

約 90 年間供用されたリベット鉄道桁の端支点部における腐食性状と残存耐荷特性

JFE エンジニアリング(株)
首都大学東京
首都大学東京

正会員 ○ 松本 祥吾
学生会員 中田 祐利花
正会員 村越 潤

首都大学東京
首都大学東京
日本ファブテック(株)
日本ファブテック(株)

正会員 岸 祐介
フェロー会員 野上 邦栄
正会員 細見 直史
フェロー会員 入部 孝夫

1. はじめに

鋼鉄道橋では、平均的な取替え時期である供用 70 年を超えるものが全数の 50%強に及んでおり¹⁾、これら構造物の計画的な維持管理・更新が重要な課題となっている。本研究では鋼桁橋において腐食が生じやすく、その圧縮耐荷力が橋梁全体系の耐荷力に影響を与える桁端支点部に着目し、実鋼製鉄道桁橋から切り出した端支点部の供試体を対象として、腐食が桁端支点部における圧縮柱としての耐荷機構に与える影響を実験および解析より検討した。

2. 供試体

対象橋梁は、JR 東海道本線田町駅から南に約 200m 地点に位置していた金杉橋と呼ばれる橋長 10.1m、単径間 2 主桁の上路式プレートガーダー橋（リベット接合）である。対象橋梁は、1913 年に竣工し 89 年間供用された後に鉄道路線の変更のために撤去された。鋼材は外国製鋼材を用いており、材料試験として化学成分分析及び引張試験を実施した結果、SM400 材相当（降伏強度 245kN/mm²、引張強度 433kN/mm²）の鋼材が使用されていることを確認した。

本研究では、対象橋梁から図-1 に示すような桁端支点部の 3 パネル分を切り出した供試体を用いて①腐食形状計測、②残存圧縮耐荷力試験、③有限要素法解析のフローの下で検討を行った。

3. 腐食状況

腐食状況の調査には、首都大学東京で開発した図-2 に示すタワー型 3D 腐食表面形状計測装置を使用した。装置は、3 軸に配置したリニアスケール及びモータとレーザ変位計を組み合わせており、任意の計測面と計測間隔を設定して表面形状を自動計測する。本検討では腐食状況の調査範囲を桁端部から 2 パネル分までとし、計測間隔は 1mm を基本とした。

本検討より得られた鋼鉄道桁の端支点部における腐食傾向を以下に図-3 とともに整理する。

- (1) ウェブ：下フランジ、アングル材との境界上部に限定的な孔食。
- (2) 垂直補剛材：桁端部材、特に内面で腐食が進行。端部材の下フランジ近傍では断面欠損も存在。
- (3) 上フランジ：枕木の設置領域を中心に全面に腐食が進行。部材端部では断面欠損も存在。
- (4) 下フランジ：橋台上のソールプレート、断面急変部で腐食が進行。
- (5) 桁端近傍、桁内面、下フランジ上面隅角部で腐食が進行。

上記の領域は、塵埃等が堆積し易い、構造的に湿気がこもり易い、雨水の通り道であるといった特徴の一つまたは複数が該当し、湿潤状態になりやすい環境から腐食が進行していると考えられ、検査時に注視すべき領域である。

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、残存耐荷特性

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)

