

SM570級の降伏強度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

日本電子計算 正 会 員 丹羽 量久
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 ○宮崎 裕司

1. まえがき

土木構造物は巨大地震に対して、ある程度の局部的損傷は許しても崩壊させてはならないことから、ダクティリティーを確保することが重要な要求性能である。著者らは鋼構造物のダクティリティーを確保するために、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た¹⁾。著者ら²⁾³⁾は、SS400級の降伏強度を有する高性能鋼を想定し、一方向圧縮を受ける無補剛鋼板が終局強度を変えることなく、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機械的性質を明らかにした。

十分なダクティリティーをもつ鋼構造物の自由度の高い設計法を確立するためには、広い範囲の降伏強度をもつ高性能鋼材を活用することが必要である。本研究では、SM570級の降伏強度を有する一方向圧縮高性能鋼板を取り上げ、ダクティリティーを確保するために必要な鋼材の機械的性質の限界値を明らかにする。文献2),3)により得られているSS400級の結果と比較し、降伏強度の違いがその限界値に与える影響について示す。

2. 解析モデル

ここでは、周辺が単純支持された一方向圧縮を受ける長さ a 、幅 b 、板厚 t の高性能鋼板を対象とする。その鋼板の終局状態から劣化域に至る挙動は、汎用有限要素解析パッケージMARCを用いた弾塑性有限変位解析²⁾により検討する。

高性能鋼材はSM570級の降伏強度 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ 、弾性係数 $E = 205800 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とし、図-1に示す応力-ひずみ関係をもつものとする。制御する高性能鋼材の機械的性質は、降伏棚の長さ $\epsilon_{st}/\epsilon_Y - 1$ とひずみ硬化勾配 E_{st}/E とする²⁾。初期不整として、残留応力は引張残留応力 $\sigma_{rt} = \sigma_Y$ 、圧縮残留応力 $\sigma_{rc} = -0.2\sigma_Y$ とする²⁾。一方、初期たわみ波形はダクティリティーに影響を及ぼすと考えられるので、載荷方向に1半波形と2半波形の両方について検討する³⁾。縦横比を $\alpha = a/b$ 、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。解析対象の高性能鋼板は $\alpha = 0.4 \sim 1.6$ で $R = 0.4, 0.5$ である。高性能鋼板がダクティリティーを確保する条件は、 $\bar{\sigma}/\sigma_Y - \bar{\epsilon}/\epsilon_Y$ 関係²⁾を用いて、文献2),3)の方法を用いて評価する。

ここに、 $\bar{\sigma}$ 、 $\bar{\epsilon}$ はそれぞれ、載荷辺上で計算された平均圧縮応力、平均圧縮ひずみであり、 $\epsilon_Y = \sigma_Y/E$ は降伏ひずみである。

3. 解析結果と考察

ダクティリティーが確保できる降伏棚の長さ ϵ_{st} とひずみ硬化勾配の限界値を図-2～6に実線で示す。また、同図にはSS400級の降伏強度($\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$)を有する高性能鋼材の限界値²⁾³⁾を破線で示す。

図-2は $\alpha = 0.4$ に対する限界値を示す。同図より $\alpha = 0.4$ の場合は、降伏強度が異なる両高性能鋼板ではダクティリティーを確保できる機械的性質の範囲はほぼ同じであることがわかる。図-3は $\alpha = 0.8$ に対するものである。 $R = 0.5$ においては顕著な違いはみられない。一方、 $R = 0.4$ の場合、 $\epsilon_{st}/\epsilon_Y - 1 \geq 4$ のとき両高性能鋼板の限界値に差が現れており、SM570級の高性能鋼板はSS400級よりもダクティリティーを確保できる領域が広いことが分かる。図-4には $\alpha = 1.2$ をもつ鋼板に初期たわみ1半波形と2半波形を考慮した場合それぞれの限界値を示す。降伏棚の長さが短い範囲では、初期たわみを1半波形とした方が、ダクティリティーを確保するためにひずみ硬化勾配を大きい値に設定する必要があるが、降伏棚の長さが長くなると逆転する。この傾向はSS400級の高性能鋼板の場合と同じである³⁾。ここでは、安全側の限界値を採用することにして³⁾、図-5に $\alpha = 1.2$ のSM570級の高性能鋼板に対する限界値を示す。同図から、 $\alpha = 1.2$ は $\alpha = 0.8$ と同じ傾向を

