

平成21年4月6日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19560484
 研究課題名（和文） 既設鋼構造部材の残存耐荷性能評価に関する実験的および解析的研究
 研究課題名（英文） Experimental and analytical study on the remaining ultimate performance evaluation of the existing steel structural members
 研究代表者
 野上 邦栄（NOGAMI KUNIEI）
 首都大学東京 都市環境科学研究科 教授
 研究者番号：00094277

研究成果の概要： 実橋から撤去した腐食部材を対象にして、その腐食形状の計測精度と再現性、およびその終局強度特性、さらに耐荷力低下を最も精度良く評価できる腐食パラメータ因子について実験的および解析的に明らかにした。その研究成果として、まず、腐食した柱部材の残存耐荷力式として、最大断面欠損率による線形式を提案した。次に、実橋のリベット接合部の接触面（ガセットプレートおよびT断面フランジの接触面）およびその近傍の腐食計測を実施して、接合部のすきま腐食形態の現状を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：鋼構造、腐食、残存耐荷力、維持管理

1. 研究開始当初の背景

(1) 我が国では、これまでの調査報告によると、橋梁の架け替えの主因は、劣化・損傷、耐荷力不足などであり、特に鋼材の腐食・疲労および床版の損傷が大半を占めている。腐食損傷は、環境条件により様々な腐食形態が現れ、概ね支承部、排水設備などの水仕舞の悪い箇所において著しいが、その他にも塩害や排気ガスによる桁部の腐食損傷も多く発生している。このような腐食損傷評価の基準は、現在目視観察がほとんどであり、実際の力学的根拠に基づく強度評価はなされてい

ない。

(2) 実際の現場では、腐食している橋梁の腐食状態を計測し、その測定結果から現在の残存強度をどのように評価すれば良いのか、十分な耐力を有しているのか、それともすぐに補修・補強が必要なのか、あるいは車両重量制限で良いのかなどを判断する指標が強く求められている。にもかかわらず、このニーズに応えられる成果は、現在のところ十分とは言えない。

(3) 劣化・損傷に伴う鋼橋およびその部材の残存耐力評価方法を確立するためには、①腐

食した鋼桁および部材の腐食形状の計測技術の開発し、②それら腐食鋼部材の終局強度特性の把握、③耐荷力低下を最も精度良く評価できる腐食パラメータ因子を実験的および解析的に明らかにする必要がある。これらの成果を基礎にして、鋼橋および部材の設計・施工の初期段階から設計寿命期間の維持管理を含めた新しい防食設計法の開発が急務である。

2. 研究の目的

(1) 近年のトラス橋、アーチ橋の部材の損傷が全体構造の安全性を脅かすような腐食事例が相次いで発生している中において、本研究では2年間の活動期間において、腐食した鋼圧縮部材の残存耐荷性能に関する実験的・解析的検討を行い、腐食損傷に伴う鋼圧縮部材の残存耐力評価方法の確立を目的とする。さらに、トラス格点部のすき間腐食の実態は未調査であり、実橋のリベット接合部の接触面およびその近傍の腐食計測を実施して、接合部のすき間腐食形態の現状を明らかにする。

(2) 実橋の腐食損傷が激しいため撤去した部材を対象にして、その腐食形状の計測精度と再現性、およびその終局強度特性、さらに耐荷力低下を最も精度良く評価できる腐食パラメータ因子について実験的および解析的に明らかにする。そして、選定された設計パラメータを用いた残存耐荷力評価式を提案する。

(3) 鋼構造物の鋼板の重ね合わせ部やボルトやリベット下などのすきま部分の金属が腐食する、いわゆるすきま腐食がある。薄板で構成される付属物や断続溶接を採用する場合などでは、すきま腐食が避けられないと言われている。しかし、その実態は不明である。そこで、実橋のリベット接合部の接触面（ガセットプレートおよびT断面フランジの接触面）およびその近傍の腐食計測を実施して、接合部のすきま腐食形態の現状について明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 腐食鋼圧縮部材の腐食表面形状計測

・対象試験体は、H形状溶接部材（長さ2400mm×高さ200mm×幅180mm×厚さ90mm、細長比57）計4体およびL形状溶接部材（長さ1500mm×高さ100mm×幅180mm）計2体である。

