

腐食進展にともなうラジアルゲートの耐力の低下予測

広島大学大学院 学生会員 ○橋本 和朗 広島大学大学院 学生会員 木下 一孝
 広島大学大学院 正会員 藤井 堅 広島大学大学院 フェロー会員 中村 秀治
 株式会社V S N Patthamma Thongsin

1. 目的

近年、腐食による経年劣化した水門が増加している。腐食した水門を適切かつ合理的な維持管理を行うには、腐食した水門の残存耐力評価および耐力低下予測を正確に行うことが強く要求されている。そこで本研究では、ラジアルゲートを対象に、真水による水門の腐食表面の波形特性を明らかにする。次に経時変化モデルによりその波形特性を考慮した腐食表面を再現し、さらに腐食表面の将来変化を予測する。それらの結果に基づいて腐食した水門の残存耐力評価・耐力低下予測を強度解析によって、適切かつ合理的な維持管理・更新システムを構築するための基礎資料を提供する。

2. 腐食面の波形特性

定期点検で得られたラジアルゲート表面の腐食深測定結果を用いてFFTによりパワースペクトル密度を求め、波形特性を明らかにした。その結果を図-1に示す。図には、飛来塩分を受けて腐食した橋梁および海洋中に放置されていた鋼管の表面計測結果から求めたパワースペクトル密度の結果もあわせて示す。図中、 $S(\lambda)$ ：パワースペクトル密度 (mm^3)、 Z_{avg} ：平均腐食 (mm)、 σ ：標準偏差 (mm)、 λ ：波数($1/\text{mm}$)を表す。図-1から平均腐食深はほぼ同じであるが、腐食条件によってパワースペクトルのピークが異なることがわかる。図では、水門の腐食面の波形は、鋼管・橋梁よりも波長の長い成分が多く含まれていることがわかる。

3. 腐食進展を考慮したラジアルゲートの強度解析

3.1 解析概要

本解析で用いた解析モデルは、ラジアルゲートの脚柱部のトラニオンピン近傍のH梁である。詳細および要素分割図を図-2に示す。解析は、汎用構造解析プログラム ABAQUS による弾塑性有限変位解析で行い、要素は4節点シェル要素を使用し、応力-ひずみ関係は完全弾塑性とし、Mises の降伏条件を用いた。鋼材はSS400で、降伏応力 $\sigma_Y = 235\text{MPa}$ 、弾性係数 $E = 210\text{GPa}$ 、

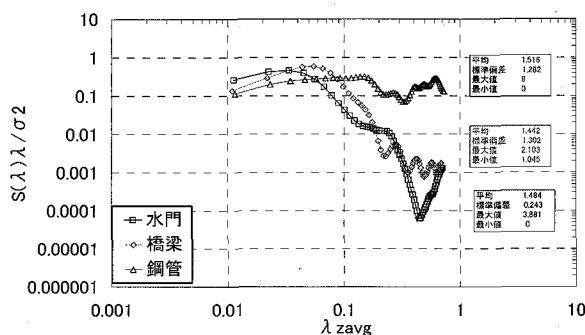


図-1 パワースペクトル密度の比較

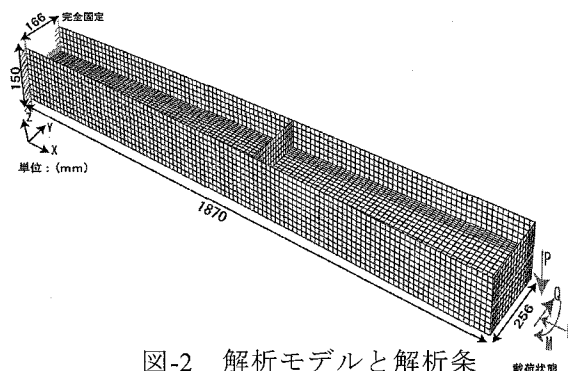


図-2 解析モデルと解析条

ポアソン比=0.3とした。境界条件は、図-2のようにピン部を完全固定し、他端を自由とした。自由端に常時設計静水圧荷重の作用下で巻き上げ力を与えて、フランジのみが腐食した場合とウェブのみが腐食した場合を想定して強度解析を行う。

3.2 腐食表面

腐食表面は、定期点検で計測された表面計測結果に基づいて経時変化モデルによって作成した。経過年数 $T=100(\text{Year})$ 、塗膜の耐用年数を20年、塗膜の塗替えを30年とした場合を想定して作成した。①フランジのみが腐食する場合、平均腐食深、標準偏差の推移が同じで橋梁の腐食面の波形(Case1)と水門の腐食面の波形(Case2)に対応させて2種類の腐食表面を作成した。経過年数50年での板厚等高線、ヒストグラムを図-3に示す。図から平均腐食深、標準偏差がほぼ同じであっても腐食面の波形が異なると、腐食形態が異なることがわかる。②ウェブのみが腐食する場合、腐食表面Case1の腐食表面形状とほぼ同じになるように作成した。

3.3 解析結果

腐食後、凹凸を考慮しないで残存平均板厚を用いた場合と凹凸のある腐食表面 Case1 を用いた場合の耐力低下の比較を図-4 に、平均腐食深・標準偏差の推移がほぼ同じで、波形特性の異なる腐食表面 Case1, Case2 の耐力低下の比較を図-5 に、ウェブのみが腐食する場合、フランジのみが腐食する場合（腐食表面 Case1）の耐力低下の比較を図-6 に示す。

