

鋼トラス橋格点部においてせん断を受けるガセットプレート の板厚算定式の妥当性の検証

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○岡崎 祐斗
日本大学工学部土木工学科 非会員 伊藤 祐輝
日本大学工学部土木工学科 正会員 笠野 英行

1. はじめに

トラス橋は、他の橋種に比べ、一般的にリダンダンシーに乏しいと考えられている。特に、主構部材を結び付ける格点部は、構造上重要な部材である。2007年にミネソタ州で発生した、I-35W 橋の崩落事故では、格点部において、斜材から圧縮力を受けたガセットプレートの損傷が橋全体の崩落に繋がったと言われている¹⁾。この I-35W 橋の事故を契機に、鋼トラス橋の格点部におけるガセットプレートの耐力評価について研究が国内外の研究機関で進められている。^{2)~4)}

現在、道路橋示方書(鋼橋編)に規定されているトラス橋格点部のガセットプレートの板厚算定式は一つしかない。しかし、本州四国連絡橋建設時における格点部の設計基準⁵⁾ではガセットプレートの板厚算定式が複数用いられており、本論文では、その中でも、せん断を受けるガセットプレートの板厚算定式の精度を FEM 解析により検証することを目的とする。

2. 理論

(1)は、本州四国連絡橋建設時における格点部の設計基準に用いられたものであり、弦材軸方向のせん断力を伝達するために必要なガセットプレートの板厚の算定式であり、図-1 に示すせん断を受ける断面 a-a に生じるせん断応力の最大値を応力集中率として 1.5 として算出する式である。この算定式(1)を用いて図-1 のガセットプレートのせん断を受ける断面 a-a のせん断応力を求め、FEM 解析の解析値より得られる最大せん断応力と平均せん断応力と比較し、算定式(1)の妥当性を検討する。

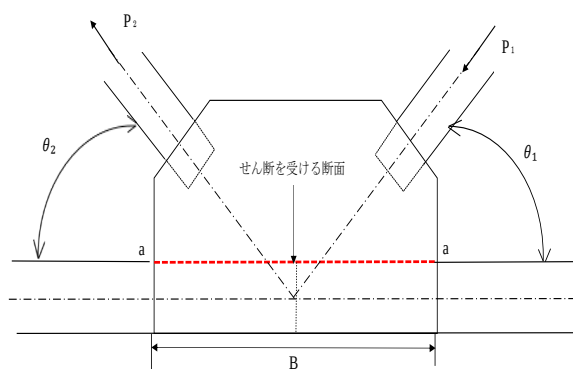


図-1 ガセットプレートのせん断力を受ける断面

$$\tau = 1.5\tau_m = \frac{1.5 \sum_{i=1}^n P_i \cos \theta_i}{2 \times B \times t} \times 10^3 \quad (1)$$

τ :ガセットの最大せん断応力(N/mm²) τ_m :ガセットの平均せん断応力(N/mm²) n :一格点に集まる腹材の数
 P_i :腹材軸力(KN) θ_i :弦材と腹材のなす角度 B :ガセットの幅(mm) t :ガセットの板厚(mm)

3. 解析概要

本研究では、FEM 解析の汎用ソフトである DIANA を用いて非線形解析を行った。図-2 は対象とする格点部の解析のモデルである。

この解析では、載荷点の変位を鉛直下方向に段階的に増加させていく変位制御法を用いて、載荷荷重が 2000kN 毎にガセットプレートのせん断を受ける断面に生じる最大せん断応力を、算定式(1)から得られる値 τ と、また平均のせん断応力を τ_m とそれぞれ比較した。また、より多くのパターンの解析結果を得るため、板厚を変更し、複数のケースで解析を行った。

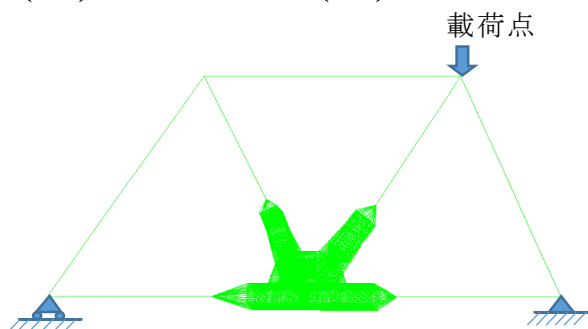


図-2 解析モデル

キーワード: 格点部 ガセットプレート 板厚算定式 鋼トラス橋 FEM

連絡先 福島県郡山市田村町徳定中河原1

TEL 080-6010-2203

4. 解析結果

各板厚における FEM 解析から得られた最大せん断応力の解析値を算定式(1)から算出される計算値 τ と、また FEM 解析から得られた平均せん断応力の解析値を計算値 τ_m と比較したものをそれぞれ図-3 と図-4 に示す。図-3 より、FEM 解析から得られる最大せん断応力は、12mm から 10mm では、計算値 τ より約 10% から 30% 上回った。9mm ではおおよそ値が一致した。8mm から 6mm では、約 10% から 30% を下回る結果となった。図-4 より、FEM 解析から得られる平均せん断応力は、12mm と 11mm では、計算値 τ_m より約 5% から 15% 上回った。10mm から 6mm では、約 10% から 40% 下回る結果となった。

