

I - 38 リベット接合された腐食フランジの圧縮強度解析

(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被害が増加しており、維持管理の中でそれらの残存強度を正確に評価する必要性が高まっている。このことから現在、腐食鋼材の残存強度評価法を確立させようとする試みが精力的に行われており、その手段として多くの数値解析が用いられている。しかし、実際に測定された板厚（腐食表面データ）を用いた解析例は少なく、強度解析から信頼性の高い評価結果を得るためには、実測板厚の解析適用例を増やし、かつ腐食鋼材の強度解析法自体についても十分検討しておく必要がある。

そこで、本研究では腐食したリベット接合橋の圧縮フランジを対象に、実測板厚を用いて強度解析を実施し、実験結果と比較してリベット接合されたフランジの圧縮強度解析における境界条件や荷重偏心の影響について明らかにする。

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間隔で測定されている。フランジの板厚統計量を表-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 σ_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3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。1つ目は一般に溶接組み立てされたプレートガーダーフランジの強度解析に適用されて

いる3辺単純支持とした。2つ目は、リベット接合はパネルどうしの接合にL型钢を用いているので、フランジのねじれ（回転）に対してその接合辺で強い拘束力を持っているとも考えられることから、接合辺を全て固定支持（3辺固定支持）とした。3つ目は、実験から得られた実際のフランジの崩壊性状を注視した場合に、鉛直補剛材とフランジの接合辺において、ある程度フランジの回転を許容していることが確認できた

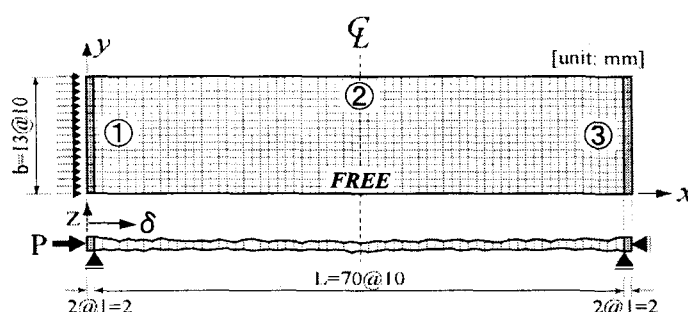


図 - 1 解析モデル

表 - 2 境界条件

境界条件	①	②	③
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

ので、ウェブとフランジの接合辺のみを固定支持とした境界条件（2 辺単純支持 1 辺固定）とした。

3.2 解析結果と考察

図 - 2 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 - 2 から、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、海田らの実験結果とよく一致していることが確認できる。また、荷重 - 変位関係から、それぞれのフランジの終局挙動が異なっており、とくに境界条件を 3 辺単純支持としたモデルでは弾性座屈挙動が顕著に現れている。

写真-1 にフランジ A1 の座屈性状を、図 - 3 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。いずれのフランジも、荷重の初期段階から荷重偏心によって曲げが導入され、腐食の激しい左端部で座屈している。図 - 3(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②だけでなく、鉛直補剛材との接合辺①, ③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たと推察される。

以上の圧縮強度および変形状態の比較から、境界条件を 2 辺単純支持 1 辺固定としたモデルが、リベット接合された実際のフランジの挙動を最もよく再現していると判断できる。

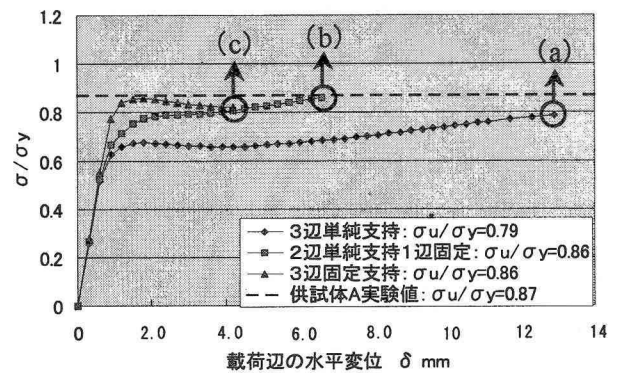


図 - 2 荷重 - 変位関係

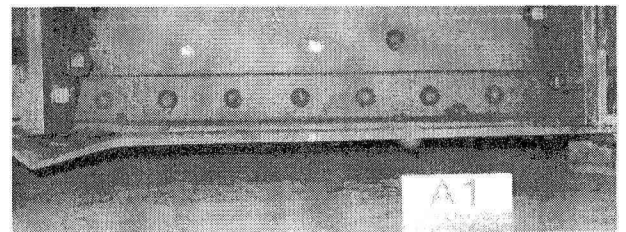


写真-1 座屈崩壊性状 (A1)

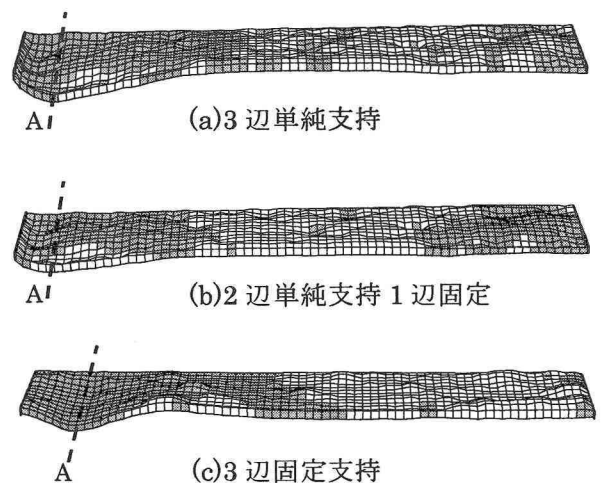


図 - 3 変形図および塑性域の進展状況 (A1)

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、実際の圧縮強度や座屈性状と、比較的近い解析結果を得ることができると考えられる。
- 2) 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。
- 3) 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測定して、その後の強度解析や強度評価法に考慮することが重要である。

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, 2005.3(印刷中)