

日本電子計算(株) 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

都市インフラを形成する橋梁構造物の要求性能として、巨大地震が生じて人命の安全の確保のため、たとえ構造物としての機能を失っても決して崩壊させてはならないということが挙げられる。耐震の観点からは、強度はもちろんのこと、瞬時の崩壊を防ぐためには、鋼構造物の変形性能・ダクティリティーが重要となる。

著者ら¹⁾は、鋼構造物にダクティリティーをもたせるために、鋼材の塑性領域における機械的性質を制御した高性能鋼板をダクティリティーの確保が必要とされる箇所に、部分的に活用する方法を提案した。現行の設計では、構造用鋼材の降伏強度として $\sigma_Y = 240 \sim 450 \text{ N/mm}^2$ が想定されている²⁾。鋼構造物にダクティリティーを保有させるために、設計に当たって高性能鋼板を普通鋼板の代わりに用いるには、降伏強度 $\sigma_Y = 240 \sim 450 \text{ N/mm}^2$ の範囲において、ダクティリティー確保のための機械的性質が明らかにされなければならない。

著者ら³⁾は、これまでに降伏強度 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ を有する高性能鋼板が、一方向圧縮力を受ける場合のダクティリティー確保のための機械的性質を明らかにした。さらに、降伏強度 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ を有する一方向圧縮高性能鋼板において代表的モデルを取り上げ、 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の結果と比較し、降伏強度の違いがダクティリティーを確保できる機械的性質に及ぼす影響を調べた⁴⁾。本論文では、降伏強度 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ 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を明らかにし、設計に供する資料を作成する。

2. 解析モデル

解析対象は、文献4)と同様に周辺単純支持された一方向圧縮を受ける長さ a 、幅 b 、板厚 t の高性能鋼板であり、縦横比 $\alpha = a/b = 0.3 \sim 2.0$ 、幅厚比パラメータ $R = (b/t) \sqrt{12(1-\nu^2)\sigma_Y/4\pi^2 E} = 0.32 \sim 0.70$ である。高性能鋼材の応力-ひずみ関係は図-1に示され、降伏強度 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ 、弾性係数 $E = 205,800 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ である。高性能鋼材の制御可能な機械的性質は、降伏棚の長さ $\varepsilon_{st}/\varepsilon_Y - 1$ 、ひずみ硬化勾配 E_{st}/E とする。汎用 FEM ソフトウェア MARC を用いて弾塑性有限変位解析を実施し、非線形挙動は平均圧縮応力 $\bar{\sigma}$ と平均圧縮ひずみ $\bar{\varepsilon}$ の関係を用いて表現する、文献3),4)と同様の方法でダクティリティー確保の判断を行い、ダクティリティーを確保できる機械的性質の限界値を明らかにする。

3. 解析結果

ここでは、 $\alpha = 0.8$ 、 $R = 0.4$ の場合を例にとる。まず、機械的性質を $\varepsilon_{st}/\varepsilon_Y - 1 = 9$ 、 $E_{st}/E = 0.05$ とし、非線形挙動を $\bar{\sigma}/\bar{\sigma}_u - \bar{\varepsilon}/\varepsilon_Y$ 関係で表し、図-2に示す。 $\bar{\sigma}_u$ は最大平均圧縮応力、 $\varepsilon_Y = \sigma_Y/E$ は降伏ひずみである。図中には比較のために、 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の場合についてもプロットしてある。図より、 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ の場合の方がダクティリティーに富んでいることがわかる。

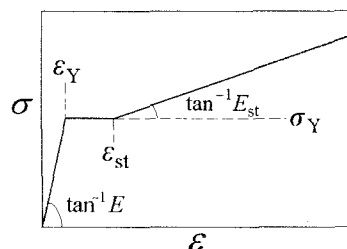


図-1 高性能鋼の応力-ひずみ関係

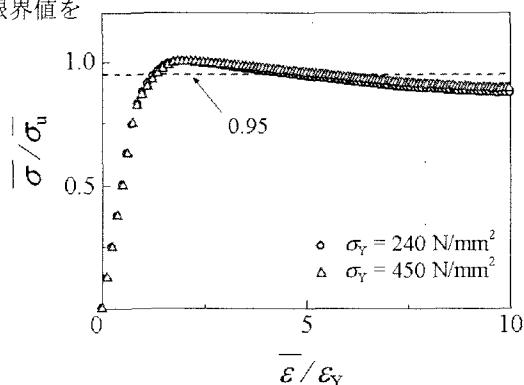


図-2 $\bar{\sigma}/\bar{\sigma}_u - \bar{\varepsilon}/\varepsilon_Y$ 関係 ($\varepsilon_{st}/\varepsilon_Y - 1 = 9$, $E_{st}/E = 0.05$)

