

高齢化プラットラス橋の全体解析による腐食部材の軸応力推定

徳山工業高等専門学校	学生会員	○山根 達郎	広島大学大学院	学生会員	福田 洋頭
荒谷建設コンサルタント	正会員	加納 匠	中電技術コンサルタント	正会員	佐竹 亮一
徳山工業高等専門学校	正会員	海田 辰将	広島大学大学院	フェロー会員	藤井 堅

1. はじめに

高齢化した鋼トラス橋では、格点部や部材どうしの接合部等において深刻な腐食が発生しやすく、腐食減肉によって部材の応力レベルや主構全体の応力バランスに影響を及ぼすことが懸念される。これらの高齢化橋梁については、損傷状況とともに耐用年数や実際の交通状況等に応じて、より合理的な維持管理が求められる。このことから、腐食した状態で部材に生じている応力（作用応力）をできるだけ正確に推定することは、橋梁の安全性の確認だけでなく、具体的な補修補強方法を検討する上でも、重要な情報を与える。

そこで、本研究では広島県内で供用中の鋼プラットトラス橋¹⁾（橋齢96年）の主径間を対象とした橋梁全体の弾塑性非線形FEM解析を実施し、主構部材の腐食減肉や断面欠損を考慮した状態で、部材に生じる軸応力を解析的に求め、実橋載荷実験の結果と比較した。



写真-1 実橋載荷試験

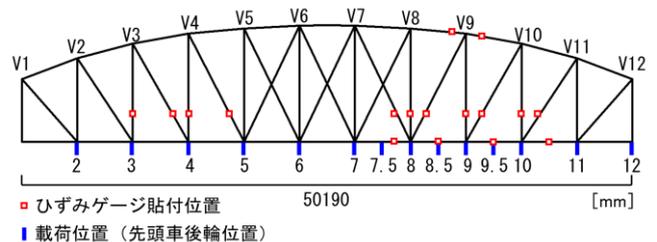


図-1 ひずみ測定箇所（下流側）と載荷位置

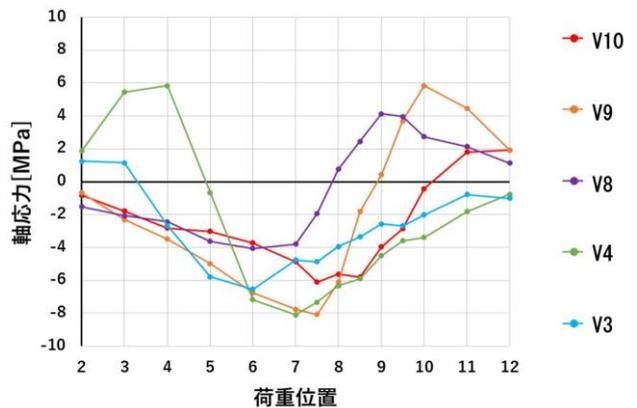


図-2 載荷位置と鉛直材の軸応力（下流側）

の平均値から算出した活荷重応力である。図から、全体的な応力レベルは概ね±8MPa以下であった。個別の部材では、左右対称位置にある鉛直材V4およびV9の軸応力が最大となっている。

2. 対象橋梁の概要と実橋載荷試験

本解析対象は、1921年の竣工後、1960年に現位置に移設され57年間供用されてきた2径間単純曲弦プラットトラス橋の主径間(L=50m)であり、形鋼をレーシングバーやタイプレートでリベット接合した組み合わせ部材で構成されている。なお、本橋は8tの荷重制限を設けた上で現在も供用されている。

本解析に先立ち、写真-1に示すような実橋載荷試験を実施した。実験では、合計8tとなるよう軸重調整（前輪：約3t、後輪：約5t）したトラック2台を荷重車として用いた。腐食調査の結果、下流側構面の鉛直材に断面欠損を伴うような重大な腐食が集中していた。特に、V9は上下流側ともに部材どうしの接合部で激しい腐食減肉が生じており、上弦材付近の対傾構との接合部では、断面減少率が17.4%と特に顕著であった。このことから、荷重車を背中合わせにした状態で下流側に偏載荷し、図-1に示すように載荷位置を変えながら各部材断面の軸ひずみを測定した。

各鉛直材に生じた軸応力と載荷位置の関係を図-2に示す。軸応力は、1断面につき4箇所測定した軸ひずみ

3. 橋梁全体の有限要素解析

3.1 解析モデル

本解析では、汎用有限要素解析ソフトABAQUSを用いて、4節点シェル要素によって橋梁全体の解析モデルを構築し、弾塑性非線形解析を行った。

キーワード プラットトラス橋、腐食、鉛直材、軸応力、有限要素解析、実橋載荷試験

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台 徳山工業高等専門学校 土木建築工学科 TEL 0834-29-6331

図-3 に本解析モデルを示す。死荷重は、物体力として考慮し、活荷重は床版上に実橋載荷試験と同じ大きさと位置に与えた。鋼材の材料特性は、弾性係数 SS400 相当を仮定し、応力-ひずみ関係は完全弾塑性とした。RC 床版は完全弾性体として、コア抜き検査から得た材料特性（弾性係数 $E=21.9$ [GPa]、ポアソン比 $\nu=0.17$ ）を仮定した。境界条件については、解析モデルの支承部を単純支持、縦桁の端部は回転を拘束している。

