

まくらぎ下の上フランジが腐食した桁の曲げ耐荷力に関する検討

JR 西日本 正会員 ○中山 太士 正会員 近藤 拓也
 大阪大学大学院 正会員 石川 敏之 学生会員 清水 健太
 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の一つとして、図-1 に示すようなまくらぎ設置位置の上フランジが局部的に進行する腐食（以下、まくらぎ下の上フランジ腐食と呼ぶ）がある。この腐食では、まくらぎが橋軸方向に一定間隔で設置されているため、上フランジが一定間隔で腐食していることが多い。著者らは、これまでに腐食位置とその数および板厚減少率が桁の曲げ耐荷力に与える影響について検討を行ない、それらの違いにより、桁の耐荷力や終局時の変形が異なることを明らかにした¹⁾。しかし、まくらぎの影響は考慮されていなかった。

本稿では、腐食の直上のまくらぎの有無が桁の曲げ耐荷力に与える影響を明らかにする。

2. 解析のモデル

本解析の対象は、鋼鉄道橋の標準桁（40ft 相当 溶接構造）の中央の断面である。解析モデルの一例を図-2 に示す。まくらぎがない溶接桁は、図-2(a) のように 1 主桁であり、まくらぎとレールを有する溶接桁は、図-2(b) のように 2 主桁である。等曲げを受ける点 CD 間のパネルが解析の対象である。A, AM シリーズでは、点 CD 間の上フランジに、まくらぎ幅 200mm の腐食を二つ設けた。B, BM シリーズでは、点 CD 間の中央の上フランジに、腐食を一つ設けた。AM, BM シリーズでは、腐食位置の直上にまくらぎを設けている。A, AM シリーズと B, BM シリーズとでは、まくらぎの位置が異なるため、桁の支間長が異なる。

それぞれのシリーズに対して、上フランジの板厚を 25%、50% および 75% 減少させて解析を行なう。

3. FEM 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。鋼桁とレールは 8 節点厚肉シェル要素、まくらぎは 20 節点ソリッド要素を用いた。ウェブには、ウェブ高さの 1/250 倍の値を最大とする一半波形の正弦波を初期面外たわみとして与えた。本解析では、まくらぎおよびレールは弾性体とした。フランジおよびウェブの降



図-1 まくらぎ位置の腐食

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。

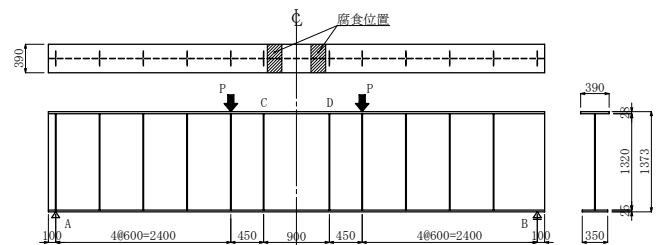
要素分割の一例を図-3 に示す。まくらぎが無い A, B シリーズでは、桁の中央において対称性を考慮して 1/2 モデルとした。まくらぎとレールを有する AM, BM シリーズは、桁の中央および主桁間の中央において対称性を考慮して 1/4 モデルとした。まくらぎとレールは節点を共有しているが、まくらぎの下側の節点と上フランジの節点は共有していない。まくらぎが上フランジに接触すると鉛直荷重のみを伝える接触解析を行なった。図-2(b) に示すように、A, AM シリーズでは、点 A, B が溶接桁の支点、点 E, F がレールの支点であるので、レールと溶接桁との重ね梁となる。

4. 解析結果

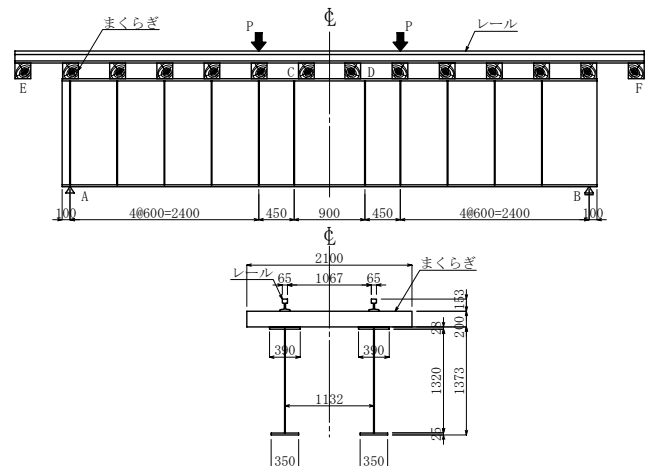
(1) A, AM シリーズの解析結果

解析結果を表-2 に示す。この表に示される値は、A, AM シリーズにおいて、桁の最大荷重をまくらぎが無く腐食していない溶接桁(A-0) の最大荷重で除した値である。図-4 に A, AM シリーズの荷重と桁中央部の鉛直変位の関係を示す。

A シリーズの FEM 解析結果では、参考文献 1) と同様に、



(a) まくらぎがない溶接桁 (A シリーズ)



(b) まくらぎとレールを有する溶接桁 (AM シリーズ)

図-2 解析モデル

キーワード：まくらぎ，腐食，曲げ耐荷力，鋼鉄道橋

連絡先 〒553-0006 大阪市福島区吉野 3 丁目 2 番 12 号 西日本旅客鉄道(株) 大阪支社 大阪土木技術センター 06-6463-7051

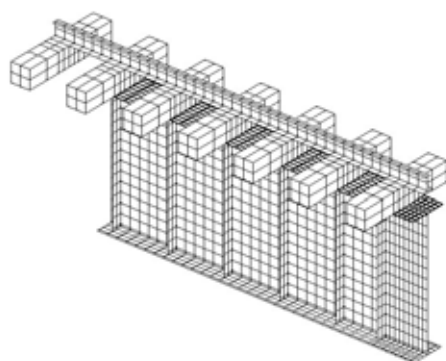


図-3 要素分割図 (AM シリーズ)

