

腐食した鋼道路橋桁端部の圧縮載荷試験

首都大学東京	学生会員	○石川 貫人	首都大学東京	学生会員	中田祐利花
首都大学東京	正会員	村越 潤	日本ファブテック (株)	フェロー会員	入部孝夫
首都大学東京	フェロー会員	野上 邦栄	日本ファブテック (株)	正会員	細見直史
首都大学東京	正会員	岸 祐介	日本ファブテック (株)	正会員	小峰翔一

表-1 使用鋼材の引張試験結果

部材	降伏点 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
補剛材	290	223.2	447
ウェブ	288	229.2	423

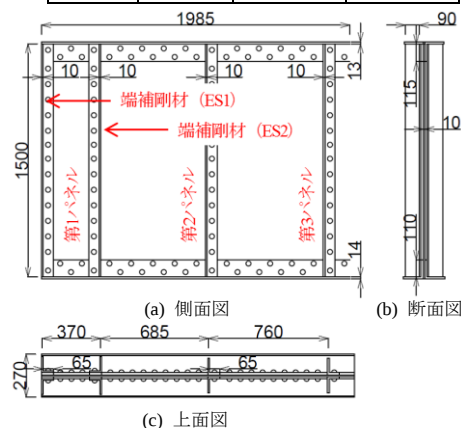


図-1 試験体の寸法形状

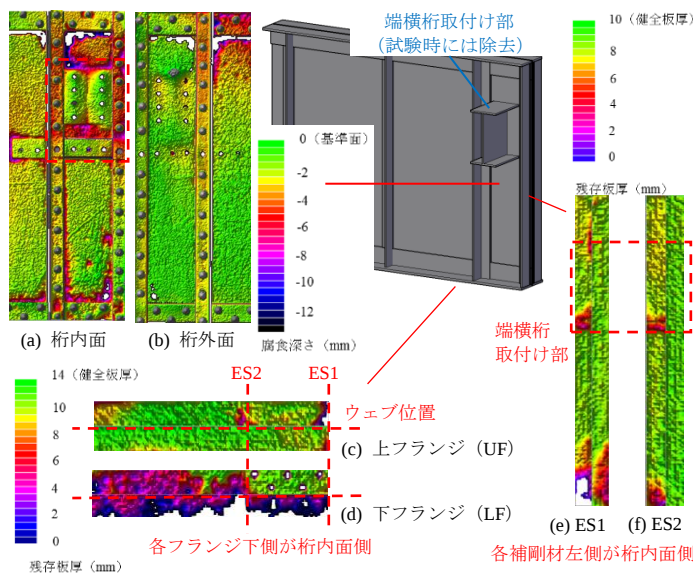


図-2 残存板厚量と腐食減肉量のコンター図

1. はじめに

鋼道路橋の桁端部は腐食の生じやすい部位であり、数多くの損傷事例が報告されている¹⁾。本研究では、撤去された、著しい腐食欠損の生じている鋼リベット桁橋の桁端部を対象に、腐食形状計測、圧縮載荷試験及びFEM解析を行い、腐食損傷が圧縮柱としての桁端部の耐荷機構に与える影響について検討した結果を報告する。

2. 対象橋梁及び試験体

対象橋梁は昭和3年(1928年)に竣工され、その後約80年間供用され撤去、架替えが行われた鋼2主桁(幅員4.56m, 設計荷重はT-18相当)である。本橋は9連からなる単純桁(9連×21.7m)であるが、撤去前の外観調査では桁端等に著しい腐食が確認されている。この鋼桁橋の桁端部から3パネルからなる試験体を切り出し、柱としての圧縮耐荷力を評価した。試験体の寸法形状を図-1に示す。この橋梁はリベット接合継手を適用しており、使用鋼材は、SS400材相当の材料であることを確認している(表-1)。

3. 腐食形状計測

ブラスト処理により錆を除去した後、腐食形状計測を実施した。計測方法は、ウェブ両面、上下フランジの外面の表面形状を、レーザー変位計により5mm間隔で、端補剛材、上下フランジの残存板厚をキャリパーゲージにより10mm間隔で計測した。

図-2(a),(b)に桁ウェブ内外面の腐食減肉量を、図-2(c)~(f)にUF,LF,ES1,ES2に残存板厚を示す(白抜き:欠損部)。腐食は桁内面ほど進行しており、また、フランジアングル材-ウェブ間や端横桁取付け部周辺などの断面急変部で滞水しやすい箇所に著しい腐食が生じる傾向が見られた。荷重が直上に載荷される第1パネルに着目すると、桁内面側に関して、1)ウェブの端横桁取付け部周辺、2)上下フランジアングル材とウェブの境界部、3)端補剛材アングル材とウェブの境界部、4)端補剛材の下端部、及び5)下フランジに、著しい腐食が生じている。

4. 載荷試験・解析方法

圧縮載荷試験時の試験体セットアップ状況を図-3に示す。載荷能力5000kNの油圧ジャッキを載荷フレームに設置して端補剛材に圧縮力を加えた。載荷方法は変位制御とし、支持条件を上下ピン支持、支間中央側をローラー支

持とした。載荷板の幅はフランジ幅とし、橋軸方向長さは、道路橋示方書²⁾に規定される端補剛材の設計を参考に、ES2の位置から $12t_w$ ($=120\text{mm}$, t_w : ウェブ厚) の範囲とした。

