

# 腐食した上路プレートガーダー橋の桁端支点部の腐食形態と残存耐荷力

首都大学東京 学生会員 ○松本 祥吾 (株) 東京鐵骨橋梁 正会員 小峰 翔一  
 首都大学東京 フェロー会員 野上 邦栄 (株) 東京鐵骨橋梁 正会員 細見 直史  
 首都大学東京 学生会員 栗原 雅和 (株) 東京鐵骨橋梁 正会員 入部 考夫  
 首都大学東京 正会員 岸 祐介

## 1. 目的

我が国における社会資本は戦後の高度經濟成長期に短期間に大量に整備された特徴を持っており、これらの橋梁の約 25%は今後数年内に供用年数が 50 年以上となることから、全国的に社会資本の更新期のピークが近づいている。鋼橋における維持管理上の架け替え主因は機能上の問題、損傷による欠落、耐荷力不足の3つが挙げられる。そのうち損傷による欠落が原因となった架け替えは約 31%であり、さらにその内訳に着目すると鋼材の腐食が要因として約 35%を占めている<sup>1)</sup>。しかし、腐食は環境条件により唯一無二の形態で出現することから腐食が進行した構造物の残存耐荷力の評価は困難であり、現在に至るまで腐食損傷度評価の力学的根拠に基づいた定量的な評価方法は確立していない。

この様な背景の下、本研究では腐食が進行した鋼桁の桁端支点部付近の試験体を対象に、腐食状況のマッピングと残存耐荷力実験を行った。



図 - 1 対象橋梁全体図 (撤去時)

## 2. 試験体

本研究で対象とした橋梁は、金杉橋 (鉄道橋) と呼ばれる単径間、2 主桁の上路プレートガーダー橋であり、約 80 年間の供用後に路線変更のために撤去されたものである。

対象橋梁の諸元を以下に示す<sup>2)</sup>。

- ① 橋梁形式：上路式プレートガーダー橋
- ② 橋長 (支間長)：9.4m (8.5m)
- ③ 竣工年：大正 10 年頃
- ④ 主桁：2 主桁
- ⑤ 設計荷重：Cooper' s E45
- ⑥ 接合方法：リベット接合

ここで使用鋼材に関しては設計図面に記載が無く、不明だったため現在引張試験及び化学成分分析を実施中である。

本研究では、支点部の圧縮耐力に着目するため、桁端部から桁中央方向へ約 2200mm (3 パネル分) までを切り出した試験体を用意し、腐食形態の計測は端部から 1430mm 位置までの 2 パネル分を対象とした。腐食形状の計測に先立ち、試験体に対してブラスト処理を行うことで腐食生成物を除去した。