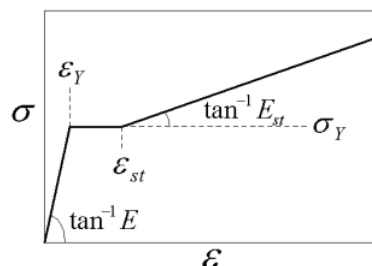
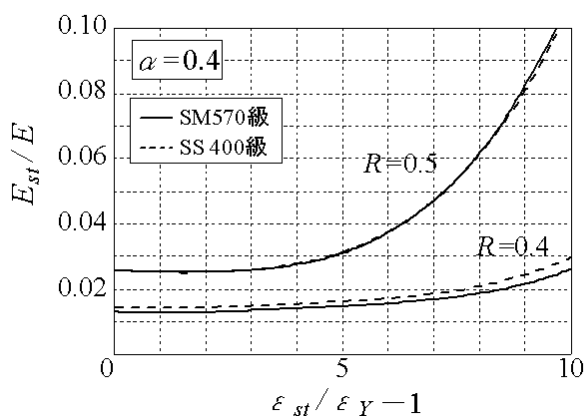
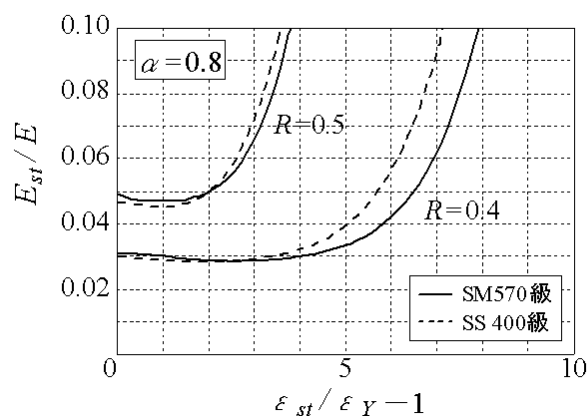
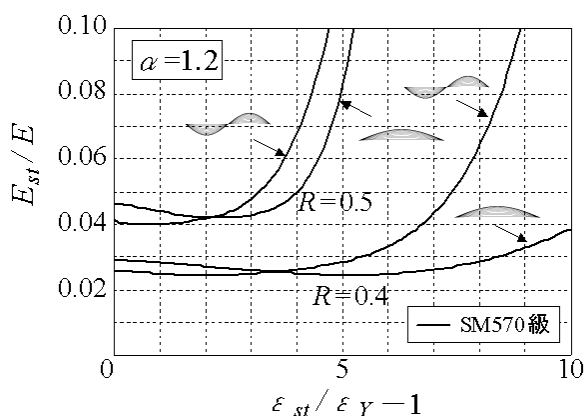
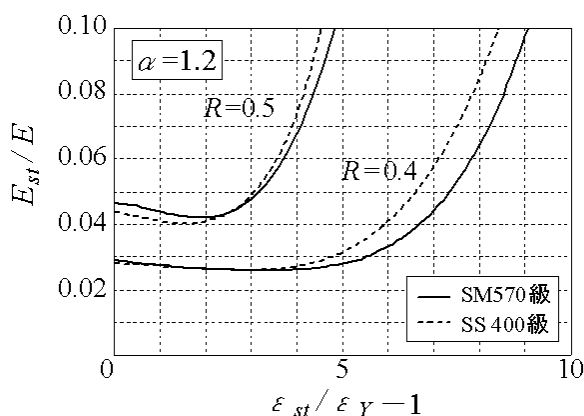


図-1 応力-ひずみ関係

Key Words: 一方向圧縮, 高性能鋼, ダクティリティー, 機械的性質

連絡先: 〒 532-0011 大阪市淀川区西中島 2-12-11 TEL 06-6307-5462

図-2 機械的性質の限界値 ($\alpha = 0.4$)図-3 機械的性質の限界値 ($\alpha = 0.8$)図-4 初期たわみ波形による限界値の違い ($\alpha = 1.2$)図-5 機械的性質の限界値 ($\alpha = 1.2$)

示すことがわかる．図-6 は $\alpha = 1.6$ に対する限界値を示しているが， $\alpha = 0.8, 1.2$ の場合と同じ傾向であることがわかる．

4. あとがき

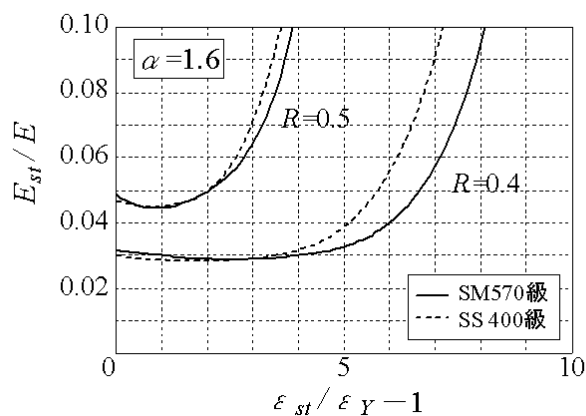
SM570 級の降伏強度を有する高性能鋼板が一方向圧縮を受ける場合を取り上げ，弾塑性有限変位解析により終局状態から劣化域に至る挙動を算定した．この解析結果を使って，鋼板がダクティリティを確保するために必要な高性能鋼材の機械的性質の限界値を図示した．また，降伏強度の違いが限界値に及ぼす影響について比較した．

高性能鋼の機械的性質（降伏棚の長さとおひずみ硬化勾配）を制御することにより，ダクティリティを確保することができる．降伏棚の長さを比較的長くとする領域では，SM570 級の高性能鋼板は SS400 級より低いひずみ硬化勾配を設定してもダクティリティを確保できることがわかった．一方，降伏棚の長さが短い領域では，両高性能鋼で降伏強度に関係なく統一的な評価が可能である．

詳細は講演会当日に述べる．

参考文献

- 1) 三上市蔵，丹羽量久，宮西 淳：高性能鋼を用いた圧縮板の劣化域におけるダクティリティと鋼材の機械的性質について，第1回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム，土木学会，pp.87-90，2000.3.
- 2) 丹羽量久，三上市蔵，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.
- 3) 丹羽量久，三上市蔵，宮崎裕司，大西啓介，高原 徹：一方向圧縮を受ける長方形高性能鋼板のダクティリティと機械的性質，平成14年度 関西支部年次学術講演概要集，土木学会関西支部，2002.5.

図-6 機械的性質の限界値 ($\alpha = 1.6$)