

腐食した鋼製アーチ橋の健全度評価に関する一考察

ドコモ・システムズ(株)* 正会員 富岡 英夫
 中央大学大学院 学生会員 高橋 祐幸
 中央大学 正会員 佐藤 尚次

はじめに 近年，公共事業にあてられる予算は減少の傾向にある．今後，現存する橋であっても重要度の低い橋梁には優先度の違いから予算が出にくい状況が生まれることも考えられる．メンテナンスがおろそかにされた鋼橋では塗膜劣化，さらには塗膜下の腐食といった状態に陥り満足な保有性能が得られなくなることが予想される．

重要度の低い橋梁であれば足場を組んだ上での腐食診断などをせず，なるべく予算はかけずにその役目を終えることも考えなくてはならない．しかしいずれはその供用期間を終えるとしても，それには何らかの指標が必要となるはずである．つまりは，補修をせずにその橋梁の供用を終えさせるという選択肢を与えることにも繋がる．そこで腐食診断が必要となるわけであるが，低予算で危険の伴わない診断が理想となる．

本研究では，実測可能な振動特性の変化及び変位量から，腐食による保有性能の変化を関連付けることが可能であるか検討することを目的とする．保有性能低下の予測が可能であれば，これを橋の残存価値に関連付けるようなことも可能となるであろう．

解析モデル 解析対象とするアーチ橋の橋梁諸元を図1に示す．橋梁形式は鋼製上路式2ヒンジアーチ（逆ランガー橋）とし，主桁，支柱は箱型断面，補剛桁にはI型断面を用いた．主桁にはSM490Y材を用い，許容圧縮応力度 σ_{ca} は205 (MPa) とする．補剛桁，支柱にはSS400材を用い，許容圧縮応力度 σ_{ca} は135 (MPa) とし，いずれの材料のヤング係数Eも210,000 (MPa) とする．死荷重は0.036 (MN/m) である．

腐食断面は，腐食による断面減少分を考慮した初期形状を与える．既往の研究⁴⁾を参考に腐食量，各部材の断面の腐食パターンは簡単のため図3のような断面全体が一様に腐食する場合を扱う事とする．腐食部材は主桁および補剛桁．またその腐食量というものを断面減少率0%～40%までに設定した．

保有性能の推定結果 保有性能の推定方法としてニューラルネットワークのバックプロパゲーション法を用いた．これは解析によって発生させられたデータを学習に使用でき，コンピュータ上のモデルであるからパラメーターを変えることで種々の学習データが簡単に大量に生成できることから採択した．

実際に保有性能を推定した結果を図4及び図5に示す．固有振動数及びアーチ支間中央部に250kNの集中荷重を載荷した場合のその支間中央部の鉛直変位を入力データとして用いた．シグモイド関数の勾配は0.9，重みの更新係数を0.2，学習回数は5000回である．教師データと

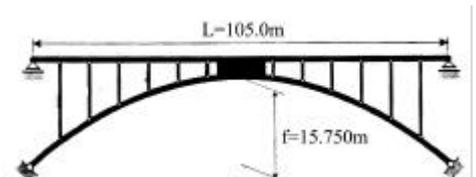


図1 構造諸元



図2 解析モデル

表1 部材諸元

部材箇所	断面形状	断面積 (m ²)	鋼材
主桁	BOX	0.0688	SM490Y
補剛桁	I	0.168	SS400
支柱	BOX	0.0133	SS400

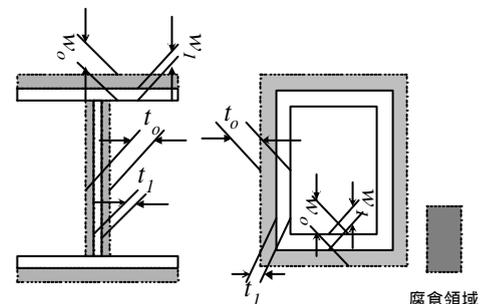


図3 腐食モデル

キーワード：腐食，健全度，ニューラルネットワーク

*研究時:中央大学大学院

〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部土木工学科設計工学研究室 Tel 03(3817)1816

して用いたのは 25 個のモデルであり，これらの腐食量や腐食箇所は様々である．この学習済ネットワークから 11 個のモデルの出力を推定し，出力データは座屈耐荷力とアーチ主桁支点要素における応力度となる．