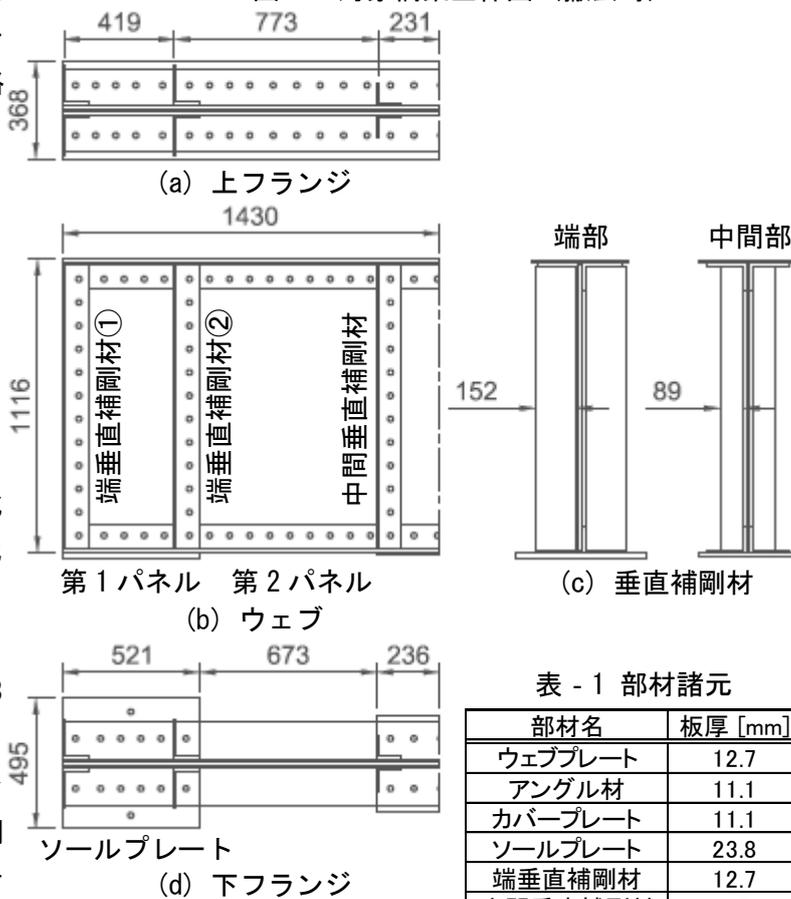


図 - 2 試験体の形状寸法

キーワード 上路プレートガーダー橋, 桁端支点部, 腐食形態, 残存耐荷力

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 042-677-1111 FAX. 042-677-2772 内線(4564)

### 3. 腐食形状

#### 3.1 タワー型 3D 腐食表面形状計測装置

腐食形状計測には、本年度首都大学東京で開発した図-3に示すタワー型 3D 腐食表面形状計測装置を使用した。これはレーザ式変位計を搭載した 3 軸可動装置であり 2000mm (X) × 2000mm (Y) × 200mm (Z) × 360° ( $\theta$ ) の計測範囲を有し、任意の 2 軸を選択することで計測面を設定して表面形状の計測を行うことが可能である。以下の表-2にレーザ変位計の性能を示す。

表-2 レーザ変位計性能

計測速度	0.45 sec/data
レーザ変位計	LK - G150 (Kyence)
基準距離	150 mm
測定範囲	± 40 mm
直線性	± 0.04 mm
温度特性	± 0.008 mm/°C

#### 3.2 計測結果

実施した腐食形状計測より明らかになった腐食状況及び初期不整に関して以下にまとめる。なお、腐食深さコンター図は紙面の都合上、上フランジ外面のみを図-5に示す。

##### (a) ウェブ

ウェブに関しては表裏で計測量が反転したような表面形状を有していることから全体的に初期不整が確認できると考えられる。初期不整量としては最大でも 3.5mm 程度であったことから、鉄道構造物等設計標準<sup>3)</sup>に規定されている部材精度（板の平面度： $h/250$ 、 $h$ ：腹板高さ）以下であることが確認できた。初期不整量を除いた腐食に関しては全体的にほぼ存在せず、限定的かつ腐食量自体も少なく下フランジ、端補剛材付近にのみ確認できた。

##### (b) 上フランジ

上フランジ外面（カバープレート表面）には供用中に木製の枕木が設置されていたことから、それらの箇所に長期間湿潤状態の下にあったことに起因すると考えられる健全時板厚 11.1mm に対して 6mm 以上の激しい腐食が確認できた。また、それら以外の範囲においても全面的に断面の減少が確認できた。さらに、カバープレート端部は健全時の端部形状を読み取るのが困難なほど断面が欠損しているか変形していた。

上フランジ内面に関してはカバープレートの変形、欠損が外面と同様に確認できた。それに伴いアングル材端部にも多少の腐食が見られたが、アングル材表面に関しては比較的腐食は進行していなかった。