解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MSC.MARC.2016 を用い、変位制御により弧長増分法で行った。図-4 に解析モデルを示す。シェル要素によりモデル化 (要素寸法 $10\times 10\text{mm}$) した。リベット継手はモデル化せず、とじ合わせ部は面同士が接合しているとみなし、板厚を増加させた。モデル化に際して、桁のゆがみ等によるセットアップ時の傾斜、ES1 ととじ合わせ部下端部のみに初期たわみ 1mm (ウェブに対して面外方向) を考慮した。材料構成則は材料試験結果に基づきマルチリニア型 (5 点折れ線近似) とした。腐食形状については、桁端部から第 2 パネルまでの鋼桁に対して著しい局部腐食領域のみを考慮した。具体的には、断面欠損部位では要素を削除するとともに、残存板厚が健全板厚 t の $1/2$ 以下の部位について板厚 $0.5t$ とした。

5. 載荷試験・解析結果

図-5に、荷重と鉛直変位の関係について、実験値と解析値 (健全モデルと腐食モデル) を比較して示す。ここで、鉛直方向変位はES1の位置での上下フランジ間の距離で整理した。また、図中には耐荷力計算値として、文献2) の許容軸方向圧縮応力度の基本となる基準耐荷力曲線 ($\bar{\lambda}=0.11$) に従い、健全時におけるリベットととじ合わせ部を含めない断面積を有効断面積 (図網掛け部分参照) として材料降伏点 $\sigma_y=289\text{N/mm}^2$ を乗じて求めた値 (2252kN) と、更にES1, ES2間の全断面積を有効断面積に含めた場合の値 (4622kN) を示す。

載荷試験では 1000kN 付近で ES1 桁内面側ととじ合わせ部下端にて部分的に降伏し始め、 2000kN 付近でウェブ全体の面外変形の開始、及び ES1 の桁内面側ととじ合わせ部下端にて局部変形が発生し、その後 ES1 の桁外面側下端、及びとじ合わせ部下端の局部変形の発生によって最大荷重を迎えた。

試験結果と腐食モデルの解析結果を比較すると、最大荷重に至るまでの各部の塑性化進行状況は概ね一致したが、実験の最大荷重に関して、実験値が解析値と比較して約 19%低下した。これは、試験体の終局挙動を踏まえると、アングル材のとじ合わせ部のモデル化が一要因と推測される。また、試験結果の方が健全時の耐荷力計算値よりも上回る結果となった。

6. まとめ

著しい腐食の生じている実橋桁端部の圧縮耐荷力と終局挙動について、実験および解析により検討した。試験結果と解析結果では最大荷重等に相違が生じており、今後、より適切な解析モデルにより詳細検討を行う予定である。本研究の一部は、平成 29 年度に日本鉄鋼連盟からの助成を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所: 道路の定期点検に関する参考資料—橋梁損傷事例写真集—, 国総研資料第 196 号, 2004.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編, 2002.3.

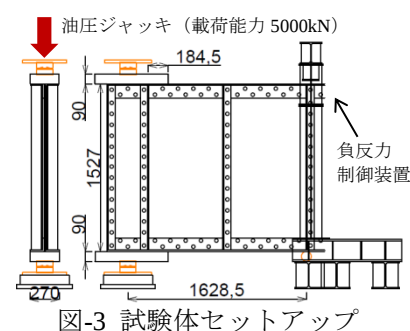


図-3 試験体セットアップ

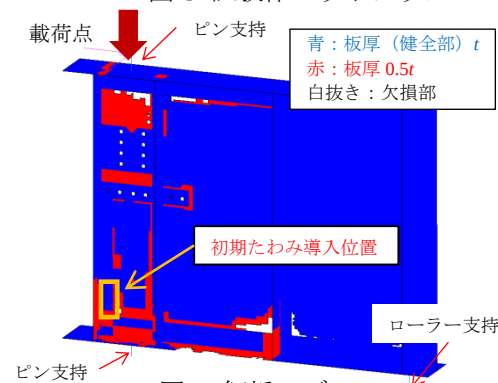


図-4 解析モデル

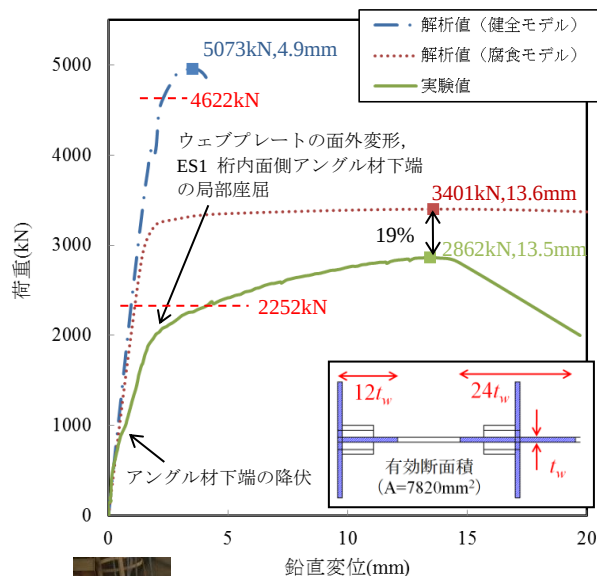
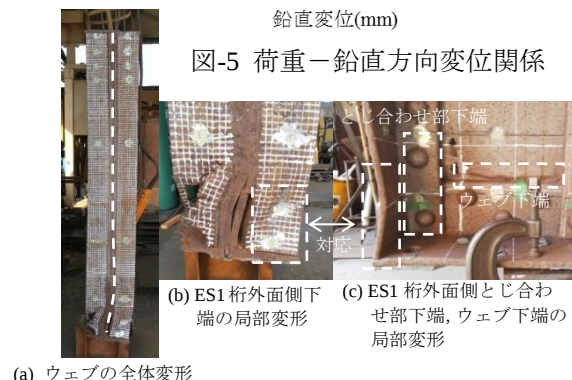


図-5 荷重—鉛直方向変位関係



(a) ウェブの全体変形

図-6 載荷試験後の ES1 周辺の変形状況