

東京大学大学院 学正員 山本一之

東京大学研究員 正員 〇落合正利

東京大学 正員 奥村敏恵

1. はじめに

トラス構造の部材に生ずる応力は簡単な構造力学的手法により決定される軸応力と計算仮定と実際の構造形との相違に基づく附加的な応力、いわゆる2次応力とから成り立っている。2次応力の発生原因には色々な要因があるが、主たるものは格点の剛結に基づく曲げモーメントであり、格点と剛結合としたラーメン構造として計算することが出来る。しかしながら格点(ガセットプレート)自身の応力状態を求める事は非常に難しい。この事はガセットプレートが2次元の板であり、その幾何学的形状もトラス骨組形式により左右され、弦材、腹材より作用する力は、リベットあるいはボルトという比較的明確でない伝達機構により伝達され、それらがガセットプレートの応力挙動に影響を及ぼす、いわゆるSt. Venantの原理の適用できない局所的現象であることに原因している。格点部の応力挙動に対処的な外力系である軸荷重については、すでに報告がなされており、今回は曲げモーメントのみが作用する時の応力挙動について述べ、軸力のみが作用する時との相違も検討する。

2. 供試体及び載荷装置

Fig. 1 に供試体及び載荷装置と示す。供試体は最も一般的な形状と考えられるワーレン型式格点2体(フィレット部の曲率半径が異なる)フラット型式格点1体と製作した。ガセットプレートは全て弦材腹板と一体構造とし、腹材は曲げ剛性の異なる箱断面、工断面の2種類を用いH Tボルトにより連結した。弦材断面は箱断面とし、ウェブは12mm、フランジは9mmの板厚で、材質は全てSS41を用いた。荷重は出来る限り格点部に曲げモーメントのみが作用する様に格点部から遠く離れた点で弦材、腹材に横荷重とテンションバーにより作用させてモーメントと発生させた。測定は三軸ゲージ、単ゲージ、ダイヤルゲージを各所にセットして行なった。

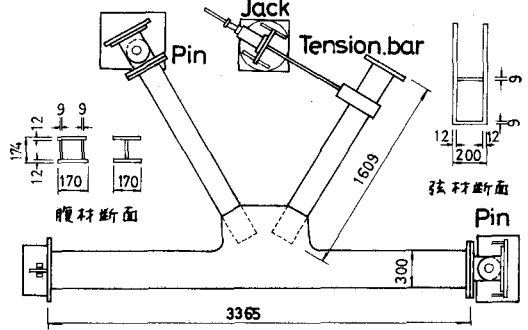


Fig. 1 供試体及び載荷装置

3. 実験結果及び考察

Fig. 2 は弦材及び腹材から最大曲げ応力が許容応力にほぼ等しい荷重と作用させた時(一般の2次応力は軸応力の5~20%程度)の格点部の相当応力($\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$)の分布と示し、Fig. 3 は弦材から曲げモーメントが作用した時の応力状態を、格点内部では主応力線として与え、周辺部と腹材とガセットプレートとの連結部近傍では応力値とそのまゝ示してある。又弦材、腹材より作用する軸力に対して応力照査すべきガセットプレートと弦材との境界線直上の断面(X軸)での各応力成分(σ_x , σ_y , τ_{xy})を示すと共にフィレット周辺部での応力状態は有限

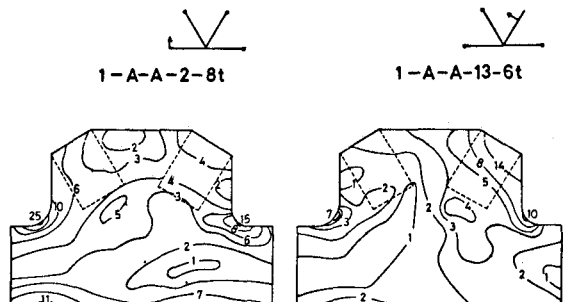


Fig. 2 相当応力の分布

要素解を併記してある。弦材から曲げモーメントが作用する時はフィレット部近傍に高応力が生じ、腹材から作用する時はフィレット部近傍と、ガセットプレートと自由端部に比較的高応力が生じている事を除いては一般的に二次応力に対して格点の全体的な応力は僅少である。又軸力に対して応力照査すべきガセットプレートと弦材との境界線直上での各応力もそれほど大きくなく、従って格点部の断面決定に際しては曲げモーメントは支配的な要因とはならない様に思われる。格点型式の相違、腹材断面の相違による応力状態はそれほど顕著な差異は認められなかった。

