

I-79 軸力と曲げを受ける部材の限界幅厚比

大阪大学大学院 学生員 閻淵利明

大阪大学大学院 学生員 大呑智正

大阪大学工学部 正 員 西村宣男

1. はじめに 現在, わが国の土木鋼構造物の設計に対して限界状態設計法の導入が計画されている。既に限界状態設計法を導入している諸外国の設計規準では, 部材の長さに関する区分(部材区分)と, 断面構成要素の幅厚比に関する区分(断面区分)を組み合わせ, 設計に用いる構造解析法と強度の評価式を選択するのが一般的である。我が国において, 統一的限界状態設計規準の策定のためには細長比を用いた部材区分と, 構成要素の幅厚比を用いた断面区分を明確化する必要がある。そこで本研究では, 断面区分に注目し, ひずみ硬化を考慮した弾塑性有限変位解析プログラムを用いた数値解析により, 断面区分の各境界である限界幅厚比パラメータを求めることを目的とする。

2. 限界幅厚比パラメータと基準強度 限界幅厚比パラメータについては, 次の3通りの限界を考える。

- ・降伏強度限界幅厚比パラメータ $[\lambda p]_Y$: 断面強度が降伏強度まで保証される幅厚比
- ・塑性強度限界幅厚比パラメータ $[\lambda p]_P$: 断面強度が全塑性強度まで保証される幅厚比
- ・塑性設計限界幅厚比パラメータ $[\lambda p]_{PA}$: 塑性設計が適用できる幅厚比

上に示した3通りの限界における基準値を, 以下のように定義する。ここで, 圧縮曲げ比 $c = \frac{N/N_Y}{M/M_Y}$

$$\cdot \text{降伏強度限界 } K_u = \frac{N_u}{N_Y} + \frac{M_u}{M_Y} = 1.0 \quad \cdot \text{塑性強度限界 } K_u = \begin{cases} \frac{(c+1)(\sqrt{9c^2+1}-1)}{3c^2} & c \neq 0 \\ 1.5 & c = 0 \end{cases} \quad \cdot \text{塑性設計限界 } \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_Y} = 3.0$$

3. 解析モデル 代表的な断面構成要素である周辺単純支持板と自由突出板を考える。まず圧縮曲げ比 c を6個の一定値 0.0, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, ∞ と固定し, 幅厚比パラメータ λp を 0.4~1.2 まで変化させ, 極限強度を求める。また, 鋼材特性は, ひずみ硬化を考慮したSS400材の応力-ひずみ関係¹⁾を用いる。

残留応力²⁾は平均値として残留圧縮応力 $\sigma_{rc} = -0.12\sigma_Y$, 残留引張応力 $\sigma_{rt} = \sigma_Y$ の大きさを有する図-1のような, 自己平衡型の分布形状とした。初期たわみは, 座屈実験データベースから最大たわみの平均値として周辺単純支持板で $b/520.8$, 自由突出板で $b/108$ を与える。形状は, 図-2のように周辺単純支持板では純曲げの場合は減衰sin波を, 純圧縮の場合にはsin波を, 曲げ圧縮の場合は, 圧縮-曲げ比 c によりこれらの2つを組み合わせている。

4. 解析結果 周辺単純支持板の, 幅厚比パラメータ λp と強度パラメータ K_u の関係を図-3に示す。また, 合わせて降伏強度限界, 塑性強度限界の基準値と, 解析値の近似曲線も図示した。幅厚比パラメータ λp と塑性率 ε_1 , ε_Y の関係を図-4に示す。ここで ε_1 は, 極限強度時における圧縮縁ひずみである。これらの図から3つの限界幅厚比パラメータ λp を求める。これらの値を圧縮-曲げ比 c を傾きに, 幅厚比パラメータ λp を原点からの距離に取る極座標に示すと図-5, 図-6のようになる。各限界幅厚比パラメータを圧縮曲げ比 c の関数として以下の近似式で示す。

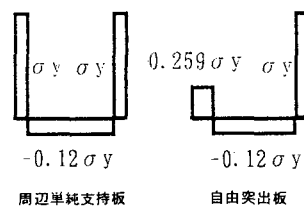
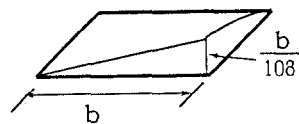


図-1 残留応力分布



自由突出板

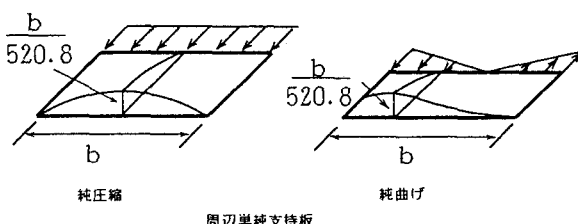


図-2 初期たわみ形状

これらの図から3つの限界幅厚比パラメータ λp を求める。これらの値を圧縮-曲げ比 c を傾きに, 幅厚比パラメータ λp を原点からの距離に取る極座標に示すと図-5, 図-6のようになる。各限界幅厚比パラメータを圧縮曲げ比 c の関数として以下の近似式で示す。

