

# 腐食切れの生じた鋼トラス橋斜材の耐荷力評価のための板の座屈強度式の提案

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<sup>1)</sup>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<sup>1)</sup>では、このような腐食切れの生じた斜材の健全度を評価する際に、腐食切れの生じた板の座屈強度式を作成し、それを使用することで弾塑性有限変位解析を行うことなく簡易的に斜材の座屈強度を評価していた。

しかし、既往研究<sup>1)</sup>により提案された板の座屈強度式では、腐食切れ比 a/b が 1.0 より小さい場合に適用できないことや少し複雑な回帰式となっていることなど課題も多い。よって、本研究では既往研究<sup>1)</sup>において提案された座屈強度式を改善し、新たな腐食切れの生じた板の座屈強度式の提案を目的とする。

## 3. 腐食切れの生じた鋼板の弾塑性座屈解析

### (1) 解析概要

本研究の解析モデルを図-2 に示す。解析モデルは、腐食切れ部を自由辺とした 4 辺単純支持された板を



写真-1 すみ肉溶接部の腐食切れの一例

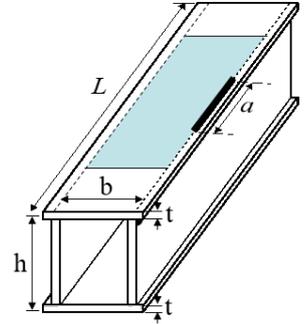


図-1 腐食切れの生じた圧縮斜材

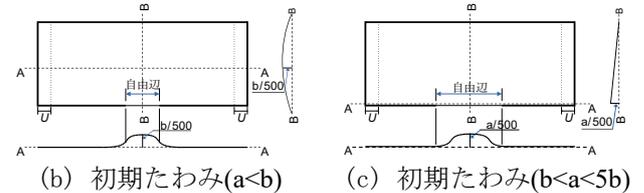
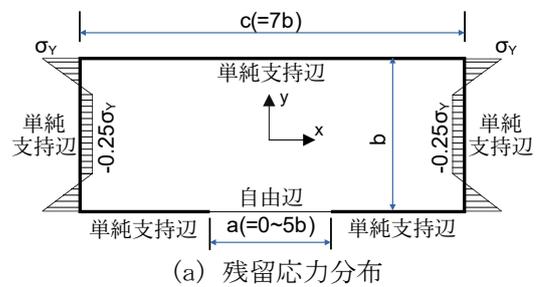


図-2 腐食切れの生じた板の解析モデル

4 節点シェル要素でモデル化している。ここで、降伏応力は 355(N/mm<sup>2</sup>)、ヤング係数 E は 2.0×10<sup>5</sup>(N/mm<sup>2</sup>)、ポアソン比 ν は 0.3 として設定している。解析方法は、腐食切れ比 a/b ごとに板厚を t=3.5~28mm の範囲で変化させ、図-2 に示すような解析モデルについて、左右辺に一律な強制変位を与え、種々の板厚 t に対して座屈強度 σ<sub>u</sub> を算出する。座屈強度 σ<sub>u</sub> は強制変位によって左右辺に生じる反力を辺の断面積で除した値である。

### (2) 初期不整

溶接部が腐食により解放した場合の残留応力分布に関する知見はないため、両辺が溶接された板の残留応力分布として、図-2(a) のような分布を用いる。初期たわみについても知見がないため、初期たわみ形状は腐食切れの生じた単純支持板に圧縮強制変位を作用させた線形座屈解析により得られる最小座屈

荷重に対応する座屈モードを用いることとする。また、初期たわみの最大値は、腐食切れ長さ  $a$  が  $a < b$  の場合には  $b/500$ 、 $b < a < 5b$  の場合には  $a/500$  とする。これは、 $a=0$  の場合に 4 辺単純支持板の初期たわみの平均値に近く<sup>2)</sup>、 $a=5b$  の場合に 3 辺単純支持 1 辺自由な板の初期たわみの平均値に近くなる<sup>3)</sup>。また、弾塑性での応力ひずみ曲線をバイリニア型で表した時の硬化係数を  $H=E/100$  として解析を実施した。

### (3) 解析結果

図-3 から図-4 に、 $a/b=0\sim5$  の範囲について、解析により得られた幅厚比パラメータ  $R$  と座屈強度  $\sigma_u$  の関係を示す。得られた弾塑性座屈解析の結果と鋼・合成構造標準示方書<sup>4)</sup>(JSCE)の座屈応力式の結果との比較についても図-3 から図-4 に示す。

解析結果より、 $a/b=0$  から 0.3 の場合の曲線は鋼・合成構造標準示方書<sup>4)</sup>の 4 辺単純支持板の曲線に近いが、 $a/b$  が大きくなるに従い、曲線は下方に移動し、 $a/b=0.9$  を超えると上方に移動し、鋼・合成標準示方書<sup>2)</sup>の 3 辺単純支持 1 辺自由な板の曲線に近づいていることが分かる。

