

第 部門 **降伏強度 240 ~ 450N/mm² を有するせん断力を受ける高性能鋼板の
ダクティリティー確保に必要な機械的性質**

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 山口 忠 関西大学工学部 学生員 松浦 秀英

1. まえがき

土木構造物は巨大地震による損傷が致命的とならないことが耐震設計の原則となっており、ダクティリティーを確保することが重要である。著者らは、鋼材の機械的性質（降伏棚の長さ、ひずみ硬化勾配、一様伸び、降伏比等）を制御できる高性能鋼材に注目し、圧縮を受ける鋼板が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してきた¹⁾。しかし、設計資料としては圧縮のみでは不十分であるので、本論文では、せん断力を受ける鋼板が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。

2. 解析モデル

図 - 1 に示すような周辺単純支持された無補剛高性能鋼板を扱う。縦横比を $\alpha = a/b$, 幅厚比パラメータを $R = (b/t) \cdot \sqrt{12(1-\nu^2)\sigma_Y / k\pi^2 E}$ とし、座屈係数は $k = 4.0 + 5.34/\alpha^2$ である。本研究で扱う高性能鋼材は道路橋示方書に許される鋼材を網羅することを念頭に $\sigma_Y = 240, 355, 450 \text{ N/mm}^2$ とし、弾性係数は $E = 205800 \text{ N/mm}^2$, ポアソン比は $\nu = 0.3$ とする。初期不整として残留応力と初期たわみを導入し、残留応力は図 - 2 に示すような分布形状とし、初期たわみ波形は正弦半波の形とした。制御する高性能鋼材の機械的性質は降伏棚の長さ ($\varepsilon_{st} / \varepsilon_Y - 1$) とひずみ硬化勾配 (E_{st} / E) とし、その応力 - ひずみ関係は図 - 3 に示すような Tri-linear 型とする。

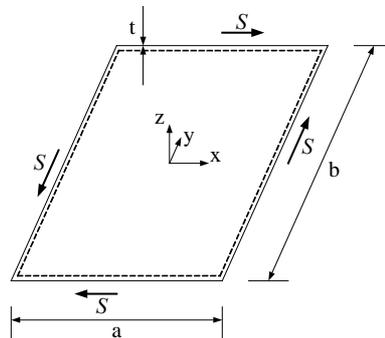


図 - 1 解析モデル

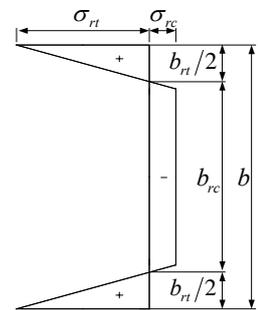


図 - 2 残留応力の分布

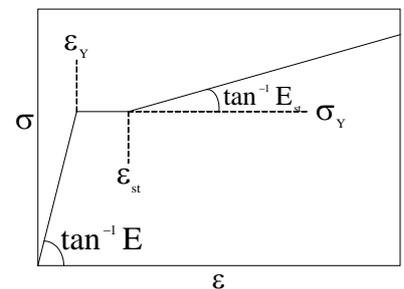


図 - 3 応力 ひずみ関係

3. ダクティリティーの評価基準

ダクティリティーは、平均せん断応力 - 平均せん断ひずみ ($\bar{\tau} / \tau_Y - \bar{\gamma} / \gamma_Y$) 関係により評価する。平均せん断応力 $\bar{\tau}$ は図 - 1 に示す板要素の周辺に作用する節点力の総和を周辺の総断面積で除したものとする。降伏応力 $\tau_Y = \sigma_Y / \sqrt{3}$ である。平均せん断ひずみ $\bar{\gamma}$ が降伏せん断ひずみ γ_Y の 20 倍に達するまでに、平均せん断応力 $\bar{\tau}$ が終局せん断応力 $\bar{\tau}_u$ の 95% 以上であればダクティリティーを確保できるとみなす。図 - 4 に示す 3 本の曲線は

