

## 腐食したプレートガーダーの曲げ強度評価に関する基礎的研究

(株)鉄建ブリッジ 正会員 久保浦 大貴 高知高専建設システム工学科 正会員 海田 辰将  
 (株)第一コンサルタンツ 正会員 刈谷 秋人 広島大学大学院工学研究科 正会員 藤井 堅

## 1. はじめに

近年、プレートガーダー橋における腐食の被害が増加しており、それらの維持管理の中で残存強度を正確に評価する必要性が高まっている。しかし、腐食プレートガーダーの残存強度については、実際の腐食表面を用いた強度解析が行われることは少なく、適切な強度評価法も確立されていない。そこで本研究では、圧縮フランジのねじれ座屈に起因する曲げ崩壊に着目し、圧縮フランジの強度解析を実施する。そして、解析結果と曲げ実験結果を比較し、強度解析を用いた腐食プレートガーダーの曲げ強度評価法を検討する。

## 2. 本解析で用いた腐食表面形状

本解析で用いた腐食表面形状（板厚データ）は、102年間供用され、著しい腐食のために撤去されたプレートガーダー（総リベット接合）フランジの実測定データである。これらのデータはフランジ上に2mm間隔で測定されており、板厚統計量を表1に示す。

表1 フランジの板厚統計量

供試体	平均板厚 $t_{avg}$ (mm)	標準偏差 $t$ (mm)	健全時板厚 $t_{max}$ (mm)	最小板厚 $t_{min}$ (mm)
A1	8.520	1.730	10.500	0.000
A2	8.600	0.960	10.500	2.480
B1	8.810	0.280	10.000	6.100
B2	8.120	0.680	10.000	3.430

## 3. 腐食したフランジの圧縮強度解析

## 3.1 解析モデルおよび解析条件

実測板厚データを用いて、フランジの弾塑性有限要素解析を行った。解析は、座標更新法および増分理論による複合非線形解析である。要素は、4節点アイソパラメトリックシェル要素を用いた。応力-ひずみ関係は完全弾塑性とし、Misesの降伏条件を用いた。解析モデルの材料特性は引張試験により求められた値、降伏応力  $\sigma_y = 294$  [MPa]、ヤング係数  $E = 196$  [GPa]、ポアソン比  $\nu = 0.278$  を用いた。なお、残留応力は考慮していない。

解析モデルを図1に示す。解析モデルは図1中の支持辺で支持されており、この境界条件を表2に示す。本解析では、表2に示す3種類の境界条件を設定した。

## 3.2 解析結果と考察

図2に解析の最終状態におけるフランジA1の変形図および塑性域の進展状況をそれぞれ示す。図中、影付きの要素は要素の降伏を表しており、点線で示したA断面は、最大面外たわみの発生箇所を示している。図2(a)~(c)を比較すると、(a)、(b)は実験結果とよく一致していたが、(c)は、(a)、(b)と比べて若干異なる座屈性状を示した。これは、ウェブとの接合辺だけでなく、鉛直補剛材との接合辺でもフランジの拘束力が高いために、最大たわみの発生箇所が若干右側に移動していると推察される。

図3に偏心を考慮したフランジA1における荷重-変位関係を示す。また図3には供試体Aの実験結果を用いて、梁理論から求めたフランジA1の圧縮強度も併せて示している。図3から、

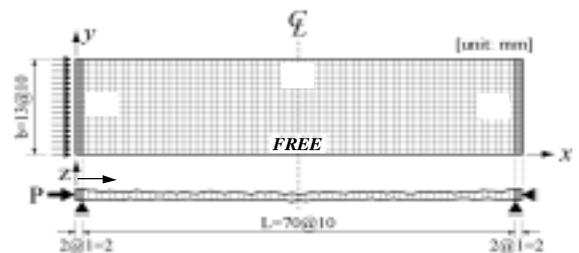


図1 解析モデル

表2 境界条件

境界条件			
3辺単純支持	S.S.	S.S.	S.S.
2辺単純支持1辺固定	S.S.	FIX	S.S.
3辺固定支持	FIX	FIX	FIX

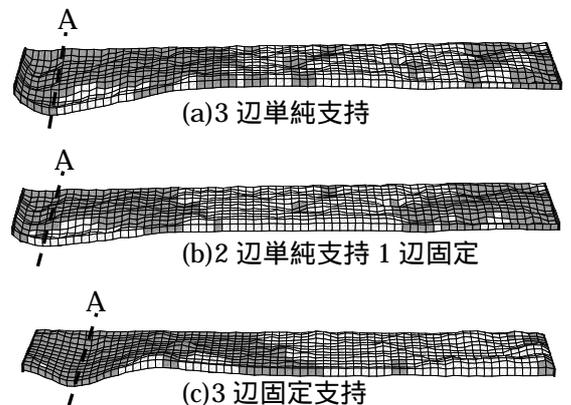


図2 変形図および塑性域の進展状況 (A1)