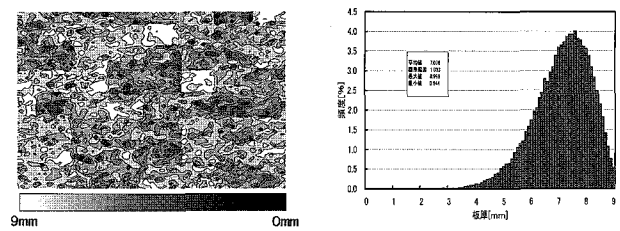
図-4 から凹凸のある腐食表面 Case1 を用いた残存耐力は、凹凸のない残存平均板厚を用いた残存耐力よりも低いことがわかる。50 年経過後、元板厚の耐力に対して凹凸のある腐食表面 Case1 の耐力は 54%，凹凸を考慮しない残存平均板厚の耐力は 59%まで耐力が低下しているのがわかる。

図-5 から波長の長い成分が多く含まれる水門の腐食表面 Case2 を用いた残存耐力は、波長の短い成分が多く含まれている橋梁の腐食表面 Case1 を用いた残存耐力よりも低いことがわかる。50 年経過後、元板厚の耐力に対して水門の腐食表面 Case2 の耐力は 47%，橋梁の腐食表面 Case1 の耐力は 54%である。

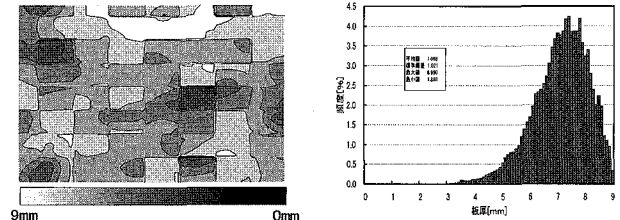
図-6 からフランジのみが腐食する場合の残存耐力は、ウェブのみが腐食する場合の残存耐力よりも明らかに低いことがわかる。50 年経過後、元板厚の耐力に対してフランジのみが腐食する場合の耐力は 54%に対して、ウェブのみが腐食する場合の耐力は 94%で低下はわずかである。

4. 結論

- 1) 腐食表面のスペクトル解析により、真水による水門の腐食面の波形は、飛来塩分を受けた橋梁や海洋環境にあった鋼管の腐食面の波形よりも波長の長い成分が多く含まれていることがわかった。
- 2) 腐食進展を考慮したラジアルゲートの強度解析結果から、
 - ①凹凸のある腐食表面 Case1 を用いた残存耐力は、凹凸のない残存平均板厚を用いた残存耐力よりも低い、
 - ②波長の長い成分が多く含まれる水門の腐食表面を用いた残存耐力は、波長の短い成分が多く含まれている橋梁の腐食表面を用いた残存耐力よりも低い、
 - ③ランジのみが腐食する場合の残存耐力は、ウェブのみが腐食する場合の残存耐力よりも明らかに低いことがわかった。



a) 腐食表面 Case1(橋梁の腐食面の波形)



b) 腐食表面 Case2(水門の腐食面の波

図-3 腐食表面 Case1,2 の等高線図 (左), ヒストグラム

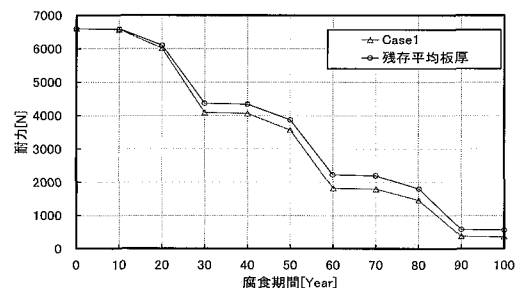


図-4 凹凸ありなしによる耐力低下の比較

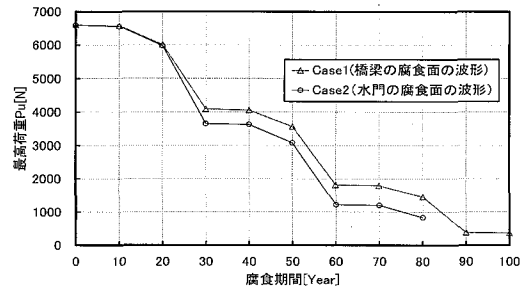


図-5 波形特性の違いによる耐力低下の比較

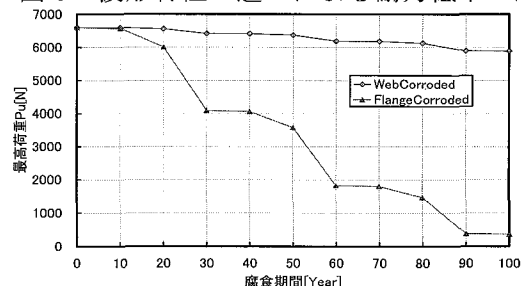


図-6 各部材の腐食状況による耐力低下の比較

5. 謝辞

なお、本研究では財団法人中電技術財団の H16 年度研究助成金を頂いております。ここに記して深く謝意を表します。

6. 参考文献 藤井堅, 山本治, 原考志, 中村秀治: 鋼表面の腐食進展に基づく鋼板圧縮強度低下の経時予測, 構造工学論文集 Vol152A, 2006 年 3 月。