

高齢化した鋼プラットラス橋の橋梁全体の残存耐荷力に関する解析的研究

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
 川田工業株式会社 非会員 原 考志 中電技術コンサルタント株式会社 正会員 佐竹 亮一
 徳山工業高等専門学校 正会員 海田 辰将 広島大学大学院工学研究院 フェロー会員 藤井 堅

1. はじめに

高齢化した鋼橋では、部材に生じる腐食等の損傷が橋梁全体の耐荷力や崩壊性状に与える影響を明らかにすることで、現状における安全性を正確に評価するとともに、耐用年数を全うさせるための合理的な維持管理が求められる。

このような観点から、本研究では広島県内で供用中の鋼プラットラス橋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有限要素解析を実施し、本橋の新設時の耐荷力および部材の腐食損傷を考慮した現有耐荷力の推定を試みる。本橋は、現状8tの荷重制限下で供用されているが、ここでは一般的な活荷重としてB活荷重を想定し、活荷重倍率を用いて橋梁全体の耐荷力を求める。荷重配置は最も腐食が多く確認されている鉛直材に最も厳しい状態とした。腐食損傷については現地調査の結果に基づき断面欠損の範囲や減肉量を仮定した。これらの解析結果から、本橋の今後約10年間の維持管理を見据えて耐荷力や崩壊性状について考察する。

2. 対象橋梁と鉛直材の腐食損傷の概要

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等でリベット接合した組み合わせ部材で構成されている。本橋は、平成24年の定期点検の際に鉛直材等に重大な孔食が多く確認されたことから、当て板による応急補修が実施され、現在は8tの荷重制限下で供用されている。

本解析では、上記の補修図面に加え、平成28年に実施した寸法調査および腐食減肉調査結果を用いて解析モデルを構築した。写真-1に、本橋の腐食損傷の一例を示す。貫通孔を有する程の深刻な腐食損傷は、主に鉛直材に多く発生しており、対傾構やガセット境界部で顕著であった。写真(a)は応急補修の対象となった損傷であり、対傾構との接合部で溝形鋼ウェブの大部分が欠損している。これは、写真(b)のように接合部に隙間がほぼ無いため、雨水や土砂が溜まりやすい構造であることに起因している。

キーワード 鋼プラットラス、腐食、活荷重倍率、降伏、耐荷力

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



(a) 断面欠損 (H24) (b) 接合部 (H28)
 写真-1 鉛直材と対傾構の接合部における損傷



図-1 解析モデル

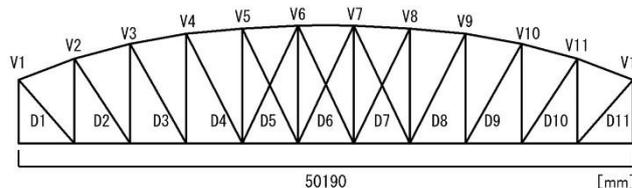


図-2 主構軸線図

3. 解析モデルと解析条件

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。図-1に本解析モデルを示す。本解析モデルでは、RC床版は死荷重による外力としてのみ考慮しており、床版自体はモデル化していない。鋼部材の死荷重は、物体力として考慮し、活荷重はB活荷重を想定した。鋼材の材料特性は、弾性係数E=210[GPa]、降伏応力 $\sigma_y=245$ [MPa]、ポアソン比 $\nu=0.3$ 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、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。

本解析では、腐食が最も深刻であった下流側の鉛直材V5(図-2)に着目し、その部材力の影響線を考慮して最も厳しい状態で活荷重を載荷した。

腐食は、調査時に計測した減肉量をシェル要素の板厚に考慮しているが、貫通孔についてはその部分の要

素そのものを消去して表現している。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、当て板による補修が施されているが、本解析では、最もシビアな腐食状況を再現するため、補修部については写真-1(a)に示したような補修前の損傷状態を仮定した。

解析モデルは、腐食を全く考慮していない Model 1 と上記の腐食を考慮した Model 2 の 2 種類であり、活荷重倍率 α を徐々に増加させて終局まで解析を行った。

4. 解析結果と考察

Model 1 における $\alpha=1.0$ の解析結果から、B 活荷重が作用した場合、鉛直材 V5 には 70MPa 前後の圧縮応力が部材全体に発生しており、座屈などの崩壊現象は特に確認できなかった。また、 α を徐々に増加させた解析では、 $\alpha=2.0$ で、V5 に隣接する引張斜材 D5 の全断面降伏が先行した。これは、D5 が 2 本の L 形鋼をタイプレートで部分的に連結した構造であるため、鉛直材と比べて断面がかなり小さいことが原因と考えられる。

