

### 1. 序論

日本の鋼構造建築物には一般的に箱形断面柱が多く採用されている。本論では、箱形断面柱の最大耐力に着目し、箱形断面柱に関する既往の実験結果をまとめたデータベースを作成するとともに、そのデータを用いて既往の評価式の検証を行う。

文献[1]で閉断面鋼管柱の耐力と変形性能についてのデータベースがすでに作成されており、本論ではこれを更新する形でデータベースを作成する。また、既往式の検証において、繰り返し载荷は複雑な挙動を示すため、本論では一定軸力下で単調载荷の曲げせん断力を受ける箱形断面柱を対象に調査してデータベース化する。

### 2. 文献調査

既往の実験のデータベースを作成するにあたり、文献[1]で既に閉断面鋼管柱についてデータベース化が行われているためこれを参考として、データベースを更新する形をとった。調査対象とした文献は日本建築学会の構造系論文集、技術報告集、構造工学論文集、大会学術講演梗概集、支部研究会梗概、および日本鋼構造協会の鋼構造論文集、鋼構造年次論文報告集に収められているものである。データベース化した試験体総数は、12文献にある119体である。うち、8文献にある85体については文献[1]の研究で既に格納されていたものであり、4文献にある34体は今回の調査で新たに追加したデータである。

データベースに格納する項目は、以下の通りである。

- ・試験体形状：
  - 寸法、一般化幅厚比、細長比、断面諸量
- ・試験体材質：
  - 製造方法、機械的性質
- ・実験方法：
  - 载荷形式、軸力比
- ・耐力：
  - 全塑性耐力計算値、最大耐力実験値
  - 全塑性耐力計算値については、次の相関関係式により算出する。

$$\frac{N}{N_y} \leq \frac{1}{2} \text{ のとき、 } M_{pc} = \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{N}{N_y} \right)^2 \right\} M_p$$

$$\frac{N}{N_y} \geq \frac{1}{2} \text{ のとき、 } M_{pc} = \frac{4}{3} \left( 1 - \frac{N}{N_y} \right) M_p$$

ここに、N：作用軸力、 $N_y$ ：降伏軸力、 $M_p$ ：軸力0のときの全塑性耐力（ $=Z_p \cdot \sigma_y$ ）

最大耐力実験値については、図1に示す2種類の耐力昇率に換算する。1つは、最大耐力実験値を全塑性耐力

の相関曲線の拡大率に換算した $\tau'_e$ である。

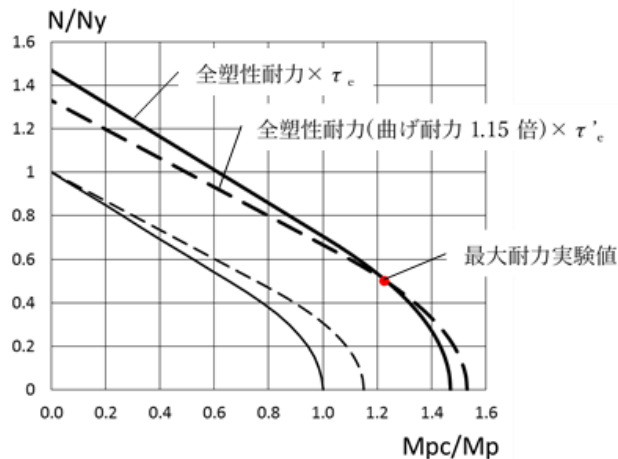


図1  $\tau_e$ の定義

### 3. 最大耐力に関する考察

軸力比  $n (=N/N_y)$  と軸力の影響による全塑性耐力低下の割合  $m (M_{pc}/M_p)$  を相関曲線として表し、これらに軸力0のときの耐力上昇率 $\tau_0$ を乗じて、最大耐力  $M_m$  での相関曲線を求めた。

$\tau_0$  は加藤・秋山による<sup>[2]</sup>評価式 $\tau_{01}$ 、向出による<sup>[4]</sup>評価式 $\tau_{02}$ の2つと、文献[3]に基づいて $\tau_{01}$ の計算過程にかかる条件を変更した $\tau'_{01}$ を検討する。

加藤・秋山式では、下の2式による値のうち大きい方の値を $\tau_{01}$ とする。

$$\tau_{01} = \frac{1}{0.526 + 0.341 \frac{B}{t} \sqrt{\epsilon_y}}$$

$$\tau_{01} = 0.98 + 0.0202 \left\{ \left( 2.624 \frac{B}{t} \sqrt{\epsilon_y} - 5.79 \right)^2 - 1.368 \right\} \left( 1.81 - \sqrt{\epsilon_y} \lambda \right)$$

