

鋼トラス橋ガセットプレートのフィレット部応力集中に関する解析的検討

(国研)土木研究所 正会員 ○小峰 翔一 (国研)土木研究所 正会員 青木 康素
(現 日本ファブテック(株)) (国研)土木研究所 正会員 佐藤 歩
(国研)土木研究所 正会員 玉越 隆史 (国研)土木研究所 正会員 原田 英明
(現 (株)JP ビジネスサービス)

1. はじめに

鋼トラス橋では、トラス構造の合理性が発揮されるよう、格点をピン結合と仮定した力学モデルで設計を行う一方で、実際にはガセットを介してボルト接合継手や溶接によって弦材と斜材を剛結してきた。そして設計の仮定と実構造の乖離による悪影響を回避するために、ガセットは作用力に対する耐荷力を確保する板厚を確保しつつ、二次応力を抑制するためにその大きさやフィレット形状などに対して配慮がなされてきた。

そのなかで、道路橋示方書（以下、道示）では、実用の利便性から部材力 P [kN]と部材幅 b [mm]のみからガセットの板厚 t [mm]が算出できる簡便式（式-1）を規定してきている。その導出経緯や根拠と考えられる研究等からは、本式は当時主流であったSS41材の許容応力度に応力集中の影響などを加味したものと推測することができるが、式が部材力と部材幅のみからなるため、SS41材以外の強度特性の鋼材に本式を適用すると、強度特性の違いが反映されず合理化余地のある結果となる可能性がある。一方、実橋のガセットの応力状態は複雑であり、必要板厚の決定には鋼材強度以外にフィレット部の応力集中の影響も適切に考慮する必要があると考えられ、例えばSS41との強度の違いのみに着目して現行式による板厚を高強度の材料に対して低減すると、所要の安全率が確保できない危険性も否定できない。そこで、基礎的検討として図-1のガセットを対象にガセットの板厚や固定端となる弦材の板厚構成や断面剛性とフィレット部の応力集中の関係について数値解析による検討を行った。

$$t = 2 \cdot P / b \cdots \cdots \cdots \text{(式-1)}$$

2. 解析モデル

検討は、図-1 に示すガセットに対して吊材からの引張力が鉛直上向きに作用する状態を対象とした。類似条件での弦材の板厚構成とガセット板厚の関係については、文献 1)の研究があるが、弦材に引張力や曲げ応力をそれぞれ作用させた場合に着目しており、弦材側の剛性や支持条件を変えて引張力を作用させる場合とは条件が同じではない。また、このような作用力に対するガセット板の破壊性状にも不明な点が残されており、これらも踏まえ、ここでは、図-1 の格点についてソリッド要素でモデル化した弾性FEMによる解析を行った。なお対称性を考慮して1/4モデルとした。弦材ウェブと一体となっているガセットと吊材のボルト接合範囲の節点は共有させた。また、板厚方向は4分割を基本とした。モデル化の妥当性確認のために文献 1)と同載荷状態での解析を行い、結果の相違が5%以内であることを確認した。

境界条件は、弦材端部を完全拘束として、板厚算定式に用いる部材力を想定し、各モデルで同一部材力となるように引張応力を調整した。

板厚のパラメータを表-1 に示す。基準とするモデルは、ガセット板厚と弦材フランジ板厚が共に18mmのモデルとした。解析にはFemap With NX Nastran 10.3.1を用いた。

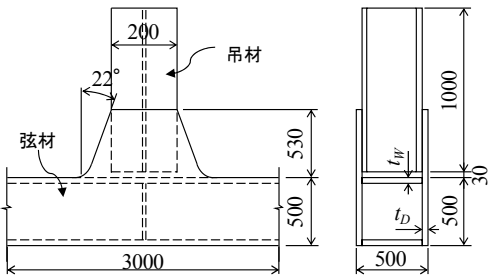


図-1 検討対象格点部

表-1 解析パラメータ

モデル	ガセット板厚 t_g (mm)	30	9	12	18	9
	弦材フランジ厚 t_w (mm)	9	9	12	18	18
	t_w/t_b	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
載荷面積 (mm ²)		2136	2231	2217	2190	2231
載荷応力 (N/mm ²)		1.03	0.98	0.99	1.00	0.98

キーワード トラス橋、ガセットプレート、応力集中

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

3. 解析結果

対象とした単純なガセットに対しては、国内の研究²⁾では、図-2に示す弦材側ボルト列を通る仮想破断面がクリティカルとなると考えた評価ができることとされ、一方で米国では文献³⁾に示される、30°の広がりを考慮した有効幅(Whitmoreの有効幅)でガセット板の応力を評価する方法が用いられている。今回の解析においても弦材に近い接合部端近傍でガセット板の応力が大きくなる傾向は確認できたが、最大応力はいずれのケースも弦材上フランジとガセット板の交点部(フィレット部)で生じている。

