

関西大学工学部	フェロー	三上 市藏
関西大学大学院	学生員	○大西 啓介
関西大学工学部	学生員	石井 清史

1. まえがき

主要な土木構造物は巨大地震に対して、終局強度のみならずダクティリティの確保を考慮した設計が必要となる。三上ら¹⁾は、鋼構造物にダクティリティをもたせるために、鋼材の機械的性質を制御できる高性能鋼を活用する方法を提案し、SS400～SM570級の降伏強度を有する一方向圧縮を受ける高性能鋼板を取り上げ、ダクティリティを確保するために必要な鋼材の機械的性質を明らかにした。

本研究では、高性能鋼を用いた箱形断面柱において、ダクティリティを確保するために必要な高性能鋼材の機械的性質を明らかにする。今回は、一方向圧縮を受ける箱形断面柱ならびに、SS400級の降伏強度をもつ高性能鋼を対象とし、機械的性質である降伏棚の長さ、ひずみ硬化勾配を取り上げ、この2つの機械的性質がダクティリティに与える影響とダクティリティを確保するために必要な限界値を調べた。

2. 解析モデル

汎用構造解析パッケージ DIANA を用いて、一方向圧縮を受ける無補剛箱形断面柱の弾塑性有限変位解析を行う。解析対象モデルである鋼箱形断面柱は、図-1に示すものとし、幅厚比パラメータを $R = (b/t) \cdot \sqrt{12(1-\nu^2)\sigma_y/4\pi^2 E}$ とする。なお、断面は $b/d = 1$ の正方形断面とした。初期不整として、初期たわみは図-2のように、4つの板要素にそれぞれ正弦1半波形の面外たわみ形状を導入した。なお、最大初期たわみは道路橋示方書の許容制作誤差である $b/150$ とした。高性能鋼材はSS400級の降伏強度 $\sigma_y = 240 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、弾性係数 $E = 205800 \text{ N/mm}^2$ とし、図-3に示す応力-ひずみ関係をもつものとし、制御する高性能鋼材の機械的性質は、降伏棚の長さ $\varepsilon_{sy}/\varepsilon_y - 1$ とひずみ硬化勾配 E_{sh}/E とする。なお、ダクティリティ確保の判定には、文献2)の方法を用いる。

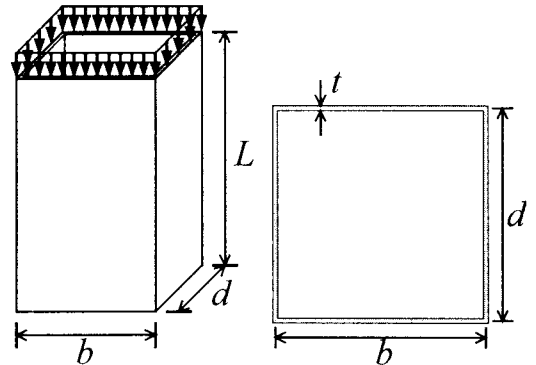


図-1 解析モデル

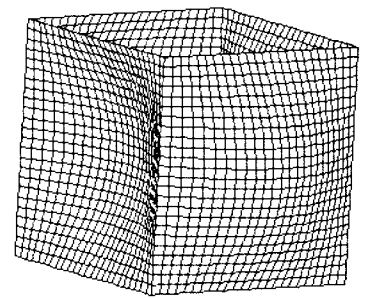


図-2 初期たわみ図

3. ダクティリティと機械的性質

本研究で用いる $\bar{\sigma}$ は柱中央断面の平均軸方向圧縮応力とし、また、 $\bar{\varepsilon}$ は柱の長さ方向平均ひずみとし、載荷辺における変位を長さ L で除した値を用いる。

(1) ダクティリティと降伏棚の長さの関係

ひずみ硬化勾配 E_{sh}/E を 0.04 に固定し、降伏棚の長さ $\varepsilon_{sy}/\varepsilon_y - 1$ を 0 (降伏棚がない) と 9 (SS400級の従来鋼材の降伏棚の長さ) および、4 の 3 ケースに対する $\bar{\sigma}/\sigma_y$ と $\bar{\varepsilon}/\varepsilon_y$ の関係を図-4に示す。降伏棚をもたない $\varepsilon_{sy}/\varepsilon_y - 1 = 0$ のケースでは終局強度に達した後ほとんど劣化しないが、 $\varepsilon_{sy}/\varepsilon_y - 1 = 8$ のケースでは終局に達した後、 $\bar{\sigma}/\sigma_y$ の劣化が著しい。このことから降伏棚の長さは終局強度以降の $\bar{\sigma}/\sigma_y$ の低下

