

腐食切れの生じた鋼トラス橋斜材の局部座屈の簡易評価法に関する検討

長岡技術科学大学 学生会員 ○仲井 大樹
長岡技術科学大学 正会員 岩崎 英治

1. 研究背景

現在、我が国の橋梁は供用年数が50年を超えるものが急激に増加している。しかし、老朽化した橋梁の急増に対して、それらの補修工事が追いついておらず、補修工事の優先度や緊急性の明確化と、より効果的かつ効率的な維持管理方法の確立が求められている。

鋼トラス橋の主な経年劣化要因の一つに腐食がある。鋼トラス橋の圧縮斜材は鋼板の6mm程度のすみ肉溶接により構成されているが、腐食が進行すると、写真-1のようにすみ肉溶接が切れる（以下、腐食切れ）ことがある。圧縮斜材は、荷重の作用下において、斜材の柱としての部材座屈だけでなく、斜材を構成する板の局部座屈も生じないように設計されている。板の溶接部が腐食切れにより分離すると、溶接切れ部が自由辺となり、板の局部座屈強度は低下すると考えられている。

この損傷の健全度評価の明確な基準や手法は定められていなかったが、既往の研究¹⁾により明確な基準と手法が提案された。

2. 研究目的

図-1に腐食切れが生じた圧縮斜材の概略図を示す。 L は有効座屈長、 a は腐食切れ長さ、 b は局部座屈の生じる板の支持縁間隔を示す。既往の研究¹⁾では、このような腐食切れの生じた鋼トラス橋圧縮斜材の板の局部座屈応力 σ_{cr1} を算出する過程で有限要素法による線形座屈解析を実施していた。しかし、橋梁の斜材ごとに線形座屈解析を行うのは、手間や時間がかかり効率的とはいえない。そのため、本研究では腐食切れ比 a/b と局部座屈応力 σ_{cr1} の関係に関する解析結果の回帰分析を実施し、それらに関数とした関係式を作成する。そして、その関係式を利用して線形座屈解析を用いずに局部座屈応力 σ_{cr1} を算出することを本研究の目的とする。図-2に腐食切れの生じた斜材の照査の全体フローを示す。本研究で対象としている照査フローの過程は、腐食切れ比 a/b から座屈係数 k の算出に当たる。

3. 解析概要

図-3に、使用したFEM解析モデルの概要図を示す。ここで、 a は腐食切れ長さ、 b は板幅とし、腐食切れ長



写真-1 すみ肉溶接部の腐食切れの一例

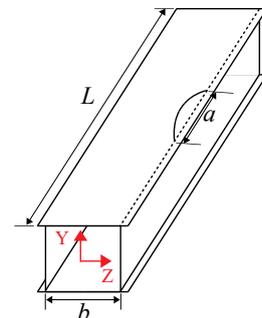


図-1 腐食切れの生じた圧縮斜材

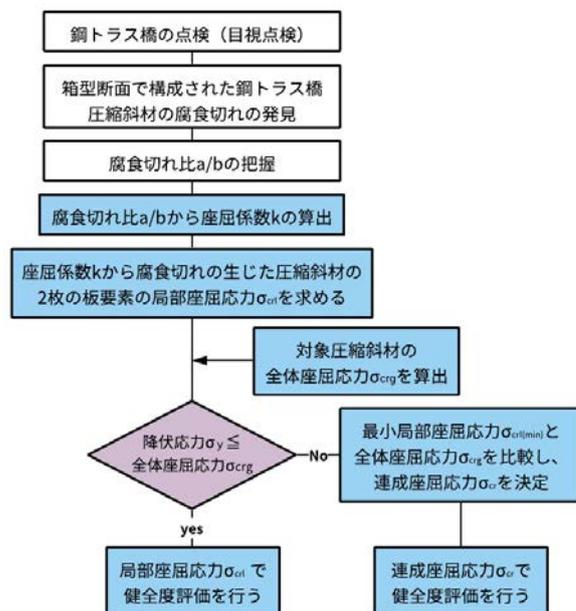


図-2 腐食切れの生じた斜材の照査のフロー

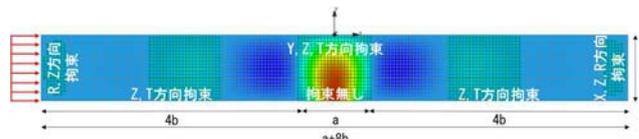


図-3 FEM解析モデルの概要図

さ a は板幅 b の0から7倍の範囲を対象としている。板の長さ L は、板幅 b の8倍の長さとして腐食切れ長さ a の和となるように設定した。解析方法としては、図-3に示した解析モデルを用いて、解析モデルの短辺に強制変位を与えることで線形座屈解析を実施し、それぞれの腐食切れ比 a/b に対して座屈係数 k を算出する。座屈係数 k は板要素の局部座屈において、部材の縦横比

キーワード 鋼トラス橋、腐食切れ、圧縮斜材、局部座屈

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学 TEL.0258-47-9617

と境界条件の影響を受ける無次元パラメータのことであり、4辺単純支持板の場合 4.0²⁾、3辺単純支持で1辺自由の板の場合 0.43²⁾ となっている。座屈係数 k の算出は以下に示す幅厚比パラメータ R の定義式²⁾から導き出す。

$$R = \frac{b}{\pi t} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{k}} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}}, \quad \frac{\sigma_E}{\sigma_Y} = \frac{1}{R^2} \quad (1)$$

これより、

$$k = \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 E} \left(\frac{b}{t}\right)^2 \sigma_E \quad (2)$$

