

## I-9 腐食鋼桁ウェブのせん断座屈解析に関する基礎的研究

高知高専専攻科建設工学専攻 学生員 ○刈谷 秋人  
高知高専建設システム工学科 フェロー 多賀谷宏三  
広島大学大学院工学研究科 学生員 海田 辰将  
広島大学大学院工学研究科 正会員 藤井 堅

### 1. はじめに

高度経済成長期に建設された鋼橋などの鋼構造物の腐食が進行し、維持・補修が必要な時期となっている。鋼構造物の腐食損傷及び対策法については十分な解明がなされておらず、維持・補修の必要性の判定法と補修・補強法の確立がミニマムメンテナンスのために望まれている。本研究では、102 年前に建設され激しく腐食したプレートガーダー橋のウェブを取り上げ、板厚を実際に測定した腐食表面データ<sup>1)</sup>を用いて、ウェブのせん断 FEM 解析を行い、せん断強度評価法を検討する。

### 2. 解析

#### 2.1 解析モデル及び解析条件

本研究で行った解析は、Up-dated Lagrangian による FEM 大変形弾塑性解析法を用いた。要素は 4 節点アイソパラメトリックシェル要素である。応力-ひずみ関係は完全弾塑性とし、Mises の降伏条件を用いた。材料特性は、引張試験から求め、降伏応力  $\sigma_t=299.9\text{MPa}$ 、弾性係数  $E=195.8\text{GPa}$ 、ポアソン比  $\nu=0.278$  を用いた。図 1 に解析モデルを示す。本解析ではモデルの寸法は  $800\text{mm} \times 720\text{mm}$  (アスペクト比  $\alpha=0.9$ ) で一定とする。正方形要素の幅は  $20\text{mm}$  で、要素分割数は  $40 \times 36$  である。境界条件は、周辺単純支持とした。荷重条件は図 1 に示すようにモデルの周辺の節点に荷重を作用させて、モデル右端 ( $h/2$ ) 点に変位を与え解析を行う。又、本解析で対象とするプレートガーダー橋は総リベット橋であり、溶接接合はないので残留応力は考慮しない。腐食無しモデルの板厚については、腐食前の健全時板厚 ( $t=10\text{mm}$ ) と平均板厚 ( $t=9.02\text{mm}$ ) とを用いた。最大初期たわみは  $t/100$  とした。

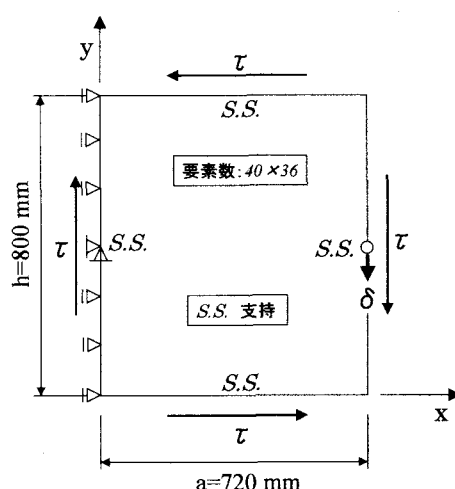


図 1 解析モデル

#### 2.2 腐食表面形状の作成方法

腐食表面データ測定は、5mm 間隔メッシュでポータブル 3 次元計測装置を用いて行った。この板厚データは鋼板上に 5mm 間隔で与えられていることになるが、解析に考慮する際には、要素の節点 (20mm 間隔) 周りの板厚データの平均板厚を節点の板厚として与えている。また、鋼板は腐食減肉すると板厚中心面が移動するため、荷重に対して偏心が生じる。そこで、腐食表面の座標データ及び板厚データから腐食表面各点の偏心量を計算し、その際の偏心量は、初期たわみを含んだものとする。

### 3. 解析結果及び考察

#### 3.1 せん断を受ける腐食鋼板の終局挙動

図 2 に荷重-変位関係を示す。横軸は図 1 に示すモデル右端での鉛直変位  $\delta$  を示す。縦軸はモデル右端の全節点に作用する荷重の合計を示す。腐食ありの荷重-変位曲線は腐食無しの荷重-変位曲線に比べ最大荷重が腐食によって低下していることがわかる。腐食無しの荷重-変位曲線は板厚が薄いほど最大荷重が低下していることがわかる。又、平均板厚の場合の荷重-変位曲線は腐食ありの場合での弾性域内で傾きが一致していることがわかる。これより、ウェブのせん断耐力は、この程度の腐

