

腐食した鋼橋りょうの維持管理に関する研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 細田 達矢

1. はじめに

当社管内には約 12,000 連の鋼橋りょうがあり、今後長寿命化を図るためにも維持管理が重要となっている。鋼橋りょうの代表的な変状の一つに腐食による橋桁の断面欠損がある。当社管内における鋼橋りょうの腐食発生位置は、約 6 割が支点部であり、腹板に局所的な腐食（孔食）が発生している事例もある。腐食した腹板の耐荷力は、腐食位置や量により差が出ることが想定される。また、端補剛材や上フランジ、沓など腹板近傍の部材に変状があると、腹板に発生する応力分布が変化し、耐荷力に影響する可能性がある。本報告では、端補剛材の腐食、上フランジの腐食、沓の可動不良といった変状が、腐食した腹板に発生する応力に与える影響について、有限要素解析（FEM 解析）による解析結果を報告する。

2. 解析条件

解析は汎用有限解析プログラム ABAQUS により実施した。FEM 解析を実施するにあたり、図 1、表 1 に示す橋りょうの解析モデルを作成した（図 2）。載荷する荷重は、死荷重、活荷重、衝撃荷重を考慮した。死荷重は、桁の自重、対傾構等の二次部材、橋側歩道の重量を主桁本数（2 本）で按分した。なお、桁の自重は重力加速度を作用させ、その他の部材の重量は上フランジ全幅に分布荷重として作用させることで表現した。列車荷重は、実際の車両重量（輪重 5.95t）を選定し、衝撃荷重は、鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物により算出した。列車荷重、衝撃荷重は、枕木を考慮して輪重直下の位置に 200 mm（枕木幅）×330 mm（上フランジ幅）の範囲で載荷した。載荷位置は着目箇所である桁端部腹板に大きな応力が発生するように、桁端部腹板の中央に軸重が載荷される位置を選定することとした。境界条件については、一般的な線支承を想定し、以下の拘束条件をそれぞれ端補剛材と下フランジが接している範囲に設定した。

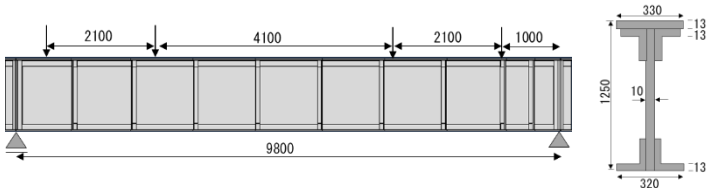


図 1 橋りょう寸法（側面図、断面図）と載荷位置

表 1 解析モデル

図面番号	達94号
形式	上路板桁（DG）
支間	9.8m
設計荷重	E-40

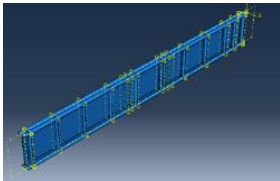


図 2 解析モデル

- (1) 固定沓：全方位の変位・回転を拘束
- (2) 可動沓：橋軸方向の変位、橋軸直角方向を軸とする回転のみ許容

3. 解析結果

3-1. 腹板中央部の応力と腐食箇所端部に発生する応力の関係

腐食位置、腐食量によって腹板に発生する応力の違いを把握するため、腹板の高さを変えずに寸法、位置の異なる 6 パターンの腐食を模擬し、載荷時の腹板に発生する最大主応力、最小主応力を確認した（図 3）。なお、応力比較の際には、腐食箇所端部から 20 mm 内側の要素で発生している応力を比較している。腹板中央に発生する応力と腐食箇所端部に発生する応力の関係を図 4 に示す。検証する母数が少ないものの、腹板中央に発生する応力（平均応力）と腐食箇所端部に発生する応力には相関がある結果となった。つまり、局所的な腐食箇所端部に発生する応力は、腹板の耐荷力に影響を与える可能性があるといえる。

