

腐食鋼桁ウェブのせん断座屈解析とせん断耐力実験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
 高知高専建設システム工学科 正会員 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¹⁾を用いて、ウェブのせん断 FEM 解析を行った。また、せん断耐力実験も行い、この結果も踏まえせん断強度評価法を検討する。

2. 解析及び実験の概要

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。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 $820\text{mm} \times 760\text{mm}$ とする。正方形要素の幅は 20mm で、要素分割数は 41×38 である。境界条件は、周辺単純支持と周辺固定の 2 種類とした。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った。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。

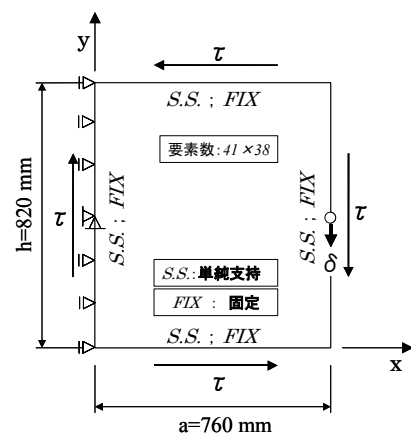


図1 解析モデル

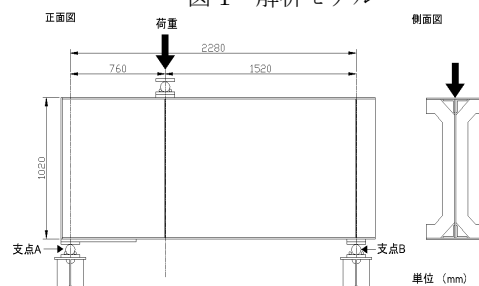


図2 荷重位置

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。

2.3 せん断耐力実験概要

腐食したリベット桁から支承部を切り出して図2に示すような荷重供試体を作成した。図2は、荷重位置を示している。

3. 解析結果及び実験結果による考察

実験供試体は、荷重点下に L 型アングルの垂直補剛材は荷重に伴うフランジのねじれに対する剛性を十分有していると思われるが、荷重開始直後から上フランジのねじれ角が漸増し、荷重 1750KN で荷重できなくなったため、一旦除荷した。その後、板厚 22mm の鋼板を高力ボルト接合する方法で垂直補剛材を補強し、再度荷重を行った。その結果、実験では、荷重 2000KN 付近から急激に変位が増大し、最高荷重に対応する支点 A 上での最大せん

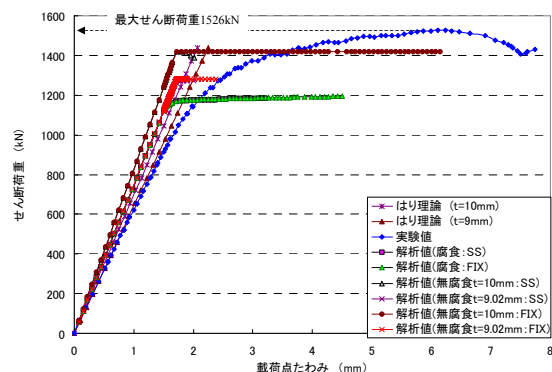


図3 せん断荷重-荷重点たわみ関係

キーワード 腐食, リベット接合, 平均板厚, せん断耐力

連絡先 〒783-8805 高知県南国市物部 200-1 高知高専多賀谷研究室 TEL088-864-5583

断荷重は 1526KN である。図 3 にこの時のせん断荷重一載荷点たわみ関係を、図 4 にせん断荷重－ウェブ中央面外たわみ関係を解析結果も踏まえて示す。図 3 より、供試体のたわみとウェブ板厚 9mm の場合のせん断変形を考慮した理論値は近いことが分かる。これは、ウェブの腐食損傷が 1mm 程度の場合では、せん断変形はウェブの平均板厚を用いて評価できることを示している。又、腐食有りの曲線は腐食無しに比べ最大荷重が腐食によって低下していることが分かる。平均板厚の場合の曲線は、腐食有りの場合での弾性域内で傾きが一致している。又、単純支持と固定を比較すると弾性域、塑性域ともほぼ一致している。実験値は、リベットの不接合等の影響により傾きが小さくなっていることが分かる。図 4 では、最大せん断荷重直前に中央面外たわみは急激に増加しており、ウェブに取り付けたひずみゲージの値も、多くが最高荷重に塑性ひずみを超えていた。これらのことから、ウェブは塑性せん断座屈によって崩壊したと判断できる。又、単純支持と固定を比較すると固定の方が傾きが大きくなっている。これは腐食有りと腐食無しにおいても同様の傾向が見られる。

