

日本電子計算機 正会員 丹羽 量久
 関西大学工学部 フェロー 三上 市藏
 新日本技研(株) 正会員 ○堀田 英司

1. まえがき 三上の提案した上下非対称断面や縦横に補剛された腹板を有する鋼プレートガーダーの終局強度算定法¹⁾では、腹板の塑性化が生じないものとしている。水平補剛材がなく、ずんぐりした断面の場合は、フランジがねじれ座屈を生じた後にさらなる強度が期待できる。一方、圧縮フランジの横座屈が生じる場合は腹板が大きく変形するので後座屈強度は期待できない。これまでに三上の算定法を任意の鋼I断面部材に適用できるように拡張してきたが^{2), 3)}、本研究では、この拡張算定法を実務設計向けの簡便なものにするため表記方法を改良し、曲げまたは曲げ・せん断を受ける鋼I断面部材の終局強度に関する多数の実験データを用いて検証したので報告する。

2. 曲げ終局強度算定法 圧縮フランジのねじれ座屈が先行する場合に対して、この算定法を修正する。すなわち、圧縮フランジがねじれ座屈した後、いまだ健全な腹板が増加する曲げモーメントを負担すると考える。その限界は、図-1に示すように腹板の降伏ひずみ ε_{yw} の α 倍に達したときとみなし、次式で表す。

$$\begin{aligned} \alpha &= 2.5 & \lambda_w &\leq 0.25 \\ &= \frac{8}{3}\lambda_w^2 - \frac{16}{3}\lambda_w + \frac{11}{3} & 0.25 < \lambda_w &\leq 1 \\ &= 1.0 & 1 < \lambda_w &\leq 1.21 \end{aligned} \quad (1)$$

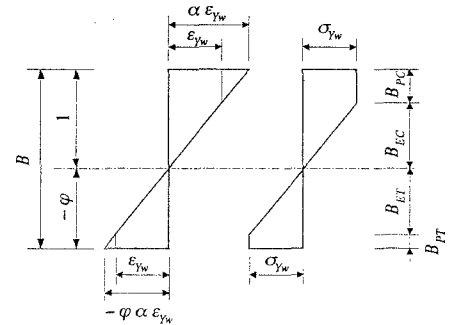


図-1 塑性化した腹板のひずみと応力

ここに、 $\lambda_w = B/t_w \sqrt{12(1-\nu_w^2)\sigma_{yw}/23.9\pi^2 E_w}$ で、 E_w 、 ν_w 、 σ_{yw} はそれぞれ腹板の弾性係数、ポアソン比、降伏応力である。

簡便な実用算定法の確立を目指しているので、軸力の不釣り合いは考慮しないものとし、腹板の塑性化に伴う中立軸の移動は考慮せず、弾性状態の中立軸をそのまま用いることにする。したがって、曲げ終局強度 M_{ult}^* は次式を用いて算定できる。

$$\frac{M_{ult}^*}{M_{yfc}} = \frac{\sigma_{ult,fc}}{\sigma_{yfc}} \left\{ 1 + \frac{A_w}{3A_{fc}} \frac{(\sigma_{ult,w}^*/\sigma_{ult,fc} - 1)(1 + \varphi + \varphi^2)}{1 + (1 + \varphi + \varphi^2)A_w/3A_{fc} + \varphi^2 A_{ft}/A_{fc}} \right\} \quad (2)$$

ここに、

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{ult,w}^*}{\sigma_{yw}} &= \frac{1}{2(1-\varphi^3)} \left\{ 3 - \frac{2}{\alpha^2} + 3\varphi^2 \right\} & : -1 \leq \varphi, \quad \alpha\varphi \leq -1 \\ &= \frac{1}{2(1-\varphi^3)} \left\{ 3 - \frac{1}{\alpha^2} + 2\varphi^2 \right\} & : -1 \leq \varphi, \quad -1 < \alpha\varphi \\ &= \frac{1}{2(1-\varphi^3)} \left\{ 3 - 2\frac{\varphi^2}{\alpha^2} + 3\varphi^2 \right\} & : \varphi < -1, \quad -1 \leq \frac{\varphi}{\alpha} \\ &= \frac{1}{2(1-\varphi^3)} \left\{ 2 - \frac{\varphi^2}{\alpha^2} + 3\varphi^2 \right\} & : \varphi < -1, \quad \frac{\varphi}{\alpha} < -1 \end{aligned} \quad (3)$$

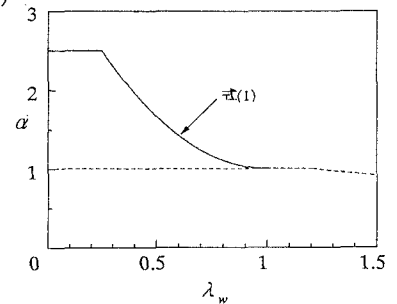


図-2 腹板の限界ひずみ

で、 M_{yfc} は圧縮フランジの降伏モーメント、 $\sigma_{ult,fc}$ は圧縮フランジの終局曲げ強度、 σ_{yfc} は圧縮フランジの降伏応力、 A_{fc} 、 A_{ft} 、 A_w はそれぞれ圧縮フランジ、引張フランジ、腹板の断面積である。 φ は応力勾配

