

まくらぎ下腐食を有するプレートガーダーの残存耐荷力評価法

広島大学大学院 学生会員 ○福田光央
西日本旅客鉄道(株) 正会員 中山太士

広島大学大学院 正会員 藤井 堅
大阪工業大学 フェロー会員 松井繁之

1. はじめに

開床式鋼鉄道橋では、プレートガーダーに直接まくらぎを載せた構造となるので、まくらぎ下が局部的に腐食する。しかし、まくらぎ下が腐食した桁の耐荷力評価法は、まだ十分に確立されていないのが現状である。そこで本研究では、まくらぎ下腐食を有するプレートガーダーの残存耐荷力評価法を提案する。

2. 曲げ耐荷力の評価

まくらぎ下腐食を有する曲げ耐荷力は、Basler らの考え¹⁾、圧縮フランジのみを取り出して、その座屈崩壊形式を用いて評価するが、このうちフランジ垂直座屈はウェブがかなり薄い場合に発生し、通常は発生しないと考えられるので、フランジ水平座屈とねじれ座屈の2つの座屈形式を対象として、耐荷曲げモーメントを評価する。ただし、まくらぎ下が腐食した桁では、基本座屈長は、フランジ水平座屈は横構（横桁）間隔、ねじれ座屈はまくらぎ幅となる。

3. 曲げ耐荷力解析

フランジ水平座屈の解析モデルは、両端でピン支持され、たわみに対してはウェブ接合辺で単純支持されたフランジプレートが、両端で等分布軸方向圧縮応力を受ける場合を考える。一方、フランジねじれ座屈の解析モデルは、まくらぎ下腐食した圧縮フランジ部にみに着目する。取り出した板は、両端で等分布軸方向変位 δ を受けるものとし、3 辺単純支持 1 辺自由の圧縮板とする。

(1) フランジ水平座屈

析で得られたフランジ水平座屈の耐荷力曲線を図-1 に示す。腐食部板厚が小さくなると、図-1 に示すように、フランジねじれ座屈崩壊するものもあるが、フランジ水平座屈崩壊するものは、ほぼ Basler の提案式 (1) に一致していることがわかる。したがって、フランジ水平座屈崩壊は Basler の提案式を適用して終局応力 σ_u を求めることとする。

$$\begin{cases} \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = 1 - \frac{\lambda^2}{4} & \lambda \leq \sqrt{2} \\ = \frac{1}{\lambda^2} & \sqrt{2} < \lambda \end{cases} \quad (1)$$

(2) フランジねじれ座屈

図-2 に、フランジねじれ座屈の耐荷力曲線を Basler の提案式とあわせて示す。図-2 からわかるように、解析結果は Basler の提案式よりも小さい。これは、Basler の式では、アスペクト比 $\alpha = \infty$ としたときの座屈係数 $k=0.43$ を用いているためで、まくらぎ幅を座屈長とする場合には、適用できないことを示している。そこで、解析結果からアスペクト比の影響を考慮した式 (2) を

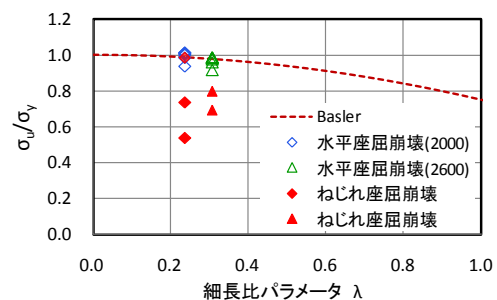


図-1 フランジ水平座屈耐荷力曲線

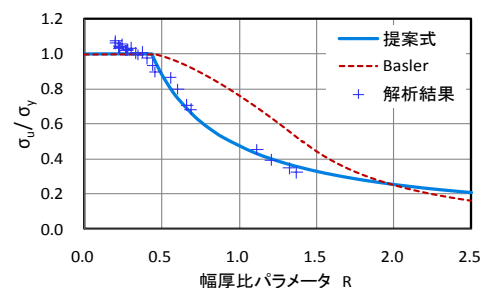


図-2 フランジねじれ座屈耐荷力曲線

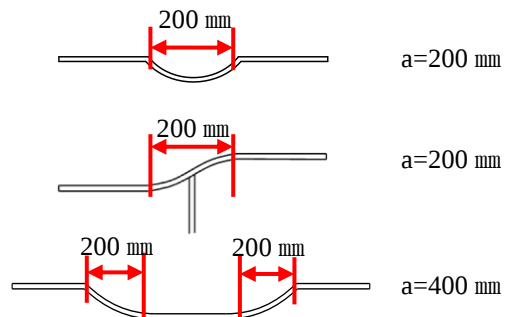


図-3 座屈長 a の決め方

キーワード まくらぎ下腐食, 局所荷重, 曲げ耐荷力, 組み合わせ荷重

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科社会基盤環境工学専攻 TEL 082-424-7792