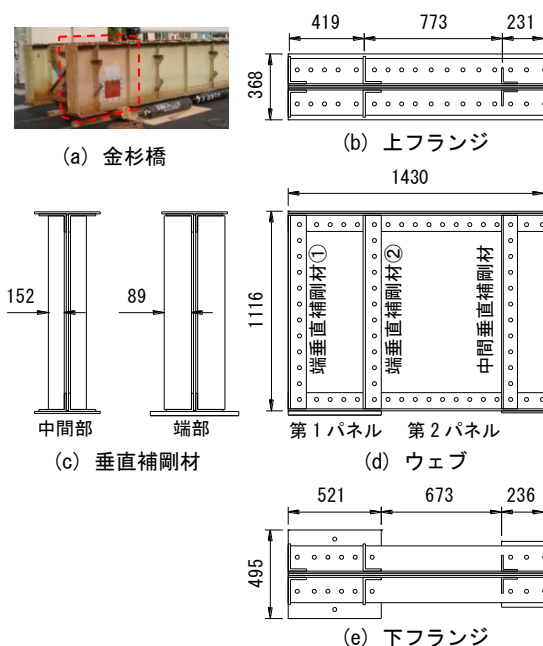


図-1 対象供試体

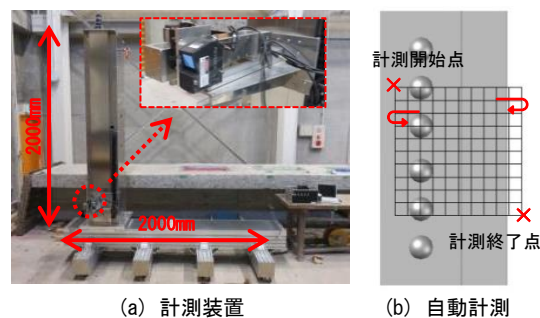


図-2 腐食状況の調査方法

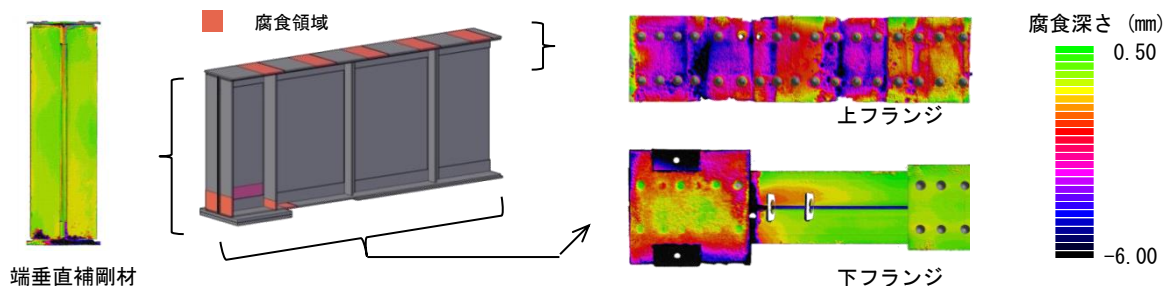


図 - 3 鉄道鋼桁の腐食傾向およびコンター図例

4. 静的圧縮载荷試験

桁端支点部の圧縮柱としての耐荷特性を把握するため、本試験では供試体の桁端垂直補剛材間中央を上下でピン支持とし、油圧式万能試験機を用いて桁端垂直補剛材間に一様な圧縮力に载荷した(図-4)。

载荷初期ではウェブと端垂直補剛材を耐荷機構とする初期剛性が発揮された。その後、ソールプレートと下側载荷板の変形により端垂直補剛材が軸方向圧縮力とともに曲げモーメントを受けるようになると、ウェブに圧縮力が集中する形となり、構造の剛性が低下した。さらに荷重が増加すると、ウェブ第一パネル下フランジ近傍で初期降伏が生じ、塑性領域が拡大、局部座屈が発生した。これに伴う応力の再配分により、端垂直補剛材も圧縮力を受け持つが、下端部の曲げ変形とウェブにおける局部座屈の進行により終局状態を迎えた(図-5)。

5. 弾塑性有限変位解析

供試体の耐荷特性の詳細な解明を主な目的として、汎用プログラム MSC. MARC によるシェル要素を用いた有限要素解析を行った。モデルには、材料試験結果を基にバイリニアの材料構成則が適用され、部材の初期不整も考慮した。また、リベットによる綴じ合わせ部は板厚として、組み合わせ部は共有節点としてモデル化を行った。解析では、供試体に特徴的な腐食進行箇所をシェル要素の厚さを減少させることで考慮した静的圧縮载荷試験の再現解析と健全体解析を実施し、図-6にそれらの鉛直荷重-変位曲線と各最大荷重点及び荷重値を示す。

試験再現解析では最大荷重で 21%の誤差が生じる結果となったが、この原因にはウェブの荷重抵抗断面や垂直補剛材上下端の接触条件のモデル化における相違等が考えられる。しかし、本モデルでも図-7に示すような崩壊モードや耐荷機構は概ね再現された。また、健全体解析で確認された耐荷機構は試験とその再現解析と同様であったことから、腐食による局部的な断面欠損や健全時板厚に対して相当程度の板厚減少(腐食状況調査より例えば、端垂直補剛材下端における約 35%の減厚)がある場合にもそれらは耐荷機構を変化させるに至らず、最大荷重の低下も 4.6%とその影響が限定的であることが示された。

6. 結論

腐食性状として、鋼鉄道桁橋の腐食は桁端近傍、桁内面、下フランジ上面隅角部で進行している他、枕木の設置箇所でも著しく進行していた。また、残存耐荷特性として、支点上構造の耐荷機構より初期剛性の維持と座屈挙動にはウェブの腐食、終局時の変形性能には端垂直補剛材下端部の腐食が影響を与えるが、最大耐荷力への腐食の影響は本供試体で確認されたような局部的な激しい損傷領域が存在しても限定的であることを明らかにした。

本研究の一部は、平成 28 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。ここに記して感謝致します。

参考文献 1) 館山：鉄道構造物の維持管理に関する最近の研究開発，鉄道総研報告，Vol. 26，No. 4，2012

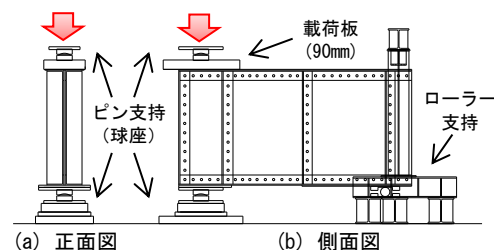


図 - 4 载荷試験条件

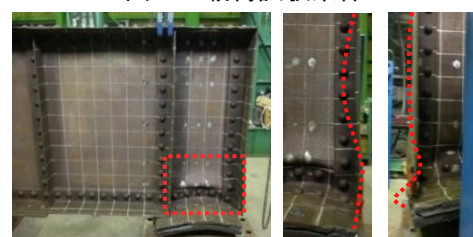


図 - 5 試験後座屈・変形状況

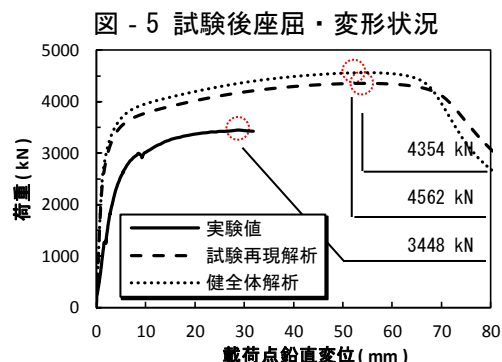


図 - 6 荷重～変位曲線

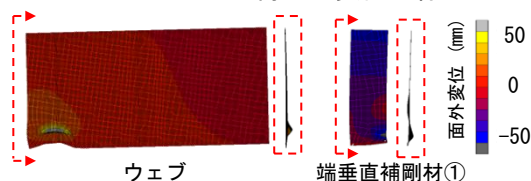


図 - 7 解析最大荷重時変形量・モード