

FEM 解析による高齢化した鋼プラットトラス橋の残存耐荷力推定

愛媛大学大学院 学生会員 ○山根 達郎 (株) 横河ブリッジ 正会員 福田 洋顕
 中電技術コンサルタント (株) 正会員 川見 周平 中電技術コンサルタント (株) 正会員 佐竹 亮一
 (株) 土木技術コンサルタント 正会員 平原 義之 (株) 荒谷建設コンサルタント 正会員 加納 匠
 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深刻な腐食が発生しやすく、これらの腐食損傷が橋梁全体の残存耐荷力や崩壊性状に与える影響を明らかにすることは、耐用年数を全うさせるための合理的な維持管理を行う上で有用である。

このような観点から、本研究では橋齢 97 年の鋼プラットトラス橋¹⁾を対象として、シェル要素を用いて橋梁全体の解析モデルを構築し、活荷重倍率を用いて本橋の終局強度解析を実施した。また、着目する部材の腐食損傷の状態が異なる解析をそれぞれ実施し、残存耐荷力と崩壊性状に与える影響について考察する。

2. 対象橋梁の概要

本解析対象の橋梁は、橋齢 97 年の単純曲弦プラットトラス橋であり、支間長は 50.19m で、主構部材は主に溝形鋼 2 本をレーシングバーで接合した組合せ部材である。なお、本橋は平成 24 年に定期点検が実施され、重大な孔食については当て板による補修が行われた。

3. 橋梁全体の有限要素解析

3.1. 解析モデルと解析条件

本研究では、汎用有限要素解析ソフト ABAQUS を用いて、シェル要素によって全橋モデルを構築し、複合非線形解析を実施した。解析モデルを図-1 に示す。解析モデルの要素分割は 50mm~100mm 程度とした。鋼材の材料特性は SS400 相当を仮定し、応力-ひずみ関係は完全弾塑性とした。境界条件については、支承部は単純支持とし、縦桁の端部は回転を拘束した。リベット接合部については、接合面の節点の変位を互いに拘束することで表現した。また、RC 床版はモデル化していない。

腐食損傷は、貫通孔はその部分の要素を消去し、減肉箇所はその最小板厚を用いて板厚を一様に減らした。

RC 床版の死荷重は縦桁上に外力として与え、鋼材の死荷重は物体力として与えた。活荷重は B 活荷重を想



図-1 解析モデル

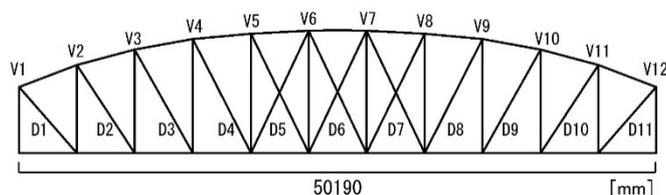


図-2 主構軸線図

定し、腐食が最も顕著である下流側の鉛直材 V5 (図-2) に、最も厳しい状態となるように载荷した。そして、活荷重倍率 α を徐々に増加させて終局強度解析を行った。

腐食損傷の状態に応じて Model1~5 までの 5 つの解析ケースを想定した。Model-1 は、腐食を一切考慮していない新設時の状態を想定した解析モデルである。

Model2~5 は本橋に現在発生している腐食損傷を考慮した解析モデルである。そのなかで、Model-2 は当て板補修部が健全時と同じ状態まで回復したと想定した解析モデルである。そして、Model-3 は当て板補修を実施しなかった状態、すなわちこれまでに本橋に生じていた全ての腐食損傷を考慮した解析モデルである。

また、Model-4 および Model-5 は、Model-2 をベースに、着目部材 V5 における接合部付近の断面積を半減させている。その範囲は、図-3 に示すように、対傾構接合部および上弦材付近の部材軸方向 300mm である。

3.2. 解析結果および考察

Model-1 では、まず $\alpha=1.7$ で、V5 に隣接する斜材 D5 が引張によって全断面降伏した。これは D5 の断面積が

他の部材よりかなり小さいためと考えられる。その後、 $\alpha_{cr}=3.0$ で、**図-4(a)**に示すように鉛直材 V4 が座屈して崩壊に至った。着目部材ではない V4 が座屈した原因は、V4 の影響線面積が V5 より大きいと考えられる。

Model-2 では、D5 の全断面降伏後、 $\alpha_{cr}=2.8$ のとき、V4 下部の局所腐食箇所、**図-4(b)**に示すように局部座屈が生じて崩壊に至った。このことから、終局耐荷力は建設時から現在までに 7%程度低下したと推定される。

Model-3 では、D5 の全断面降伏後、 $\alpha_{cr}=2.4$ で、V4 および V5 における、対傾構接合部の断面欠損部付近、**図-4(c)**に示すように局部座屈が生じて崩壊に至った。このことから、補修部を健全と仮定した場合、補修によって終局耐荷力が 13%程度回復したと推定される。

