

局部腐食を有する鈎桁の残存せん断耐荷力の評価

広島大学 学生会員 ○藤井 晴香
広島大学 学生会員 植村 俊哉
広島大学 正会員 藤井 堅

1. はじめに

昨今、経年にもなって重度に腐食した鋼橋の安全性が大きな社会問題となっており、さらに、今後は急速に老朽化橋梁が増加する¹⁾のは明らかで、鋼橋の安全性を担保するための高精度で合理的な強度評価法の確立が急務である。プレートガーダー橋の腐食は、そのほとんどが桁端の支承付近で発生²⁾しており、支承を含めて桁端ウェブの残存せん断耐荷力評価法の確立が重要である。

そこで本研究では、約 100 年供用後撤去された橋梁を用いて載荷実験を実施し、局部腐食を有する桁端ウェブパネルの応力性状を調査する。また、あわせて複合非線形有限要素解析を実施して、解析の妥当性を確認し、桁端ウェブの残存せん断耐荷力評価法確立のための基礎資料を得ることを目的とする。

2. 使用した供試体

供試体は、明治 43 年（1910 年）に竣工され、山陰本線直江～出雲市間で約 100 年供用された駄左布川橋梁から取りだした I 型鋼主桁 2 体であり、陸側の主桁はほとんど腐食していない状態、海側の主桁は激しく腐食している。以下では、ほぼ無腐食状態の陸側主桁を無腐食桁と呼び、海側主桁を腐食桁と呼ぶ。腐食桁については、平成 6 年（1994 年）に片側の支承部付近のウェブおよび下フランジの一部を切断し、新規部材（ウェブおよび下フランジの一部）を溶接により取り替えている。各供試体の板厚等高線図を図-1 および図-2 に示す。

3. 載荷方法

主桁は、橋長 5,320mm、桁高 495mm、支間長 5030mm である。載荷条件は、二点単純支持二点載荷で、桁の横ねじれ座屈を防ぐために、ねじれ角拘束装置を配置して載荷を行った。腐食桁については終局状態まで載荷を行い、無腐食桁については塑性域まで載荷を行った。

4. 解析モデル

表面計測により得られた表面座標データを基に、ABAQUS による本複合非線形有限要素解析を行った。要素には 4 節点アイソパラメトリックシェル要素を用い、要素の 1 辺が約 10mm となるよう要素分割をした。材料特性は完全弾塑性体を仮定し、Mises の降伏条件を用いて、降伏応力 $\sigma_y=240\text{MPa}$ 、弾性係数 $E=200\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。曲げ試験を対象とした主桁では、荷重条件は載荷位置のたわみを強制変位として与え、その反力を荷重値とした。また、桁端部のみ解析の有用性を確認するとともに、せん断耐荷力を求めるため、図-3 に示すように、主桁の補剛材から 580mm の距離まで桁端部のみを部分的にモデル化した解析も行った。補剛材から 580mm の距離のウェブプレートの各節点それぞれにはり理論で求めたせん断力を与えることで載荷状態を再現した。



図-1 腐食桁板厚等高線図

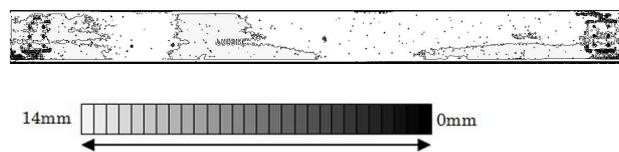


図-2 無腐食桁板厚等高線図

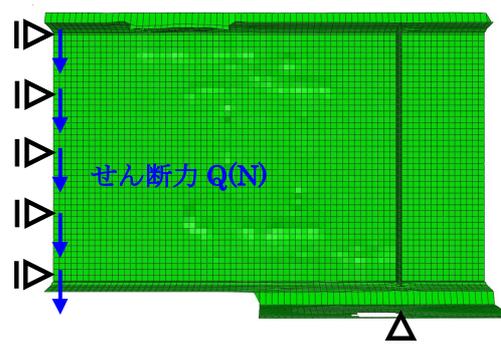


図-3 部分解析モデル

5. 解析結果・結論

無腐食桁、腐食桁に加え、腐食範囲の違いによるせん断耐荷力の影響を調べるため、ウェブおよび下フランジの腐食桁における腐食深をそれぞれ 20%、40% 増加させた場合の桁端のみの部分モデルを作成した。板厚の与え方を以下の式(1)に示す。

$$t' = t_0 \times \left(1 - \frac{L}{t_0} \times \alpha\right) \quad (1)$$

ここで、 t_0 は元板厚(=13.5mm)、 L は測定された板厚減肉量(mm)、 α は腐食倍率(-)であり、腐食深を 20% 増加させる場合 $\alpha=1.2$ 、40% の場合 $\alpha=1.4$ となる。各ケースの最大荷重を表-1 に示す。また、図 4 に最大荷重-ウェブ断面残存率関係を近似曲線とともに示す。図 4 より、ウェブ断面が欠損した場合、最大荷重は断面残存率の二乗に比例して小さくなることが予想される。

