

腐食した鋼板のせん断耐荷力評価方法に関する研究

西日本高速道路 正会員 藤井 雄介, 高速道路総研 正会員 原田 拓也
 東日本旅客鉄道 正会員 小林 亮司, 日立造船 正会員 大庭 拓也
 宮地エンジニアリング 村井 向一, 横河ブリッジ 蔭山 裕太
 三井共同コンサル 別所 和希, 前橋工科大学 正会員 谷口 望

1. はじめに

橋梁の維持管理では定期点検の判定などマニュアル化等により効率化が図られている。しかし、定期点検における変状に対する性能評価は、定性的な評価が一般的であり、特に道路橋においては、詳細調査や対策の要否は技術者の技量によるところが大きい。また、詳細調査や対策を実施する場合は、更に膨大な時間と費用を要することとなる。本研究では、劣化・損傷のうち腐食に着目し、既往の耐荷力評価式の整理・試算を行い、簡易調査によって定量的に対策の要否を判定できる方法の可能性について検証を行った。

2. 圧縮耐荷力評価式の整理

腐食が生じたせん断部材の板厚評価及びせん断耐荷力の耐荷力の評価方法について、表-1 に示す評価式をはじめとする、いくつかの提案がなされている^{1)~5)}。これらの提案は、それぞれで検討条件は厳密には異なっており、適用範囲については共通でない部分もあり注意を要する。特に局部腐食を有する支点部の端部パネルにおいては、実橋から採取した試験片による載荷試験、非線形有限要素解析により、平均板厚、標準偏差などの統計量に基づいて等価板厚が評価されており、実橋への適用性から計測点数や計測精度の影響を考慮した方法もある。ここでは、提案されている複数の評価式について、I桁ウェブの腐食を想定したモデルを作成し、作成したモデルを提案されている評価式で試算することで、評価式の適応について確認する。

表-1 代表的な板厚評価式

No	有効板厚	耐力評価法
1	$t_e = t_{\min, ave}$ $t_{\min, ave}$: 最小平均板厚	座屈設計ガイドライン ¹⁾ V_u に関して評価
2 ²⁾	$t_e = t_{ave}$ t_{ave} : 平均残存板厚	座屈設計ガイドライン V_u に関して評価
3 ³⁾	$t_e = t_{ave} - \beta s$ t_{ave} : 局部腐食が生じている範囲の平均残存板厚 β : 定数 (=1.0) s : 標準偏差	座屈設計ガイドライン V_{cr} に関して、以下の式より算出 $\tau_{cr} / \tau_y = 1$ ($\lambda_s \leq 0.6$) $= 1 - 0.614(\lambda_s - 0.6)$ ($0.6 < \lambda_s \leq \sqrt{2}$) $= 1 / \lambda_s^2$ ($\sqrt{2} < \lambda_s$) ここに、 λ_s : 座屈パラメータ、 τ_y : 降伏せん断応力

3. 圧縮耐荷力評価式の試算

(1) 想定腐食モデル

評価式の試算に用いる腐食モデルは、図-1 に示すようなI桁ウェブの桁端部パネルを想定したモデルとする。モデルは、板厚 9mm、材質 SM490Y、ウェブ高×パネル幅 1700mm×943mm、下フランジより 1355mm の高さに水平補剛材を有する形状とする。腐食形状は、実橋における腐食形状を参考に、パネル下端と支点部補剛材付近が激しく腐食している腐食形状とする。また、縦横それぞれ 1mm ピッチで腐食量を数値化している。

(2) 試算結果

1) 耐荷力の試算結果

腐食モデルに対して、平均残存板厚と論文 No.3 の有効板厚式を用いて、平均残存板厚および代表板厚による耐荷キーワード 橋梁点検, 劣化診断, 耐荷力評価

連絡先 〒559-8559 大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船(株) TEL06-6569-0261

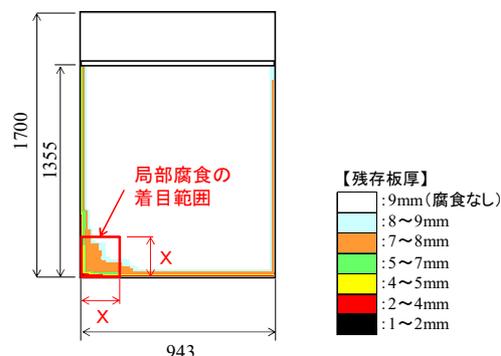


図-1 腐食モデル (I桁ウェブパネル)

力をそれぞれ試算する。平均残存板厚を算出する際は、局部腐食が生じている範囲として、図-1に示すように、最も腐食が激しいモデル左端の範囲に着目する。試算する範囲は、パネル全体(1355mm×943mm)をCASE1, CASE2～CASE5を50mm×50mm, 100mm×100mm, 200mm×200mm, 300mm×300mmとして合計5ケース実施する。

