

## 開断面箱桁橋架設系の曲げ耐荷力算定式の提案

駒井鉄工(株) 正会員 ○玉田 和也 大阪大学大学院 フェロー 西村 宣男  
 (株)宮地鐵工所 正会員 川村 暁人 大阪大学大学院 正会員 小野 潔  
 JFE エン지니어リング(株) 正会員 加藤 久人

### 1. 概要

社会資本整備のコスト縮減策の一環として鋼桁橋の合理化設計に向けての技術的検討が進められている．その中には鋼 2 主桁橋，狭幅箱桁橋，開断面箱桁橋，波型ウェブ PC 桁橋，合成トラス橋など多彩な橋梁形式が含まれている．本研究では開断面箱桁橋の架設系に着目し昨年までに曲げおよび曲げ+せん断の耐荷力実験を行い，弾塑性有限変位解析ソフト(OLFRAM-NAFRAM)の精度及び妥当性についての検証を行ってきた．

ここで提案する曲げ耐荷力算定式は，既に提案されている I 形断面プレートガーダーの曲げ耐荷力算定式<sup>1)</sup>を，斜め腹板を有する開断面箱桁に拡張したものである．提案式と曲げ実験の結果を比較することにより，耐荷力算定式の開断面箱桁への適用性を確認する．さらに国内外で行われた I 形断面プレートガーダーの純曲げ試験の結果<sup>2)</sup>と耐荷力算定式の比較も行い，水平補剛材を 0 段もしくは 1 段有する場合の算定式の妥当性を確認する．

### 2. 対象とする開断面箱桁

提案する強度算定式は以下の条件を満たす開断面箱桁を対象とする．図-1 に対象モデルの寸法記号を示す．

- 1) フランジの鉛直座屈が終局状態となる腹板を有するプレートガーダーは対象外とする．
- 2) 架設系の開断面箱桁で一軸対称断面とする．
- 3) 腹板の水平補剛材は 0 段もしくは 1 段設けるものとする．
- 4) 桁の横ねじれ座屈と局部座屈の連成効果は開断面箱桁については無視する．

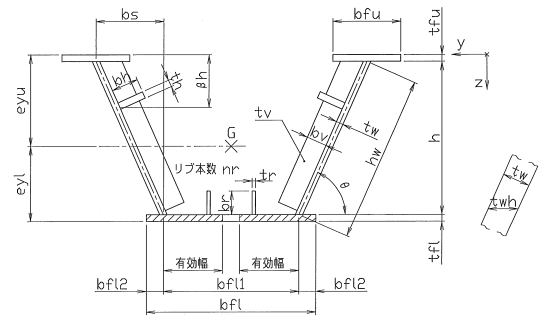


図-1 対象モデルの寸法記号

### 3. 曲げ耐荷力算定式の提案

#### 1) 曲げ応力分布のモデル化

圧縮フランジや腹板に降伏や局部座屈が発生する前の曲げ応力分布は，当然のことながら初等力学に従うものとして断面の中立軸の位置  $e_{yu}$ ,  $e_{yl}$  を求める．圧縮フランジおよび腹板に局部座屈を生ずると中立軸位置は腹板に沿って下方に移動するが近似的に弾性範囲における  $e_{yu}$ ,  $e_{yl}$  が保持されるものと仮定する．曲げ応力分布は弾性分布から図-2 に示す終局時分布に移行すると考える．ここで， $\sigma_{uf}$  および  $\sigma_{uw}$  は後述するフランジ及び腹板の限界応力度である．また，下フランジの応力は断面の軸力が 0 となる条件より求めるものとする．

#### 2) 曲げ耐荷力算定式

図-2 の終局曲げ応力分布を基に，断面に作用する曲げ耐荷力  $M_u$  は次式で与える．

・ 水平補剛材 0 段の場合

$$M_u = 2\sigma_{uf}A_{fu}(e_{yu} - \frac{t_{fu}}{2}) + \frac{2}{3}\sigma_{uw}A_w \frac{(e_{yu} - t_{fu})^2}{h} + 2\sigma_{fl}A_{fl}(e_{yl} - \frac{t_{fl}}{2}) + \frac{2}{3}\sigma_{fl}A_w \frac{(e_{yl} - t_{fl})^2}{h} + n_r\sigma_{fl}A_r \frac{(e_{yl} - t_{fl} - \frac{b_r}{2})^2}{e_{yl} - t_{fl}} \quad (1)$$

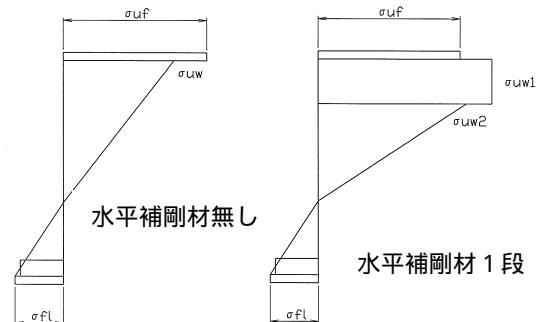


図-2 終局曲げ応力分布図

キーワード 開断面箱桁橋，極限強度，架設系，座屈

連絡先 〒555-0041 大阪市西淀川区中島 2-5-1 駒井鉄工(株)設計部 TEL 06-6475-2112 FAX 06-6475-2132

・ 水平補剛材 1 段の場合

$$M_u = 2\sigma_{uf}A_{fu}(e_{yu}-\frac{t_{fu}}{2}) + 2\sigma_{uw}\beta(e_{yl}-t_{fu}-\frac{\beta h}{2}) + \frac{2}{3}\sigma_{uw2}A_w\frac{(e_{yu}-t_{fu}-\beta h)^2}{h} \quad (2)$$
$$+ 2\sigma_{fl}A_{fl}(e_{yl}-\frac{t_{fl}}{2}) + \frac{2}{3}\sigma_{fl}A_w\frac{(e_{yl}-t_{fl})^2}{h} + n_r\sigma_{fl}A_r\frac{(e_{yl}-t_{fl}-\frac{b_r}{2})^2}{e_{yl}-t_{fl}}$$

