

鋼I桁端部腹板の腐食を模擬したせん断耐荷力特性に関する研究

琉球大学 学生会員 ○利光崇明, 正会員 下里哲弘, 有住康則, フェロー 矢吹哲哉
金秀鉄工株式会社 正会員 島袋秀也, 長嶺由智, 沖縄しまたて協会 正会員 玉城喜章

1. はじめに

鋼I桁橋の腐食損傷の特徴として, 図1に示すように, せん断力が卓越する桁端部において水平補剛材(HS)の上部腹板及び下フランジ(LFIg)近傍腹板の局部減厚がある^{2),3)}. 本研究では, 上述の実橋での腐食減厚分布特性に基づき, 腹板の腐食損傷を人工的に模擬した実験供試体を製作し, 腐食減厚分布及び腐食欠損がせん断耐荷力に及ぼす影響の解明を目的に, 実験及びFEM解析を行った.

2. 実験及び解析法

2.1 実験供試体

実験供試体を図2に示す. 試験体中央部の腹板(高さ・幅 500mm,板厚 4.5mm,SS400, $R_c=1.12$)を着目パネルとした. 図3に腐食を模擬した腹板の実験パラメータを示す.

2.2 実験方法及び解析方法

図2に荷重方法を示す. 荷重装置1及び荷重装置2の2台の油圧サーボジャッキ(最大荷重 1000kN/台)を使用し, $P_1:P_2$ を1:3に保ち, 着目パネルにせん断力が卓越したせん断座屈が発生するように変位制御で同時荷重を行った. 実験では, 着目パネル内に3軸ひずみゲージを腹板表面に17点,裏面に13点貼り付けた.

図4に供試体のFEM解析モデルを示す. 着目パネルには, 正弦波半波形の初期たわみを道路橋示方書に準じて導入した. 応力-ひずみ関係は完全弾塑性体とし, 降伏条件は Von-Mises の降伏条件式に従うものとした. 本解析は汎用構造解析プログラムの MSC Marc2007 を使用した.

3. 結果及び考察

3.1 最大せん断力特性

図5に実験で得られたせん断力と鉛直変位の関係を示す. 縦軸は着目パネルに作用するせん断力, 横軸は荷重装置2の鉛直変位である. 図内の矢印は各供試体の最大せん断力を示す. 図5より, 張力場のアンカー位置を切断した下端切上の最大せん断力が最も低下した. 次に, 上部欠損と上部減厚が最大せん断力が低下した. また, 中央減厚の最大せん断力と下端欠損は, ほぼ同等であった. これより, 下フランジ近傍腹板の腐食に比べて, 腹板上部の腐食の方が, せん断耐荷力の低下に影響を与えていることが分かる

3.2 せん断座屈特性

図6に, 腹板表裏の最小主ひずみ関係の一例を示し,

キーワード 鋼I桁橋, 腐食腹板, せん断座屈荷重, せん断耐荷力, 弾塑性 FEM
連絡先 〒903-0213 沖縄県西原町字千原1番地 TEL098-895-8666

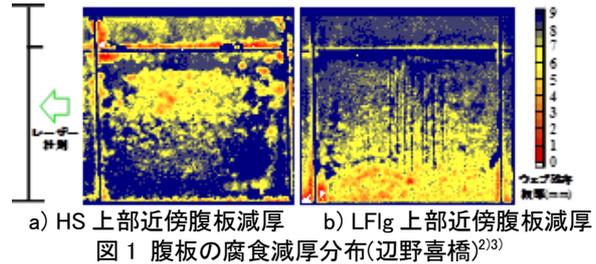


図1 腹板の腐食減厚分布(辺野喜橋)²⁾³⁾

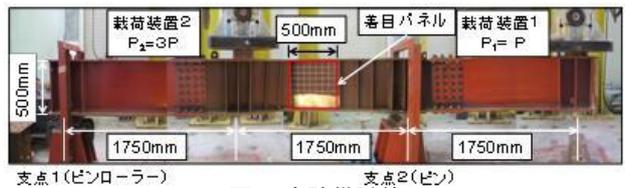


図2 実験供試体

	試験体図	試験体写真	試験体図	試験体写真
健全	500mm x 500mm		中央減厚: 125mm x 167mm, 334mm, 83mm. 減厚部 残存板厚 2.85mm	
下端欠損	400mm x 10mm		上部欠損: 90mm x 400mm, 10mm	
下端切上	125mm x 450mm, 10mm		上部減厚: 90mm x 400mm, 10mm. 減厚部 残存板厚 1.03mm	

図3 腐食を模擬した腹板の実験パラメータ

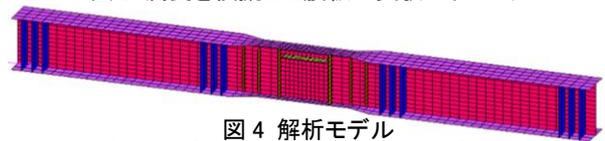


図4 解析モデル

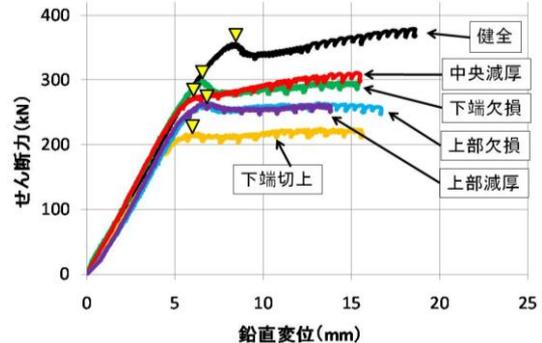


図5 せん断力-鉛直変位関係(実験)