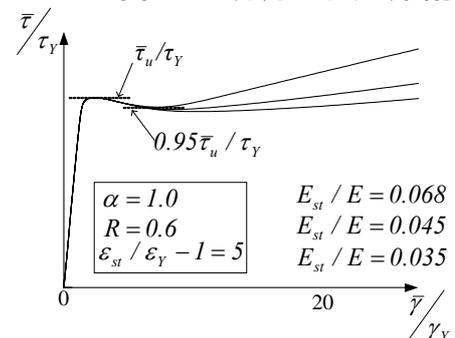


図 - 4 ダクティリティー評価基準

$\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$, $\alpha = 1.0$, $R = 0.6$, $\varepsilon_{st} / \varepsilon_Y - 1 = 5$ の場合における $\bar{\tau} / \tau_Y - \bar{\gamma} / \gamma_Y$ 曲線である。曲線と曲線 では $20\gamma_Y$ までに $\bar{\tau} / \tau_Y$ が $0.95\bar{\tau}_u / \tau_Y$ を下回っておりダクティリティーが確保できていない。しかし曲線 は $20\gamma_Y$ までに $\bar{\tau} / \tau_Y$ が $0.95\bar{\tau}_u / \tau_Y$ を上回っていることからダクティリティーを確保できていることとなる。つまり、 $\sigma_Y = 240 \text{ N/mm}^2$, $\alpha = 1.0$, $R = 0.6$, $\varepsilon_{st} / \varepsilon_Y - 1 = 5$ の場合は E_{st} / E が 0.068 以上で

あれば良いことがわかる．ダクティリティーが確保できる機械的性質の限界値としては $20\gamma_y$ までに $\bar{\tau}_{min} / \tau_y$ が $0.95\bar{\tau}_u / \tau_y$ 以上，かつ $0.95l\bar{\tau}_u / \tau_y$ 未満である場合を選んだ．

4. ダクティリティー確保のための機械的性質の範囲

せん断力を受ける $\sigma_y = 240, 355, 450 \text{ N/mm}^2$ の高性能鋼板がダクティリティーを確保できる機械的性質の限界値を，横軸に降伏棚の長さ，縦軸にひずみ硬化勾配として描くと図-5～図-7が得られる．それぞれ縦横比 $\alpha = 0.4, 2/3, 1.0$ を対象に幅厚比パラメータ $R = 0.4 \sim 0.9$ の範囲で限界曲線を記した． $\alpha = 0.4$ の場合に比べて $\alpha = 1.0$ の場合の方がダクティリティーを確保しにくくなっている．つまり正方形板に近づくほどダクティリティーに対しては不利となっている．

5. あとがき

本論文ではせん断力を受ける $\sigma_y = 240 \sim 450 \text{ N/mm}^2$ の高性能鋼材を対象に，ダクティリティーが確保できる鋼材の機械的性質を明らかにした．本研究で提示した高性能鋼材を用いることで，設計時に断面形状を変更することなく十分なダクティリティーを確保することができる．