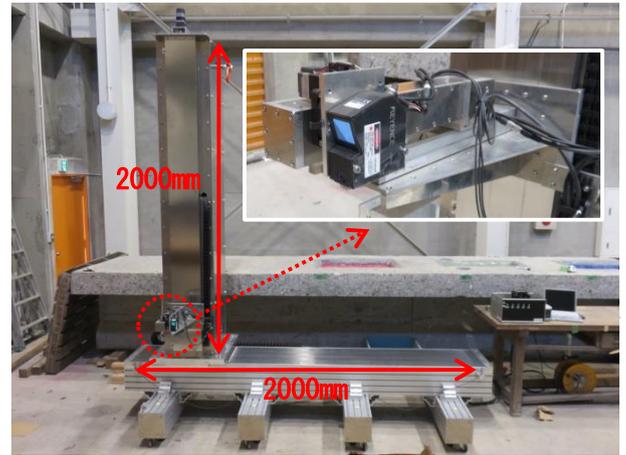


図-3 タワー型 3D 腐食表面形状計測装置



図-4 腐食形状計測状況

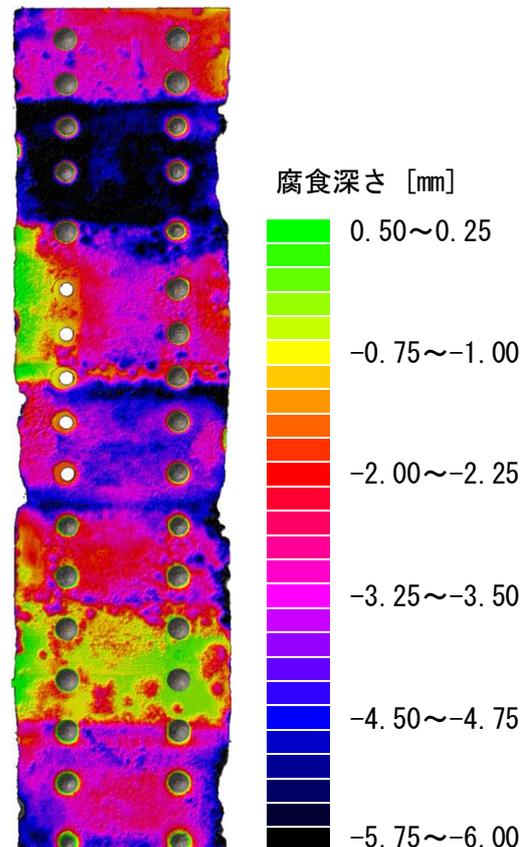


図-5 上フランジ側

カバープレート腐食深さコンター図

### (c) 下フランジ

下フランジ外面ではソールプレートからアングル材にかけての断面変化部に顕著に腐食が見られた。これは供用中に雨水等が滞留しやすい環境であったため、特に腐食が進行したものと考えられる。また、ソールプレートに関しても端部付近に比較的多く腐食が存在していることが確認できた。その他、アングル材、カバープレートの端部には局部的に腐食が見られるものの、全体的には腐食がほぼ存在しなかった。

下フランジ内面に関してはアングル材、カバープレート、ソールプレートのすべてに比較的広範囲にわたり多少の腐食が存在していた。これは供用中、全体的に雨水等が滞留しやすい環境であったため、広範囲に腐食が進行したものと考えられる。

### (d) 端垂直補剛材

端垂直補剛材①においては残面欠損を伴う激しい腐食が下フランジ付近において確認できた。左右それぞれで下フランジ側の端部から高さ約 10mm、幅約 50mm と高さ約 50mm、幅約 90mm の領域が欠損していた。また、左右それぞれ高さ約 100mm と高さ約 160mm、補剛材幅にかけて全面的に 6mm を超える激しい腐食が見られた。

端垂直補剛材②においては、局部的に 6mm 程の腐食が進行していた箇所が確認できたものの、全体的には腐食が少なかった。

### (e) 中間垂直補剛材

中間垂直補剛材に関しては左右で、部材の表裏で同じ座標位置に計測高さが反転したような値が得られたことから初期不整と考えられる正弦波および正弦半波の表面形状が確認できた。その他には局部的に 2ヶ所、2mm 程度の腐食が進行している範囲が確認できた。