ここに示す σ_E は板の弾性座屈応力であり、線形座屈解析によって求めることができる。解析モデルの主な諸元として、ヤング係数 E は 200×10^3 (N/mm²)、ポアソン比 ν は 0.3 としている。

4. 幅厚比 (b/t) の違いによる影響の検討

幅厚比 (b/t) の違いによる影響を検討するために用いた解析パラメータについて表-1に示す。図-4に幅厚比 (b/t) の違いによる座屈係数 k の影響を対象とした解析結果を示す。解析結果から、幅厚比 (b/t) による座屈係数 k の影響はないことを確認した。

5. 腐食切れ比 a/b と座屈係数 k の関係式作成

腐食切れ比 a/b と座屈係数 k の解析結果から回帰分析を実施し、関係式を作成した。関係式を以下に示す。

$$k = \begin{cases} k = 4.00 & \left(\frac{a}{b} \leq 0.4\right) \\ \frac{1}{0.358\left(\frac{a}{b}\right)^2 - 0.322\left(\frac{a}{b}\right) + 0.323} & \left(0.4 \leq \frac{a}{b} \leq 1.2\right) \\ \frac{1}{-0.045\left(\frac{a}{b}\right)^2 + 0.632\left(\frac{a}{b}\right) - 0.251} & \left(1.2 \leq \frac{a}{b} \leq 7.0\right) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、座屈係数 k と腐食切れ比 a/b の関係式は、腐食切れ比 a/b の範囲によって曲線の形状が異なるため、式を3つに分けた。それぞれの腐食切れ比 a/b に対して、座屈係数 k を関係式によって算出した曲線を図-4に示している。また、式(3)における $a/b < 0.4$ のモード形状は図-5に示す板全体の座屈モードであり、 $0.4 < a/b$ は図-6に示す腐食切れ部近傍の局部座屈モードを表している。

6. 腐食切れの生じた圧縮斜材の座屈応力式への適用

本研究で作成した座屈係数の関係式と既往の研究¹⁾で作成された初期不整を考慮した座屈応力式を用いて、圧縮斜材の局部座屈応力 σ_{cr1} を求め、弾塑性有限変位解析による座屈強度との比較を行うことで本式の有効性を示す。その結果を図-7に示している。

7. まとめ

本研究では、腐食切れの生じた圧縮斜材の局部座屈応力を簡易的に算出するために、腐食切れ比 a/b と座

表-1 各ケースの変化させたパラメータ

ケース名	板幅 b (mm)	板厚 t (mm)	幅厚比 b/t
FEM (b/t=14.6)	364.0	25.0	14.6
FEM (b/t=24.2)	314.0	13.0	24.2
FEM (b/t=54.4)	490.0	9.0	54.4

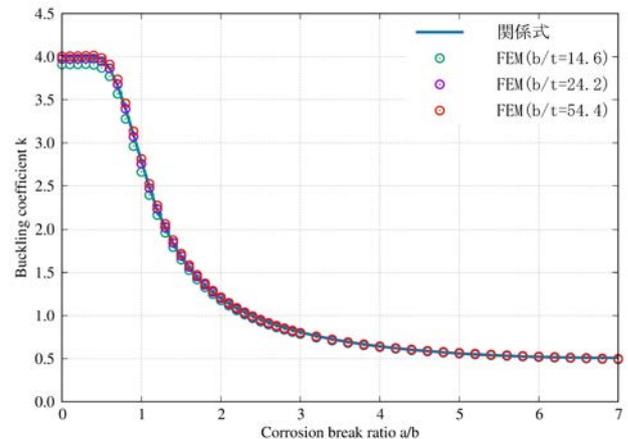


図-4 腐食切れ比 a/b と座屈係数 k の関係

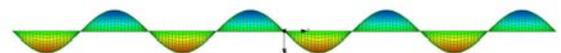


図-5 板全体の座屈モード (a/b=0.0)



図-6 腐食切れ部近傍の座屈モード (a/b=1.0)

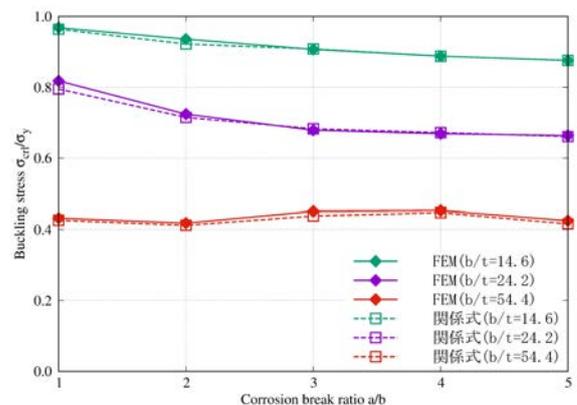


図-7 関係式、FEM 解析値比較

屈係数 k の関係に着目し、回帰分析を実施した。本研究より得られた知見を以下に示す。

- 1) 腐食切れの生じた圧縮斜材の腐食切れ比 a/b と座屈係数 k の関係を明らかにした。
- 2) 腐食切れ比 a/b と座屈係数 k の関係式を作成し、関係式を用いて局部座屈応力を簡易的に求めることが可能となった。

参考文献

- 1) 山本寧々, 岩崎英治: 腐食切れの生じた鋼トラス橋斜材の連成座屈に関する数値解析的検討, 令和2年度土木学会・全国大会第75回年次学術講演会 I-124, 2020.
- 2) 土木学会: 座屈設計ガイドライン, 丸善, pp. 81-101, 2005.