腐食は、現地調査で測定した減肉量をシェル要素の板厚に考慮し、貫通孔については、図-3 に示すようにその部分の要素自体を消去して表現した。要素分割は 30~50mm メッシュである。また、幾つかの鉛直材には、過去に当て板補修が施されているが、活荷重に対しては有効に働くと想定し、補修部は健全断面を仮定した。

3.1 解析結果と考察

軸力の影響線から最も厳しい荷重状態（荷重位置 7.5）での鉛直材 V9 の解析結果を図-4 に示す。図中の赤枠は、実験時のゲージ位置を示す。解析結果から、断面の平均軸応力は 9.2MPa（圧縮）であった。これに対し、実橋載荷試験から得た V9 の軸応力は 8.1MPa（圧縮）であり、解析結果の方が 1.1MPa ほど大きめの応力を示す結果となった。解析では、鋼材の材料特性やモデル化の過程、補修部の取り扱い等で様々な仮定を導入していることに加え、発生する応力レベルが数 MPa と小さいことから、ひずみ測定時のばらつきや誤差など、幾つかの不確定要因が複合していることを考えると、本解析結果は実験結果と比較的良好な対応を示しているように見える。なお、解析結果から推定した V9 の死荷重応力は 105.5MPa であることから、部材の降伏に対しては 2 倍程度の余裕分を有していることが推定される。

一方、現行 B 活荷重を作用させた解析結果の一例（V9 上流側）を図-5 に示す。図から、上弦材ガセットと鉛直材の接合部付近（断面 B）で軸応力が最大となり、71.6MPa の活荷重応力が発生した。これに対して、腐食の無い部材中央断面である断面 A の軸応力は 62.8MPa である。断面 B は局所的に断面欠損や減肉が生じており、これらの部分がほぼ降伏していることから、本解析モデルにおいても部材に生じる応力集中の状況を概ね把握することが確認された。

4. まとめと課題

- (1) 最も腐食の激しい鉛直材に発生する活荷重応力に着目して解析を行った結果、解析によって推定

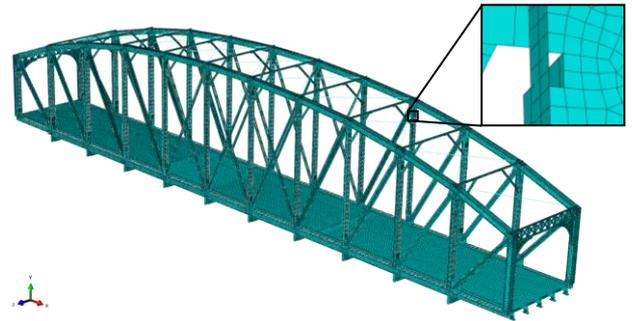


図-3 解析モデル

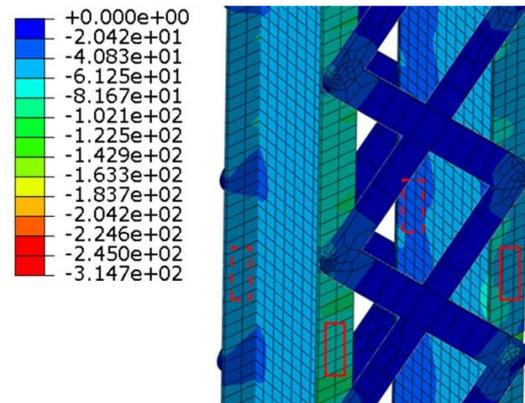


図-4 解析結果とひずみ測定位置

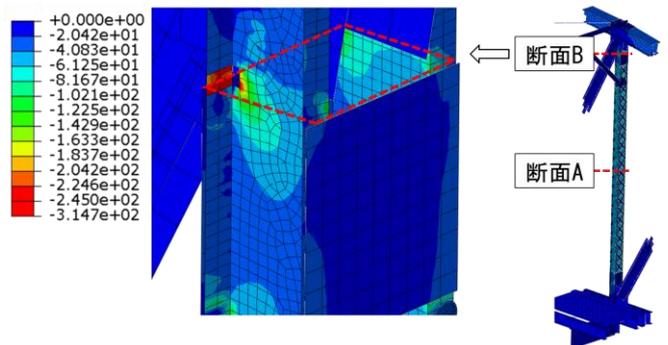


図-5 断面 B の軸応力分布（上流側）

された軸応力は、実験結果よりも若干大きめの値となったものの比較的良好な対応を示した。

- (2) 死荷重応力を考慮しても作用応力は 113.1MPa と推定され、着目した鉛直材は降伏に対して 2 倍程度の余裕分を有していると考えられる。
- (3) B 活荷重を想定した解析では、局所腐食にともなって発生する部材の応力集中状況が確認できた。

参考文献

- 1) 山根達郎, 海田辰将, 藤井堅: 全橋解析モデルを用いた既設鋼トラス橋の耐荷力推定に関する基礎的検討, 第 68 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, I-17, pp.33-34, 2016.5

謝辞

本研究は、土木学会中国支部 高齢化したインフラ構造物の維持補修技術検討委員会および構造物の維持補修技術研究会 (RAMS) を中心とした産官学連携による成果の一部であり、本橋の調査・実験および図面資料については広島県から多くのご協力を頂いた。ここに記して関係各位に感謝致します。