

腐食損傷の生じたトラス部材の耐荷力に関する解析的研究

指導教員 岩崎英治

環境社会基盤工学専攻 鋼構造研究室 12103984 佐藤大悟

1. はじめに

周知の通り、わが国では既設の構造物の維持管理が急務となっており、近年では鋼構造物のリダンダンシーの検討に関する研究が多く報告されている。

鋼構造物の主な劣化原因の一つとして腐食が挙げられるが、トラス橋の場合、下弦材のすみ肉溶接部分(図-1)や斜材の溶接部分などに腐食が発生しやすい。特に小中規模のトラス橋においては、部材を構成する鋼板同士を接合する際、外部からすみ肉溶接するのみであり、この部分が腐食などで欠損してしまうと部材同士の接合が切れてしまう。圧縮部材においては、すみ肉溶接が切れた部分で局部座屈が発生しやすくなり、これが部材全体の座屈より先行すると設計上の耐荷性能を保てなくなる危険が予想される。

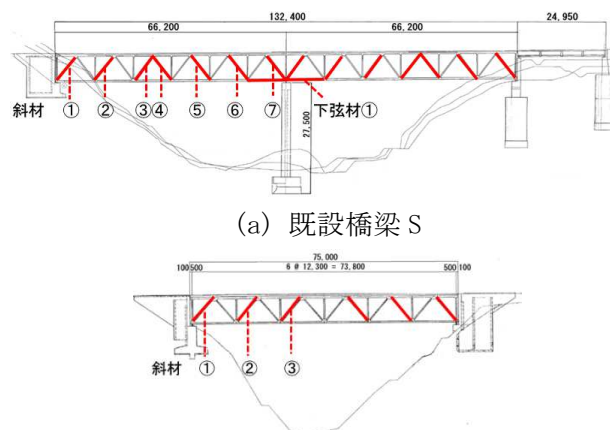
本研究では、腐食損傷の生じたトラス橋の圧縮部材を対象とし、局所的な腐食損傷が生じた場合の耐荷性能への影響の検証と、検証結果から一定の腐食が生じたトラス部材の安全性を把握する簡易評価式の提案を目的とする。



図-1 下弦材に見られる腐食状況

2. 対象橋梁

研究成果の妥当性を確認するため、部材断面が異なる2種類の既設橋梁S、Tを対象とした。橋梁Sは中間支点が存在し、高速道路として供用されているトラス橋であり、部材断面が大きい。橋梁Tは一般道路として供用されており、橋梁Sと比べ断面をはじめ全体的に規模が小さい。図-2に、対象橋梁及び対象部材の位置を示す。



(a) 既設橋梁 S

(b) 既設橋梁 T

図-2 対象橋梁2種

3. FEM 解析

対象のモデル化について、シェル要素と骨組み要素を組み合わせる事で、図-3のように2パターンのモデル化を行った。また、腐食懸念部位に基づき溶接切れのパターンも図-4のように分けた。溶接切れパターンに対応するそれぞれの局部座屈モードについて、溶接切れアスペクト比(a/b)の増加に伴う局部座屈応力度の低下を記録し、図-5のように各部材について局部座屈先行時の(a/b)_{cr}がわかるグラフを作成した。

解析の結果、モデルAとモデルBは全くといって良いほど結果が重なったため、以降は同一のモデルとみなす。ここまでの結果から、より小さな(a/b)_{cr}で局部座屈が先行する部材の特徴は、鋼板の幅厚比(b/t)が大きいため局部座屈応力度が低いか部材の細長比(l/r)が低いため全体座屈応力度が高い部材であると予想できる。

