

東京大学工学部 正員 奥村敏恵  
 東京大学大学院 〇学生員 山本一之  
 阪神高速道路公団 正員 石崎 浩

1. はじめに

弦材、腹材をガゼットプレートにより相互に連結するトラスの格点構造部は、複雑な2次元応力状態を呈するため、トラス構造の最重要部であるにもかかわらず解析的に応力の流れを把握する事は困難で、過去における研究例もほとんどない。又実験的には、トラスの全体模型によりガゼット部の応力状態を検討した研究例は<sup>1),2)</sup> 2,3あるが、詳細に検討するための部分模型実験は、弦材、腹材に同時に外力を導入するための載荷装置の困難性により実験例も少ない。

鋼道路橋示方書<sup>3)</sup>も6条のガゼットプレートに対する考え方は、経験的に腹材中の2倍をガゼットの有効断面と考へて板厚を決定している。しかしながら近年溶接技術の向上、構造物の大型化にともない、弦材、腹材は箱形断面の溶接組立構造にあるのが一般的であり、ガゼットプレートも従来の弦材ウェブにリベット等を接合する形式でなく、弦材と一体構造にする方法が採用される様になり、従来の形式と異なり以下の問題点を生ずるものと思われる。

- 1). ガゼットプレートと弦材とを一体構造にしたため、弦材応力がガゼット部に流れ又腹材より弦材に作用するせん断力がガゼットプレートと弦材の接合線に沿って大きく生ずるため、ガゼットプレート部の応力状態は従来の形式と相違するのではない。
- 2). ガゼットプレートに生ずるせん断力が弦材軸力に変換する過程で Shear lag 等の内題点はないが、以上の2点を検討するため以下の実験を実施し、有限要素法による解析を行なった。

2. 供試体及び載荷装置

Fig. 1 に示す種類の形式の格点模型8体を製作した。弦材は溶接箱形断面でウェブは8%, フランジは6%とし、

腹材は溶接I型断面とした。腹材とガゼットプレートは高張カホルトによる摩擦接合とし、ガゼットプレートと弦材とを一体化したものと、高張カホルトによる摩擦接合に

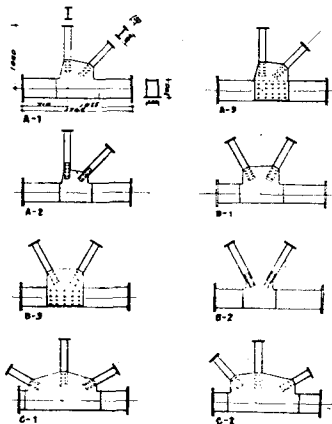


Fig. 1

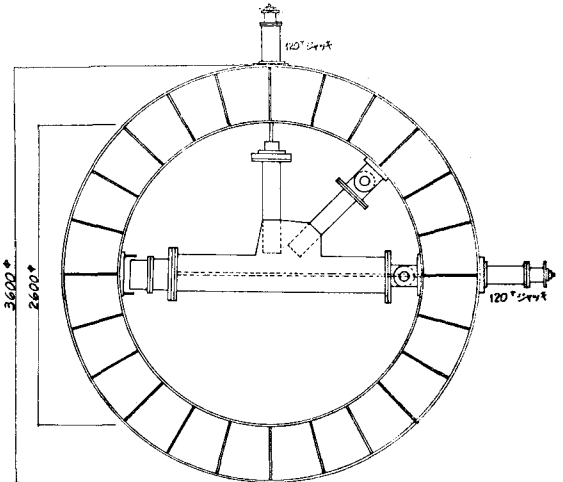


Fig. 2

よるものとの2種類とした。

載荷方法はFig. 2に示すリングに供試体を設置し、弦材腹材に同時に荷重を加える事から出来る様になっている。荷重形式はTable 1に示す様一定弦材軸力のもとに腹材荷重を変化させロケット下ーシヨウ点、単下ーシヨウ点によりおの計測を行なった。

