

大日本建設技術 正員 ○堀田 毅 大阪府立高専 正員 日笠隆司
大阪大学工学部 正員 西村宣男

1. まえがき

面内曲げを受けるプレートガーダーに生ずる不安定現象は、圧縮フランジの局部座屈、ウェブの局部座屈、圧縮フランジの横座屈および垂直座屈に分類される。圧縮フランジの局部座屈が床版等により拘束されていない場合は、圧縮フランジとウェブの局部座屈が連成し、一般にはフランジのねじれ座屈と称される。圧縮フランジの垂直座屈はウェブの幅厚比が極端に大きい場合に限られるので、通常のプレートガーダーの曲げパネルでは圧縮フランジのねじれ座屈と横座屈が終局限界状態となる。

本研究ではプレートガーダー領域に相当する比較的大きな幅厚比のウェブを有するモデルを対象として、弾塑性有限変位解析により圧縮フランジの横座屈と局部座屈の連成挙動を明らかにする。さらに実務設計に適用可能な強度評価式を考案して設計規準との比較を行い、解析データ、提案式の有効性を確認する。

2. 解析プログラム、解析モデル、初期不整

解析には 4 節点アイソパラメトリック矩形要素を用いた弾塑性有限変位解析プログラムを使用した。ガウス積分点数をフランジ、ウェブなどで変えることにより計算の効率化を図っている。塑性流れ理論に基づき Newton-Raphson 法により変位増分による節点力を収束させている。

解析モデルは、両端単純支持の桁を支間中央までの $1/2$ モデルとし両端のウェブに強制変位を与えることによって等曲げ状態としている。支間長に応じて垂直補剛材を配置し、部材要素ではなく境界条件で処理した。桁の断面はウェブ高さを一定として、上下フランジ断面積比、ウェブ圧縮フランジ断面積比、圧縮フランジ幅厚比、ウェブ幅厚比、横座屈細長比を変化させた。

初期不整としては、初期変形をウェブのはらみ、上フランジの通り、上フランジのねじれ変形を正弦波の重ね合わせとして考慮した。溶接残留ひずみはフランジに矩形分布として考慮した。これらは、平均値相当、下限値相当の初期不整を与えるように各数値を決定した。

3. 強度評価式

断面の各要素の局部座屈強度を考慮して、終局時の曲げ応力分布を仮定し、断面の曲げ耐荷力を算出している。

$$M_u = \sum \{ \sigma_u \times A \times e_y \text{ (終局時の中立軸からの距離)} \}$$

さらに、圧縮フランジの局部座屈（ウェブの影響を含む）と横座屈の連成座屈強度の評価方法は文献 1) で提案した Q-factor 法に従う。すなわち桁の曲げ強度 M_{ult} は次式で表される。

$$M_{ult} = \kappa M_n$$

ここで、 M_n は断面の強度で降伏断面強度では M_y 、座屈断面強度では M_u とする。 κ は横座屈に関する強度低減係数で細長比パラメータ $\bar{\lambda}_b$ の関数で表される。

4. 連成挙動

前項で提示した強度算定式と解析結果との比較を図-1 に示す。横軸に圧縮フランジの幅厚比、縦軸に M_u/M_y をとり、ウェブの幅厚比は $1/150$ である。平均値相当、下限値相当ともに、強度算定式では $\bar{\lambda}_{pf}$ が 0.7 を超えるといずれの $\bar{\lambda}_b$ においても圧縮フランジの局部座屈による極限強度の低減が現れるが、解析結果では $\bar{\lambda}_b = 0.4$ の横ねじれ座屈が生じにくい範囲では現れるが $\bar{\lambda}_b > 0.4$ では顕著には現れていない。また、極限強度の値も、下限値相当では比較的良好一致しているが平均値相当では解析結果の変動範囲が狭くなっている。横軸にウェブの幅厚比をとった場合を図-2 に示す。圧縮フランジは

Tsuyoshi HOTTA, Takashi HIKASA, Nobuo NISHIMURA

局部座屈が生じにくい $\bar{\lambda}_{pf}=0.38$ 程度 ($b/t=7.0$) を選んでいる。 $\bar{\lambda}_b$ が小さい範囲では、ウェブの幅厚比が大きくなることにより極限強度が低くなるのが平均値相当、下限値相当いずれの場合にも生じている。