キーワード 腐食, プレートガーダー, 座屈, 曲げ強度

連絡先 〒783-8805 高知県南国市物部 200-1 高知高専海田研究室 TEL088-864-5583

3種類の境界条件を設定した全モデルの中で、2辺単純支持1辺固定と3辺固定支持のモデルが圧縮強度（最高荷重）に関して、海田ら<sup>1)</sup>の実験結果とよく一致していることが確認できる。

以上の結果から、境界条件を2辺単純支持1辺固定としたモデルが、実際のフランジの挙動を最もよく再現しているといえる。

#### 4. 腐食したプレートガーダーの曲げ強度評価

本研究の曲げ強度評価法では、解析から求めたフランジの圧縮強度  $\sigma_u$  を用いて、式(1)に示す梁理論から桁の終局曲げモーメント  $M_u$  を推定する。

$$\sigma_u = \frac{M_u}{I} y \quad (1)$$

ここで、 $y$ : 中立軸からフランジまでの距離、 $I$ : 断面2次モーメントであり、断面諸量や中立軸の位置の計算にはフランジおよびウェブの平均板厚を用いる。

2辺単純支持1辺自由の強度評価結果を図4に示す。図中、偏心を考慮していないフランジは印で、偏心を考慮したフランジは印で示している。比較のために、海田ら<sup>1)</sup>による本プレートガーダーの曲げ強度評価結果をで示している。また、実線および破線は、曲げ実験<sup>1)</sup>から得られた供試体の終局曲げモーメントの値を示す。

図4から、まず供試体Bについて、偏心の有無に関わらず実際よりも低く終局曲げモーメントを見積もっていることが確認できる。このことから、供試体Bのように腐食が軽微な場合、本強度評価法は安全側の判断を与えることがわかった。供試体Aの偏心の無いフランジでは、A2において、実験結果よりも高く強度を見積もっている。これは、供試体Aのように比較的激しい腐食を有するプレートガーダーを、偏心を考慮せずに強度解析を行い、終局曲げモーメントを評価した場合、危険側の判断を与えてしまう可能性を示している。このことから、プレートガーダーに腐食が顕著に認められる場合には、腐食にともなう減肉量だけでなく、偏心量も正確に測定して解析に考慮し、強度を評価することが重要と考えられる。

一方、偏心を考慮した解析結果から推定された終局曲げモーメントは、いずれの供試体の場合も実験結果に近く、かつ安全側の評価を与える結果となった。

以上の結果から、本供試体のようなリベット接合橋の強度解析を行って、桁の終局曲げモーメントを評価する場合、腐食による偏心を考慮し、フランジの境界条件を2辺単純支持1辺固定として強度解析を行い、梁理論から桁の終局曲げモーメントを求めれば、精度の良い安全側の強度評価が可能と考えられる。

#### 4. まとめ

- 1) リベット接合橋の場合、腐食による偏心を考慮し、フランジの境界条件を2辺単純支持1辺固定として強度解析すれば、梁理論を用いて桁の終局曲げモーメントが精度良く安全側に評価可能である。
- 2) 本強度解析結果から、供試体Aのように腐食損傷が顕著に認められる場合、100年間で少なくとも約19%程度、終局曲げ強度が低下したと考えられる。
- 3) フランジの境界条件と偏心について、フランジのねじれを拘束する条件が多くなるほど腐食による荷重偏心の影響が抑えられる傾向にあることから、荷重偏心とフランジの拘束条件が密接な関係にあると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 海田辰将, 藤井堅, 宮下雅史, 上野谷実, 中村秀治: 腐食したプレートガーダーの残存曲げ強度に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.139-148, 2005.3

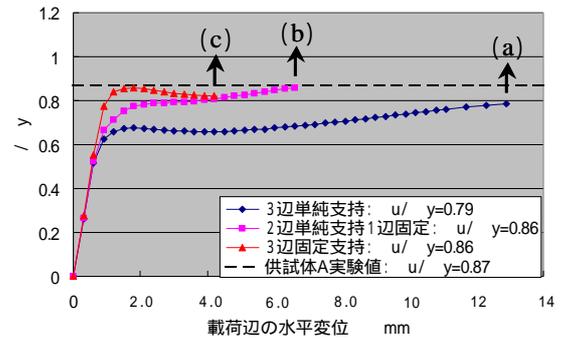


図3 荷重変位関係 (A1)

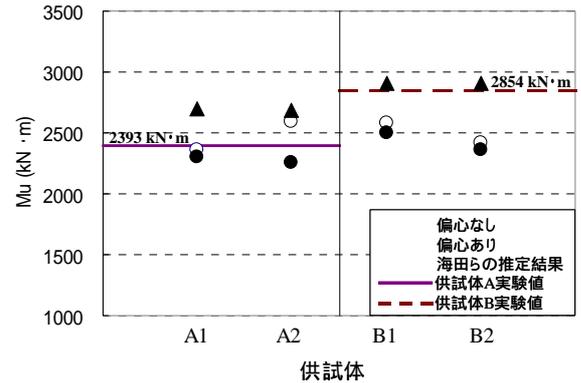


図4 実験結果と解析結果との比較