a) ガセット周辺部での応力状態

軸力荷重に比較して曲げモーメント荷重に対してはガセット周辺に沿った高応力状態を呈する場合がある。特に弦材とそれに隣接する腹材、あるいは両腹材に反対方向のモーメントが作用し、それが圧縮応力となる場合はガセット周辺部において局部的な座屈の危険性がある。この場合、周辺部での応力を推定して座屈に対する照査が必要であると思われる。応力の推定には、ガセット部と各腹材部に頂点と有する無限楔形とし、

楔形の頂点より曲げモーメントが作用するものと仮定して求めた応力でほぼ推定できるものと思われる。実験値とは荷重作用点を除きほぼ一致している。

b) フィレット周辺に沿った応力状態

Fig. 4 はフィレット周辺に沿った応力と弦材に作用する最大曲げ応力を基準応力とした応力集中度により表示してある。弦材曲げモーメントを一定にして腹材曲げモーメントの大きさ及びその方向を変化させると応力分布は変化し、フィレット部の最大応力はフィレット始端部から終端部へと移行している。軸力荷重の場合には最大応力は $\theta = 30^\circ$ 付近に存在しており、曲げモーメントによる応力が二次応力である事を考慮すると、腹材曲げモーメントによる影響は通常の

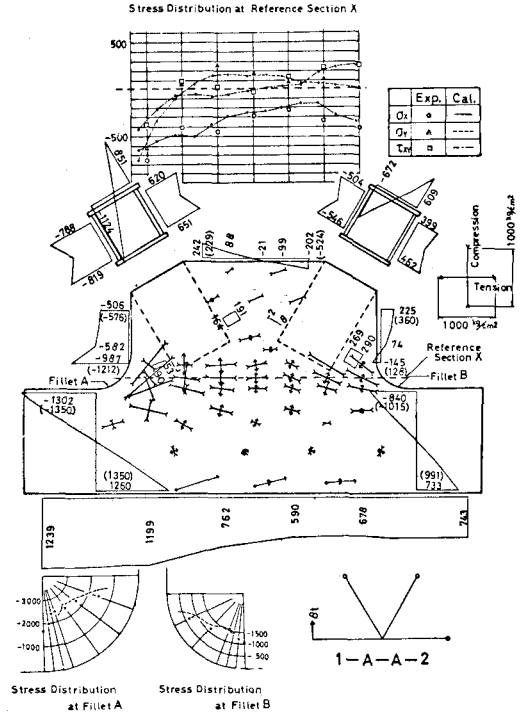


Fig. 3

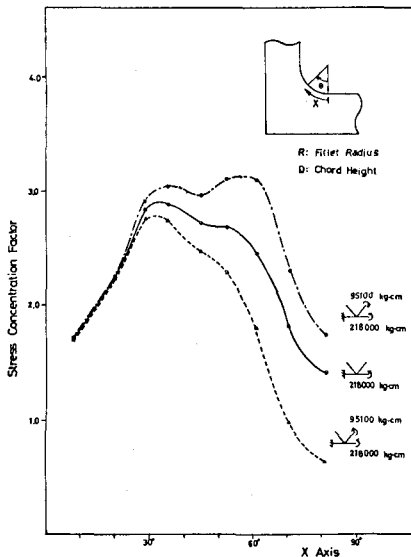


Fig. 4 腹材曲げモーメントによるフィレット部応力

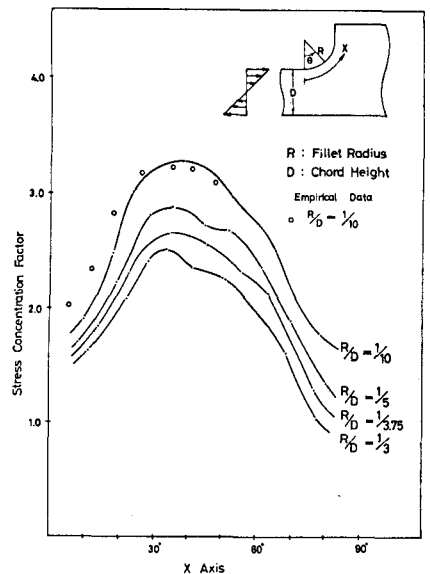


Fig. 5 フィレット部の応力分布