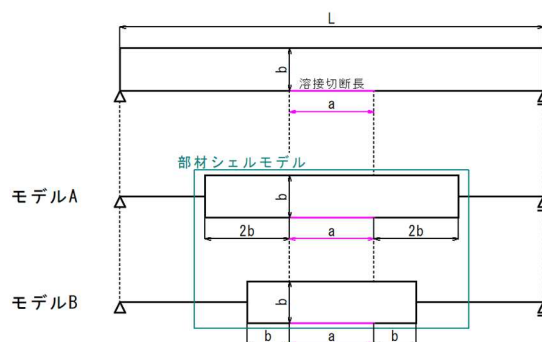


図-3 FEM 解析モデルのパターン

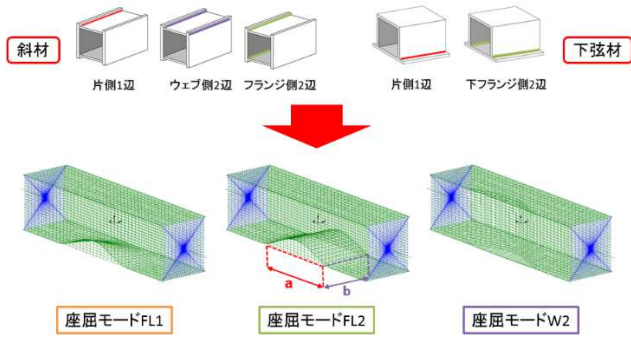


図-4 溶接切れパターンと局部座屈モード

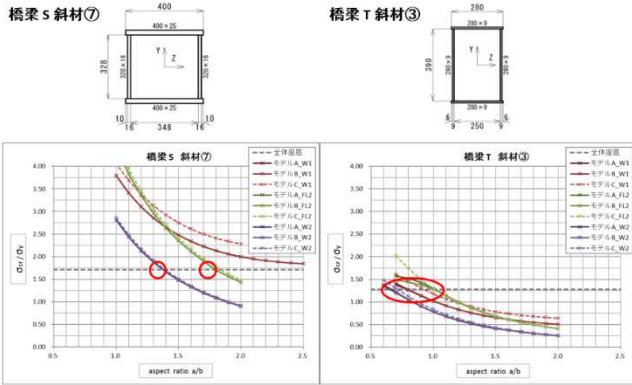


図-5 対象部材の溶接切れと座屈応力度

4. 簡易評価式の提案

各部材のパラメータ $(b/t)/(l/r)$ と、FEM 解析により明らかとなった $(a/b)_{cr}$ を表-1 に記録した。更に、表-1 をグラフにプロットしたものを図-6 に示す。断面の異なる橋梁 S, T の解析結果が同一の曲線上に位置し、 $(b/t)/(l/r)$ と $(a/b)_{cr}$ の関係は対象部材の条件に影響されないことがわかったため、提案する評価式は妥当であると考えられる。プロット結果から最小二乗法を用いて曲線の式を追加し、簡易評価式①、②の完成とする。

パラメータ $(b/t)/(l/r)$ が既知で、連続したすみ肉溶接切れが長さ a に渡って生じている部材が存在するとき、 a の長さが式を満足する範囲の値であれば局部座屈が先行する危険性は低い。図-6 で見れば、既知である $(b/t)/(l/r)$ に対して (a/b) の値が曲線を隔てて左側にあれば安全、右側にあれば危険であると判断できる。

片側 1 辺溶接切れの場合について

$$\frac{b/t}{l/r} < 0.553 \left(\frac{a}{b}\right)^{-0.54} \quad \dots\dots\dots \text{式①}$$

両側 2 辺溶接切れの場合について

$$\frac{b/t}{l/r} < 0.462 \left(\frac{a}{b}\right)^{-0.82} \quad \dots\dots\dots \text{式②}$$

表-1 対象部材の $(b/t)/(l/r)$ と $(a/b)_{cr}$

		$(b/t)/(l/r)$	$(a/b)_{cr_1}$	$(a/b)_{cr_2}$
橋梁S斜材①	フランジ	0.446	1.490	1.060
	ウェブ	0.364		1.330
橋梁S斜材②	フランジ	0.417	1.710	1.120
	ウェブ	0.402		1.180
橋梁S斜材③	フランジ	0.252		2.070
	ウェブ	0.412	1.720	1.150
橋梁S斜材④	フランジ	0.412		1.140
	ウェブ	0.530	1.070	0.830
橋梁S斜材⑤	フランジ	0.588	0.920	0.760
	ウェブ	0.501		0.890
橋梁S斜材⑥	フランジ	0.370		1.330
	ウェブ	0.543	1.020	0.810
橋梁S斜材⑦	フランジ	0.282		1.790
	ウェブ	0.361		1.370
橋梁S下弦材①	フランジ	0.306		1.710
	ウェブ	0.379		
橋梁T斜材①	フランジ	0.385		1.290
	ウェブ	0.455	1.430	1.020
橋梁T斜材②	フランジ	0.301		1.730
	ウェブ	0.391	1.890	1.240
橋梁T斜材③	フランジ	0.473		0.980
	ウェブ	0.593	0.880	0.720

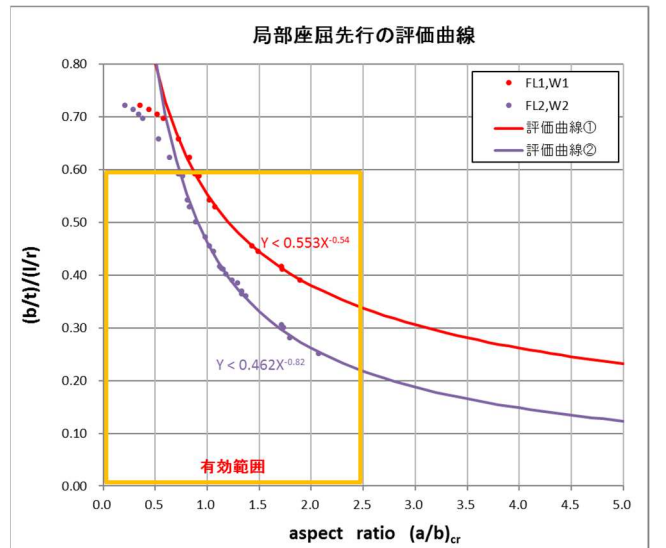


図-6 解析結果から導く局部座屈先行の評価曲線

5. まとめと今後の課題

本研究により得られた知見を以下に示す。

1. 局部座屈の先行の危険が高い部材の特徴は、部材の既知パラメータ $(b/t)/(l/r)$ の値が高いものであることがわかった。
2. FEM 解析の実施により、部材のパラメータ $(b/t)/(l/r)$ を計測する事で、連続したすみ肉溶接切れが局部座屈先行を引き起こす危険があるかどうか判断する事が出来る簡易評価式を提案した。

残された課題を以下に示す。

1. 初期不整など塑性変形を考慮に入れた弾塑性解析の実施と比較が必要。
2. 今回は連続した溶接切れを考慮したが、実際には断続的な腐食が複数個所に発生する可能性もあり、それらに対する検討が必要。