

腐食鋼 I 桁端部におけるせん断強度回復技術に関する実験的研究

宮地エンジニアリング株式会社 正会員 ○利光崇明 正会員 下里哲弘, 有住康則, 玉城喜章
金秀鉄工株式会社 正会員 島袋秀也, 長嶺由智

1.はじめに

鋼橋の腐食損傷はジョイントからの漏水による湿気及び飛来塩分の溜りやすい桁端部に多く発生し、特に主桁下フランジと腹板の減厚や破断損傷が生じている¹⁾²⁾。その対策として、当板ボルト補修や部材の交換が行われているが、施工が大規模となり経済的に負担となる場合がある。本研究では、腐食損傷部を簡易に補修でき、せん断強度が健全相当まで回復可能な技術の提案を目的に、せん断耐荷力実験を行った。

2.実験方法

せん断耐荷力実験の状況を図1に示す。試験部は上下フランジ及び垂直補剛材で囲まれた腹板(500×500mm)とした。また、面外変位計、腹板表裏に3軸ゲージを設置した。

2.1 試験パラメータ

試験パラメータ、補修材材料特性を図2に示す。損傷のないモデルを健全($t=4.5\text{mm}$, $R_t=1.12$)とし、腹板が減厚したモデルを一樣減厚($t=3.2\text{mm}$, $R_t=1.73$)、腹板が一樣減厚($t=3.2\text{mm}$)し腹板下端と下フランジを破断したモデルを下端欠損とした。

補修モデルは下端欠損に対し適用した。破断部の補修として当板ボルト、薄鋼板モデルを作製した。薄鋼板は、軽量かつ接着面端部のひずみ集中の軽減を考慮したL形薄鋼板($t=2.3\text{mm}$)を接着したモデルである。破断部と腹板の両方の損傷に対する補修として炭素繊維+薄鋼板モデルを作製した。炭素繊維+薄鋼板は、下フランジと腹板下端の破断部の荷重伝達回復としてL型薄鋼板接着、腹板の一樣減厚に対して薄層(4層)の高強度炭素繊維を腹板面に接着したモデルである。炭素繊維+薄鋼板(腹板面低弾性)は、腹板と補修材の間に低弾性の層を設けたモデルである。炭素繊維+薄鋼板(全面低弾性)は、腹板及び下フランジと補修材の間に低弾性層を設けたモデルである。表1に、補修に使用した接着剤の材料特性を示す。

3.実験結果

3.1 せん断耐荷力特性

図3に実験で得られたせん断力-鉛直変位関係を示す。縦軸は着目パネルに作用するせん断力、横軸は荷重装置の鉛直変位である。図内の三角マークは、各試験体の最

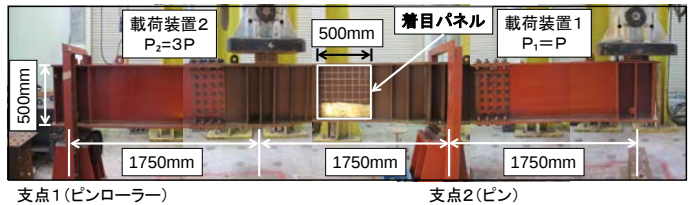


図1 せん断耐荷力実験

下端欠損	当板ボルト	薄鋼板
欠損部サイズ 幅:400mm 高さ:10mm	～当板ボルト～ 引張強度:400N/mm ² 引張弾性:2.0×10 ⁵ N/mm ² 密度:7.8g/cm ³	～薄鋼板～ 引張強度:400N/mm ² 引張弾性:2.0×10 ⁵ N/mm ² 密度:7.8g/cm ³ アクリル系接着剤使用
炭素繊維+薄鋼板	炭素繊維+薄鋼板 (腹板面低弾性)	炭素繊維+薄鋼板 (全面低弾性)
※片面4層 エポキシ系接着剤使用	腹板面 弾性係数の低い層 下フランジ 低弾性接着剤(ポリ)使用	腹板面 弾性係数の低い層 下フランジ 低弾性接着剤(ポリ)使用
～高強度炭素繊維～ 引張強度:3400N/mm ² 引張弾性:2.45×10 ⁵ N/mm ² 密度:1.8g/cm ³ t=0.167mm(一枚当たり)	腹板面に 低弾性の 接着剤(ポリ)を塗布	腹板面・下フランジ面に 低弾性の 接着剤(ポリ)を塗布

