### 圧縮フランジの幅厚比に関するコンパクト断面の条件式

長崎大学工学部	学生会員	其田直樹
長崎大学工学部	正会員	中村聖三
長崎大学工学部	フェロー	高橋和雄

### 1.まえがき

現在,我が国の道路橋の設計には許容応力度設計法が採用されている.しかし,この設計法では鋼材の特 徴である塑性域での伸び性能やひずみ硬化等の性質が有効活用されていない.一方,アメリカ等の諸外国で は部分安全係数を用いた限界状態設計法が採用されており,断面の全塑性モーメントを基準とする設計法の 規定もある.こうした塑性設計法の適用は経済性の向上に寄与することが期待される.本研究では,負曲げ 域の合成桁を想定し,コンパクト断面と判定できる圧縮フランジの幅厚比を明らかにする.

2.解析モデル

負曲げ領域の合成桁を対象とすることから,解析モデルの 断面は合成桁で引張側にあるコンクリート床版を無視した鋼 I形断面とする.図-1はAASHTOLRFD<sup>1)</sup>におけるコンパ クト断面の条件と解析モデルを鋼種別に表したものである. AASHTOLRFDでは図中にある線の内側の幅厚比をもつ断 面をコンパクト断面と見なしている.図-1のモデルは,圧 縮フランジ幅厚比の条件を明らかにする解析モデルである. ウェブ厚と圧縮フランジ厚については,全ての解析モデルに おいてそれぞれ15mm,30mmとしている.

### 3.解析方法

解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を用いる. 橋軸方向の長さはウェブのアスペクト比が1.0 となるように ウェブ高と等しくし,解析時間を短縮させるため,橋軸方向 の対称性を考慮して橋軸方向1/2 モデルとし,シェル要素を 用いてモデル化する.解析モデルの要素分割については,ウ ェブ高さ方向に24分割,フランジ幅方向に20分割,橋軸方 向に10分割とする.解析モデルに与える拘束条件を図-2に 示す.また,解析ではこの拘束条件に加え,ウェブが座屈し ないよう面外方向に固定している.右端断面を平面保持させ ながら,塑性中立軸の位置に回転を徐々にかけていくことで, 反力として発生する曲げモーメントと回転角,または最初に 局部座屈する節点の面外変位との関係から,座屈発生時の断 面に作用している曲げモーメントを読み取り,この値を曲げ 耐力とする.

# 4.鋼材特性

応力 - ひずみ関係には土木学会鋼構造新技術小委員会 2)で 提案された式(1)を用いる.本解析で用いる鋼材3種類の応力 - ひずみ関係を決定するパラメータを表 - 1 に示す.ヤング 係数は200000N/mm<sup>2</sup>,ポアソン比は0.3とする.



I-074

$$\sigma_{s} = E\varepsilon_{s} \quad \varepsilon_{s} \le \varepsilon_{y}, \quad \sigma_{s} = \sigma \quad \varepsilon_{y} \le \varepsilon_{s} \le \varepsilon_{st}$$

$$\frac{\sigma_{s}}{\sigma_{y}} = \frac{1}{\xi} \frac{E_{st}}{E} \left[ 1 - \exp\left\{ -\xi \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{y}} - \frac{\varepsilon_{st}}{\varepsilon_{y}} \right) \right\} \right] + 1 \quad \varepsilon_{s} \ge \varepsilon_{st} \quad (1)$$

## 5.初期不整

解析モデルに考慮するウェブと圧縮フランジの初期たわみをそれぞ れ式(2),(3)に示す.この初期たわみは道路橋示方書<sup>3)</sup>の部材精度の規 定を参考に設定している(図-3参照).

残留応力はフランジとウェブの溶接部に引張残留応力として降伏応 力 *σy*を与え,その他の部分では自己平衡条件が成立するような分布形 状を仮定する(図 - 5 参照).

 $\delta_w = \frac{d_w}{250} \sin\left(\frac{\pi}{d_w}y\right) \cos\left(\frac{\pi}{d_w}z\right) (2) \quad \delta_f = \frac{x}{100} \cos\left(\frac{\pi}{d_w}z\right) (3)$ 

6.解析結果の一例と算定式

SS400の解析モデルに対するモーメントと回転角の関係を図 - 5 に 示す.また,全塑性モーメントで無次元化した曲げ耐力と圧縮域のウ ェブ幅厚比の関係を図 - 6 に示す.図 - 6 の関係から,*Mcr/Mp* = 1.0 を 挟む2点の値を用いて,限界幅厚比を求めると21.94 となる.同様に して SM490, SM570 についても限界幅厚比を求めると,それぞれ 19.42,21.04 となった.この結果を,コンパクト断面の圧縮フランジ 幅厚比の条件式を AASHTO LRFD の条件式の書式にならい定式化す ると,式(4),式(5),式(6)が得られる.

(6)

・SS400 の算定式	$\frac{b_f}{2t_f} \le 0.376 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}  (4)$
・SM490の算定式	$\frac{b_f}{2t_f} \le 0.385 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}  (5)$

・SM570 の算定式 
$$\frac{b_f}{2t_f} \le 0.499 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

## 7.あとがき

本文では圧縮フランジについて,限界幅厚比の算定式を 明らかにしたが,コンパクト断面か否かを判定するために は,ウェブの限界幅厚比およびウェブ限界幅厚比と圧縮フ ランジ限界幅厚比との相関関係を定式化する必要がある.

今後これらを明らかにするためのモデルを設定し,解 析・検討することにより,コンパクト断面の条件式を提案 したい.

【参考文献】 1) AASHTO: LRFD Bridge Design Specification,1998. 2)
 土木学会鋼構造委員会 鋼構造新技術小委員会:鋼橋の耐震設計指針案と耐震
 設計のための新技術,1996 3) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説,
 平成14年3月.

表-1 鋼材のパラメータ

	ξ	$\varepsilon_{st}/\varepsilon_y$	$E/E_{st}$
SS400	0.06	10	40
SM490	0.06	7	30
SM570	0.02	3	100



図-3 初期たわみ



図 - 4 残留応力分布



図-5 SS400のM- 関係

