

曲げをうける鋼 I 形断面の塑性限界曲線について

長野工業高等専門学校 正会員 ○永藤 壽宮

1. 目的

現在の道路橋示方書を力学条項の拠り所としている『鋼構造物設計指針』は、鋼構造一般の設計に用いるので、道路橋以外の構造物には安全側に偏ってしまう傾向にありいかに述べる規定については修正を必要としている。

- 1) 断面構造要素の幅厚比に関しては、塑性設計限界幅厚比、塑性限界幅厚比及び、降伏限界幅厚比の規定。
- 2) 部材座屈に関する細長比に対しては、塑性設計限界細長比と塑性限界細長比の規定ただし塑性限界細長比は、中厚肉断面部材にたいしては、降伏限界細長比とする。

そこで、本研究では、3次元弾性有限変位プログラムを用いた数値解析により現行の許容応力度設計法において強度の基準となっている初期降伏強度から終局強度までの挙動特性を明らかにし、各種の部材が終局強度にたいして、一様な安全性を確保できるように力学条項を整えるとともに必要な板要素の幅厚比の塑性限界について、断面積比や板厚を一定としてその数値モデルを選択した。

2. 解析モデルの選定

骨組構造物の構造区分は部材断面の局部座屈に関する幅厚比パラメーターと部材の細長比パラメーターに応じて分けられる。下記に最も詳細な構造区分を模式的に表している。各区分に対して適用される構造解析法及び強度照査法をまとめると以下の通りである。

領域1：極厚肉断面のストッキーな部材により構成された構造で、塑性解析（塑性設計法）の適用可能な領域。

領域2：厚肉断面のストッキーな部材により構成された構造で、構造解析は弾性解析によるが断面の塑性強度について照査する。

領域3：厚肉断面のスレンダーな部材に構成された構造で、安定照査式と塑性断面強度について照査する。構造解析は弾性解析による。

領域4：中厚肉断面のストッキーな部材で構成された構造物で、断面強度は降伏強度にとる。構造解析は弾性解析による。

領域5：中厚肉断面のスレンダーな部材で構成された構造物で、部材の強度については安定照査式と降伏強度で照査する。構造解析は弾性解析による。

領域6：薄肉断面のストッキーな部材で構成された構造物で、局部座屈強度を照査する。構造解析は弾性解析による。

領域7：薄肉部材のスレンダーな部材で構成された構造物で、部材座屈と局部座屈の連成強度を照査する。構造解析は弾性強度による。

断面構成板要素の限界幅厚比として塑性設計限界幅厚比、塑性限界幅厚比及び降伏限界幅厚比の3種類を規定することになる。その際に本研究では板要素間の相互拘束効果を考慮して断面としての限界幅厚比を与えると考えた。曲げを受けるI形断面の限界幅厚比として代表的設計基準の塑性限界のフランジの幅厚比パラメータ λ_{pf} ウェブの幅厚比パラメータ λ_{pw} を平面上に描くと図-1のようになる。板要素の個々に限界幅厚比を与えると長方形の領域で断面強度の区分が表せる。

純曲げについては、計画したモデルの幅厚比パラメータの範囲は、ほぼ全ての設計基準塑性限界幅厚比の範囲を包含するように決定した。また、表中の記号におけるLは道路橋示方書で規定されている横倒れ座屈強度限界の1/2の長さ（ $L=2.25b$ ）またはウェブ高（ $L=H$ ）とし断面強度の低いほうを用いた。極限強

キーワード 塑性限界, 有限変位, I形断面ばり, 部材力学特性

連絡先 〒381-8550 長野工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL 026-295-7098

度に大きな影響を与える要因のひとつである（フランジの断面積： A_f とウェブの断面積： A_w ）フランジとウェブの断面積比およびフランジ幅： b とウェブ高： h のアスペクト比のふたつがあげられる。

3. 解析における仮定

材料特性はSS400を使用し、種々の材料試験結果をもとに実測値に近いデータを用いた。

①応力-ひずみ関係

ひずみ硬化を考慮した3次元有限変位プログラムを用いる際、ひずみ硬化域での応力-ひずみ関係を指数関数応力-ひずみ関係に用いた。

②初期不整

残留応力および初期たわみの最大値は溶接I形断面の実測データの平均値を用いた。また初期たわみの波形は、圧縮フランジは直線に、引張りフランジは初期たわみを無しとし、ウェブは一端固定、他端単純支持のはりの座屈モードと同じ波形とした。非線型方程式の解法においては、本研究では、修正ニュートン・ラプソン法を用いた。

このプログラムの解析結果の信頼性について永藤・小林の過去における実験データを実際に計算しており、実測値に近いデータが得られている。

3. 解析結果と考察

図1は、得られた純曲げでの塑性限界を各国の規定と比較して示す。

過去の西村らの研究と比較すると同様の極限強度では、 λ_{pw} が高い方では、若干低めの λ_{pw} に、低い方では若干高めの λ_{pw} を有しているが、ほとんど同様な結果となった。