## 4. 圧縮耐荷力実験

### 4.1 試験体の準備及び荷重方法

本研究では桁端垂直補剛材間に最大荷重 5000kN の油圧式万能試験機を使用して試験体に静的な圧縮力を荷重した。試験体は支点部における柱としての性能を評価するため、端垂直補剛材間の上下フランジ表面に厚さ 27mm の荷重板および支持板を設置し、球座を設けることでピン支持とした。その他に、中間垂直補剛材直下にはローラー支持を設けた。荷重は、荷重試験機ジャッキの垂直変位量を使用した変位制御である。境界条件の設定、ひずみゲージ及び変位計の取り付け位置をまとめたものを図 - 6 に示す。また、試験体設置状況を図 - 7 に示す。

### 4.2 実験結果

図 - 8 は荷重試験機のジャッキストローク量と荷重をまとめたものである。荷重開始から 400kN 付近までは荷重 - 変位曲線が下に凸となっているがこれは試験体とのなじみの影響である。本実験では荷重板の剛性が低かったことから 2000kN 周辺まで荷重板の変形が進行し、桁端垂直補剛材間にかけての均一分布荷重荷重から、端垂直補剛材間中央のウェブに対する集中荷重荷重状態に変化した。3290kN 時点で、ウェブには上下フランジ近傍に正弦半波の局部座屈が発生しており、3341kN にて最大荷重に達し、その後荷重の低下と

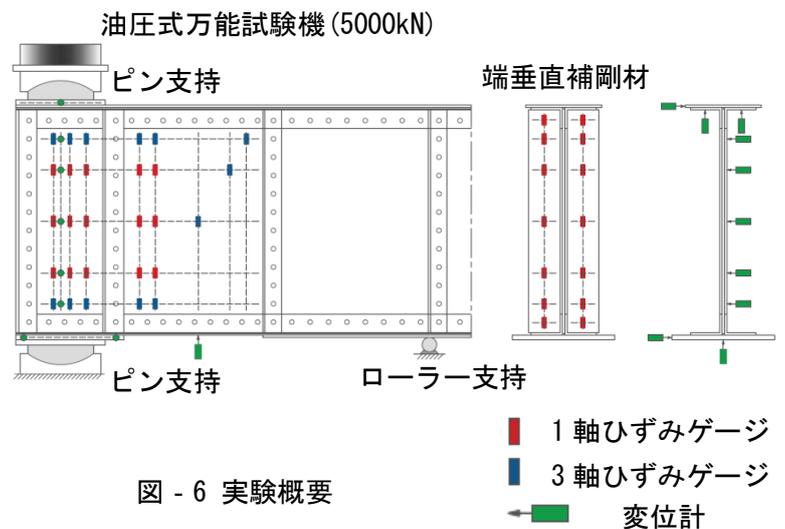


図 - 6 実験概要



図 - 7 試験体設置状況

ともに上フランジの傾斜によって載荷板が滑り出して実験が終了した。実験終了後の試験体の変形状況を図-9に示す。

ひずみゲージの観測結果としては、端垂直補剛材①、②共に、降伏ひずみを観測した位置はなかった。第1パネルにおける上下フランジ近傍の2行に配置したひずみゲージには降伏ひずみを超える大きなひずみ量が観測できた。紙面の都合上、図-10に第1パネル中央、上フランジ直下に設置した3軸ひずみゲージの観測結果のみを示す。第2パネルにおける端垂直補剛材②の周辺2列のひずみゲージではウェブパネルにおいて降伏ひずみを観測しなかった。また、第2パネルにおける端垂直補剛材②から中間補剛材にかけて対角線上に配置した3軸ひずみゲージは大きなひずみ量を観測することがなく、斜張力場の発生はなかった。

