

腐食鋼 I 桁のせん断耐力評価に関する研究 (その 2)

～ 弾塑性 FEM 解析を用いた検討 ～

(株)横河技術情報 正会員○山田昌樹, 琉球大学 正会員 下里哲弘, 有住康則, 玉城喜章
琉球大学 フェロー会員 矢吹哲哉, 琉球大学 学生会員 利光崇明

1. はじめに

腐食鋼 I 桁橋のせん断耐力評価の検討のため, 実腐食鋼 I 桁腹板の腐食減厚分布データを用いて詳細な解析モデルを作成し, 弾塑性 FEM 解析を行い, 現行の座屈設計ガイドライン¹⁾との比較を行った。

2. 解析手法

図 1 に実腐食腹板を用いて実施した^{2) 3)}耐力力実験の試験体を示す。図 2 に実腐食腹板の板厚を用いた解析モデルを示す。表 1 に解析モデルの腐食 Type と腹板の平均板厚及び最小板厚, 図 3 に解析モデルの腐食減厚分布の一例を示した。上フランジ厚さは RC 床版換算により 50mm, 下フランジ厚さは設計板厚 12mm とした。腹板の初期たわみは, 正弦波の半波形を水平補剛材以下の腹板単一パネルに入力した⁴⁾。また, 载荷は桁中央に鉛直方向の強制変位を与え, 境界条件は単純支持とした。応力とひずみ関係は, 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。降伏応力は腐食鋼材を加工した引張試験の試験結果より 454N/mm^2 を用いた。

3. 解析結果

3.1 荷重-変位関係

図 4 に荷重と鉛直変位および腹板中央部の面外変位の関係を示す。図中, 腹板が設計板厚の 9mm の解析結果も示した。同図 a) より, 水平補剛材上部近傍及び腹板中央部が腐食しているケース 4 および 5 の平均板厚は他の解析ケースと同程度であるにもかかわらず, 最大荷重は低下した。また, 同図 b) より, 腹板中央の面外変位は平均板厚の減少に従い, 低い荷重で顕著に大きくなる傾向を示した。

3.2 せん断座屈特性

図 5 に荷重と最小主ひずみの関係および腹板の面外変形分布を示す。ここで最小主ひずみは, 腹板の中心近傍の表裏面の値を示す。図中, 腹板表裏の最小主ひずみの分岐点付近を矢印で表示し, また, 座屈設計ガイドライン¹⁾を用いて水平補剛材以下の腹板の単一パネルの平均板厚より算出したせん断座屈荷重 $P_{cr,guide}$ を破線にて示す。図 5 より健全相当のケース 1 と腹板下部腐食のケース 3 は, 解析値とガイドライン値でほぼ



図 1 せん断耐力試験体

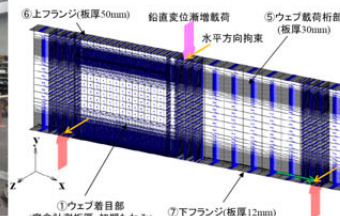
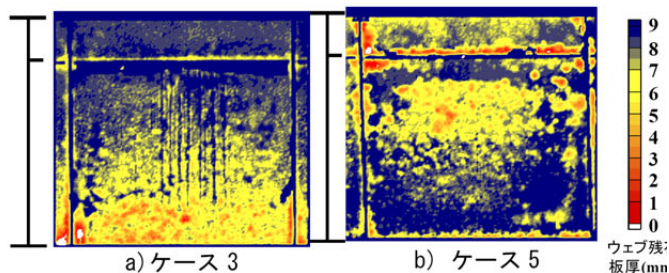