率に影響を及ぼすことがわかる。

(2) ダクティリティーとひずみ硬化勾配の関係
降伏棚の長さ $\varepsilon_{st}/\varepsilon_y - 1$ を 4 に固定しひずみ硬化勾配 $E_{st}/E = 0.04, 0.06, 0.08$ の 3 ケースに対する $\bar{\sigma}/\sigma_y$ と $\bar{\varepsilon}/\varepsilon_y$ の関係を図-5 に示す。ひずみ硬化勾配が小さいケース $E_{st}/E = 0.04$ では、終局強度に達した後 $\bar{\sigma}/\sigma_y$ の上昇はほとんど見られない。一方、 E_{st}/E を大きくするにつれ、 $\bar{\sigma}/\sigma_y$ の増加傾向が大きくなる。このことから、ひずみ硬化勾配は一旦劣化した後の $\bar{\sigma}/\sigma_y$ の増加率に影響を及ぼすことがわかる。

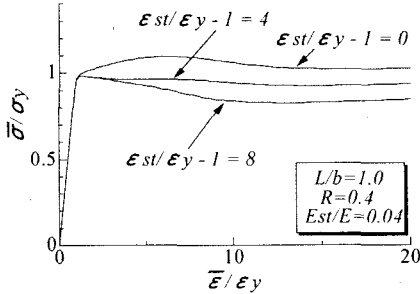


図-4 降伏棚の長さによる比較

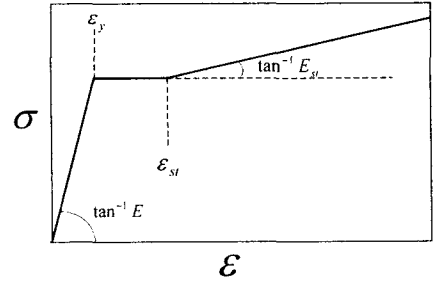


図-3 応力-ひずみ関係

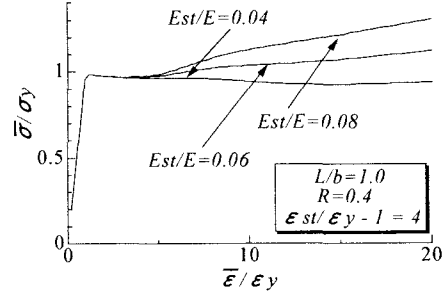


図-5 ひずみ硬化勾配による比較

4. ダクティリティー確保のための機械的性質の範囲

本研究では、 $L/b = 1.0$ において幅厚比パラメータ $R = 0.35, 0.40, 0.50, 0.60$ と変化させたパラメトリック解析を行い、ダクティリティーを確保するために必要な高性能鋼材の降伏棚の長さ $\varepsilon_{st}/\varepsilon_y - 1$ とひずみ硬化勾配 E_{st}/E の限界値を求めた。得られた解析結果が図-6 である。この曲線より上側の領域、つまり降伏棚の長さが短く、ひずみ硬化勾配が大きい領域の機械的性質を有しておれば、ダクティリティーが確保できることを表している。幅厚比パラメータ R が大きくなるにつれてダクティリティーが確保しにくくなっていることがわかる。また、文献 2) の一方向圧縮を受ける高性能鋼板のダクティリティー確保のための機械的性質の限界値を図-7 に示す。これによると、板要素に比べて箱形断面柱のほうがダクティリティーを確保しにくくなっていることがわかる。

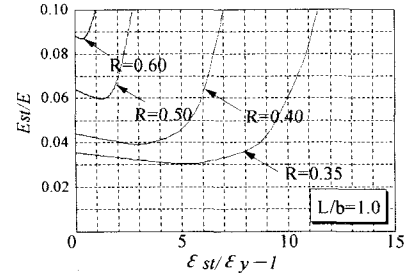


図-6 箱形断面柱の限界値 (箱形断面柱)

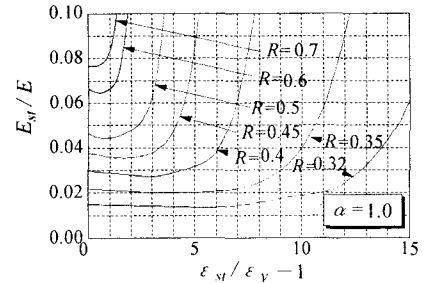


図-7 機械的性質の限界値 (板要素)

5. あとがき

一方向圧縮を受ける鋼箱形断面柱の弾塑性有限変位解析を行い、高性能鋼の機械的性質 (降伏棚の長さ、ひずみ硬化勾配) がダクティリティーに与える影響を明らかにし、ダクティリティーを確保できる機械的性質の範囲を図示した。なお、詳細は講演会当日に述べる。

参考文献

- 1) 丹羽量久, 三上市藏, 宮崎裕司: 降伏強度 $240 \sim 450 \text{ N/mm}^2$ を有する一方向圧縮高性能鋼板のダクティリティー確保のための機械的性質, 第 58 回年次学術講演概要集, 土木学会, I-692, pp.1383-1384, 2003.9.
- 2) 丹羽量久, 三上市藏, 宮崎裕司: 一方向圧縮を受ける高性能鋼板のダクティリティーと機械的性質, 鋼構造年次論文報告集, 日本鋼構造協会, Vol.9, pp.105-110, 2001.11.