5. 規準との比較

図-3 に、わが国道路橋示方書と代表的な諸外国の規準との比較を示す。解析モデルは2軸対称断面で部材の細長比は0.4と1.0である。

局部座屈の影響が卓越する部材の細長比パラメータ 0.4 の場合は、各国規準とも平均値相当の結果と合致するがわが国の道路橋示方書だけは下限値相当と同程度の結果となっている。解析結果に対して強度評価式は精度よく評価できているといえる。横ねじれ座屈が卓越する細長比 1.0 の場合は、道路橋示方書とSAA (オーストラリア) の規準で下限値相当と同程度、その他の規準では平均値相当と同程度の結果となっている。解析結果に対する強度評価式の評価は、局部座屈の場合よりもやや低めの値となっている。

6. まとめ

局部座屈と横座屈の連成現象が確認できた。また、各国の設計規準との比較を行うことによって、採用されている強度評価式の特長をつかむことができた。

【参考文献】1) 西村宣男, 秋山寿行, 松村達生: 曲げを受ける I 形断面はりおよびプレートガーダーの強度設計法の一提案, 構造工学論文集, Vol.39A, 1993.

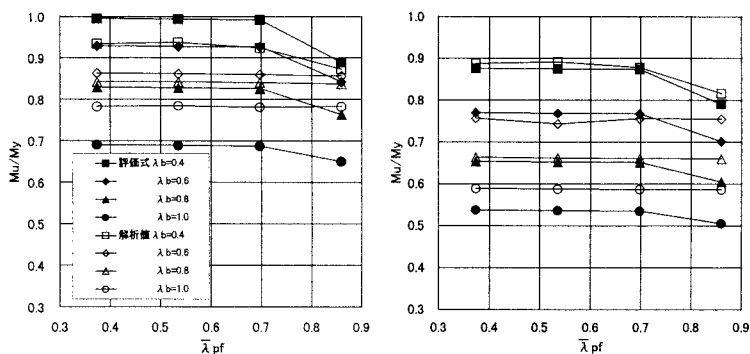


図-1 強度算定式と解析結果の比較 (1)

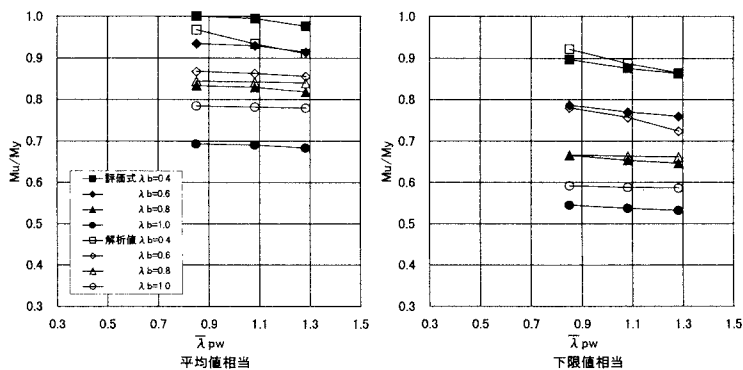


図-2 強度算定式と解析結果の比較 (2)

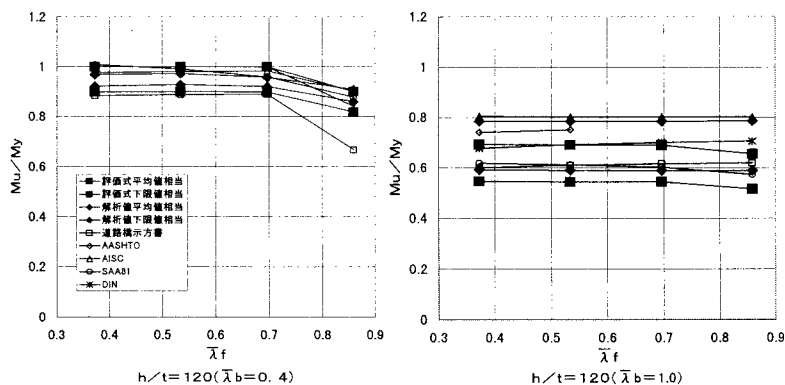


図-3 設計規準との比較