図2 試験パラメータ

表1 接着剤材料特性

項目	アクリル系 接着剤	エポキシ系 接着剤	ポリウレアパテ ³⁾
弾性係数	1000 N/mm ²	1000N/mm ² 以上	68 N/mm ²
引張強度	1N/mm ² 以上	45 N/mm ²	11 N/mm ²

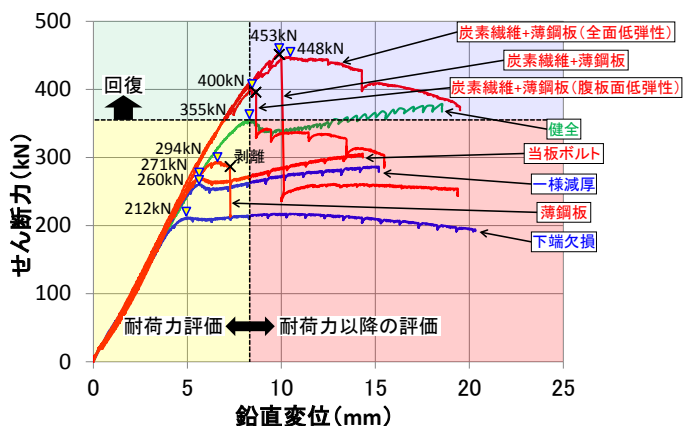


図3 せん断力-鉛直変位関係

キーワード 鋼 I 桁, 腹板腐食損傷, せん断耐荷力, 座屈モード, 回復技術

連絡先 〒903-0213 沖縄県西原町字千原1番地 琉球大学工学部環境建設工学科

TEL : 098-895-8666 FAX : 098-985-8677

大値を示す。図 3 より、下端欠損モデルは健全に対し最大値が約 40%低下した。破断部の回復補修を行った当板ボルト、薄鋼板モデルは、一様減厚相当($t=3.2\text{mm}$, 下フランジと腹板の破断なし)相当までせん断耐荷力が回復した。炭素繊維+薄鋼板シリーズは、健全相当($t=4.5\text{mm}$)までせん断耐荷力が回復し、特に全面低弾性モデルは耐荷力回復後もせん断力の急激な低下がない特性を有していた。

3.2 せん断強度と幅厚比の関係

せん断座屈強度は、面外変位の 2 乗と腹板表裏のひずみ分岐のうち、最小値を採用した。図 4 にせん断座屈強度-幅厚比の関係を示す。縦軸は各モデルのせん断座屈強度を健全のせん断座屈強度で無次元化した。横軸は各試験体の幅厚比パラメータ R_t である。ここで幅厚比パラメータは、炭素繊維を接着した場合、炭素繊維の厚さを鋼換算して算出した。また、当板ボルト、薄鋼板を補修した場合は、補修材より上部の腹板のアスペクト比で算出した。図 4 より、破断部の回復補修を行った当板ボルト及び薄鋼板モデルは、一様減厚以上のせん断座屈強度の回復を確認した。炭素+薄鋼板シリーズは健全相当までせん断座屈強度が回復した。また幅厚比に応じて、せん断座屈強度が大きくなった。

図 5 にせん断耐荷力-幅厚比の関係を示す。破断部の回復に補修を行った当板ボルト及び薄鋼板モデルは、アスペクト比に応じて幅厚比が小さくなり、せん断耐荷力が回復した。また、炭素繊維+薄鋼板シリーズも同様に、炭素繊維の増分、幅厚比が小さくなりせん断耐荷力が増大した。

3.3 面外変位と破壊形態

図 6 に面外変位及び破壊形態を示す。図には腹板の対角線を基線として示し、破線は終局時の張力場方向を示す。下端欠損モデルは、腹板下部の面外変位が大きく、張力場が対角線より上方に形成している。これに対し炭素繊維+薄鋼板(全面低弾性)モデルは、腹板下部の面外変位が小さくなり、張力場が対角線上に形成し、腹板全体でせん断力に抵抗しており、せん断強度が回復した一要因と考えられる。なお、耐荷力回復後、張力場アンカー部となる薄鋼板下フランジ面が徐々に剥離したが、急激に耐荷力は低下しなかった。