表-2 解析結果

解析 モデル	板厚減少率(%)			
	0	25	50	75
A	1.00	0.89	0.65	0.36
AM	1.00	0.90	0.69	0.46
B	1.00	0.89	0.69	0.40
BM	1.01	0.88	0.68	0.43

板厚減少率が 50%以下の場合、上フランジの板厚減少を考慮した断面に対する上フランジの降伏荷重 (P_Y') 以上である。しかし、板厚減少率が 75%に達すると、桁の耐力が P_Y' と、まくらぎ幅 200 mmの板厚減少した上フランジの局部座屈荷重 (P_{cr}) の間となった。

まくらぎを有する AM シリーズでは、全ての板厚減少率に対して、A シリーズの最大荷重と同等以上であった。AM シリーズでは、さらに板厚減少率が 75%に達しても、最大荷重が P_Y' 以上であった。これは、図-5 から分かるように、まくらぎがない場合、まくらぎ幅 200 mmの板厚が減少した上フランジのねじれ座屈が生じているが、まくらぎがある場合、上フランジのねじれ座屈が生じないためである。

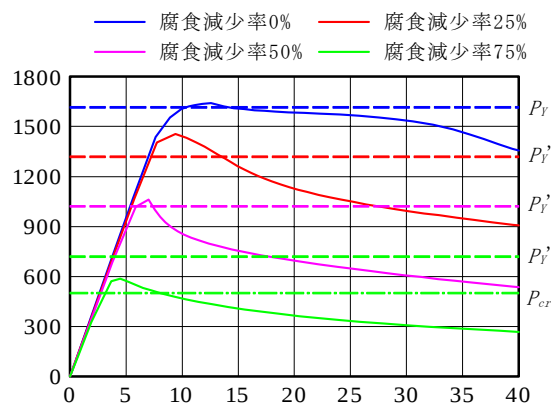
(2) B, BM シリーズの解析結果

解析結果を表-2 に示す。この表に示される値は、B, BM シリーズにおいて桁の最大荷重をまくらぎがなく腐食していない桁 (B-0) の最大荷重で除した値である。B シリーズのまくらぎが無い桁の FEM 解析結果は、A シリーズと同様な傾向を示した。

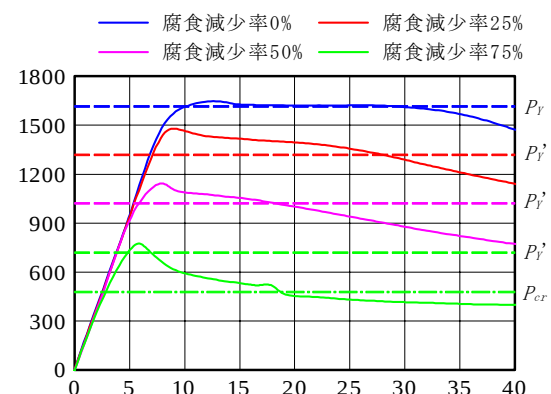
5. まとめ

本稿では、腐食の直上のまくらぎの有無が、桁の曲げ耐力に与える影響を調べるために、まくらぎとレールをモデル化して、腐食を有する桁の弾塑性有限変位解析を行った。その結果、板厚減少率が大きい場合、まくらぎが上フランジの変形を拘束するため、レールとまくらぎを有する桁の耐力は、まくらぎがない桁の耐力よりも大きくなることが分かった。

今後の課題として、まくらぎ下の上フランジ腐食上に直接荷重が載荷される場合について、まくらぎ下の上フランジ腐食が桁の耐力に及ぼす影響を明らかにする必要がある。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。今後とも、適切な維持管理により長寿命化に努めたい。

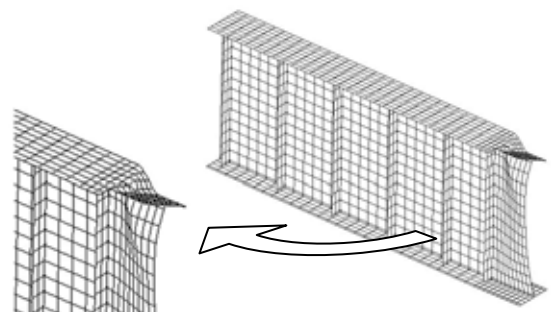


(a) A シリーズ

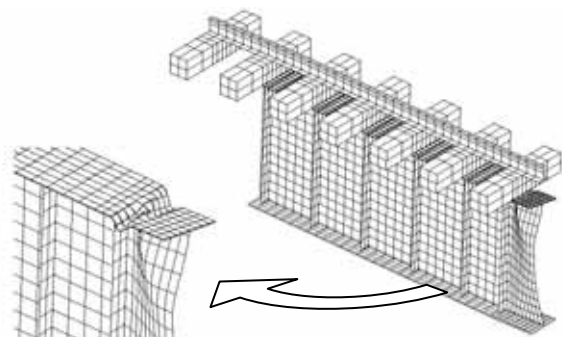


(b) AM シリーズ

図-4 荷重と桁中央部の鉛直変位の関係



(a) A-75



(b) AM-75

図-5 桁の変形

参考文献 1) 中山ら：まくらぎ下の上フランジ腐食による桁の耐力の低下に関する研究。鋼構造年次論文報告集 Vol.14, pp535-542, 2006。