変位計の観測結果としてはウェブの水平変位が最大荷重時に全体的に5mm程度観測されており、荷重の増加とともにウェブがはらみ出していた。また、上下フランジに配置した水平方向の変位計は載荷重1500kNの時点で上フランジに4mm程度の水平変位を示しており、実験初期の段階から上フランジの傾斜が進行していたことが確認できた。

## 6. 結論

本研究によって得られた結論を以下に述べる。

### (1) 鋼桁の支点部付近腐食形状

腐食は隅角部周辺に主に進行しており、腹板、垂直補剛材に関しては桁端に近くかつ支点部に近いほど、程度に違いはあるものの腐食が進行している傾向が見られた。また、枕木が設置されていた位置を中心に腐食が進行しているという鉄道桁の特徴も確認できた。

### (2) 支点部の載荷実験

荷重の増加と共に載荷板が変形し分布荷重から集中荷重に移行したことからウェブに大きな圧縮力が加わり、ウェブプレートの上下フランジ近傍に正弦半波の局部座屈が発生して終局を迎えた。最大荷重は3341kNとなった。

今後、試験体の腐食形態を導入した弾塑性有限要素法解析による検討を進める予定である。

## 参考文献

- 1) 玉越隆史, 大久保雅憲, 市川明広, 武田達也, 橋梁の架替に関する調査結果 (IV), 国総研資料 第444号 pp. 8-10, 2008. 4.
- 2) 佐々木 信智, 野上 邦栄, 山沢 哲也, 上路式プレートガーダー橋端支点部の腐食に伴う残存耐力実験, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, pp. 155-156, 2005.
- 3) 財) 鉄道総合研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物, 財) 鉄道総合研究所, 2009. 7.

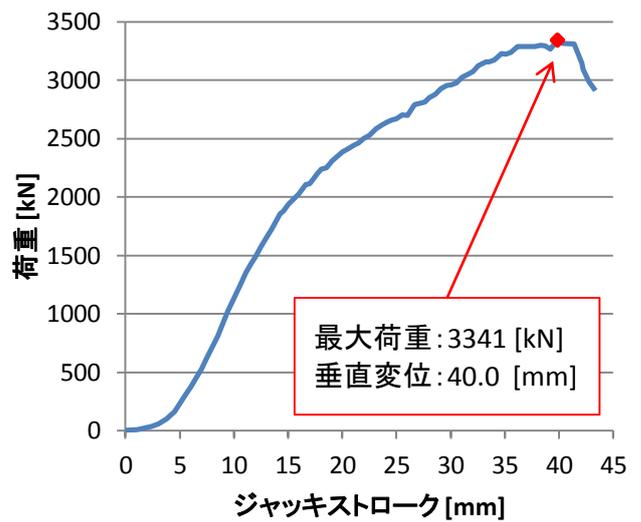


図-8 荷重-変位曲線



図-9 実験後変形状況

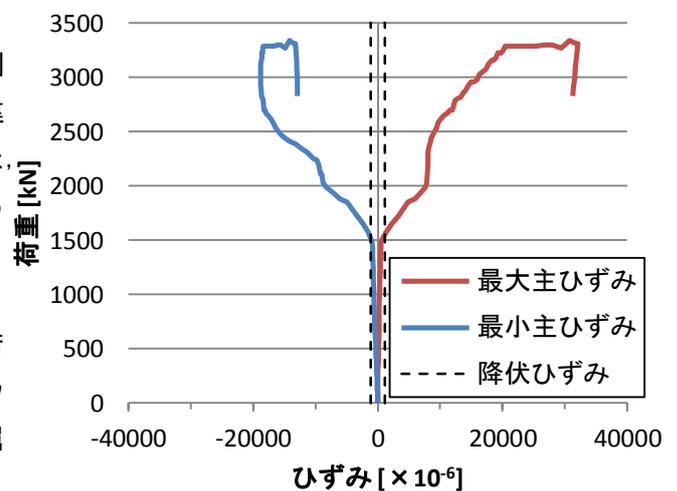


図-10 荷重-ひずみ曲線

第1パネル中央部上フランジ直下