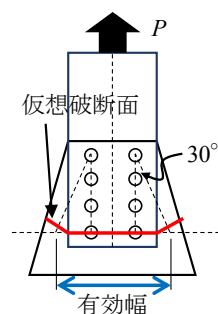


図-2 既往のガセット応力状態の評価法

図-3に弦材フランジ厚(t_w)とガセット厚(t_D)が同じ($t_w \times t_D = 9 \times 9, 12 \times 12, 18 \times 18$)場合のフィレット縁部の最大応力を図中に定義する角度(0°が弦材側)を横軸にプロットした結果と $t_w \times t_D = 9 \times 9$ のケースの応力コンターを示す。いずれも40°の位置で応力が最大となり、板厚が薄いほど応力集中の度合いは大きい。

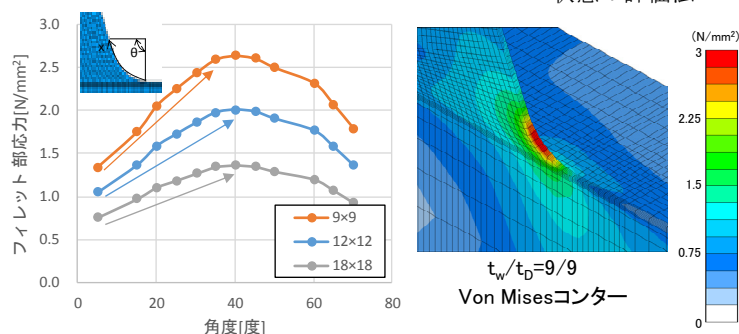


図-3 板厚を均等に減少させた場合の応力状態の変化

図-4に弦材フランジとガセット厚を変えた場合($t_w \times t_D = 9 \times 30, 18 \times 9$)と同厚($t_w \times t_D = 18 \times 18$)の結果の比較を示す。ガセット板の方が厚い $t_w \times t_D = 9 \times 30$ では、同厚に比べてフィレット部の応力集中の度合いが小さくなる一方で、弦材フランジがガセットより厚い $t_w \times t_D = 18 \times 9$ では同厚に比べて応力集中の度合いが顕著に大きい。

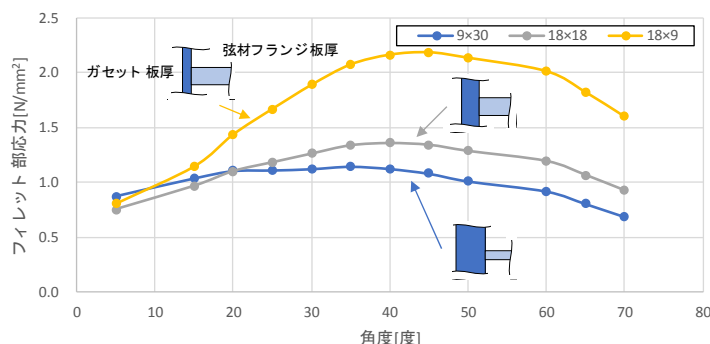


図-4 弦材の剛性変化による応力状態の影響

図-5にフィレット部の最大応力を図-2に示す仮想破断面および有効幅の平均応力(基準応力)で除した値と板厚比(t_w/t_D)の関係を示す。板厚比が小さいほど応力集中係数が大きい傾向があることに加え、基準応力の取り方によっても応力集中の評価に大きな差異が生じることが確認できる。

4. まとめ

箱断面の弦材ウェブと一体となったガセットを対象に単純な引張作用に対する発生応力に着目してガセットの降伏や破断といった限界状態に対する必要板厚に対して、ガセットと弦材の板厚構成の相違が及ぼす影響について解析的検討を行った。その結果、ガセットと弦材フランジの板厚比によって応力集中の度合いに顕著な差が生じること、板厚照査位置の設定方法の違いによって応力集中度の評価に差が生じることが確認された。これらから、現行式を鋼材強度の相違を反映したより合理的なものとするにあたっては、鋼材強度に対する以外に、応力集中の程度に影響を及ぼすガセット板のフィレットなどの構造細目の条件やガセットの応力が伝達される弦材の断面諸元とガセット板の板厚や形状などとの関係についても明らかにしたうえで所要の安全余裕が確保できる評価式を確立する必要があるといえる。

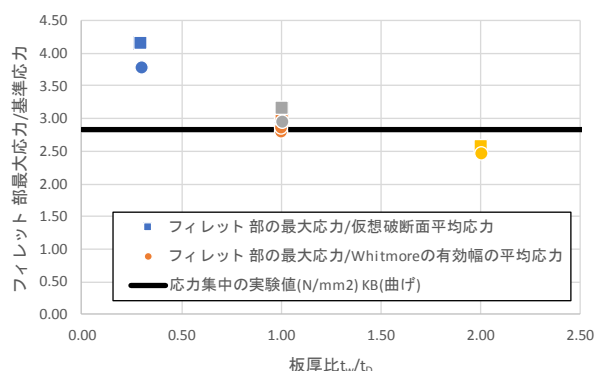


図-5 応力集中係数と板厚比の関係

参考文献: 1) 山本一之: トラス格点部の力学的挙動に関する研究, 東京大学学位請求論文, 1975. 2) 小西一郎: 鋼橋 設計編 I, 丸善, 1975. 3) Whitmore, R.E.: Experimental Investigation of Stresses in Gusset Plates, Bulletin No.16, Engineering Experiment Station, University of Tennessee, 1952.5