$\lambda$ ：細長比、B：溶接鋼管では断面幅、冷間成形管では断面の1辺の平行部の幅、断面の幅が異なる場合は大きい方の値とする。また、 $\tau_{01} < 1$ となる場合は $\tau_{01} = 1$ とし、 $\tau_{01} \leq \sigma_u / \sigma_y$ とする。さらに、 $N/N_y \geq 0.3$ のとき、 $B/t$ は実断面の5/4倍とする。

$\tau'_{01}$ には(3.1)、(3.2)式の大きい方の値を用いる。 $\lambda$ ：細長比、B：断面の最外径とする。 $\tau'_{01} < 1$ となる場合は $\tau'_{01} = 1$ とする。さらに、 $N/N_y \geq 0.3$ のとき、 $B/t$ は実断面の5/4倍とする。

向出式では、材料特性により下の2式から選択する。

$$\tau_{02} = \frac{1}{0.148 \beta + 0.650} \quad (400N \text{ 級ロール成形材})$$

$$\tau_{02} = \frac{1}{0.310 \beta + 0.433} \quad (490N \text{ 級プレス成形材、490N 級溶接組立材})$$

$\tau_{01}$ 、 $\tau'_{01}$ では軸力比が大きくなると最大耐力時の相

関曲線が小さくなるように評価されるが、 $\tau_{02}$ ではそのような措置は採られていない。そこで、全塑性時の相関曲線が文献[4]ではMのみ1.15倍されていることに基づいて、最大耐力時のNを1/1.15倍して求めた値を $\tau'_{02}$ とする。

加藤・秋山式はばらつきが大きい耐力をある程度安全側で評価することができており、微修正を加えた $\tau'_{01}$ では精度が若干向上していることが相関係数Rの値に表れている。一方、向出式は加藤・秋山式と比べてばらつきが抑えられ、より精度の高いものとなっているが、全体として危険側に分布しているものが多く、また軸力比が大きくなるほど耐力を過大評価してしまうという特徴が表れている。修正を加えた $\tau'_{02}$ は軸力比が大きい場合の誤差が小さくなっており、より精度が上がっている。

#### 4. 結論

本論では文献[1]で作成されたデータベースを更新し、新たなデータを追加するという形でデータベースを作成した。データベースには試験体形状、材質、実験方法、全塑性耐力、最大耐力を格納した。さらに箱形断面柱が発揮する最大耐力と既往式について検証した。向出式は軸力比の影響について改善の余地があるが、ばらつきは小さく加藤・秋山式よりも精度が高い。軸力比の高い実験データが特に少なく、より多くのデータによる検証が今後必要だと考えられる。

