

広島大学大学院 学生会員 ○福田光央 広島大学大学院 正会員 藤井 聖  
西日本旅客鉄道(株) 正会員 中山太士 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。昨今の社会情勢をみると簡単に桁を取り替えることは難しく、できるだけ長期に亘って使用する必要がある。しかし、まくらぎ下が腐食した桁の曲げ耐荷力を精度よく把握する評価法は、未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曲げ耐荷力評価法を提案する。

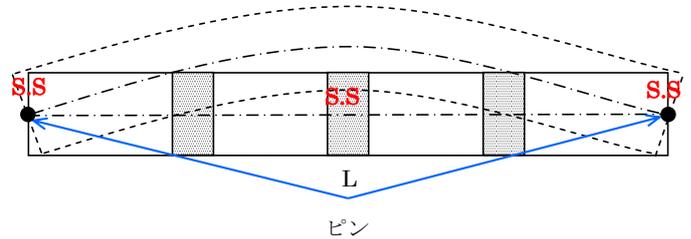


図-1 フランジ水平座屈解析モデル

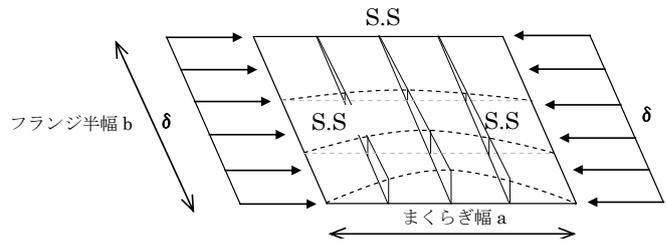


図-2 フランジ水平座屈解析モデル

### 2. 曲げ耐荷力の評価

Basler ら<sup>1)</sup>は、プレートガーダーの曲げ耐荷力は、圧縮フランジの3つの座屈様式、すなわち垂直座屈、ねじれ座屈、水平座屈（横倒れ座屈）により決定されるとした。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、通常では起きないとされている。そこで、まくらぎ下腐食を有する曲げ耐荷力については、Basler らの考えを踏襲して、圧縮フランジのみを取り出し、フランジ水平座屈とねじれ座屈の2つの崩壊形式に基づいて、耐荷曲げモーメントを評価する。ただし、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。

表-1 フランジ水平座屈パラメータ

モデル	CaseA	CaseB	
フランジ長さ	L(mm)	2000	2600
フランジ全幅	B(mm)	320	320
元板厚	$t_0$ (mm)	30	30

表-2 フランジねじれ座屈パラメータ

モデル	CaseA	CaseB	CaseC	CaseD	
座屈長さ	a(mm)	200	200	200	200
フランジ半幅	b(mm)	160	200	300	400
元板厚	$t_0$ (mm)	28	30	30	30

### 3. 曲げ耐荷力解析概要

フランジ水平座屈の解析モデルは、図-1 のように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、図-2 のようにまくらぎ下腐食した圧縮フランジ部分のみに着目する。取り出した板は、両端で等分布圧軸方向変位  $\delta$  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。

解析パラメータを表-1、表-2 にそれぞれ示す。解析は、汎用構造解析コード ABAQUS を用い、4 節点アイソパラメトリックシェル要素を用いた。

### 4. 曲げ耐荷力解析結果

#### (1) フランジ水平座屈

解析から得られた耐荷力を基に、フランジ水平座屈の耐荷力曲線を図-3 に示す。腐食部板厚が小さくなると、図-3 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 (1) を適用して終局応力  $\sigma_u$  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-4 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-4 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  $a$  とする場合には大きな誤差を生じることを示している。そこで、今回の解析結果から求めた提案式 (3.2) を使用して終局応力を評価する。

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

### 5. 曲げ耐力評価法

提案式 (1), (2) で求めた終局応力  $\sigma_u$  のどちらか小さい方を用いて、耐力曲げモーメントは、はり理論を用いて式 (3) で求めることができる。このとき、 $h$  は腐食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。

$$M_u = \frac{\sigma_u}{h} I \quad (3)$$

### 6. 提案式の適用性

提案式の適用性を検討するために、曲げ耐力実験結果と比較して、図-5, 図-6 に示す。図中の  $M_{y0}$  は、無腐食におけるフランジ降伏モーメントである。図-5 は垂直補剛材間に腐食部が 1 箇所ある供試体、図-6 は腐食部が 2 箇所ある供試体について比較しており、同じ寸法における提案式から求めたフランジ水平座屈およびねじれ座屈の耐力曲線とともに示す。図より、提案式によって求めた耐力は実験結果とよく一致しているのがわかる。