### 3. 実験結果及び考察

本実験と平行して行なった理論解析は次の様な仮定のもとに有限要素法により行なった。

- 1) トラス格点構成部材を二次元板と考へ、各境界線に沿つて面内変位が適合する条件のもとにピン結合折板構造に置換した。
- 2) 弦材の一端は固定端、他端は自由端で自由端には等分布弦材軸力を作用させた。
- 3) 腹材よりガセット部に導入される荷重はホルトを通して均一に作用するものと考へ、当該の節点に集中荷重をかける様置換した。

3-1. ガセットプレートの応力分布 a) 主応力線による応力の流れ (Fig. 3, Fig. 4) 定性的には、等主応力線は腹材を中心とする円心円状に拡がり、2つの腹材の中心線によって切られるガセットと弦材の結合線上で主応力は最も大きな値を示している。各荷重段階での最大主応力値と鋼道架橋応力書による設計応力とを比較すると、弦材軸力がない時にはA-2を除きすべての最大主応力値は設計応力内におさまっているが、弦材軸力が導入された時にはA-3, B-3を除き弦材との結合部上で設計応力を大巾に上まわっている。

b) 相当応力の分布状態 (Fig. 5, Fig. 6) 弦材軸力がある場合のガセットプレートの応力は $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ の値がほぼ同じレベルとなり、ガセット部の破損と云う観点から相当応力の分布を調べた。

相当応力をせん断ひずみエネルギー法による二次元応力場での材料の降伏応力と定義すると

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} - \sigma_{cy}$$

Fig. 5は $P=0, P=40t$ の場合と、Fig. 6は $P=60t, P=40t$ の場合を示しているが、弦材軸力が導入される事によってガセット、弦材結合部附近で相当応力は大きくなりより広範

荷重形式	荷重形式の名称	P	P
	I-1	0	10, 20, 30, 40
	I-2	40	0, 20, 30, 40
	I-3	60	0, 20, 30, 40
	I-4	80	0, 20, 30, 40
	II-1	0	10, 20, 30, 40
	II-2	40	20, 30, 40
	II-3	60	20, 30, 40
	II-4	80	20, 30, 40

Table-1

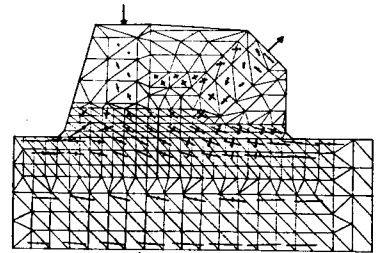


Fig. 3 主応力線図 A-1 II-4

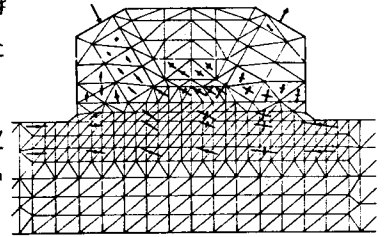
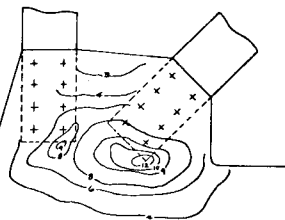
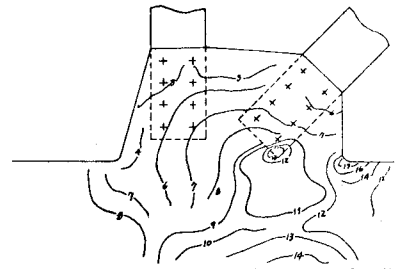


Fig. 4 主応力線図 B-1 II-4



A-1 II-1 弦材軸力0°斜材傾角40°の時の相当応力分布図 (単位 100%σ<sub>cy</sub>)

Fig. 5



A-1 II-3 弦材軸力60°斜材傾角40°の時の相当応力分布図 (単位 100%σ<sub>cy</sub>)

