

降伏強度 240 ~ 450N/mm² を有する面内曲げ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	学生会員	大西 啓介
関西大学工学部	学生会員	山口 忠
関西大学工学部	学生会員	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。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、面内曲げを受ける鋼板がダクティリティーを確保できる高性能鋼材の機械的性質の限界値を明らかにする。

2. 解析モデル

図-1に示すような周辺が単純支持された無補剛高性能鋼板を取り扱う。面内曲げMの導入は、載荷辺中央にz軸回りの強制回転角 θ_c として変位増分法で与える。すなわち、載荷辺上の節点i ($x = \pm a/2$)は、次の条件式(1)、(2)が満足するような強制変位が与えられることになる。

$$u_i = u_c + \frac{b_i}{2} \cdot \theta_c \quad \left(\approx u_c + \frac{b_i}{2} \cdot \sin \theta_c \right) \quad (1)$$

$$\theta_i = \theta_c \quad (2)$$

ここに、 u_i 、 θ_i はそれぞれ載荷辺上の節点iにおけるx軸方向変位、z軸回り回転角を示し、添字Cは強制回転角 θ_c が導入される節点($x = \pm a/2$, $y = 0$)を表すものとする。 $b_i/2$ は節点iから節点Cまでの距離を表している。なお、解析モデルが不安定とならないように面内の境界条件として節点Cを単純支持する。

寸法パラメータは縦横比を $\alpha = a/b$ 、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 $k = 23.9$ 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 $\sigma_Y = 240 \cdot 355 \cdot 450 \text{ N/mm}^2$ 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。初期不整として初期たわみと残留応力を導入した。残留応力は図-2に示すような分布形状とし、初期たわみ波形は図-3に示すような弾性座屈固有値解析より求めた固有1次モード並びに固有2次モードの波形を導入した。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-4に示すようなTri-linear型とする。

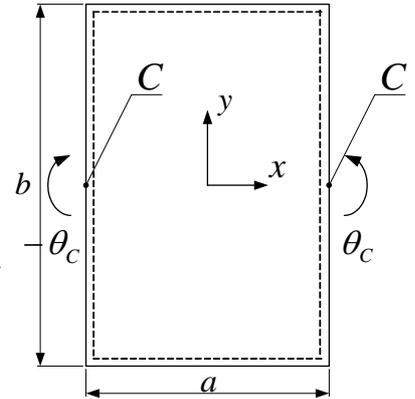


図-1 面内曲げを受ける鋼板

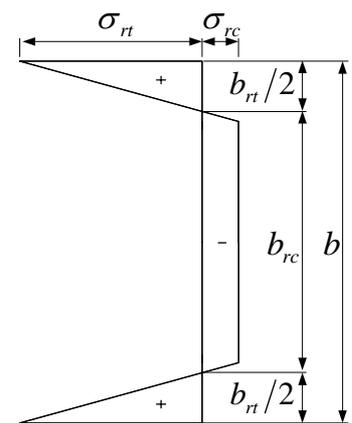


図-2 残留応力の分布

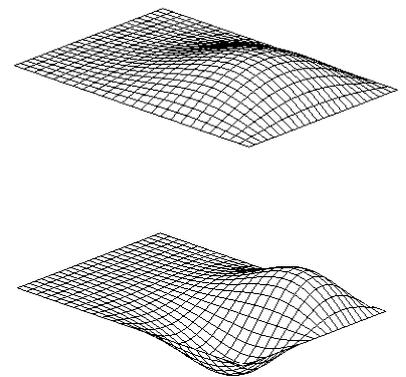


図-3 初期たわみ波形

キーワード ダクティリティー, 高性能鋼板, 機械的性質

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学工学部都市環境工学科 TEL 06-6368-1121

3. ダクティリティーの評価指標

構造部材として考えるとき，腹板は圧縮フランジと同等のダクティリティーを備えていることが望ましい．圧縮を受ける板の場合¹⁾はダクティリティー確保の条件として，載荷辺の平均圧縮ひずみ $\bar{\epsilon}$ が降伏ひずみ ϵ_Y の20倍に達するまで，平均圧縮応力 $\bar{\sigma}$ が終局圧縮応力 σ_u の95%より低下しないことである．本研究では，純曲げを受ける腹板の圧縮縁ひずみが $20\epsilon_Y$ のとき，つまり載荷節点の回転角 θ_C が降伏回転角 θ_Y の20倍に達したとき，面内曲げモーメント M が最大曲げモーメント M_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．

