まくらぎ設置位置のフランジが腐食した桁の曲げ耐荷力

JR 西日本　正会員　○中山　太士
JR 西日本　正会員　木村　元哉
大阪大学大学院　正会員　石川　敏之
大阪工業大学　フェロー　松井　繁之

1. はじめに

鋼鉄道橋特有の腐食として，まくらぎ設置位置の上フランジ（以下；まくらぎ位置と称する）が局部的に進行する腐食がある．この腐食に対して，設計時の許容応力度を割り増した保守限応力度と測定した最小腐食断面から計算される応力度との比（現有応力比率）を用いて評価しているが，より詳細な検討が行なわれた事例は少ない．本稿では上フランジの局部腐食が桁の曲げ耐荷力に与える影響について弾塑性有限変位解析により検討したので報告する．

2. まくらぎ位置の腐食

まくらぎは橋軸方向に一定間隔で設置されており，上フランジも一定間隔で腐食していることが多い．また，この腐食は，まくらぎの交換周期と塗替え塗装の周期が違うため，塗替え塗装が作業時間や作業環境の制約で施工できないケースが多くなり，まくらぎ位置の滞水によって局所的に急速に腐食が進行することが多い．**図. 1** はまくらぎ位置に発生した局所的な腐食の一例である．本稿では，このまくらぎ位置の腐食範囲の数や板厚減少率が桁の曲げ耐荷力に与える影響を明らかにすることを目的とする．

3. 弾塑性有限変位解析

弾塑性有限変位解析には，汎用有限要素法解析プログラム MARC2004 を用いた．解析には 8 節点厚肉シェル要素を用いた．ウェブの面外たわみとして H/250 を最大とする一半波形の正弦波をウェブに与えた．フランジおよびウェブの降伏応力は 235MPa とし，応力とひずみの関係は線形弾性－完全塑性とした．降伏条件には Von－Mises を用い，非線形計算には弧長法を用いた．

本解析の解析対象は，鋼鉄道橋の標準桁（40ft 相当　溶接構造）の桁中央の純曲げ部分とした．その他の部分は，ウェブが先に座屈しないように水平補剛材を設置した．本解析に用いたモデルを**図. 2** に示す．

図. 1　まくらぎ位置の腐食

3.1 パラメータ

解析では以下のパラメータを変化させた．

① 腐食位置

腐食位置は幅 200 ㎜（まくらぎ幅）の腐食部の位置を**図. 2** に示すとおり移動させて，パターンⅠ～Ⅵの腐食位置や腐食の数が桁の曲げ耐荷力に与える影響を検討した．

② 板厚減少率

板厚の減少率が桁の曲げ耐荷力に与える影響を明らかにするため，板厚減少率を①25%②50%③75%の 3 種類変化させた．比較のために腐食なしの解析を行なった．

表. 1 に解析一覧を示す．荷重は**図. 2** に示す位置に 2 点載荷した．要素分割図を**図. 3** に示す．

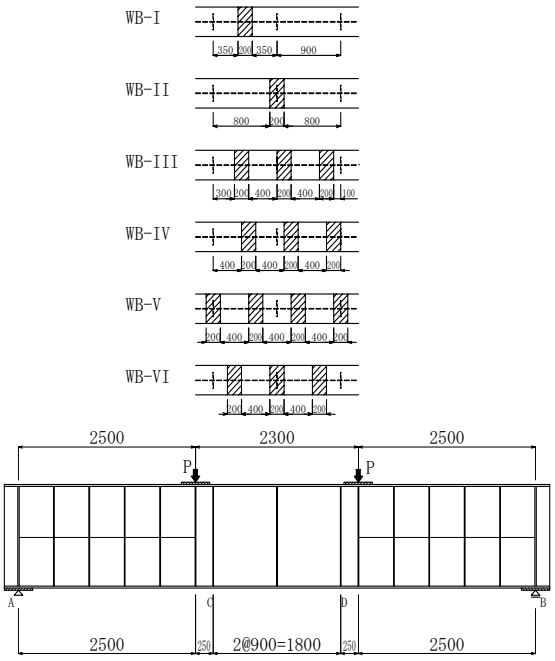


図. 2　解析モデルおよび腐食位置

表. 1　解析一覧

板厚減少率	腐食位置					
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
0	WB-0					
25	WB-25-Ⅰ	WB-25-Ⅱ	WB-25-Ⅲ	WB-25-Ⅳ	WB-25-Ⅴ	WB-25-Ⅵ
50	WB-50-Ⅰ	WB-50-Ⅱ	WB-50-Ⅲ	WB-50-Ⅳ	WB-50-Ⅴ	WB-50-Ⅵ
75	WB-75-Ⅰ	WB-75-Ⅱ	WB-75-Ⅲ	WB-75-Ⅳ	WB-75-Ⅴ	WB-75-Ⅵ

キーワード：まくらぎ位置，腐食，曲げ耐荷力，鋼鉄道橋
連絡先　〒530-83411 大阪市北区芝田 2 丁目 4 番 24 号　西日本旅客鉄道㈱ 鉄道本部　施設部　℡06-6375-8841/8195(fax)