座屈耐荷力の推定は図 4 からわかるように非常に精度良く求めることが出来た．応力度の推定に関しては，ほぼ解析値と同様の推定値を得られているモデルもあるが，解析値からはずれてしまっているモデルもあり先程の図 3 における座屈耐荷力の推定に比べて精度が落ちていることがわかる．

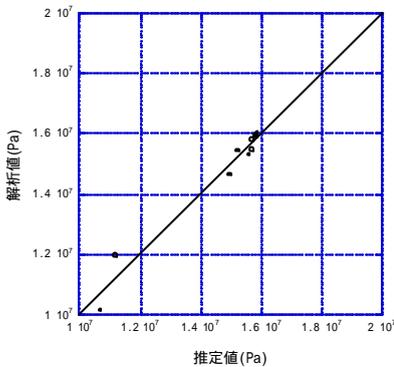


図 4 座屈耐荷力の推定値と解析値

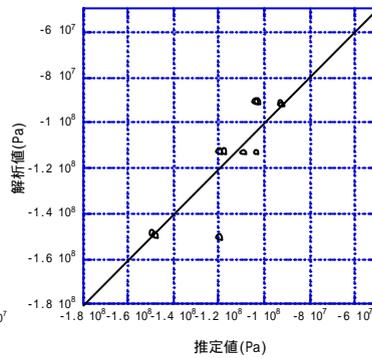


図 5 応力度の推定値と解析値

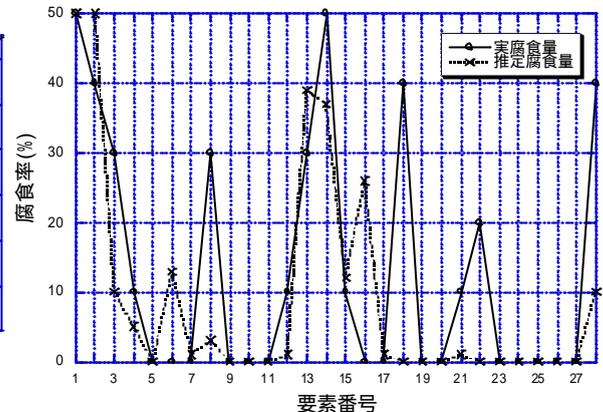


図 6 腐食要素の推定

腐食要素の推定 保有性能の低下と同じくして，重要な要素として損傷要素の推定がある．鋼橋において，部材の切断や支承の損傷などの構造系に影響を及ぼす損傷に対しては，固有振動数から推定が可能とされている．またボルトのゆるみや非常に微細な疲労亀裂は性状変化が乏しく損傷位置の推定が難しいと言われている．

今回しかし腐食による明確な保有性能の低下が得られていることから，腐食位置の推定を行った．推定には前節同様にバックプロパゲーション法を用いた．シグモイド関数の勾配は 0.9，重みの更新係数を 0.2，学習回数は 7000 回である．入力データとして固有振動数，変位を与えた．また出力データとしては各要素における腐食量である．このネットワークの教師データとして 43 個の解析モデルの固有振動数，変位および各要素における腐食量というデータを用いた．そしてその腐食要素の推定結果が図 6 である．

腐食量が 40% 近くになっている要素などは，腐食箇所および腐食量ともに推定ができていない要素もある．しかし，要素番号 18 の腐食が要素番号 16 の腐食であると推定されていると考えられる部分もある．また腐食量の推定量が異なっている要素もある．しかし局所的に腐食が進んだ際などの腐食箇所の推定ということには十分に対応できるのではないかと考えられる．

おわりに 本研究ではニューラルネットワークのバックプロパゲーション法によって，鋼製アーチ橋梁の腐食による応力度や座屈耐荷力の保有性能の低下および腐食要素の推定を検討し，その可能性を示した．しかしながら入力データに用いる固有振動数は腐食によって必ずしも大きな変化を得られず，入力データとして適しているとは言えない．その点で変位測定点をさらに増やすことによって精度がどう変わるかを確かめる必要があると思われる．また今後は信頼性指標を保有性能の評価手段として用いることによってさらに有用性が示せるのではないかと考えられる．

参考文献 1) 鋼構造物の終局強度と設計，土木学会 2) 鋼橋における劣化現象と損傷の評価，土木学会，pp.199-34 3) 橋梁システムの動的解析と耐震性，(社)土木学会鋼構造委員会，鋼構造物の耐震検討小委員会，pp.189-207，2000 4) 後藤芳顕ら：腐食や補修の影響を考慮した長期間の力学性能評価のための構造解析手法の開発 土木学会論文集 No.689 2001