・腐食形状は、レーザ変位計を有する表面粗さ計測装置によって1mmピッチで計測する。

(2) 圧縮実験

・圧縮実験は、両端単純支持条件で行う。安全のため、試験体の周囲には倒れ防止治具を取り付ける。

・比較のため、健全板厚を有する試験体を新

規に製作し、あわせて圧縮耐荷力実験を行う。

・試験体の変形性状は、接触式変位計で計測する。また試験体にひずみゲージを貼付け、断面ごとのひずみ進展を把握し、数値解析結果と比較する。

・初期不整量として、初期たわみ、初期倒れおよび残留応力について測定する。

(3) FEMによる数値シミュレーション

・FEM解析(MARC2005r2)を実施し、部材の腐食量・腐食形状のFEMモデルへの再現性および実験による耐荷力および終局モードとの比較を行う。

・引張試験により得られた材料物性、実測した初期たわみ、初期倒れ、残留応力を導入する。

・分割要素は、ソリッド要素を用い、1mmピッチの腐食計測データを10mm×10mm(H型断面)、8mm×8mm(T型断面)の節点データに変換して導入する。

(4) 残存耐荷力の評価

・曲げ耐荷力および圧縮耐荷力実験結果およびそれらの数値解析結果を踏まえて、各部材の腐食量、腐食位置および腐食形状と耐荷力の関係を明らかにする。

・最も残存耐荷力に影響を及ぼすパラメータ因子（例えば平均板厚、等価板厚および最大断面欠損率など）の選定を行い、各部材の残存耐荷力式を誘導するとともに、補修および架け替えの判断指標となる残存耐力照査法を検討する。

(5) 接合部のすきま腐食計測

対象とする接合部は、道路橋トラス橋の横構取り付け部計2体に対して、既存の表面粗さ計測装置により、接触金属面の腐食分布を計測し、統計分析を行う。

4. 研究成果

(1) 腐食形状をレーザ変位計を用いた表面粗さ計測装置によって精緻に計測し、再現される腐食表面性状によって、板厚の減少や偏心量を把握することができ、部材全体にわたる有用なデータを得ることができた。図-1は、H型断面部材(H2A部材)の表面腐食形状のコンター図である。分析結果、腐食部材の断面性能評価に関するパラメータとして、平均板厚欠損率 R_{ta} 、最大断面欠損率 R_A を選定した。

(2) 図-2及び図-3は、各々平均板厚欠損率および最大断面欠損率と残存耐荷力関係を示している。上記のパラメータ R_{ta} および R_A と、圧縮耐荷力実験結果との関係を調べると、いずれのパラメータも相関が高い。特に R_A は点検において最小断面を特定することができるならば、線形式によって簡易に耐荷力を推定可能であることがわかった。