本解析によって得られた最大せん断荷重 ($P=1384\text{KN}$) 時の Mises 応力分布を図 5 に示す。図 5 は板厚 10mm 鋼板の解析結果である。図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 6 は腐食有りの解析結果で $P=1172\text{KN}$ 時の Mises 応力分布を示す。図 6 は図 5 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 7 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わかる。

4. 結論及び今後の課題

- 1) リベット接合では境界条件により座屈強度が変わる。
- 2) 実験によるウェブのせん断変形は、1mm 程度の腐食であれば、ウェブの平均板厚を用いて評価できる。
- 3) 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効である。

今後は、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。

5. 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.

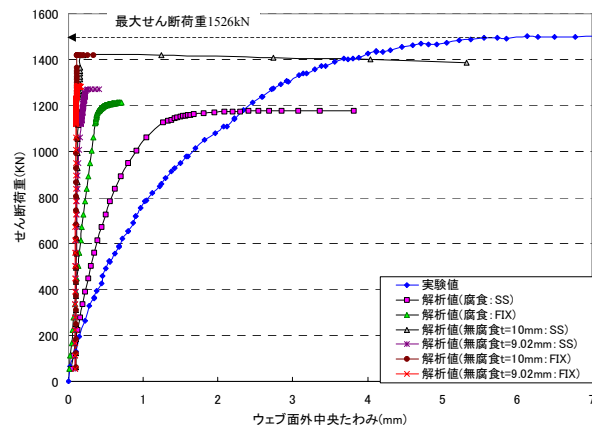


図 4 せん断荷重－ウェブ中央面外たわみ関係

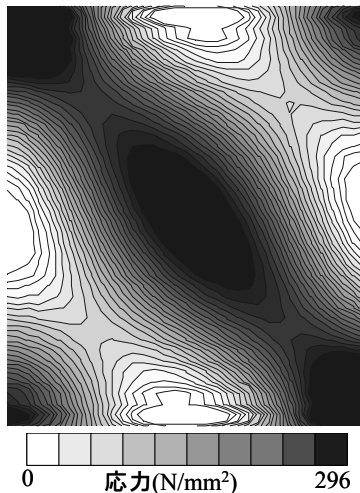


図 5 Mises 応力分布（無腐食）

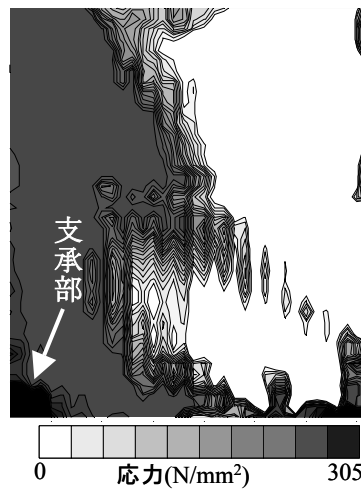


図 6 Mises 応力分布（腐食）

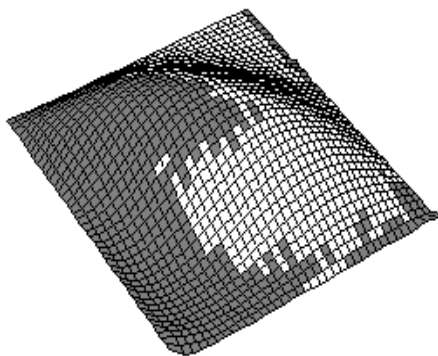


図 7 変形図と実験によるウェブの変形状況