場合はそれほど大きくないと思われる。Fig. 5 は弦材に作用する曲げモーメントに対し、弦材高さ(D)に対するフィレット半径(R)の比と変化した時のフィレット部の応力集中度と示したものであるが、弦材軸力に対する応力集中度 (Fig. 6) と比較して最大応力集中度は大きめに生じ、高応力の生ずる領域がフィレット始端より $\theta = 30^\circ \sim 60^\circ$ の比較的低い区間にわたっている。弦材曲げモーメントに対するフィレット部の最大応力は格点部の各種形状寸法により変化するが、特に影響が大きいのは R/D であり、そのほかがセット高さ (R) の弦材高さ (D) に対する比及びがセット中 (Q) の弦材高さ (D) に対する比等によっても影響される。Fig. 7 は一般的な格点形状と思われる $R/D = 1.0$, $Q/D = 2.0$ の時、 R/D と種々に変化した時のフィレット部の最大応力集中度の変化を示したものであり、又これを基準にした R/D , Q/D の変化による補正項も示してある。最小2乗法により R/D と最大応力集中度 α との関係と式に表わすと次の様になる。

$$\alpha = 1.0 + 1.166 \left(\frac{D}{R} \right)^{0.283} \text{ ----- (1)}$$

これにより各種形状の格点に対し、曲げモーメントが作用した時のフィレット部の最大応力集中度は推定できる。

4. まとめ

- 1) 格点部の設計に対しは曲げモーメントは支配的な因子とはならない。
- 2) フィレット部の局所的な応力集中は疲労に対し支配的な因子となるので、格点部の疲労設計に対しは2次応力に対する慎重な配慮が必要である。

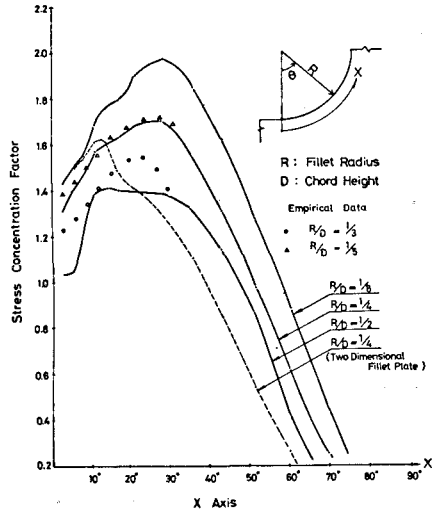


Fig. 6 軸力によるフィレット部応力

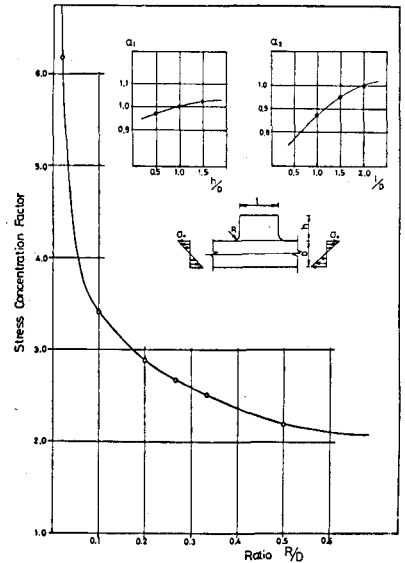


Fig. 7 最大応力集中度と R/D の関係

* 参考文献

- 1) 「トラス格点構造の実験的研究」 第27回年次学術講演会講演概要集
- 2) 「トラス格点の疲労実験」 第29回年次学術講演会講演概要集