支承部付近が腐食した鋼橋のせん断耐荷力評価とその補強法

パシフィックコンサルタンツ株式会社　正会員　○浅尾　尚之
広島大学　フェロー会員　藤井　堅

１．はじめに

国内に存在する数多くの鋼橋のうち，より古くに建設された鋼製プレートガーダーにおいて，経年劣化にともなう腐食損傷がより一層，顕在化している．そんな中，昨今の維持管理分野においては，桁本体の残存強度を定量的観点から適切に評価したうえで，対処法を決定することが強く求められている．特に支承部付近ではウェブや垂直補剛材の腐食劣化が数多く見られることから，本研究では腐食モデルに基づく支承部付近の残存せん断耐荷力や耐力低下傾向を解析的に検討および評価し，強度回復を目的とした補強法の具体的提案までを行う．

２．せん断耐荷力評価

２．１　解析モデル

本解析では，汎用解析プログラム NASTRAN を使用し，Fig.1 に示す主桁の対称性を考慮した鋼製プレートガーダーの解析モデル(4 節点シェル要素)を対象とする．また，曲げの影響を極力小さくするために支承部近くに鉛直荷重を作用させ，文献 1)を参考として，代表的な腐食範囲を設定する．解析モデルの鋼材には SS400 材を採用し，材料特性として，降伏応力 σ_y=235(MPa)，弾性係数 E=200(GPa)，ポアソン比 ν=0.3 を用いる．また，材料構成則には完全弾塑性モデルを適用する．

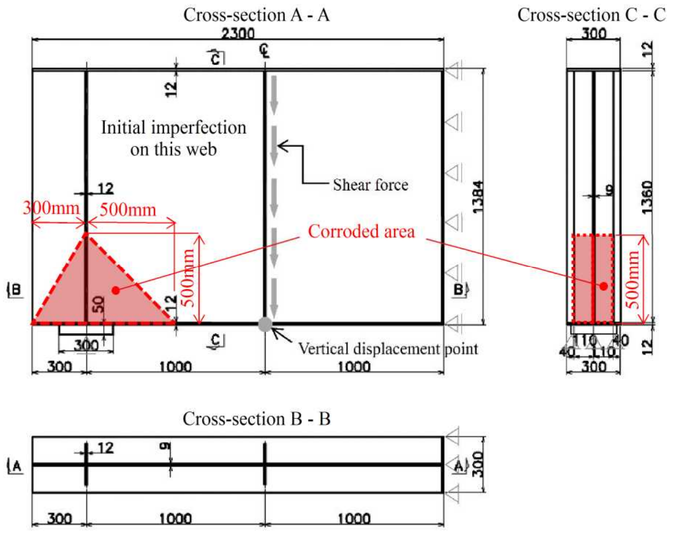


Fig.1 解析モデルの寸法および腐食対象範囲

２．２　残存板厚

Fig.1 の腐食範囲(赤色網掛部)に対して，Table 1 に示すウェブや垂直補剛材の残存板厚の組合せパターン(健全度状態時を含む)を設定のうえ，解析検討を実施する．

Table 1 解析ケース(腐食に伴う各部材の残存板厚)

I. Non-corroded (Original thickness)			
Analytical case	**(1)**		
Web (mm)	**9**		
Vertical stiffener (mm)	**12**		
II. Web (Corroded)			
Analytical case	**(2)**	**(3)**	**(4)**
Web (mm)	7	5	3
III. Vertical stiffener (Corroded)			
Analytical case	**(5)**	**(6)**	**(7)**
Vertical stiffener (mm)	**10**	**8**	**6**
IV. Web and vertical stiffener (Simultaneously corroded)			
Analytical case	**(8)**	**(9)**	**(10)**
Web (mm)	**7**	**5**	**3**
Vertical stiffener (mm)	**10**	**8**	**6**

２．３　解析結果

支承部周辺のウェブもしくは垂直補剛材のみが腐食したモデル，および双方が同時に腐食したモデルに対する減肉量と残存強度の関係を Fig.2 に示す．これより，ウェブ腐食が桁端部におけるせん断耐荷力の低下に最も影響を及ぼしているのがわかる．これは，作用せん断

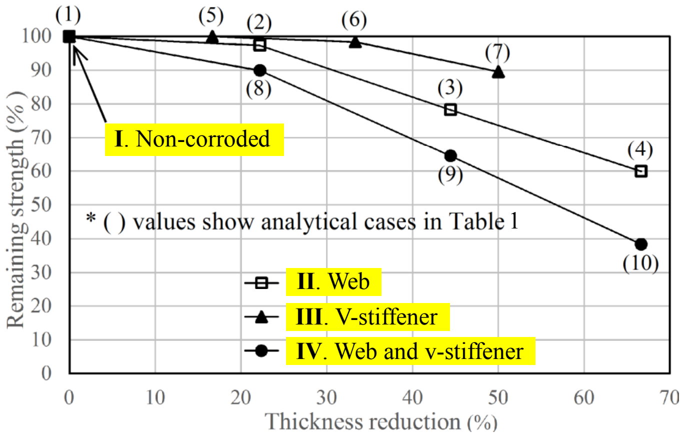
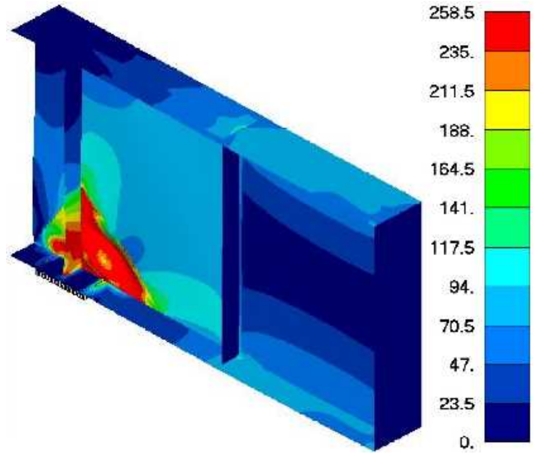