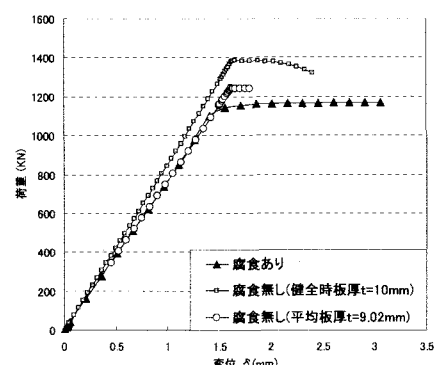


図 2 荷重-変位曲線

食ならば、腐食後のウェブの平均板厚を用いることで評価できると考えてよい。

本解析によって得られた最大せん断荷重 ( $P=1384\text{KN}$ ) 時のたわみ (a)と Mises 応力分布 (b)を図 3 に示す。図 3 は腐食前の健全時の板厚 10mm 鋼板の解析結果である。(b)の影付き領域は要素の中央面が降伏していることを示す。図に示すような斜張力場発生後の応力分布は、板厚を変化させた腐食無し解析モデルで確認されている。図 4 に、実際に測定した腐食表面データを用いて解析を行った結果を示す。(a)は  $P=1172\text{KN}$  時のたわみ、(b)は Mises 応力分布を示す。図 4・(b)は図 3・(b)に比べて支承部付近に応力が集中していることが確認できる。これは実機のウェブ鋼板の支承部付近が局部的に腐食していたためと考えられる。図 5 は  $P=1172\text{KN}$  時の変形図と実験によるウェブの変形状況である。解析によるウェブの変形は実験によるウェブの変形とほぼ同じであることが確認される。

#### 4. 結論

本研究の範囲では、ウェブのせん断耐力は、腐食表面データを用いれば、腐食後のウェブの平均板厚で評価できる。また、局部的に腐食したウェブの支承部付近は応力集中が発生し、座屈強度が低下する可能性がある。解析によるウェブのせん断座屈変形が実験のせん断座屈変形とほぼ一致していたので、本研究で用いた有限要素解析プログラムは有用性がある。

#### 5. 今後の課題

- 1) 強度評価の指標として片面腐食と両面腐食、全面腐食と局部腐食等を考慮した強度評価を確立する。
- 2) 腐食形態に対するせん断・曲げ耐力評価についての一般解を導き、ミニマムメンテナンスのための腐食損傷評価法及び補修・補強設計法確立に結びつける。

#### 6. 参考文献

- 1) 海田辰将, 藤井堅, 原考志, 中村秀治, 上野谷実: 腐食鋼板のせん断耐力とその評価法, 構造工学論文集, Vol.50A, 2004.3.
- 2) 原考志, 藤井堅, 海田辰将, 上野谷実, 有尾一郎: 腐食した総リベット橋のせん断耐力試験, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003.9.

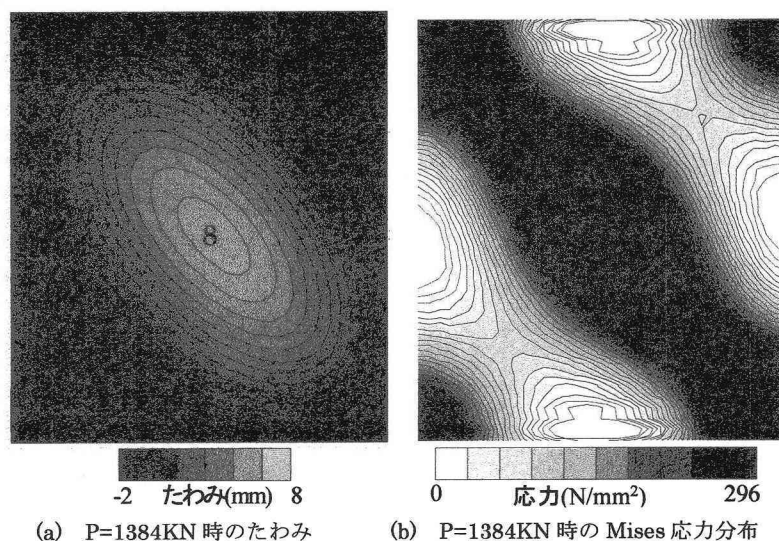


図 3 斜張力場発生後の面外たわみと Mises 応力分布 (腐食無し  $t=10\text{mm}$ )

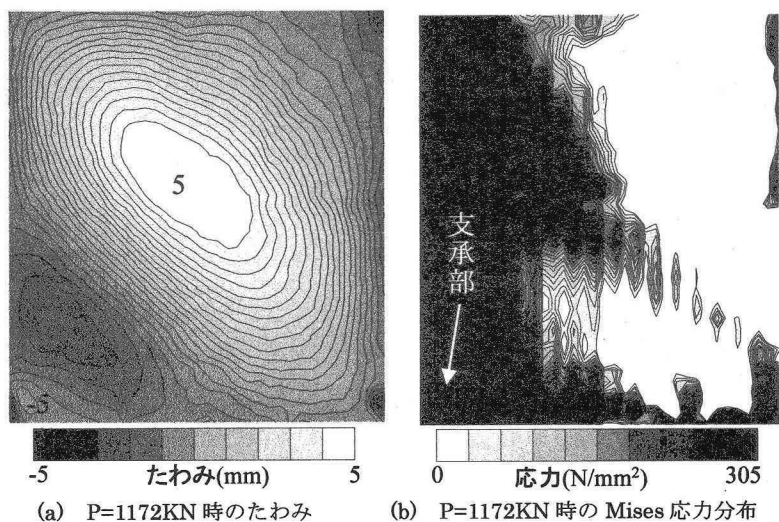


図 4 斜張力場発生後の面外たわみと Mises 応力分布 (腐食あり)