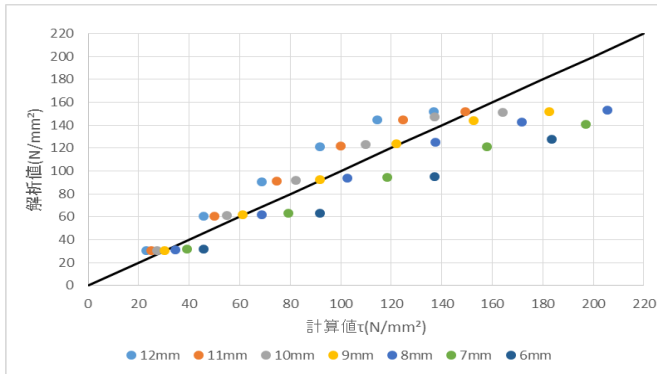


図-3 FEM 解析から得られた最大せん断
応力と計算値 τ の比較グラフ

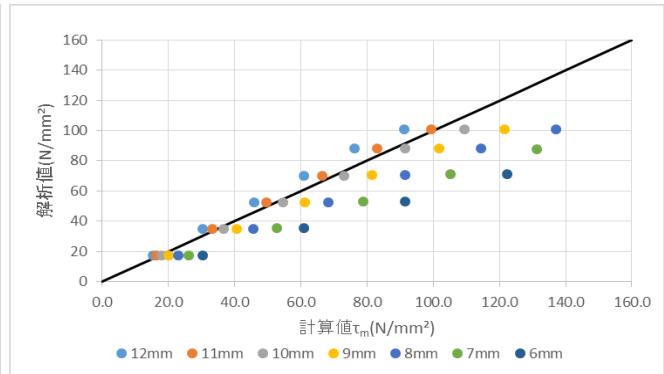


図-4 FEM 解析から得られた平均せん断応
力と計算値 τ_m の比較グラフ

5. 考察およびまとめ

格点部の FEM 解析を用いて、本州四国連絡橋建設時の格点部の設計基準で示されている弦材軸方向のせん断応力を伝達するに必要とする板厚の算定式(1)の妥当性について検討し、得られた結果は次の通りである。

① 最大せん断応力は、ガセットプレートの板厚が 10mm より大きくなるにつれ FEM 解析値が計算値 τ を上回っており、8mm より小さくなると下回っている。また、今回の解析では、最大でおおよそ 30% の誤差が生じた。

② ガセットプレートの板厚が 9mm 以下では、FEM 解析値と計算値 τ_m はよく一致している。ただし、板厚が 8mm 以下となると、誤差が大きくなる傾向にある。

①より、最大せん断応力の FEM 解析値がガセットプレートの厚さ 9mm を境に算定式(1)の計算値 τ より下回るため、ガセットプレートの厚さ 9mm 以下ではこの算定式(1)は安全側であると考えられる。しかし、ガセットプレートの厚さが 10mm 以上の場合では、FEM 解析値が算定式(1)の計算値 τ を上回ってしまうため算定式(1)は安全側ではないと言える。よって、安全性を考慮すると応力集中率を 1.5 ではなく 2.0 程度にした方が良く考える。また②より、平均せん断応力に関して算定式(1)は、比較的良い精度で、せん断を受ける断面 a-a にその平均せん断応力を算出していると言える。

6. 参考文献

- 1)笠野英行、依田照彦：米国ミネアポリス I-35W 橋の崩壊メカニズムと格点部の損傷評価、土木学会論文集 A vil.66 No.2, pp312-323, 2010.6
- 2) Minmao Liao, Taichiro Okazaki, Roberto Ballarini, Arturo E. Schultz, and Theodore V. Galambos. : Nonlinear Finite-Element Analysis of Critical Gusset Plates in the I-35W Bridge in Minnesota, *j.structural engineering*, ASCE, 137(1), pp59-68, 2011.
- 3) FHWA: Load Rating Guidance and Examples For Bolted and Riveted Gusset Plates In Truss Bridges, Publication No. FHWA-IF-09-014, 2009.
- 4) Jun Murakoshi, Naoki Toyama, Mamoru Sawada, Kentarou Arimura, Lu Guo, Teruhiko Yoda, Hideyuki Kasano, Kuniei Nogami.: Remaining compressive ultimate strength of corroded gusset plate connection in steel truss bridge: *J. structural Engineering*, Vol.59A, pp.156-168, 2013.
- 5) 本州四国連絡橋公団：トラス格点構造設計指針(案)、トラス詳細構造設計マニュアル(案)