概集 昭和61.8

*1 熊本大学 助手 *2 同 助教授 工博 *3 同 教授 工博