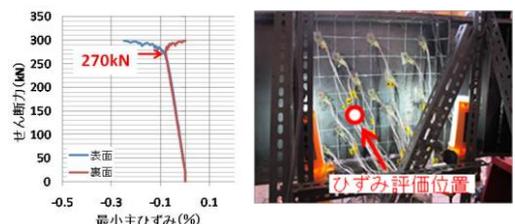


図6 腹板表裏の最小主ひずみ関係(下部欠損)

図 7 に腹板表裏の最小主ひずみ関係より求めた各パラメータのせん断座屈強度(実験値及び解析値)を示す. なお, せん断座屈強度は, 図 6 に示す腹板表裏のひずみが分岐したせん断力と定義した. 図 7 より, 最もせん断座屈強度が低下したのは, 最大せん断力同様に下端切上であるが, 中央減厚も大幅に低下した. その他のせん断座屈強度の低下の順は, 最大せん断耐荷力と同様の傾向を示した. また, FEM 解析でもほぼ同等の傾向が得られており, 健全($t=4.5\text{mm}, R_t=1.12$)のせん断座屈強度は, 理論式¹⁾とほぼ同等であった. 写真 1~7 に各パラメータの実験終了時のせん断座屈変形状態を示す.

3.3 せん断耐荷力特性

図 8 に示す解析で求めた各パラメータの相当応力のコンターを用いて, 図 5 及び図 7 で得られたせん断強度の低下特性について以下に考察する.

- ・健全は, 一般的なせん断座屈後に形成される張力場が斜め 45° 方向を示し, 左下と右上アンカーが明確である.
- ・下端欠損は, 欠損部近傍の応力が乱れており, 左下アンカー位置が上方に移動している傾向が見られ, その結果せん断座屈後に形成される張力場も健全時より上方に移動し, その幅も広がっている.
- ・下端切上は, 左下のアンカー位置を切断しているため, 形成される張力場がさらに上方に移動し, その幅も広がっている. このことが, 大幅なせん断座屈強度の低下要因と推察される.
- ・中央減厚は, 約 3mm に減厚された腹板中央部の応力が大きくなっており, その減厚範囲においてせん断座屈を生じたと考えられる. その結果せん断座屈強度が低下したと考えられる. なお, 低下したせん断座屈強度は, 腹板 3mm の理論値¹⁾に近い値となっている.
- ・上部欠損は, 欠損部近傍にて応力が乱れており, 右上アンカー位置が下方に移動している傾向が見られ, その結果せん断座屈後に形成される張力場が健全時よりも下方に形成されている.
- ・上部減厚は, 上部欠損と同様に, 健全よりも右上アンカー位置が下方に移動し張力場が形成されており, 減厚近傍の応力が乱れているのが伺える.

4. まとめ

腐食減厚分布及び腐食断面欠損がせん断耐荷力特性に影響を及ぼすことが確認された. 今後, これらの減厚欠損位置と減厚量をパラメータとした実験および解析を行い, 腐食鋼桁腹板の残存耐荷力評価法を構築する.

謝辞: 本研究は日本鉄鋼連盟「鋼構造研究・教育助成事業」の補助を受けて行った. ここに記して謝意を表します.

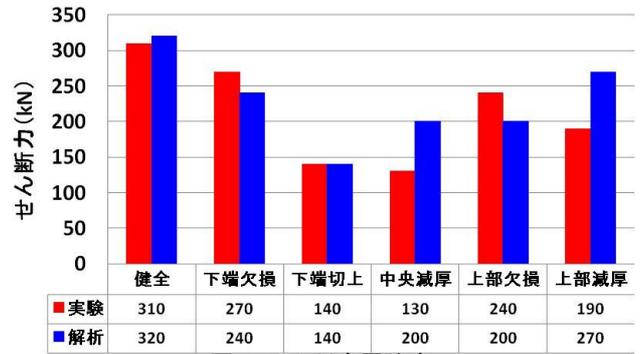


図 7 せん断座屈強度

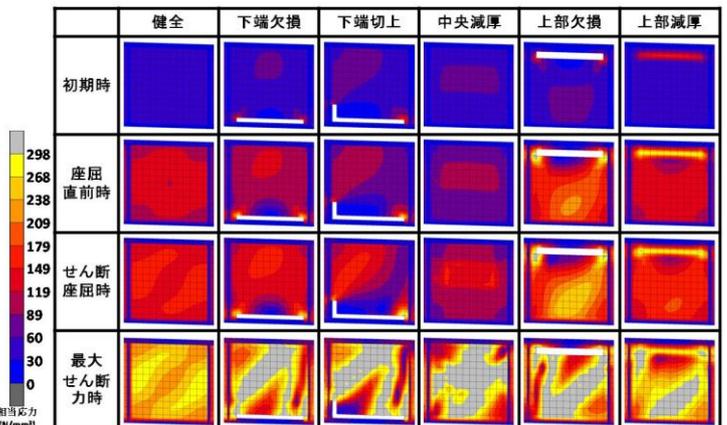


図 8 相当応力コンター図(実験値及び解析値)

【参考文献】

1)土木学会: 座屈設計ガイドライン(2005年度版), 平成 17 年 10 月 2)下里哲弘, 玉城喜章, 有住康則, 丸山直人, 矢吹哲哉, 小野秀一, 腐食劣化した鋼 I 桁のせん断耐荷力実験(その 1), 土木学会第 66 回年次学術講演会, I-523, pp.1045-1046, 平成 23 年 9 月 3)玉城喜章, 下里哲弘, 有住康則, 矢吹哲哉, 小野秀一, 腐食劣化した鋼 I 桁のせん断耐荷力実験(その 2), 土木学会第 66 回年次学術講演会, I-524, pp.1047-1048, 平成 23 年 9 月 4)(社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, I 鋼橋編, 平成 14 年 3 月