このようにある腐食部材について、平均板厚欠損率 R_{ta} あるいは最大断面欠損率 R_A によ

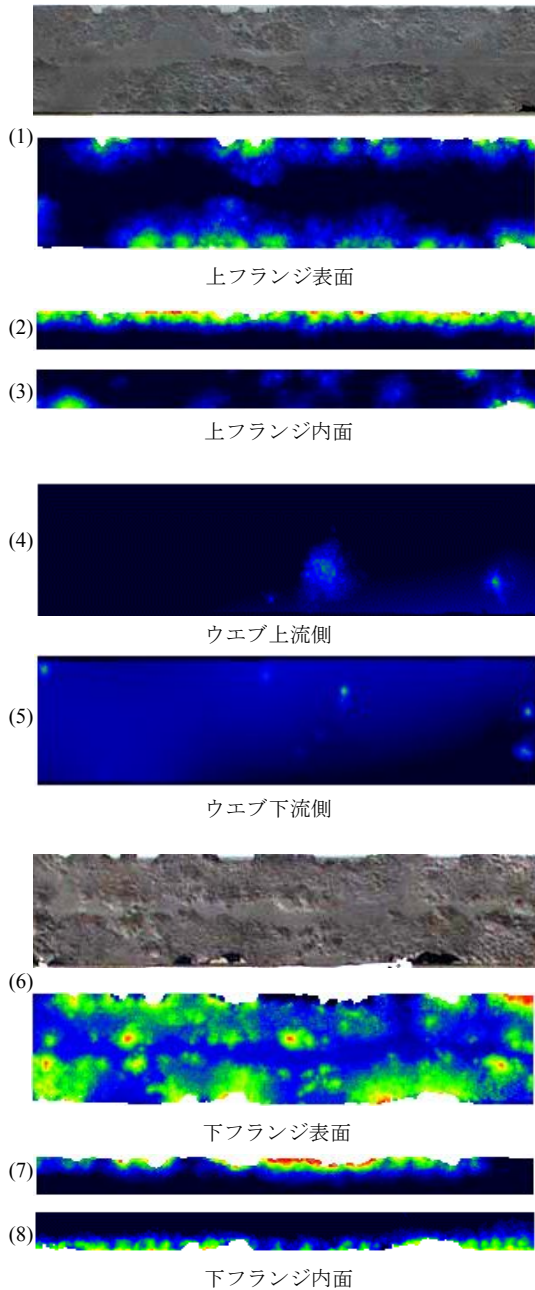


図-1 H型断面部材の表面腐食形状

って簡易に耐荷力が推定可能となれば、部材連結部の腐食形態に伴う残存耐荷力の評価を別途検討する必要があるものの、構造物全体の耐荷力を精度よく推定できるものと考え

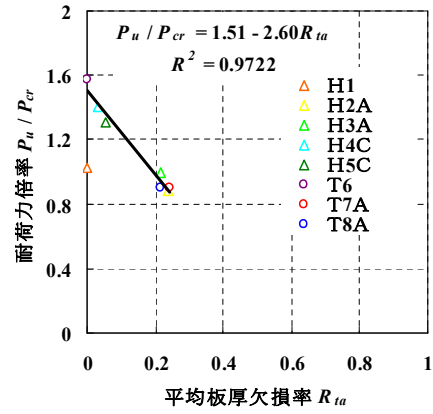


図-2 平均板厚欠損率と残存耐荷力関係

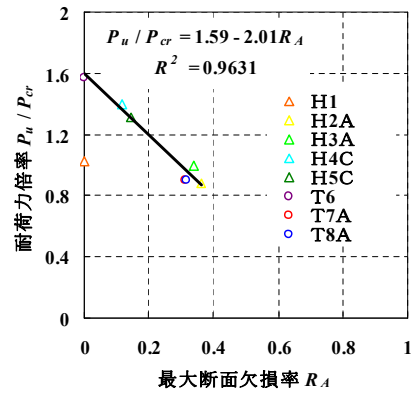


図-3 最大断面欠損率と残存耐荷力関係



写真-1 リベット接合部

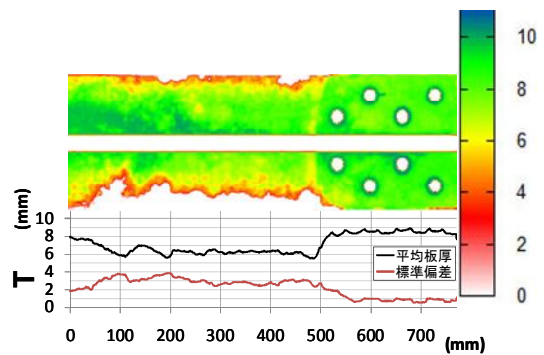


図-4 下横構のすき間腐食と板厚

える。
(3) 10mm および 8mm のソリッド要素を用い

た FEM 解析により得られた耐荷力および崩壊モードは、実験結果の耐荷力値、および全体座屈、局部座屈および連成座屈の各崩壊モードを十分な精度で評価できることがわかった。