3.2 解析結果

解析結果を**表. 2** に示す．この表に示される値は，まくらぎ位置が腐食した桁の最大荷重を腐食していない桁の最大荷重で除した値を示している．

(1) 板厚減少率が耐荷力に与える影響

表. 2 からわかるように，腐食が板厚の 25%の場合，桁の曲げ耐荷力の低下は 1 割弱であるが，腐食が板厚の 50%を超えると 3 割以上低下していることがわかる．腐食が板厚の 75%を超えると桁の曲げ耐荷力は，腐食がない桁の耐荷力の 4 割以下となっていることがわかる．**図. 4** に，WB-I の荷重と支間中央の鉛直たわみの関係を示す．図には，断面欠損を考慮した溶接桁の上フランジの降伏荷重も示している．この図から，腐食による板厚の減少が 25%，50%の場合，桁の最大荷重は，断面欠損を考慮した上フランジの降伏荷重以上となっていることがわかる．しかし，腐食による板厚の減少が 75%の場合，桁の最大荷重は，断面欠損を考慮した上フランジの降伏荷重よりも低下しており，腐食範囲の上フランジの局部座屈強度が桁の最大荷重を支配していると考えられる．

(2) 垂直補剛材上の腐食が耐荷力に与える影響

垂直補剛材間にまくらぎ位置の腐食が 1 つある場合と比べて，垂直補剛材の直上にまくらぎ位置の腐食がある場合，最大荷重は高くなる．これは，**図. 5** に示す上フランジの変形形状からわかるように，まくらぎ位置の腐食が垂直補剛材間に存在する場合，まくらぎ位置の腐食範囲のフランジの変形が 1 次モードであるのに対し，まくらぎ位置の腐食が垂直補剛材直上に存在する場合，その変形が 2 次モードとなっているからである．

(3) 垂直補剛材間の腐食範囲の数が耐荷力に与える影響

垂直補剛材間に腐食範囲が 1 つの場合より，複数存在する場合の方が耐荷力は若干低下する．そして，腐食範囲が複数の場合，その位置が移動しても，最大荷重はほぼ等しいことがわかる．WB-III に対して，腐食が板厚の 25%, 50%の解析終了時の桁の変形を**図. 6** に示す．この図から，腐食による板厚の減少が 25%の場合，腐食範囲の上フランジが局部的に変形しているが，腐食が板厚の 50%以上になると，腐食位置と腐食位置の間の上フランジが大きく面外に変形していることがわかる．このように，腐食量が増加すると，桁の変形状態が異なることがわかる．

4. まとめ

本稿では，弾塑性有限変位解析により，まくらぎ位置が腐食した桁の曲げ耐荷力について検討した．その結果，まくらぎ位置の腐食量だけでなく腐食の位置とその数が桁の曲げ耐荷力に大きく影響を与えることがわかった．

今後の課題として 2 主桁橋による検討，せん断が卓越する位置での耐荷力の検討等があげられる．鋼鉄道橋の平均経年は 60 年を超えており，その維持管理の重要性がますます高まっている．適切な維持管理により長寿命化に努めたい．

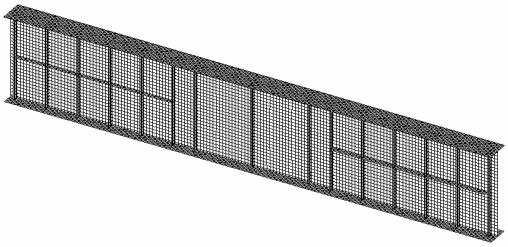


図. 3 要素分割図

表. 2 解析結果

板厚減少率	腐食位置					
	I	II	III	IV	V	VI
0	1.00					
25	0.87	0.90	0.87	0.87	0.87	0.87
50	0.66	0.70	0.65	0.65	0.65	0.60
75	0.38	0.45	0.35	0.36	0.37	0.35

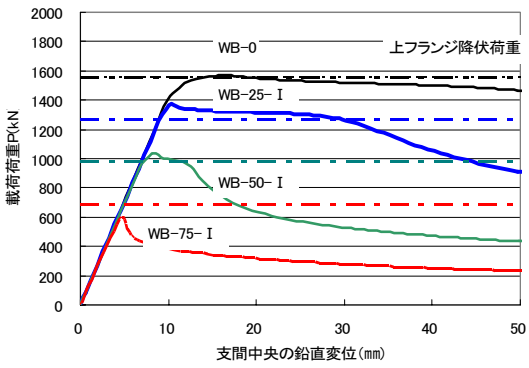
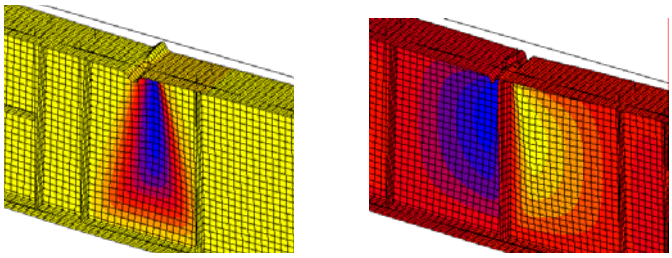
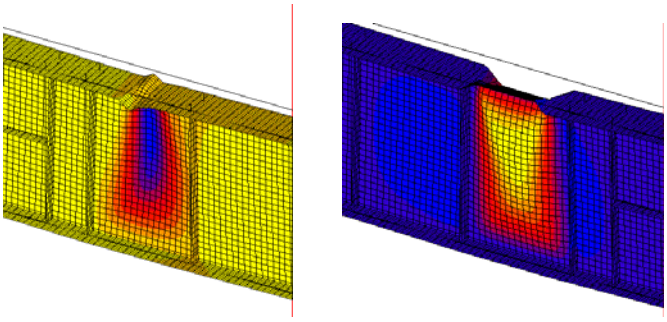


図. 4 荷重と支間中央の鉛直変位



(a) WB-25- I　　(b) WB-50- II

図. 5 解析終了時の桁の変形（WB- I, II）



(a) WB-25-III　　(b) WB-50-III

図. 6 解析終了時の桁の変形（WB-III）