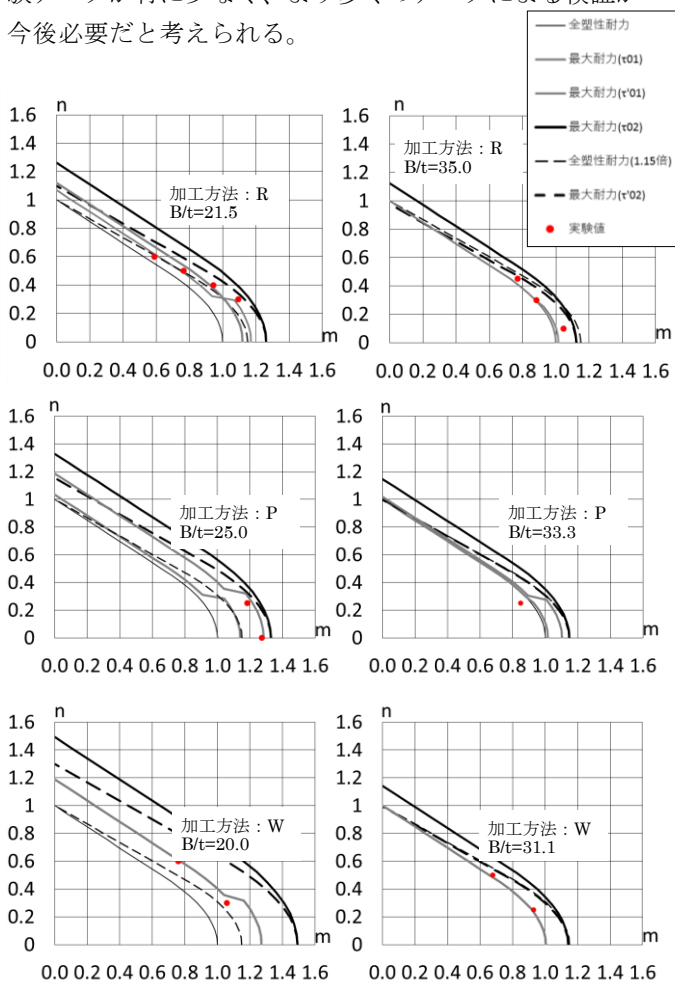
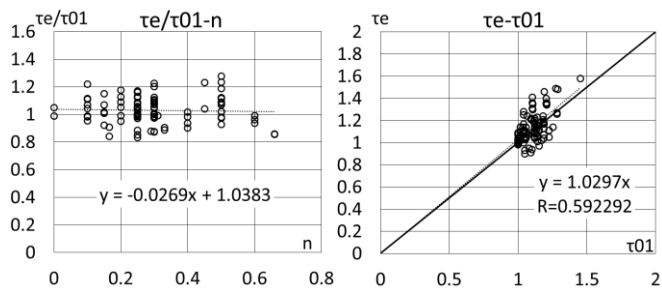
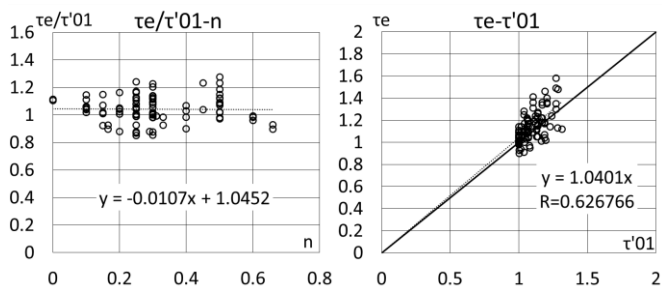


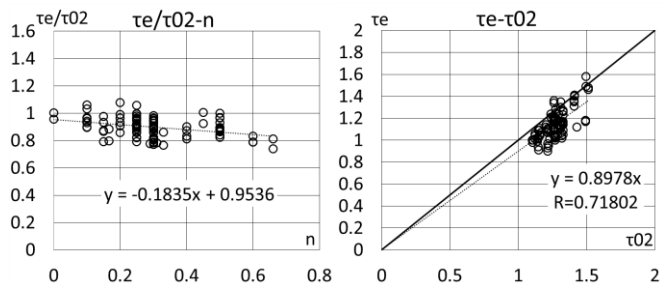
図2 n-m関係の例



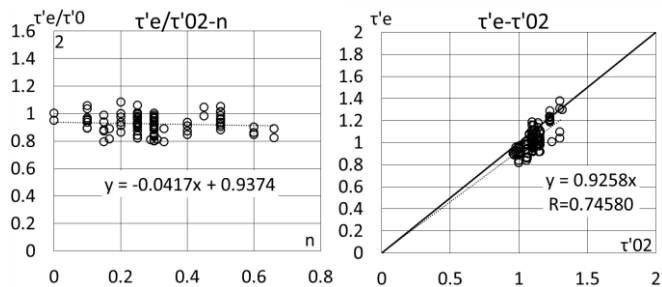
加藤・秋山式



修正加藤・秋山式



向出式



修正向出式

図3  $\tau_0$ と $\tau_e$ の比較

#### 参考文献

- [1] 伊藤拓海, 稲葉知之, 桑村仁: 閉断面ビームカラムの耐力と変形能力のデータベース, 日本建築学会, 構造工学論文集, Vol.53B, pp.157-170, 2007.3
- [2] 秋山宏: 建築物の耐震極限設計, 東京大学出版会
- [3] 向出静司, 奥伸之, 松尾克也, 多田元英: 製造方法が異なる箱形断面柱の大変形域載荷実験, 鋼構造論文集, Vol.23, No.90, pp.51-65, 2016.6
- [4] 向出静司, 佐武莉沙, 多田元英: 箱型断面柱の単調載荷時大変形域における復元力特性のモデル化(その2 復元力モデルの提案), 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.1093-1094, 2017.8

(向出研究室)