せん断耐荷力の試算結果を図-2に示す。標準偏差を考慮することで、いずれのケースともに耐荷力が下がり、腐食量の標準偏差が耐荷力に影響を及ぼすことが確認できた。

2) 計測ピッチの違いによる影響

1) の試算では着目範囲を1mmピッチで計測した場合の結果を試算した結果を示したが、実際の計測では1mmピッチで計測することはせず、作業性の観点からある程度の間隔を飛ばして計測を行う場合が多い。そのため、幅、高さ方向共に、5mm, 10mm, 20mm, 40mmと板厚計測ピッチを飛ばすことによる影響を試算する。各着目範囲の計測ピッチ毎の板厚を図-3(a), (b)に示す。ほとんどの場合において、ピッチを飛ばした場合、平均板厚、代表板厚共に板厚が薄く、安全側に評価されている。これは、計測ピッチを飛ばす際、モデル最小板厚箇所(孔食箇所)を見落とさないように、最小板厚の箇所を含む形でピッチを飛ばしているためであり、実計測においても、腐食量の大きい箇所を見落とさず計測することが安全側の評価につながるという。

4. まとめ

今回の試算結果では、腐食量が比較的に小さい状態であれば、試算した評価式を用いることで簡易評価することが可能と分かった。また、標準偏差を考慮することにより安全側の評価となることも確認できた。このことから、腐食量が小さい範囲では、点検時の詳細計測実施を判断するスクリーニングとして本評価式で耐荷力を予測することが考えられる。また、断面を計測する場合においても、最小板厚部を含んだ計測ピッチにすることにより、測点数を減らしても安全側に評価できることを確認した。なお、実橋の桁端パネルで下フランジ付近に局部腐食の影響を受けても、せん断耐荷力の低下は小さいことが報告されている⁴⁾。しかしながら、支点付近の腐食は支点反力を伝達する重要な部分であり、早期に健全性を確保すべきという観点から、本文では安全側の評価を示すものである。今後は、詳細な解析的検討や実験的検討を行い、各評価方法の適用範囲の確認や、評価方法を用いる際の注意点をまとめる予定である。本研究は、鋼橋技術研究会 鋼橋の劣化機構検討部会(会長:ものづくり大学・大垣賀津雄)WG1の活動内容であり、関係各位からご指導いただきましたことを感謝いたします。

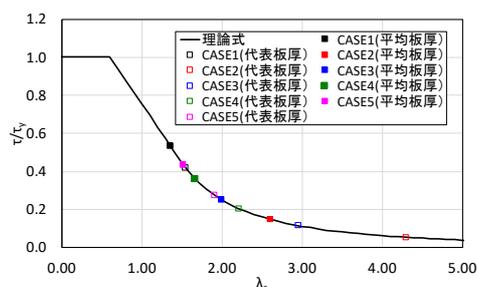


図-2 試算結果

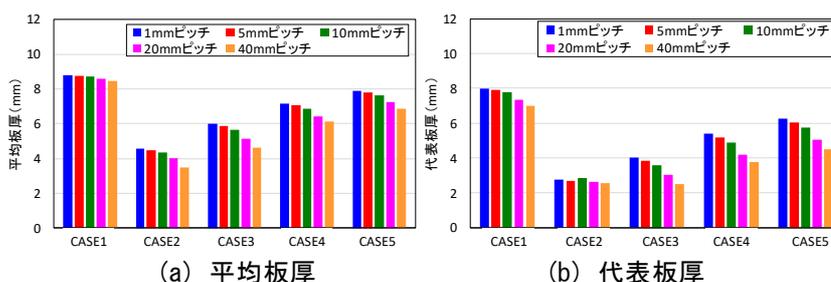


図-3 計測ピッチによる板厚の違い

参考文献

- 1) (社)土木学会：座屈設計ガイドライン，2005
- 2) 下里哲弘，玉城喜章，有住康則，矢吹哲哉，小野秀一，三木千壽：実腐食減厚分布を有する鋼プレートガーター腹板のせん断強度特性に関する実験的研究，土木学会論文集 A1, Vol.70, No.3, 359-376, 2014
- 3) 佐竹亮一，藤井堅，藤井晴香，植村俊哉，中山太土：局部腐食を有する鋼桁のせん断応力分布と残存せん断耐力の評価，鋼構造論文集, 22-85, 2015.3
- 4) 劉翠平，宮下剛，長井正嗣：端部パネルの局部腐食をもつ I 形断面桁のせん断耐力に関する考察，構造工学論文集, Vol.57A, 2011.3
- 5) 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