

# 論文の要旨

題目： 腐食損傷を有する鋼製鉄道橋の残存耐荷力評価と補強法の提案

(Remaining Strength Evaluation of Steel Railway Bridges with Corrosion-induced Damage and Proposal for Strength Recovery)

氏名： 浅尾 尚之

昨今の鉄道橋梁にかかわる維持管理分野においては、長年にわたる供用下で経年的に腐食損傷が進行した既存橋梁に対する調査・検討・評価業務やそれらに付随した形での補修・補強関連の計画・設計業務が増加している。既に建造から50～100年以上が経過した鉄道橋が数多く存在しており、今後も増加の一途をたどる。これらの老朽化した鉄道上部構造の代表格として、開床式（無道床式）の鋼製プレートガーダー橋が挙げられる。この構造形式は、我が国において加速度的に進行する少子高齢化やそれにとまなう生産年齢人口の急激な減少、ならびに税収不足による財政難などの煽りを真正面から受ける地方の鉄道路線にとりわけ数多く存在している。これらの現実を目の当たりにすれば、昨今の橋梁専門分野における技術エンジニア人材の減少や極端なインフラ関連予算の縮減化を尻目に、今後如何にして合理的かつ経済的に鉄道橋梁の維持管理作業を持続可能としていくべきか、していけるか、が至上命題であることを疑う余地などない。さらに、国内のみにとどまらず、近隣のアジア諸外国においても、日本と同等レベルもしくはそれ以上に腐食損傷が顕著化した鋼製プレートガーダー鉄道橋が数多く観察されており、各々の地域での長年にわたる高温多湿や多雨にとまなう乾湿繰返し作用の厳しい環境条件下での自然曝露や維持管理不足等に起因した老朽化や腐食劣化の急激な進展が社会問題化している。

このような状況のなか、未だに目視点検や簡易計測等の現場調査による変状把握や原因推定、ならびに一定の判断基準や判定区分に基づく安全性評価や将来的な変状予測評価など、いわゆる定性的な評価手法への依存度が高く、これらが鉄道橋梁の維持管理における実作業の中核をなしている。現に、現場での一般的な橋梁健全度調査によって、老朽化や腐食劣化現象が、「既に著しく進行している状態」や「今後急激な進行が予測される状態」など、大分類による判定がなされ、その結果として、「早急もしくは数年以内に架替による更新が必要」との判断に至っているものも少なくない。さらに、鉄道橋の構成部材や構造全体に対する評価や判定結果が、メンテナンス業務に携わる専門エンジニア各々の経験的かつ感覚的な判断基準に大きく左右されるものとなっており、当然のことながらバラツキも生じている。引き続き、これらの定性的な評価手法に大きく依存していくことは、今後も急増する腐食損傷が進行した鉄道橋梁に対する、過度ともいえる安全側への評価判定、つまり不合理かつ不経済となる結果を選択し続けていくことに繋がる。これらの状況を踏まえ、真の意味での定量的評価、いわゆる残存耐荷力等に着目した力学的根拠に基づく評価理論の構築や評価手法の確立が今、強く求められている。

さらに、これらの評価判定技術とともに、強度回復や長寿命化のための最適技術を具体的に組み合わせることで、より経済的で、効率的な維持管理社会を実現できる。

以上を背景として、本研究では、古くから国内外に数多く存在する開床式（無道床式）の鋼製プレートガーダー鉄道橋における局部腐食に着目し、主桁本体の残存耐荷力低下に及ぼす影響がきわめて大きいと考えられる代表的な2タイプの腐食損傷現象（まくらぎ下の上フランジ腐食、支承部付近の構成部材腐食）を抽出して、維持管理分野における合理的かつ経済的な定量的評価法や補強法の提案ならびにそれらの手法に対する解析的検討・評価を実施する。

はじめに、まくらぎ直下の上フランジ上面に腐食損傷を有する鋼製プレートガーダー鉄道橋を対象として、曲げを受けることによる崩壊形式が、圧縮フランジの座屈様式（フランジ水平座屈もしくはフランジねじれ座屈）に応じて変化する現象に着目する。これらの座屈様式ごとに異なる基本座屈長を有する上フランジの抽出モデルを用いた複合非線形 FEM 解析結果を参考に、双方の座屈耐荷力曲線について解説する。その上で、残存曲げ耐荷力の簡易算定式、ならびに曲げとまくらぎ直下腐食部へ直接作用する局所荷重（パッチロード）との組合せ荷重状態下における主桁本体としての残存耐荷力の評価手法について解説する。さらに、上記同様の腐食状況や組合せ荷重状態を考慮したビームモデルによる複合非線形 FEM 解析を実施し、上記の評価手法を用いて算定した主桁の残存耐荷力が妥当であることを示す。

続いて、支承部周辺に腐食損傷を有する鋼製プレートガーダー鉄道橋を対象に、支点部付近にせん断力を受ける場合のビームモデルのせん断破壊や局部座屈挙動に着目した複合非線形 FEM 解析を行い、各部材表面からの減肉量や部材接合部における剥離範囲をそれぞれ変化させて、各々の腐食状態を組み合わせたパラメトリックスタディによる主桁の残存耐荷力の評価や耐荷力低下傾向の把握を試みる。さらに、長寿命化に主眼を置いた、主桁全体としての残存耐荷力回復のための補強法の提案、ならびにそれらを適切にモデル化した解析的な評価検討を実施の上、この補修法が有用かつ実用であることを示す。

本論文は、全6章で構成され、**第1章**では、本研究の背景と目的および本論文の構成について述べる。

**第2章**では、本研究に関連する鋼製桁の曲げ耐荷力やせん断（圧縮）耐荷力の評価や腐食損傷を有する桁の残存耐荷力の評価などに着目した既往の研究内容について整理する。また、維持管理分野における残存耐荷力評価や補強の現状についても述べる。

**第3章**では、まくらぎ直下の上フランジ上面に腐食減肉を有する鋼製プレートガーダー橋を対象に、維持管理分野の実務に適用可能な残存耐荷力の簡易評価法およびその妥当性について解析的に検証する。

**第4章**では、支承部付近に腐食損傷を有する鋼製プレートガーダー橋を対象に、支点部付近の各部材表面からの減肉量や部材接合部における剥離範囲をそれぞれ変化および組み合わせるパラメトリックスタディによって、残存耐荷力の評価や耐力低下傾向の把握を行う。

**第5章**では、**第4章**で着目した支承部付近に腐食損傷を有するプレートガーダーの長寿命化に主眼を置いた、残存耐荷力回復のための補強法の提案およびそれらをモデル化した解析的な評価検討を実施の上、その有用性や実用性についても明らかにする。

**第6章**では、本論文の**第3章**から**第5章**までの研究成果をもとに、維持管理分野における残存耐荷力評価や本研究成果の活用の観点からの総括を述べ、あわせて本研究で得られた知見についても総括する。