ここに， $A_{fu}, A_w, A_{fl}$ ：上フランジ面積（片側），腹板面積（片側），下フランジ面積（片側）  
 $A_r$ ：縦リブ面積（1枚あたり）  $n_r$ ：縦リブ本数

3)限界応力度

式(1)，(2)に示すフランジと腹版の限界応力度は参考文献 3)に示される初期不整の平均値相当の式により求める．フランジの限界応力度は開断面桁の場合，上フランジの水平座屈にかかわる補正を行う．また，腹版の限界応力度に対し上フランジと腹版の耐荷力がピークとなる時期のズレにかかわる補正を行うものとする．

圧縮フランジの限界応力度  $\sigma_{uf}$ ：

平均値相当 
$$\frac{\sigma_{uf}}{C_{rf}\sigma_{Yuf}} = \begin{cases} 1.0 \cdots \cdots \cdots \bar{\lambda}_{pf} \leq 0.7 \\ (0.7/\bar{\lambda}_{pf})^{0.64} \cdots \bar{\lambda}_{pf} > 0.7 \end{cases} \quad (3) \quad \text{ここに, } \bar{\lambda}_{pf} = \frac{b_{fu}/2}{t_{fu}} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_{Yfu}}{k_c\pi^2 E}}$$

$C_{rf}$ ：上フランジの水平座屈にかかわる補正係数

腹板の限界応力度  $\sigma_{uw}$ （水平補剛材 0 段の場合）：

平均値相当 
$$\frac{\sigma_{uw}}{C_{rw}\sigma_{Yw}} = \begin{cases} 1.0 \cdots \cdots \cdots \bar{\lambda}_{pw} \leq 1.0 \\ (1.0/\bar{\lambda}_{pw})^{0.72} \cdots \bar{\lambda}_{pw} > 1.0 \end{cases} \quad (4) \quad \text{ここに, } \bar{\lambda}_{pw} = \frac{h}{t_w/\sin\theta} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_{Yw}}{k_c\pi^2 E}}$$

$C_{rw}$ ：上フランジと腹板の耐荷力ピークの発現時期にかかわる補正係数

水平補剛材を 1 段有する腹板の限界応力度は，単一パネルごとの腹板の幅厚比パラメータを式(4)に用いて各パネルの限界応力度を算出する。

4．実験結果との比較

開断面箱桁の実験結果と簡易算定式の比較を表-1に示す．水平補剛材の無い MC，MCV は低めの，水平補剛材を 1 段有する MCVH は若干高めの耐荷力を算出している。また，算定式の妥当性を確認するため既往の実験結果 2)(I 形断面プレートガーダー)と算定式の比較を行った結果を図-3に示す．

表-1 開断面実験結果と算定式の比較表

| (N・mm)     | MC    | MCV   | MCVH  |
|------------|-------|-------|-------|
| Mu(実験値)/My | 0.738 | 0.746 | 0.918 |
| Mu(算定式)/My | 0.668 | 0.670 | 0.949 |
| 算定式/実験値    | 0.905 | 0.897 | 1.034 |

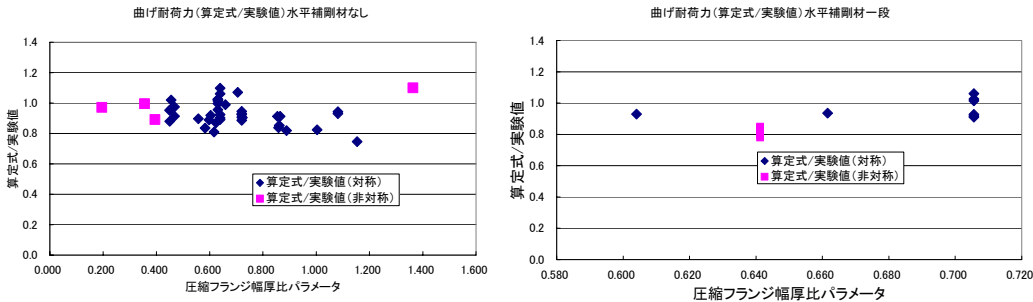


図-3 既往の I 形断面実験データと算定式の比較

5．まとめ

水平補剛材が 1 段もしくは 0 段有する開断面箱桁橋の架設系での曲げ耐荷力算定式を提案した．算定式は簡便に計算できるにもかかわらず実験結果対して良好な精度で曲げ耐荷力を算出することができる．

なお，本研究は科学研究費補助金基盤研究 A（研究代表者 西村宣男）によるものである．

参考文献

1)LP 鋼板および鋼 2 主桁橋梁の強度設計法に関する研究 大阪大学学位論文 1999 年 1 月号 pp106-110  
2)既存のプレートガーダー耐荷力実験データに関する検討 土木研究所資料 1991 年 3 月  
3)鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する総合的研究 科研成果報告書 1990 年 3 月