係数で、圧縮フランジの終局強度 $\sigma_{ult,fc}/\sigma_{yfc}$ は三上の終局強度算定法¹⁾を用いて計算する。

3. 曲げ・せん断終局強度算定法 曲げ・せん断を受ける場合の終局強度は、西野・長谷川の提案した相関式⁵⁾を使って計算できるので、 M_{ult} のかわりに M_{ult}^* を用いる。したがって、腹板の塑性化を考慮した終局強度は次の相関式で計算できる。

$$\left(\frac{M_0}{M_{ult}^*}\right)^4 + \left(\frac{V}{V_{ult}}\right)^4 = 1 \quad (4)$$

ここに、 V_{ult} はせん断終局強度、 M_0 は変化する作用曲げモーメントを等曲げモーメントに換算した値、 V は作用せん断力である。

4. 終局強度実験データによる評価 終局強度実験データ⁴⁾の曲げを受ける供試体の中から、圧縮フランジのねじれ座屈が先行する崩壊形式(FT)に属する供試体 46 体を取り出した。腹板の塑性化を考慮しない場合の理論値 M_{ult}/M_{yfc} と修正算定法の理論値 M_{ult}^*/M_{yfc} とを実験結果 M_{max}/M_{yfc} と比較すると、それぞれ図-3(a), (b)が得られる。修正算定法により終局強度が修正された供試体 29 体を図中の△印で示す。それらの M_{max}/M_{ult} と M_{max}/M_{ult}^* の(平均値±標準偏差)は、それぞれ 1.241~1.603, 1.112~1.452 である。

次に曲げ・せん断を受ける供試体の中から、圧縮フランジのねじれ座屈が先行する崩壊形式(FT)に属する供試体 59 体を取り出した。腹板の塑性化を考慮しない理論値 $M_{max,0}/M_{ult}$ と修正算定法の理論値 $M_{max,0}/M_{ult}^*$ を V_{max}/V_{ult} の相関関係を見ると、それぞれ図-4(a), (b)が得られる。修正算定法により終局強度が修正された供試体 51 体を図中の△印で示す。それらの L_{max}/L_{ult} と L_{max}/L_{ult}^* の(平均値±標準偏差)は、それぞれ 1.123~1.285, 1.04~1.158 である。

5. あとがき 本研究では、三上の終局強度算定法を鋼 I 断面部材に適用できるように拡張してきたが、実務設計に簡便に用いることができるように改良し、その妥当性を多数の終局強度実験データを用いて検証した。その結果、曲げまたは曲げ・せん断を受ける供試体の終局強度の推定値が精度よく改善された。

【参考文献】1) 三上：プレートガーダー及びボックスガーダーの終局限界状態設計に関する研究，科学研究費補助金研究成果報告書，1992.3. 2) 三上・丹羽・他：鋼 I 型断面部材に対する終局曲げ強度の算定法，土木学会年次学術講演会，1996.9. 3) 三上・丹羽・他：鋼 I 型断面部材の曲げ・せん断終局強度算定法の拡張，平成 10 年度土木学会関西支部年次学術講演会. 4) 三上・丹羽・他：鋼構造部材の耐荷力実験のマルチメディアデータベースの構築，平成 8 年度土木学会関西支部年次学術講演会. 5) 西野・長谷川：道路橋示方書Ⅱ鋼橋編改訂の背景と運用，8 章 プレートガーダー，橋梁と基礎，Vol.109，No.6，1981.6.

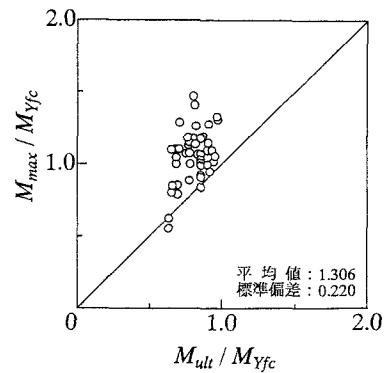


図-3(a) 理論値と実験結果の比較（修正前）

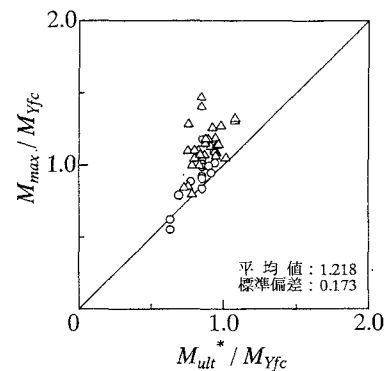


図-3(b) 理論値と実験結果の比較（修正後）

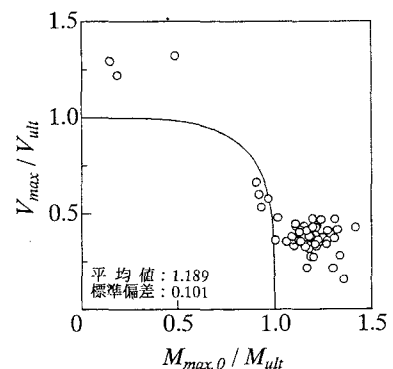


図-4(a) 理論値と実験結果の比較（修正前）

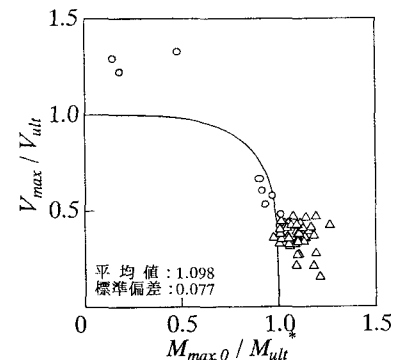


図-4(b) 理論値と実験結果の比較（修正後）