4. まとめ

本実験パラメータにおいて、炭素繊維+薄鋼板(全面低弾性)モデルは、健全相当までせん断強度が回復し、耐荷力回復後も急激な耐荷力の低下のない特性を示し、せん断強度の回復工法として良好の結果となった。今後の課題として、FEM 解析による回復メカニズムの解明、実腐食面での接着効果の検討を行う予定である。

謝辞：本研究は、日本鉄鋼連盟の研究助成として行った。また、新日鉄住金マテリアルズ株式会社コンポジット社より材料提供等の補助を受けて行った。ここに記して謝意を表します。

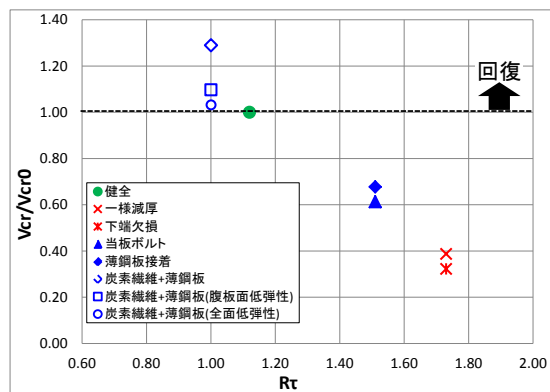


図 4 せん断座屈強度-幅厚比関係

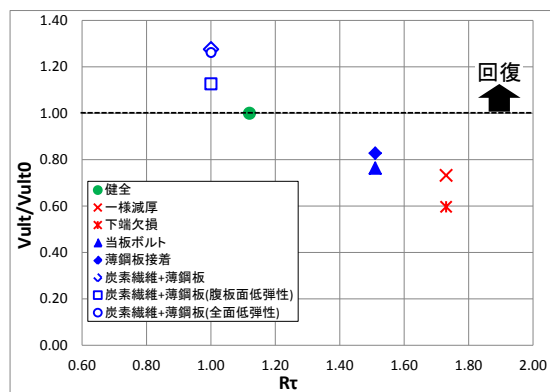


図 5 せん断耐荷力-幅厚比関係

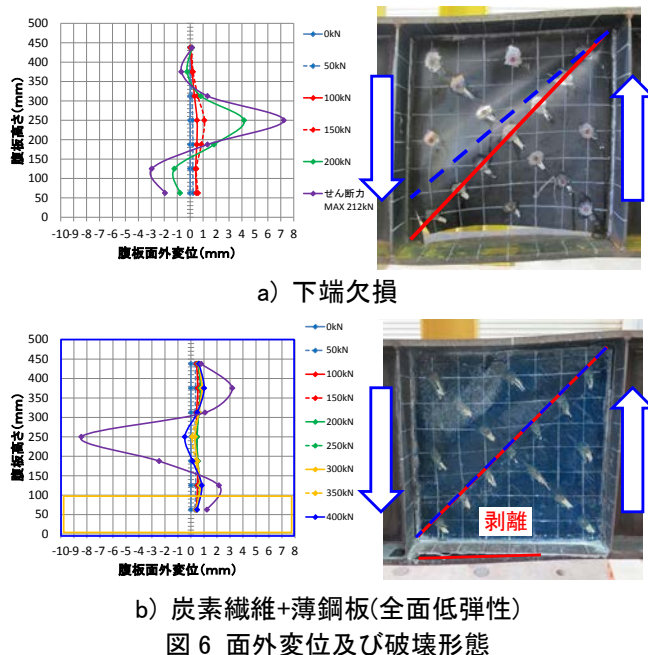


図 6 面外変位及び破壊形態

【参考文献】

- 1) 土木学会:腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル, pp.1-222-2-178, 2009.3.
- 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) 奥山雄介, 宮下剛, 若林大, 小出宣央, 秀熊佑哉, 堀本歴, 長井正嗣, 鋼桁端部腹板の腐食に対する CFRP を用いた補修工法の実験的研究, 構造工学論文集 Vol.58A