$\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ を有する高性能鋼板におけるダクティリティ確保のための機械的性質を求め図-3に示す。図には $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の場合の結果もプロットしてある。図より、降伏棚の長さが長い範囲では、 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の方がダクティリティ確保のためにひずみ硬化勾配を高く設定する必要があることがわかる。逆に、降伏棚の長さが短い範囲では、 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ の方がダクティリティ確保のためにわずかにひずみ硬化勾配を高く設定する必要があることがわかる。全てのパラメータについて解析を行うことは煩雑であるため、他の縦横比 α 、幅厚比パラメータ R においては、降伏棚の長さが短い範囲についてのみ解析を行い、ダクティリティ確保のための機械的性質を求める。降伏棚の長さが長い範囲は、 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の結果を用いるものとする。これより、 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ を有する一方向圧縮高性能鋼板のダクティリティ確保のための機械的性質は、図中の曲線で表されることになる。

$\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ を有する $\alpha = 0.4, 0.8$ の高性能鋼板において、同様の方法でダクティリティ確保のための機械的性質の限界値を表す曲線を求め、それぞれ図-4, 5に示す。

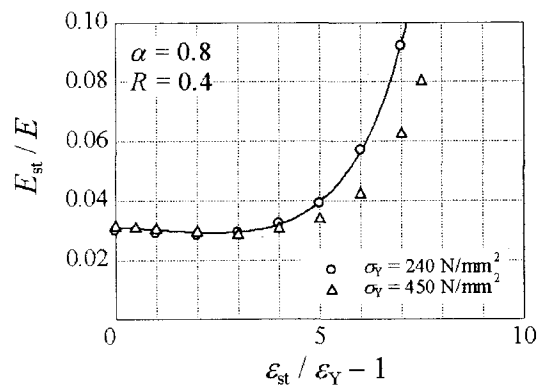


図-3 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ と $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ の比較

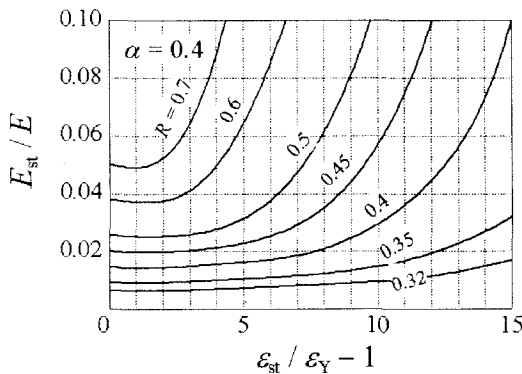


図-4 ダクティリティ確保のための機械的性質

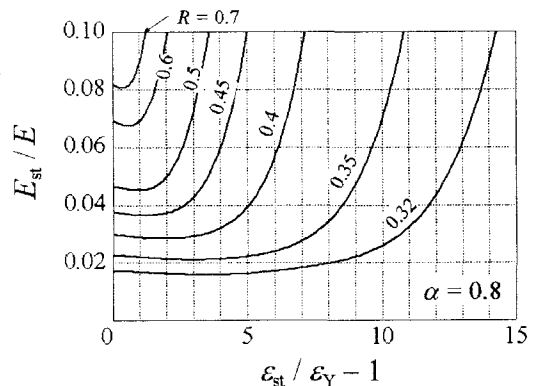


図-5 ダクティリティ確保のための機械的性質

4. あとがき

本論文では、降伏強度 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ を有する一方向圧縮高性能鋼板を取り上げ、弾塑性有限変位解析を実施し、ダクティリティを確保できる機械的性質を調べた。降伏強度 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の結果と比較し、ほとんどのケースで $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の場合の方が、ダクティリティを確保しにくいことがわかった。このことより、 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$ の結果と組み合わせ、 $\sigma_Y = 450 \text{ N/mm}^2$ を有する一方向圧縮高性能鋼板のダクティリティ確保のための機械的性質の限界値を明示することができた。

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論文集, 土木学会 技術推進機構, pp. 87-90, 2000.3.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (I 共通編, II 鋼橋編), 2002.3.
- 3) Niwa, K., Mikami, I., and Miyazaki, Y.: Ductility of High Performance Steel Rectangular Plates Under Uniaxial Compression, *The 3rd International Conference on Advances in Steel Structures*, Vol. II, pp. 633-640, 2002.12.
- 4) 丹羽量久, 三上市蔵, 宮崎裕司: 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確保のための機械的性質, 第57回年次学術講演概要集, 土木学会, I-671, pp.1341-1342, 2002.9.