次に $c=1.0$ と 2.0 の場合について極限強度曲線を別なスペックで描いてみると図2および図3のような結果が得られた。曲げ圧縮での限界幅厚比曲線を図16に示す。

- (1) λ_{pf} , λ_{pw} ともに0.2以上の純曲げおよび曲げ圧縮の塑性限界曲線を明らかにした。
- (2) 圧縮曲げはフランジ幅厚比 λ_{pf} が小さい断面ほど大きく全塑性強度を超えており軸力の影響が大きく塑性強度にかかわっている。

参考文献

- ・ 土木学会：鋼構造物設計指針，1987
- ・ 奈良 敬：面内力を受ける鋼板及び補鋼板の極限強度に関する研究，1986
- ・ 中沢俊彦，山口 哲：曲げを受ける鋼型断面の降伏限界幅厚比に関する研究，1993.3
- ・ 西村宣男，奈良 敬：鋼構造部材および要素の塑性強度の有効利用に関する研究，1991.3

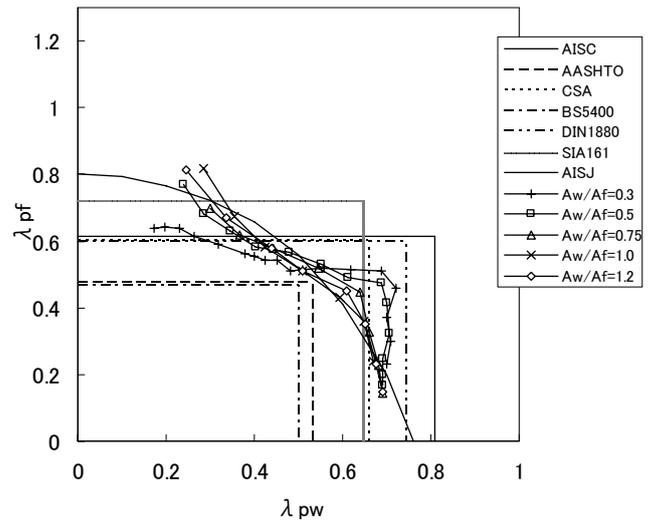


図1 純曲げにおける各国との塑性限界曲線の比較

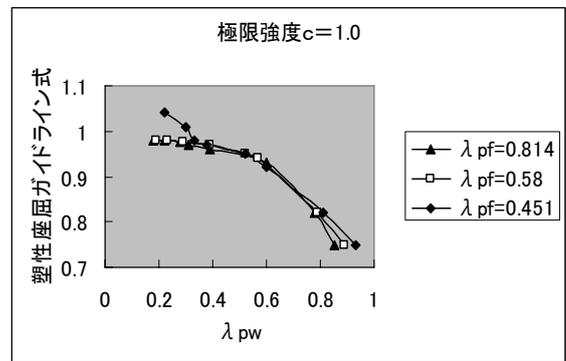


図2 極限強度曲線 c=1.0

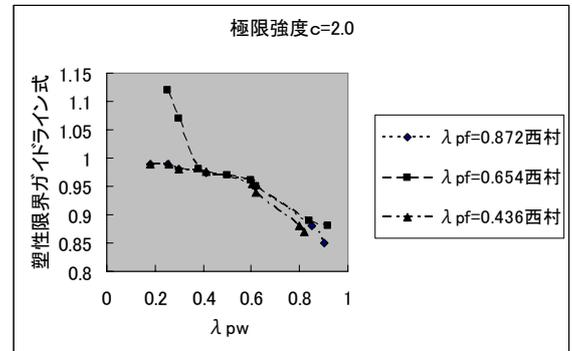


図3 極限強度曲線 c=1.0

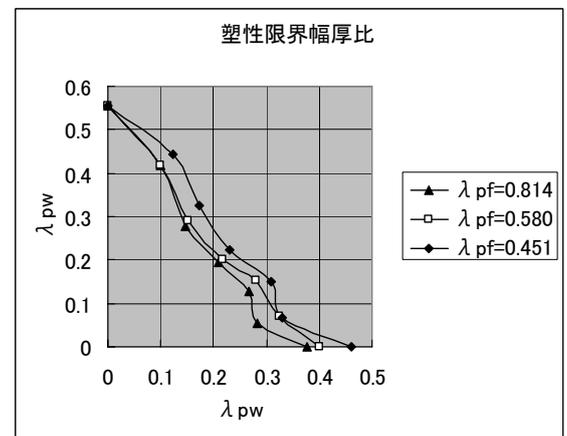


図4 曲げ圧縮での限界幅厚比