周辺単純支持板

- ・降伏強度限界幅厚比パラメータ

$$[\lambda_P]_Y = \frac{1.03+0.49c}{1.00+0.71c}$$

- ・塑性強度限界幅厚比パラメータ

$$[\lambda_P]_P = \frac{0.56-0.44c+4.51c^2}{1.00+0.47c+6.54c^2}$$

- ・塑性設計限界幅厚比パラメータ

$$[\lambda_P]_D = \frac{0.56-0.44c+4.51c^2}{1.00+0.47c+6.54c^2}$$

ただし, $c \leq 1.0$

自由突出板

- ・降伏強度限界幅厚比パラメータ

$$[\lambda_P]_Y = \frac{1.03+0.49c}{1.00+0.71c}$$

- ・塑性強度限界幅厚比パラメータ

$$[\lambda_P]_P = 0.691$$

- ・塑性設計限界幅厚比パラメータ

$$[\lambda_P]_D = 0.602 \text{ ただし, } c \leq 1.0$$

解析より求めた周辺単純支持板の各限界幅厚比は、図-7～図-9に示す各国の設計規準と比較すると、降伏強度限界はDINや道路橋示方書と類似している。自由突出板と比較すると同様に、純圧縮になるにつれ限界値が小さくなる。それに対し、塑性強度限界、塑性設計限界は、曲げが卓越する部分で、限界値が小さくなる傾向が見られ、AISCと類似している。また自由突出板でもその傾向があるが僅かである。

【参考文献】

- 1) 奈良 敬 : 面内力を受ける鋼板および補剛板の極限強度に関する研究, 学位論文, 1986年
- 2) 小松定夫・牛尾正之・北田俊行 : 補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第265号, 1977年9月

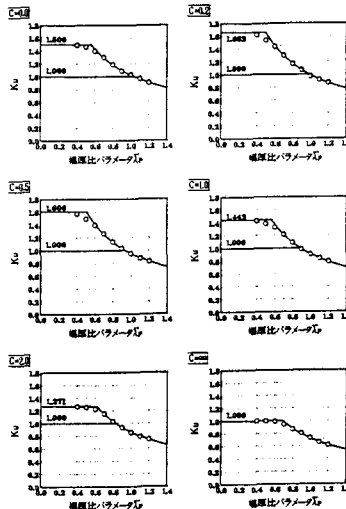


図-3 極限強度と幅厚比の関係(周辺単純支持板)

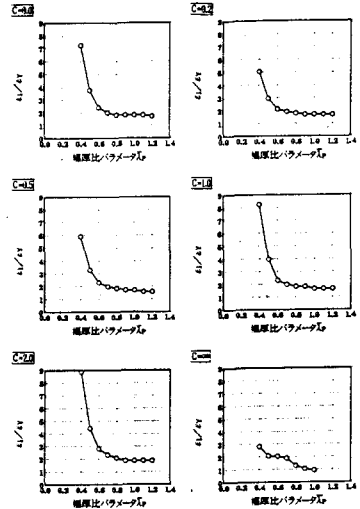


図-4 塑性率と幅厚比の関係(周辺単純支持板)

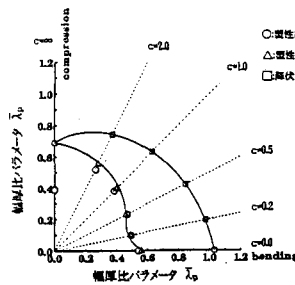


図-5 限界幅厚比(周辺単純支持板)

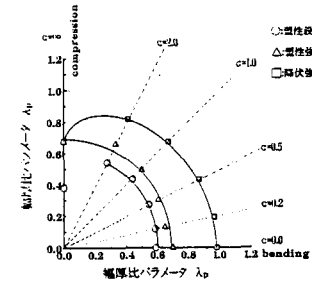


図-6 限界幅厚比(自由突出板)

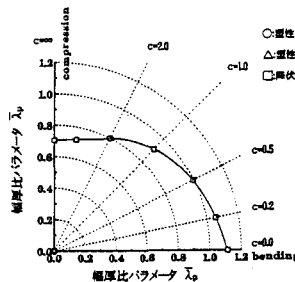


図-7 各国の設計規準(道路橋示方書)

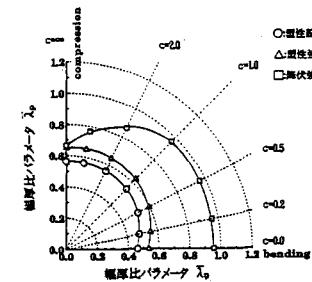


図-8 各国の設計規準(DIN)

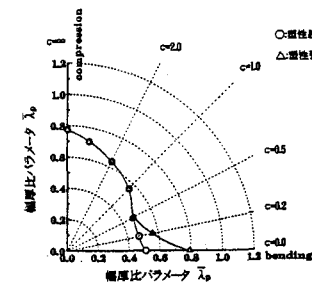


図-9 各国の設計規準(AISC)