一方、Model 2 では、 $\alpha=1.0$ の場合で、図-3 に示すように、欠損部周辺で降伏域に近い応力が発生した。また、終局解析では、図-4 に示すように Model 1 と同じく $\alpha=2.0$ で D5 の全断面降伏が先行した。しかし、両モデルともに $\alpha=2.0$ の時点では、D5 が降伏しても橋梁全体としては終局に至っていないため、さらに α を増加させたところ、Model 1 では $\alpha=4.4$ で終局に至り、Model 2 では $\alpha=2.4$ で、下流側 V5 と上流側 V4 における対傾構接合部の欠損部付近がほぼ同時に降伏して終局に至った。これらの部材では、主構の道路側に位置する欠損した溝形鋼が全断面降伏し、河川側のほぼ健全な溝形鋼にも局所的に降伏域が発生していた。

以上の結果から、本解析では、腐食の有無に関わらず、まず断面の最も小さい斜材が降伏したが、腐食を考慮したモデルでは、欠損が大きな 2 本の鉛直材がほぼ同時に欠損箇所でも局所座屈を起こすことで、健全状態のモデルより 4 割程度低い活荷重倍率で橋梁全体が終局を迎えることがわかった。

5. おわりに

本研究では、腐食減肉調査の結果から、最も腐食が顕著な鉛直材に着目して解析を行ったところ、上述した結果が得られ、B 活荷重に対する最大活荷重倍率は健全時よりも低下し 2.4 であった。とはいえ、本解析では、8t 車よりも大きな活荷重を想定していること、RC 床版の主荷重分担や鉛直材の当て板補修を無視していることから、実際の交通状況に対する本橋の耐荷力上の余裕は本解析結果よりもかなり大きいと考えられる。

ただし、本解析結果は多くの仮定に基づいているうえ、特定の部材に着目した結果であることや D5 と V4, 5

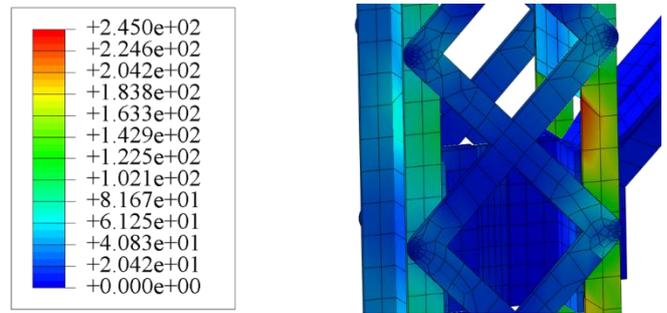


図-3 欠損部近傍での応力状態 ($\alpha=1.0$)

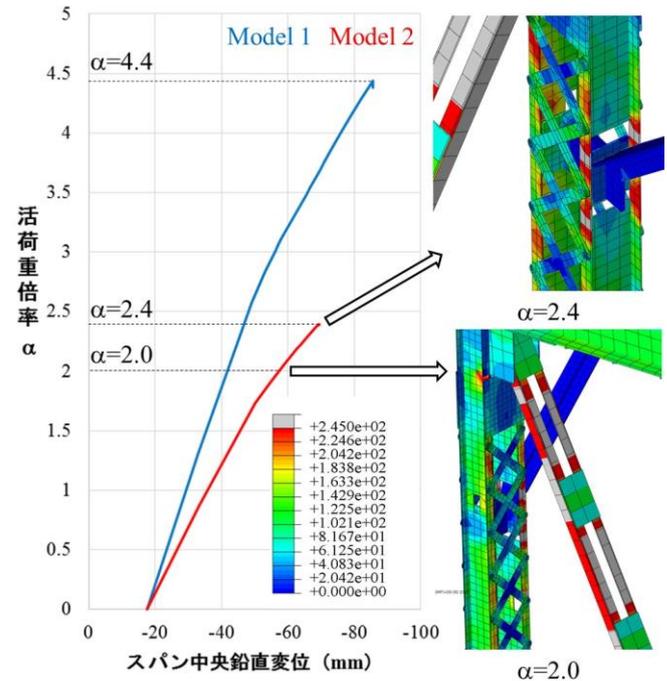


図-4 活荷重倍率の推移

部材の降伏に対する活荷重倍率の差が小さいこと、断面欠損や補修によって部材の応力バランスが変化している可能性等を考えると、他の部材も含めて今後の腐食進展に注意を払い、残りの供用期間内に点検を重ねながら慎重に維持管理していく姿勢が重要である。

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。