次に、写真-1 のような接合部のすき間腐食状況を把握するため接触面などの表面形状を計測し、次のような結果を得た。

(4) 接触面裏側、リベット接合跡では腐食はほとんどなく、その周辺がドーナツ状に腐食減厚している。一方、T 型下横構接触面側において、図-4 から明らかなように接触部の腐食は発生していない。接触部と非接触部との境界部の腐食が特に進行しており、厳しい減厚が生じている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 山沢哲也, 野上邦栄, 園部裕也, 片倉健太郎: 厳しい腐食環境下にあった鋼圧縮部材の残存耐荷力実験, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp. 52-60, 2009, 査読有
- ② 森 猛, 橋敦志, 野上邦栄, 山沢哲也: 腐食鋼板の引張・降伏耐力評価法に関する検討, 土木学会論文集, Vol. 64, No. 1, pp. 38-47, 2008, 査読有
- ③ 山沢哲也, 野上邦栄, 伊藤義人, 渡邊英一, 杉浦邦征, 藤井堅, 永田和寿: 19.5 年海洋曝露された鋼アングル材の腐食形態, 土木学会論文集, Vol. 64, No. 1, pp. 27-37, 2008, 査読有
- ④ 杉浦邦征, 田村功, 渡邊英一, 伊藤義人, 藤井堅, 野上邦栄, 永田和寿, 岡扶樹: 腐食鋼板の圧縮強度の簡易評価法に関する検討, 土木学会論文集, Vol. 63, No. 1, pp. 43-55, 2007, 査読有

[学会発表] (計 10 件)

- ① 片倉健太郎, 園部裕也, 野上邦栄, 山沢哲也, 柳沼安俊, 田中慶治, 細見直史: 厳しい腐食環境下にあった T 型鋼部材の圧縮耐荷力実験, 土木学会年次学術講演会, I-028, 第 63 回, 2008
- ② 園部裕也, 片倉健太郎, 野上邦栄, 山沢哲也: 腐食した T 型圧縮部材の残存耐荷力解析, 土木学会年次学術講演会, I-374, 第 63 回, 2008
- ③ 園部裕也, 片倉健太郎, 野上邦栄, 山沢哲也, 柳沼安俊, 田中慶治, 細見直史: 腐食した T 型圧縮部材の圧縮残存耐荷力実験, 土木学会関東支部研究発表会, I-12, 第 35 回, 2008
- ④ 野上邦栄: 腐食した鋼圧縮部材の残存耐荷力実験とその評価, 海域地域整備センター銚子整備事務所, 2008
- ⑤ 野上邦栄: 腐食部材の残存耐荷力評価と

今後の課題, 経年劣化度・残存耐力評価研究会, 2008

- ⑥ 野上邦栄: 腐食した鋼圧縮部材の残存耐荷力実験とその評価, 日本橋梁建設協会, 2008
- ⑦ 野上邦栄: 腐食した鋼部材の残存耐力評価システムの構築に関する研究, 首都大学東京南大沢キャンパス産学交流会, 2008
- ⑧ 園部裕也, 野上邦栄, 山沢哲也, 若林孝行: 腐食した T 型圧縮部材の残存耐荷力に関する研究, 土木学会年次学術講演会, I-361, 第 62 回, 2007
- ⑨ 若林孝行, 野上邦栄, 山沢哲也, 中野克俊, 森猛: 腐食した圧縮部材の弾塑性挙動と残存耐荷力評価, 土木学会年次学術講演会, I-360, 第 62 回, 2007
- ⑩ 野上邦栄: 腐食した柱部材の残存耐荷力, 日本橋梁建設協会技術発表会, 2007

[図書] (計 4 件)

- ① 野上邦栄, 他(共著): 海洋鋼・複合構造物の防食および耐久性能評価ガイドライン, 土木学会, 構造工学シリーズ, 構造工学委員会沿岸における鋼・複合構造物の防食および耐久性能評価に関する研究小委員会, 2009
- ② 野上邦栄, 他(共著): 鋼構造物の残存耐荷性能マニュアル, 土木学会, 鋼構造シリーズ, 鋼構造工学委員会鋼構造物の残存耐荷性能評価と耐久性向上方策に関する研究小委員会, 2009
- ③ 野上邦栄(共著): 沿岸における鋼・複合構造物の防食および耐久性能評価に関する研究, 土木学会構造工学委員会沿岸における鋼・複合構造物の防食および耐久性能評価に関する研究小委員会報告書, 2008
- ④ 野上邦栄(共著): 腐食した鋼構造物の残存耐荷性能評価および性能回復技術, 土木学会鋼構造委員会鋼構造の残存耐荷性能と耐久性向上方策研究小委員会報告書, CD-ROM, 2007

[その他]

<http://www.use.tmu.ac.jp/civil/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野上 邦栄 (NOGAMI KUNIEI)

首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号: 00094277

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者