用いて終局応力を評価する。なお、本研究では基本座屈長をまくらぎ幅として解析を行ったが、これは垂直補剛材間に腐食が 1 箇所の場合に限られる。腐食が 2 箇所の場合には、図-3 のように基本座屈長は $2a$ となる。

$$\begin{cases} \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = 1 & R \leq 0.433 \\ = \left(\frac{0.433}{R} \right)^{0.89} & 0.433 < R \end{cases} \quad (2)$$

4. 局所荷重が作用する場合の耐力

まくらぎには直接輪荷重が作用するので、曲げ耐力は局所荷重の影響を受ける。局所荷重のみを受ける耐力は、滝本²⁾の提案式(3)を用いる。

$$P_{u0} = \left(25t_w^2 \sigma_w + 4t_w t_f \sigma_f \right) \left(1 + \frac{c}{2d} \right) \quad (3)$$

5. 組み合わせ荷重を受ける桁の相互作用曲線

プレートガーダーに、局所荷重と曲げの組合せ荷重が作用する場合の耐力を解析的に調べた。解析条件は、図-4 のように、上フランジのまくらぎ下腐食部のウェブ上に線荷重(局所荷重)を作用させ、支点上のウェブ断面には、支点反力が 0 になるように等分布せん断力を作用させた。また、曲げモーメントは、桁両端に剛体要素を設け、偶力を作用させた。

解析から得られた耐力を相互作用曲線上にプロットすると、図-5 のようになる。図から、解析結果はほぼ式(4)の曲線上にあることがわかる。

$$\left(\frac{P_u}{P_{u0}} \right)^2 + \left(\frac{M_u}{M_{u0}} \right)^2 = 1 \quad (4)$$

6. 残存耐力評価法

桁に曲げのみが作用するときの曲げ耐力応力を式(1)、(2)から求め、その小さい方の応力を用いて、はり理論式(5)から耐力曲げモーメント M_{u0} を求める。

$$M_{u0} = \frac{\sigma_u}{h} I \quad (5)$$

上式で、 h は腐食した断面の中立軸から上フランジまでの距離、 I は腐食部の断面 2 次モーメントである。次に、式(3)により局所荷重が作用するときの耐力 P_{u0} を求める。最後に、式(4)により残存耐力を評価する。

7. 評価法の適用性

本評価式を用いて算出した評価値 P_u と M_u を解析値と比較したものを図-6 に示す。図中の、中塗した点は局所荷重および純曲げのみが作用している場合を表し、直線よりも下側の安全側に評価できていることがわかる。

8. 結論

- (1) まくらぎ下腐食を有するプレートガーダーの曲げ耐力は、Basler らの考えに基づいて、圧縮フランジのみを取り出して評価できる。
- (2) 局所荷重と曲げの組み合わせ荷重を受ける、まくらぎ下が腐食したプレートガーダーの強度相関曲線を明らかにし、残存耐力評価法を提案した。
- (3) 評価値と解析値を比較・検討した結果、評価法は適用性があることを示した。

参考文献

- 1) Basler, K., and Thurliman, B.: Strength of Plate Girders in Bending. Proc. of ASCE, Vol. 87, No. ST6, p. 153-181, 1961.
- 2) 土木学会：鋼構造シリーズ 6 鋼構造物の終局強度と設計, pp.122-127, 1994. 7.

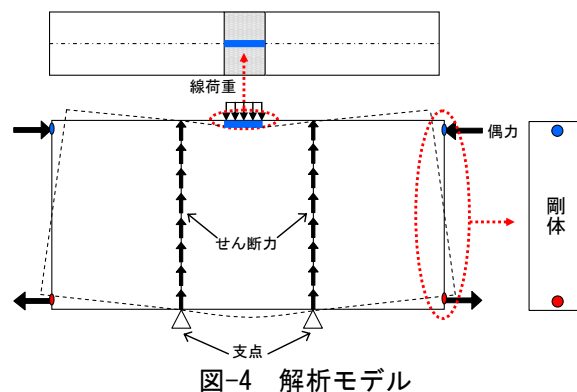


図-4 解析モデル

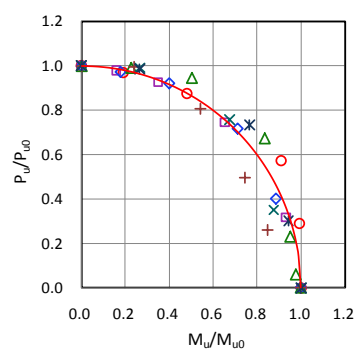


図-5 相互作用曲線

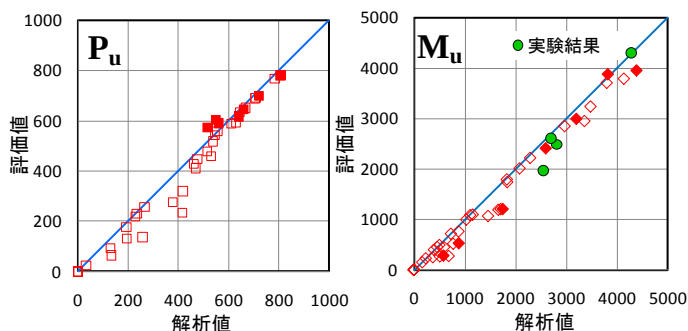


図-6 評価式と解析値の比較