図 2 解析モデル

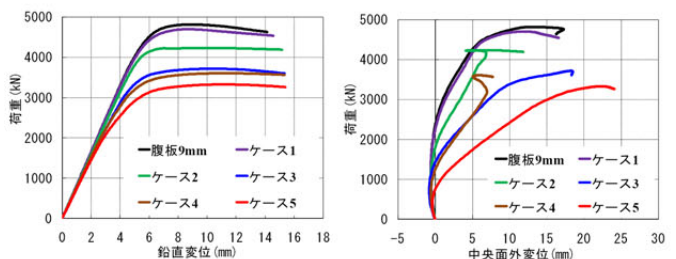
表 1 腹板の腐食 Type および平均板厚・最小板厚

ケース	腐食 Type	腹板厚さ		特徴
		平均値(mm)	最小値(mm)	
1	健全相当 Type	8.88	4.51	腐食減厚が少ない
2	両面腐食 Type	8.13	5.22	両面から腐食, 腐食減厚が少ない
3	腹板下部腐食 Type	7.47	0.31	下フランジ近傍の腹板に腐食減厚
4	HS 及び腹板中央腐食 Type	7.93	0.24	水平補剛材上部近傍と腹板中央に腐食減厚
5	HS 及び腹板中央腐食(卓越) Type	7.49	0.25	同上



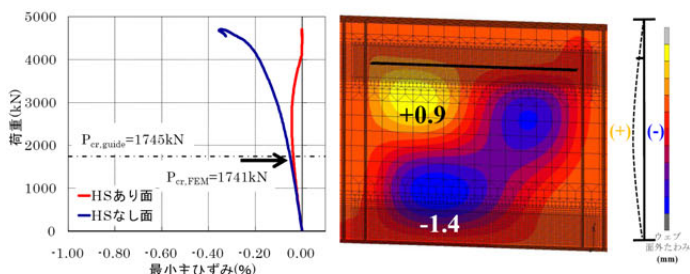
a) ケース 3 (腹板下部腐食 Type) b) ケース 5 (HS 及び腹板中央部腐食(卓越) Type)

図 3 腐食減厚分布の一例



a) 荷重-鉛直変位関係 b) 荷重-腹板中央面外変位関係

図 4 荷重-変位関係



a) ケース 1 (健全相当 Type)

図 5 荷重-最小主ひずみ関係および面外変形分布 (その 1)

キーワード 鋼 I 桁橋, 腐食腹板, せん断座屈荷重, せん断耐力, 弾塑性 FEM
連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 47-1 横河第二テクノビル TEL047-435-6111

同程度を示した。しかし、水平補剛材上部近傍及び腹板中央部が腐食しているケース 5 においては解析値とガイドライン値は差があり、解析値は低い値を示した。

4. せん断力評価

図 6 に座屈設計ガイドライン¹⁾を用いて算出したせん断力 $V_{cr,guide}$ と解析で得られたせん断力 $V_{cr,FEM}$ の比較を示す。図中、腹板が設計板厚 9mm と一様減厚 8mm, 7mm における解析値も示した。図 6 よりケース 4 および 5 の解析値 $V_{cr,FEM}$ はガイドライン値 $V_{cr,guide}$ よりも低い。また、図 6 より解析値 $V_{cr,FEM}$ から逆算したケース 4 および 5 のせん断座屈係数はそれぞれ $\kappa=5.04$, 4.26 となり、座屈設計ガイドライン¹⁾より算出したせん断座屈係数($\kappa=8.09$)のおよそ半分の値となった。

5. 腐食劣化した鋼 I 桁のせん断耐荷力評価法の検討

単一パネルにて算出した $V_{cr,guide}$ よりも解析値 $V_{cr,FEM}$ が小さくなったケース 4 および 5 に対して、腹板の平均板厚を腹板全体で算出する腹板 1 パネル、斜め張力場の範囲相当にて算出する張力場タイプにてせん断力 $V_{cr,guide}$ を算出し、解析値 $V_{cr,FEM}$ との比較を行った。

5.1 腹板 1 パネル

図 7 に腹板 1 パネルにおけるせん断力 $V_{cr,guide}$ と各解析値 $V_{cr,FEM}$ の比較を示す。図中、腹板が設計板厚 9mm, 一様減厚 8mm, 7mm における解析値および単一パネルにて算出したせん断力も示した。図 7 より、腹板 1 パネルで算出したせん断力 $V_{cr,guide}$ と解析値 $V_{cr,FEM}$ の差は単一パネルで算出した値より若干差が小さくなった。