Model-4 では、 $\alpha=1.8$ で、断面積を半減させた箇所、**図-4(d)**に示すように局部座屈が生じたが、崩壊のトリガーとはならず、 $\alpha_{cr}=2.7$ で Model-2 とほぼ同じ崩壊性状を示した。これは、対傾構が局部座屈を生じた箇所の変形を抑制したことによって、局部座屈の発生箇所が塑性ヒンジとして挙動しなかったためと考えられる。

Model-5 では、 $\alpha_{cr}=1.4$ で、**図-4(e)**に示すように断面積を半減させた箇所、局部座屈が発生して崩壊に至った。同じく対傾構接合部と上弦材の間で局部座屈が生じた Model-4 では、局部座屈が崩壊のトリガーにならなかったことから、局部座屈が発生する位置が終局耐荷力に大きく影響していることが分かる。

4. おわりに

本研究では、高齢化プラットラス橋の全橋モデルをシェル要素で構築し、腐食が顕著な鉛直材 V5 に着目して終局強度解析を行った。主な結論を以下に示す。

- 1) 当て板補修部を健全と仮定した場合、鉛直材 V4 の局所腐食を起因とする局部座屈によって、橋梁全体の終局耐荷力が 7%程度低下したと推定される。
- 2) 対傾構接合部における当て板補修によって、橋梁全体の終局耐荷力は 13%程度回復したと推定される。
- 3) V5 の対傾構接合部の上部における断面積を半減させた場合、終局耐荷力はほとんど変化しなかった。
- 4) V5 の上弦材付近での断面積を半減させると、橋梁全体の終局耐荷力が半分まで低下した。
- 5) 3),4)の結果より、圧縮力が支配的な鉛直材の一部に発生している腐食損傷に着目した場合、腐食損傷の位置が座屈性状に密接に関連しており、終局耐荷力に大きく影響することが分かった。

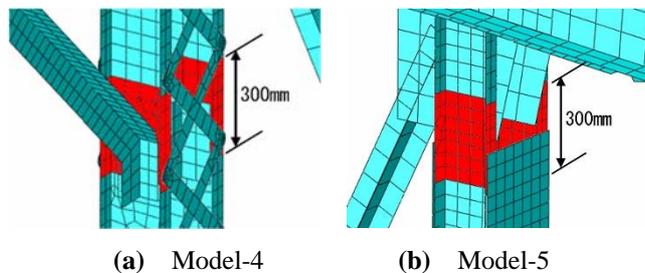


図-3 断面積を半減させた位置

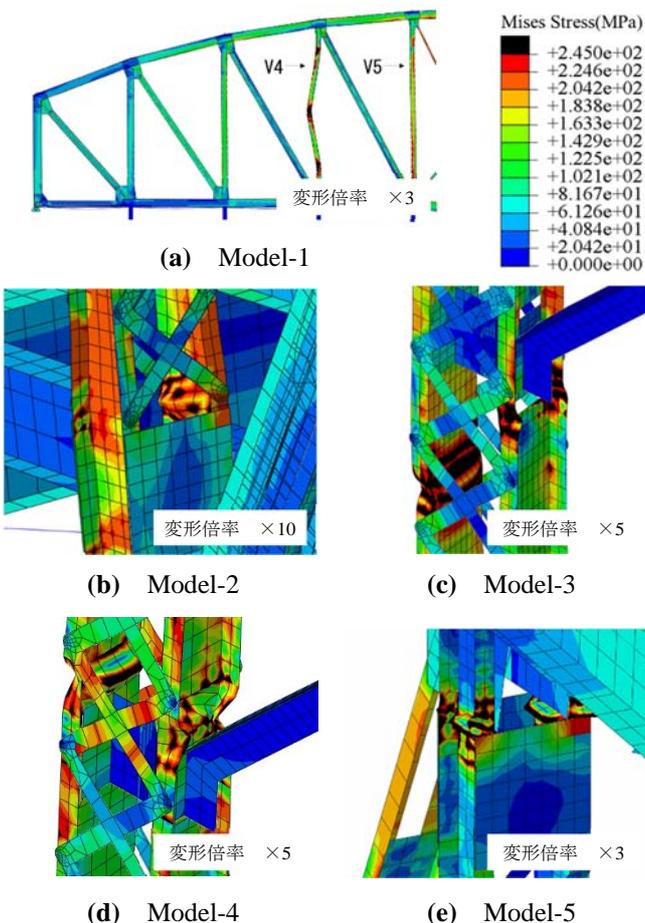


図-4 各解析モデルの座屈性状

参考文献

1) 山根達郎, 福田洋顕, 加納匠, 佐竹亮一, 海田辰将, 藤井堅: 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, 土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集, I-352, pp.703-704, 2017.9.

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、本橋の現地調査や設計図書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。