図-5、図-6 に示すように、橋梁部材全体モデルと桁端部分モデルのせん断応力分布に関する解析結果は比較的一致し、それぞれ実験値と比べて大きな差はないのがわかる。したがって、ウェブに腐食孔がない場合には、有限要素解析により、せん断応力分布形状を把握することができるといえる。また、図-7 に示すように、ウェブプレートの桁端下部に局部腐食を有する場合、破壊形式はウェブプレート下部の板厚減肉部の局部座屈となり、せん断耐荷力が低下する。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ：道路，主な施策，道路の予防保全の推進
- 2) 国土交通省ホームページ：国土交通白書 2012，社会資本の適確な維持管理，更新
- 3) 臼倉誠，金銅晃久，山口隆司，畠中彬，三ツ木幸子，橋本国太郎，杉浦邦征：鋼道路橋の腐食した桁端の耐力特性とその設計法に関する 2, 3 の考察，土木学会構造工学論文集，Vol.56A，pp.722-732，2010
- 4) 臼倉誠，山口隆司，豊田雄介，三ツ木幸子，金銅晃久：鋼桁端部の支点上ウェブと補鋼材の下端腐食範囲の違いがその耐力特性に及ぼす影響，土木学会構造工学論文集，Vol.57A，pp.724-734，2011

表-1

ケース	最大荷重(kN)	耐力低下率	ウェブ断面積(mm ²)	ウェブ断面欠損率
無腐食桁端モデル	865.41		5465.17	
腐食桁端モデル	670.31	0.77	4759.85	0.87
腐食桁端2割+モデル	541.25	0.63	4520.31	0.83
腐食桁端4割+モデル	421.15	0.49	4383.29	0.80

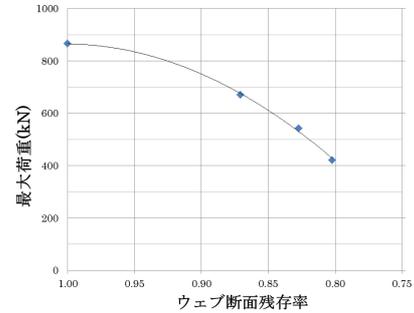


図-4 最大荷重-ウェブ断面残存率関係

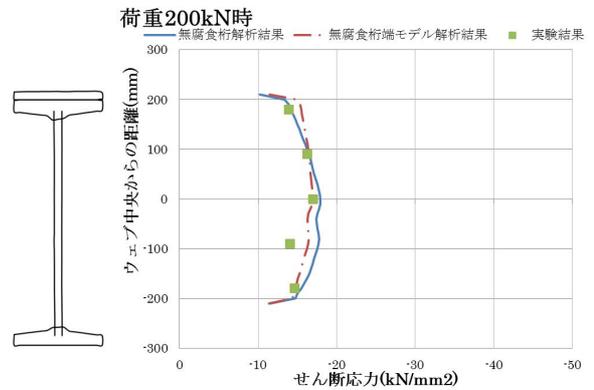


図-5 無腐食桁せん断応力分布

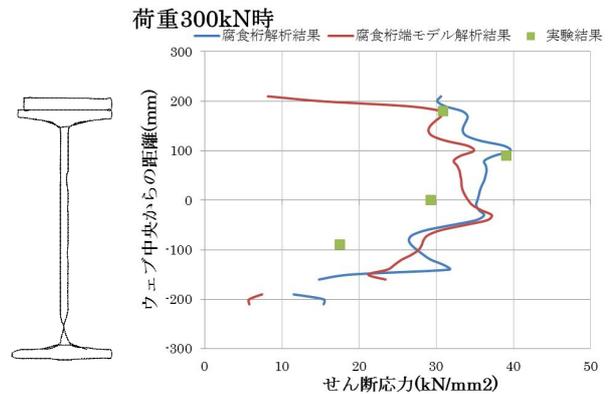


図-6 腐食桁せん断応力分布

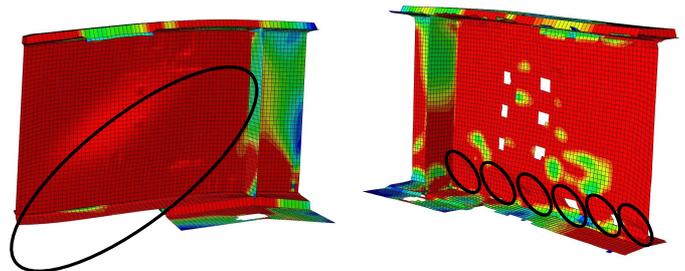


図-7 破壊形式