5.2 張力場タイプ

図 8 に張力場タイプの腐食減厚評価範囲を示す。張力場の範囲は座屈設計ガイドライン¹⁾に基づき、圧縮フランジと引張フランジに生じる塑性ヒンジの位置 C_c, C_t , 斜張力場の傾斜角 θ を用いて算出した¹⁾。図 9 に張力場タイプにおけるせん断力 $V_{cr,guide}$ と各解析値 $V_{cr,FEM}$ の比較を示す。図 9 より、張力場タイプで算出したガイドライン値 $V_{cr,guide}$ と解析値 $V_{cr,FEM}$ の差は腹板 1 パネル同様に若干小さくなった。

6. まとめ

- (1) 水平補剛材上部近傍及び腹板中央部が腐食しているケース 4 および 5 の最大荷重は、他のケースと平均板厚が同程度であるにもかかわらず低下した。
- (2) 水平補剛材上部近傍及び腹板中央部が腐食しているケース 4 および 5 のせん断座屈荷重のみが座屈設計ガイドライン¹⁾と異なる結果となった。

今後の課題として、水平補剛材近傍の腹板や腹板中央部が腐食した鋼 I 桁のせん断耐荷力評価について、

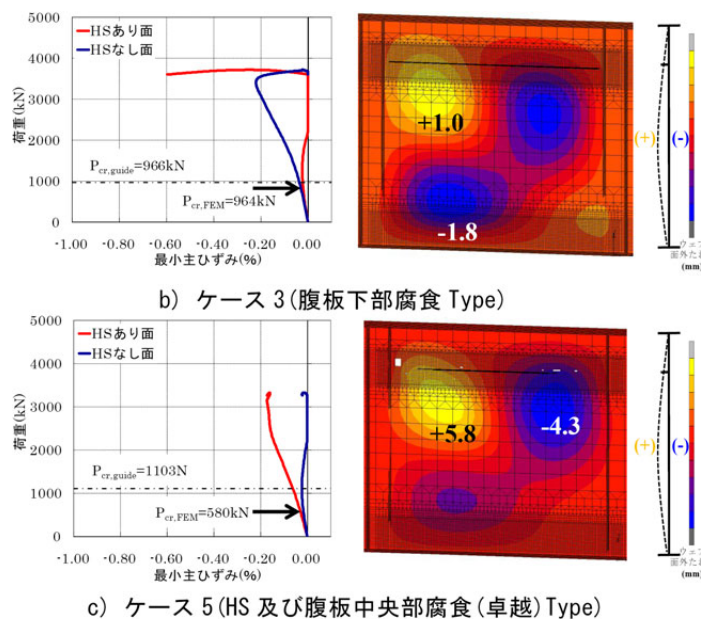


図 5 荷重-最小歪み関係およびせん断座屈 (その 2)

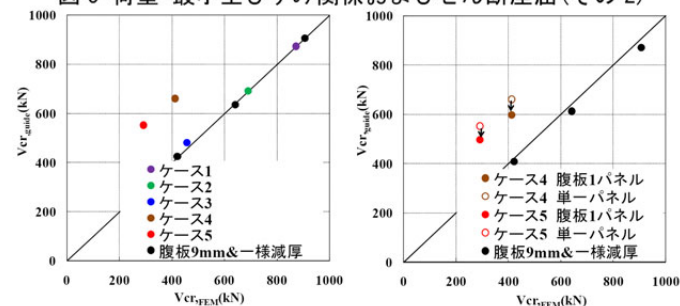


図 6 せん断力の比較 (単一パネル) 図 7 せん断力の比較 (腹板 1 パネル)

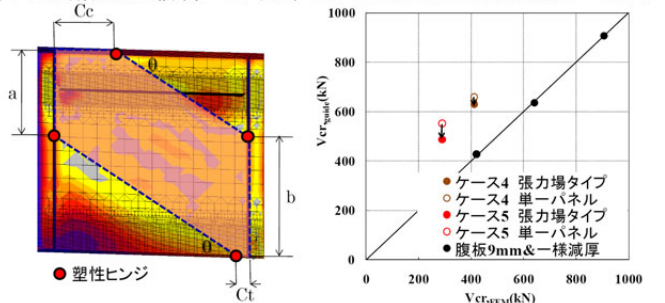


図 8 腐食減厚評価範囲

図 9 せん断力の比較 (張力場タイプ)

更なる解析的検討を行う。

本研究は、国土交通省道路局新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の委託研究として実施したものである。

【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，II 鋼橋編，平成 14 年 3 月