## 4. 腐食切れの生じた圧縮斜材の板の座屈強度式

腐食切れの生じた板の座屈強度  $\sigma_u$  は、腐食切れ長さ  $a$  と板幅  $b$  の比を表す腐食切れ比  $a/b$  の値により、幅厚比パラメータ  $R$  と座屈強度  $\sigma_u$  の関係が変化し、我が国で規定されている各示方書の座屈強度式<sup>4)5)</sup>を適用できない。

そこで、本研究の弾塑性座屈解析の結果を回帰分析し、腐食切れ比  $a/b$  と幅厚比パラメータ  $R$  の関数となる板の座屈強度式を新たに作成した。本研究で作成した回帰式を以下に示す。

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_Y} = \frac{1}{a_1 + a_2 R} (R > R_0), = 1 (R \leq R_0), R_0 = \frac{1 - a_1}{a_2} \quad (1)$$

パラメータ  $a_1$  とパラメータ  $a_2$  を腐食切れ比  $a/b$  の多項式として表す。図-3 から図-4 には、式(1)による座屈強度曲線も実線で示す。

## 5. まとめと今後の予定

本研究より得られた知見と今後の予定について以下に示す。

- 1) 腐食切れ比  $a/b=0\sim5$  の範囲について、弾塑性座屈解析を実施し、座屈強度  $\sigma_u$  と幅厚比パラメータ  $R$  の関係を明らかにした。
- 2) 弾塑性座屈解析の結果を回帰分析することで、腐

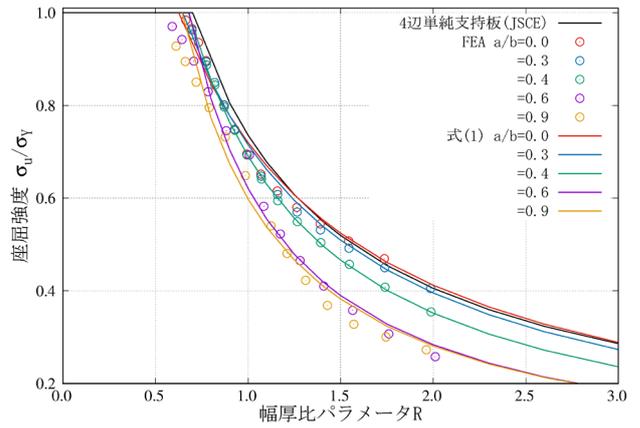


図-3 腐食切れの生じた板の解析結果( $0 \leq a/b \leq 0.9$ )

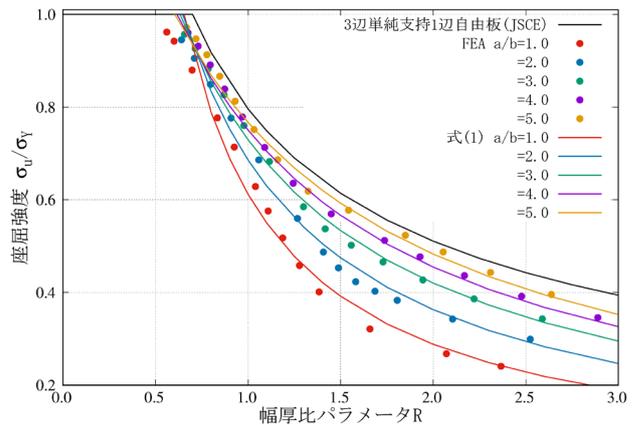


図-4 腐食切れの生じた板の解析結果( $0.9 \leq a/b \leq 5$ )

食切れの生じた板要素に適用可能な局部座屈強度式を作成した。

- 3) 今後は、本研究により作成した局部座屈強度式と既往の研究<sup>6)</sup>で作成された座屈係数の関係式を用いて、鋼トラス橋斜材の健全度評価を簡易的に行う予定である。

## 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) 土屋義浩, 奈良 敬, 森脇良一: 圧縮板の耐力力曲線の統一化への試み, 土木学会第43回年次学術講演会, I-107, pp.268-269, 1988.10.
- 3) 日本鋼構造協会関西地区委員会: 鋼橋部材の形状初期不整と耐力力の統計学的研究, JSSC, Vol.16, No.170, pp.10-43, 1980.4.
- 4) 土木学会: 鋼・合成構造標準示方書 総則編・構造計画編・設計編, 丸善, pp.71-73, 2007.
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説(II鋼橋・鋼部材編), 丸善, pp.99-101, 2017.
- 6) 仲井大樹, 岩崎英治: 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, 令和3年度土木学会・全国大会第76回年次学術講演会 I-155, 2021.