キーワード 橋りょう、腐食、耐荷力

連絡先 〒310-0011 茨城県水戸市三の丸 1 丁目 4 番 47 号 東日本旅客鉄道株式会社 水戸支社 TEL 029-227-2119

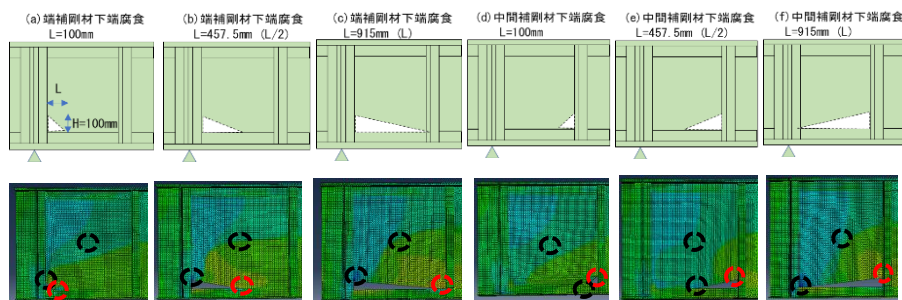


図3 腐食想定箇所と解析結果コンター図

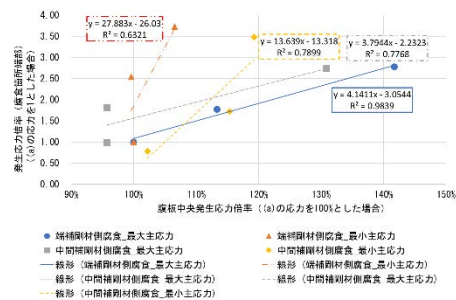


図4 腹板腐食箇所端部と腹板中央に発生した応力の関係

3-2. 他部材の影響把握（端補剛材、上フランジの腐食）

端補剛材、上フランジがそれぞれ極端に腐食した場合（図5）における腹板腐食箇所端部に発生する応力を比較した。上フランジの幅を半分にした場合、端補剛材の片側を全損させた場合を図3(a)のモデルにそれぞれ追加で模擬し、図3(a)の応力と比較した。その結果（図7）、どちらも応力分布に変化はあるものの、腐食箇所の端部に発生する応力に大きな変化は見受けられなかった。

3-3. 他部材の影響把握（沓の可動不良）

図3の(a)の腹板腐食を想定し、可動沓近くの腹板に腐食がある場合、固定沓近くの腹板に腐食がある場合、両端とも固定沓の状態の3パターン（図8）にわけて、腐食箇所端部の応力を比較した。図9に示すコンター図によると、可動沓が機能していれば、可動沓側、固定沓側どちらに腐食があっても腹板に発生する応力分布に大きな変化はないことが分かる（図10）。また、腹板腐食箇所端部に発生する応力にも大きな変化はみられなかった。一方で、両端固定沓となった場合、図9によると腹板全体で圧縮応力の分布が拡大していることが分かる。また、腹板腐食箇所端部に発生する圧縮応力が、可動沓側にある時と比べて1.9倍増加する値となった（図10）。これは、両端固定沓となったことで桁の移動・回転が許容されなくなったためと考えられる。つまり、沓の可動不良が発生し両端固定沓となった場合、腹板の腐食に発生する応力に影響があることが分かった。

4. まとめ

本報告では、支点部に発生している変状が腹板に発生する応力に与える影響を把握し、その影響を考慮した維持管理手法を提案することを目的に、上甲板桁を対象にFEM解析を実施した。その結果、得られた知見を以下に挙げる。

- (1) 端補剛材、上フランジの腐食は、極端な事例で検証した際、腹板の応力分布を変化させるが腹板腐食箇所端部に発生する応力に大きな変化はなかったことから、腹板の耐荷力への影響は少ない。
- (2) 沓が両端固定となった場合、腐食箇所端部で発生する圧縮応力が約2倍に増加することから、腹板の耐荷力への影響が大きい。

以上のことから、支点部腹板に腐食が発生している場合、目視検査時に腐食箇所（腹板）の確認だけでなく、可動沓に可動不良が発生していないか併せて確認することで、腹板に発生した腐食の進行性把握の有無を判断する一助になると考える。本報告にあたり、東京工業大学佐々木栄一研究室に多大なるご協力をいただきました。ここに感謝いたします。

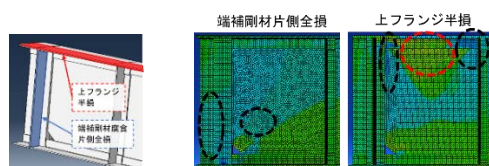


図5 腐食部位

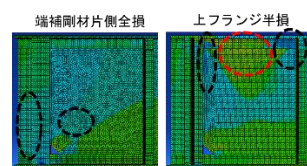


図6 解析結果コンター図



図7 応力比較結果



図8 沓解析パターン

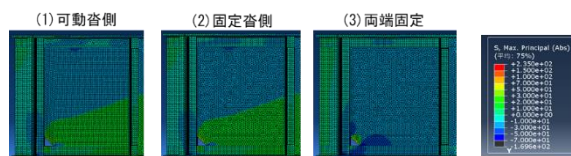


図9 沓解析結果コンター図（支点部腹板）

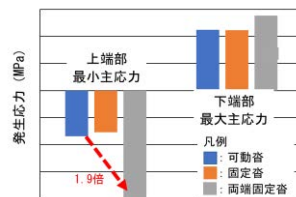


図10 発生応力の比較