4. ダクティリティー確保のための機械的性質の範囲

面内曲げを受ける $\sigma_Y = 240 \sim 450 \text{ N/mm}^2$ 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-8が得られる．図中の曲線は限界曲線であり，これより上側の領域の機械的性質を有することによりダクティリティーを確保することができる．縦横比 $\alpha = 0.4, 2/3, 1.0, 4/3$ を対象に幅厚比パラメータ $R = 0.3 \sim 0.7$ の範囲で限界値を求めた． R が小さいほどダクティリティーが確保しにくくなっている．

5. あとがき

面内曲げを受ける縦横比が $0.4 \sim 4/3$ の高性能鋼板を対象とし，汎用有限要素解析パッケージMARCを用いて弾塑性有限変位解析を行い，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．

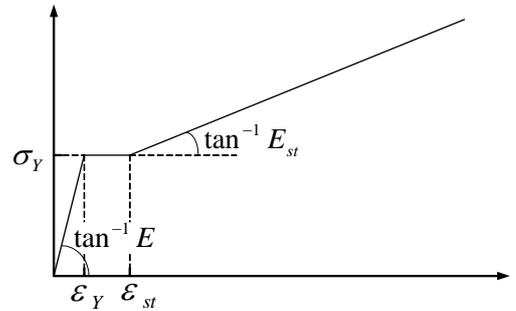


図 - 4 応力 - ひずみ関係

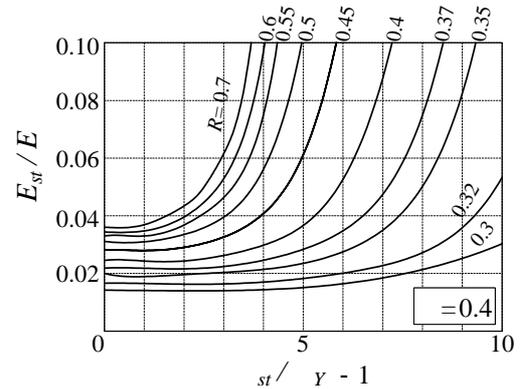


図 - 5 機械的性質の限界値 (α = 0.4)

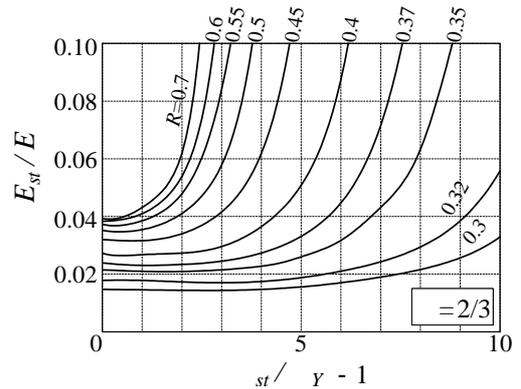


図 - 6 機械的性質の限界値 (α = 2/3)

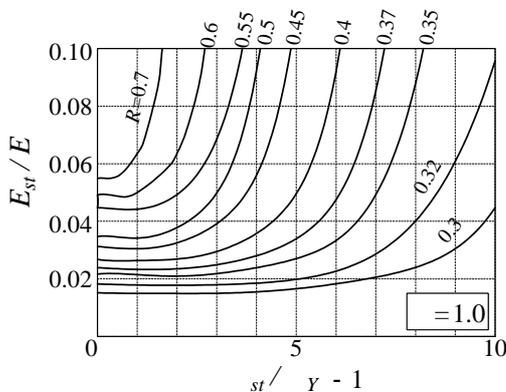


図 - 7 機械的性質の限界値 (α = 1.0)

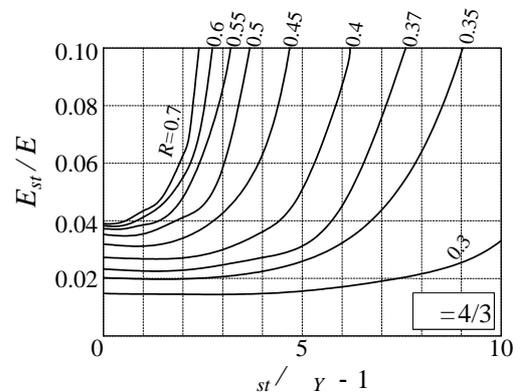


図 - 8 機械的性質の限界値 (α = 4/3)

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.