### 7. 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) すでに実施された実験結果と本評価式から得られる耐力を比較すると、提案式は実験結果とよく一致していることを示した。

### 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.

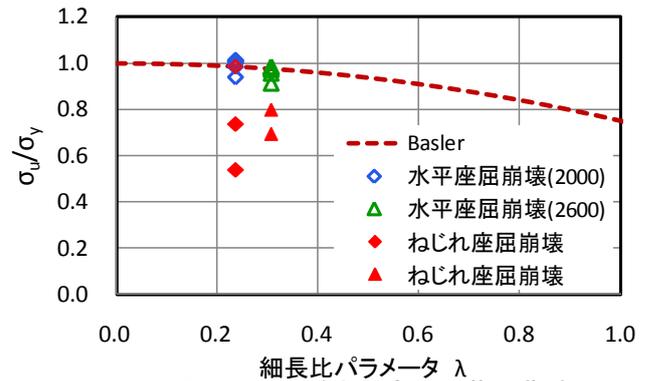


図-3 フランジ水平座屈耐力曲線

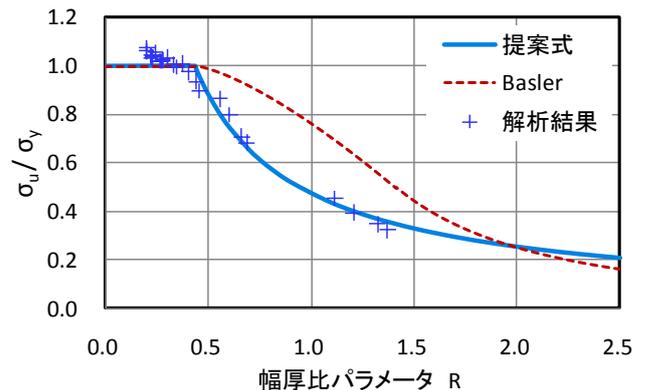


図-4 フランジねじれ座屈耐力曲線

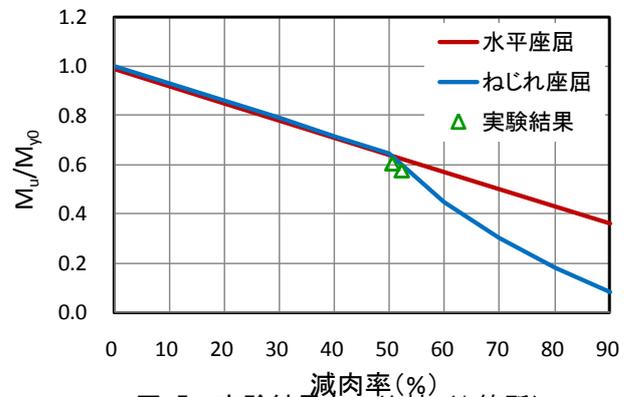


図-5 実験結果との比較 (1 箇所)

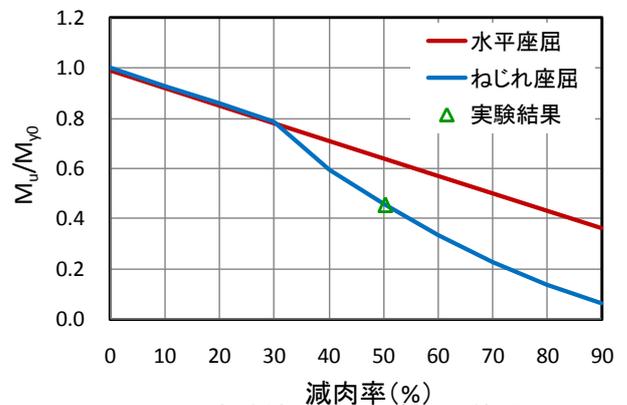


図-6 実験結果との比較 (2 箇所)