Fig.2 腐食に伴うせん断耐荷力低下

キーワード　せん断耐荷力，局部腐食，局部座屈，補強法，強度回復
連絡先　〒101-8462　東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地　パシフィックコンサルタンツ株式会社
国際事業本部　国際プロジェクト部　交通・鉄道インフラ室　TEL 03-6777-3733

力をウェブの斜め張力場で受けもつ前に，ウェブ腐食部に局部座屈が生じることに起因する．また，ウェブと垂直補剛材が同時に腐食したモデルでは，ウェブのみが腐食した場合よりも大幅な強度低下が生じている．これは，ウェブ腐食部に局部座屈が生じる際，作用せん断力が垂直補剛材に集中的に再配分されるために，垂直補剛材のみが腐食した場合よりも，せん断耐荷力が大幅に低下したものと考えられる(Fig.3).



[Fig.2 における解析ケース(10)の時点]

Fig.3 最大せん断力時の応力分布および変形図(補強前)

3．補強対策

上記の検討結果を踏まえ，現実的にせん断耐荷力が低下した鋼製プレートガーダーに対して，供用状態下で対処可能な補強方法の具体的な提案を行い，そのせん断耐荷力の回復効果についても解析的に評価する．

3．1 補強モデル

上記の Table 1 に示す解析ケースのうち，最もせん断耐荷力低下の著しい解析ケース(10)を検討対象として，Fig.4 に青色で示す計 4 本のアングル鋼(L 形鋼)を両側からボルトで取り付けた補強モデルを提案する．この補強材(アングル鋼：L 形鋼)の仕様を Table 2 に示す．

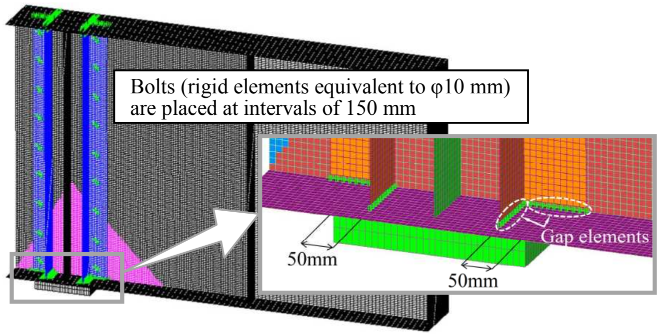


Fig.4 計 4 本のアングル鋼を用いた桁端部補強

Table 2 補強材(アングル鋼)の仕様

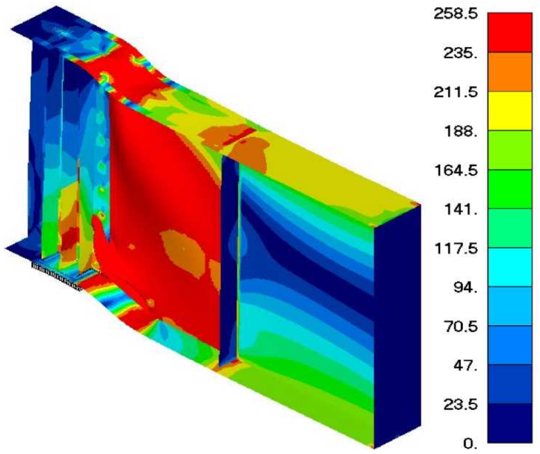
Material	Grade	Quality	Section size (mm)	
Angle steel	JIS G 3192	SS400	10 (t)×100 (A)×100 (B)	

3．2 補強効果

補強前，補強後のアングル鋼(計 4 本)の各々に対する最大せん断耐荷力の解析値を Table 3 に示す．この結果より，補強後のせん断耐荷力が，健全度状態時の解析ケース(1)と同じレベルにまで回復しているのがわかる．また，Fig.5 より，耐荷力向上へウェブの斜め張力場が有効に機能していることが確認でき，補強した 4 本のアングル鋼にも大きな軸力が作用しているのがわかる．

Table 3 健全度状態時と補強前後の最大せん断耐荷力

Analytical case	Maximum shear capacity (kN)		Remarks
	Before reinforcement	After reinforcement	
(1)	1440	―	Non-corroded
(10)	553 → See Fig.3	1454 → See Fig.5	Corroded



[解析ケース(10)を基にした補強モデル]

Fig.5 最大せん断力時の応力分布および変形図(補強後)

4．まとめ

(1) 支承部周辺に生じる局部腐食によるウェブのみの減肉ケースは，垂直補剛材のみの減肉ケースよりもせん断耐荷力の低下程度に大きな影響を及ぼす．

(2) 局部腐食が生じる場合の崩壊形式は，ウェブもしくは垂直補剛材の局部座屈によるもので，ウェブと垂直補剛材で構成される十字柱が支点反力を受け持つことができなくなり崩壊する．そのため，双方とも腐食した場合には，垂直補剛材のみが腐食した場合と比べて，そのせん断耐荷力の低下傾向がさらに大きく現れる．

(3) 計 4 本のアングル鋼を補強に用いることで，健全度状態時のせん断耐荷力相当にまで強度を回復できると同時に，施工性や経済性にも優れた手法とできる．

参考文献

1) 玉越ら：鋼道路橋の局部腐食に関する調査研究，国土技術政策総合研究所資料，No.294，pp.14-32，2006.1