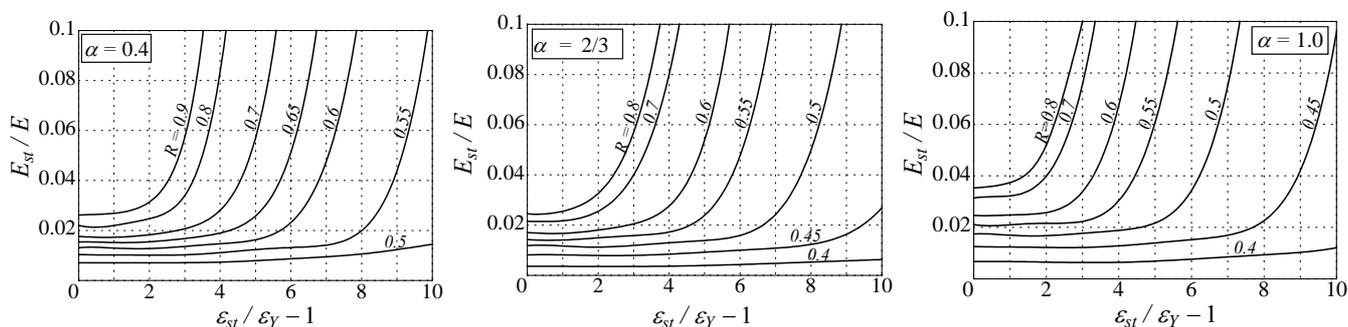


図 - 5 降伏強度 240N/mm² 高性能鋼材のダクティリティー確保のための機械的性質の限界値

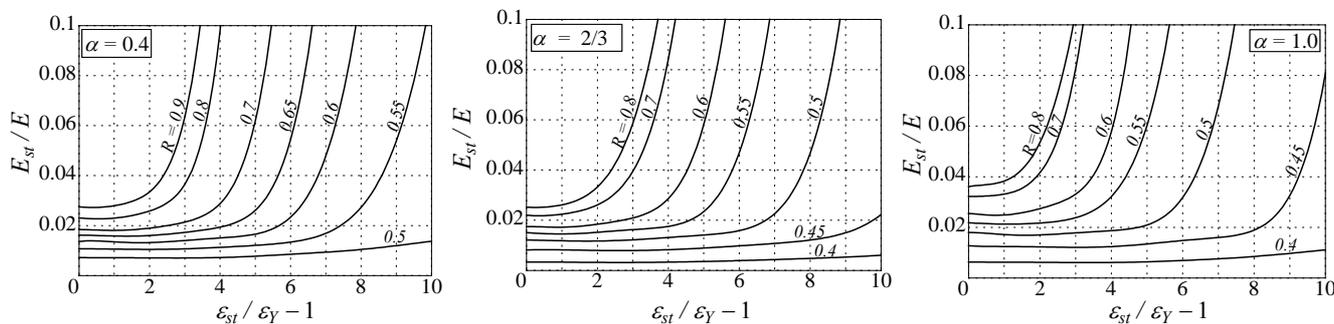


図 - 6 降伏強度 355N/mm² 高性能鋼材のダクティリティー確保のための機械的性質の限界値

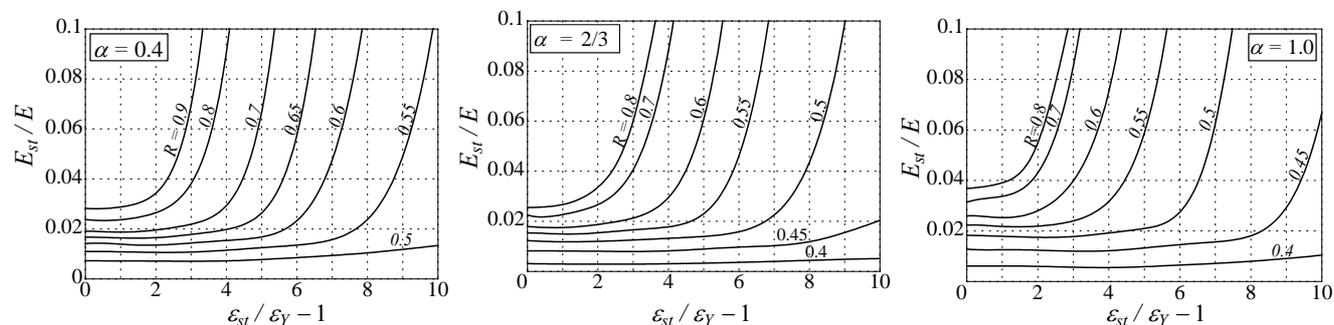


図 - 7 降伏強度 450N/mm² 高性能鋼材のダクティリティー確保のための機械的性質の限界値

参考文献

- 1) 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.