Fig. 6

図に広がっている。又弦材軸力の導入によって弦材とガセットの結合端部のフィレット部で応力集中による大きな相当応力が生じている。

(c)ガセットプレートと弦材の結合部附近の応力分布 (Fig. 7, Fig. 8) Fig. 7 と Fig. 8 は A-1, B-1 の荷重形式 I-4 ( $P=60^\circ$ ,  $P=40^\circ$ ) での弦材軸方向

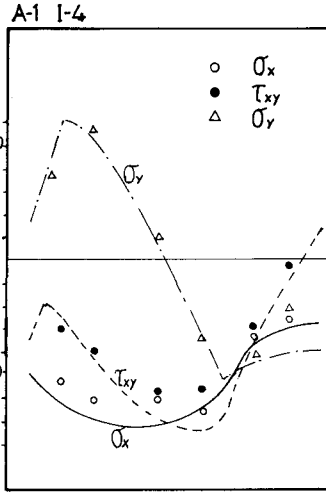


Fig. 7

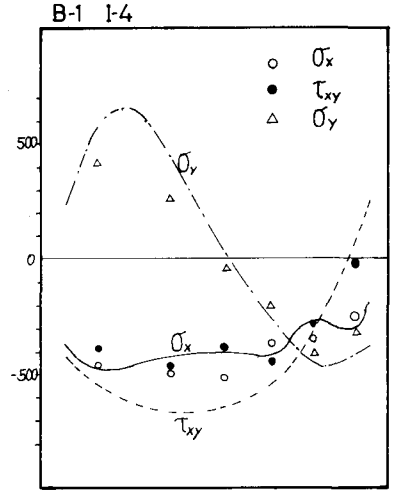


Fig. 8

応力  $\sigma_x$  及び  $\sigma_y, \tau_{xy}$  の理論値及び実験値を図示したものである。ワーレン型の B-1 ではせん断応力の分布はなめらかな放物線分布となり軸方向応力の分布も直線的に変化しているのに対し、ハウ、アラト型の A-1 ではせん断応力分布はほぼ三角形状に分布し、 $\sigma_x$  はせん断応力の最大値を示す位置で急変している。以上の傾向はガセット中の狭い A-2, B-2 で特に顕著に現われ、せん断応力の最大値の平均値に対する比が B-2 では 1.5 であるのに対し A-2 では 2.0 となり、せん断応力がかなり局所的に集中している。又 A-1, 2, B-1, 2 においては弦材軸力が作用し、腹材軸力が 0 の場合でも結合部付近にはせん断応力を生じ、その分布は結合部中央付近と原点とするほぼ直線形の分布をしており、腹材からのせん断力はともに重ね合わさった分布となる事従来形式である A-3, B-3 とは相違する点である。

3-2 弦材の応力分布 (Fig. 9 ~ Fig. 14) Fig. 9 と Fig. 10 は荷重形式 I の  $P=60^\circ$ ,  $P=40^\circ$  での相当応力の分布図でフィレット部には局所的に大きな相当応力が生じ、その影響が上フランジにも生じて

いる。Fig. 11 ~ Fig. 14 は荷重形式 II の  $P=60^\circ$ ,  $P=40^\circ$  での  $\sigma_x, \sigma_y$  の実験値である。

軸方向応力  $\sigma_x$  の分布は、A-3, B-3 では箱形断面全体にほぼ均一に分布しているのに対し、他の形式では下フランジ応力が設計応力より平均 20% 程度大きな値を示しているが、この事はガセット部が弦材軸力を分担し

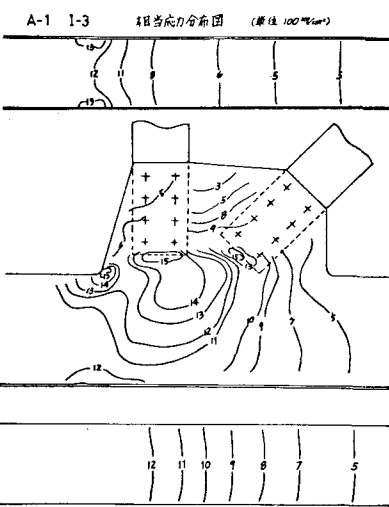


Fig. 9

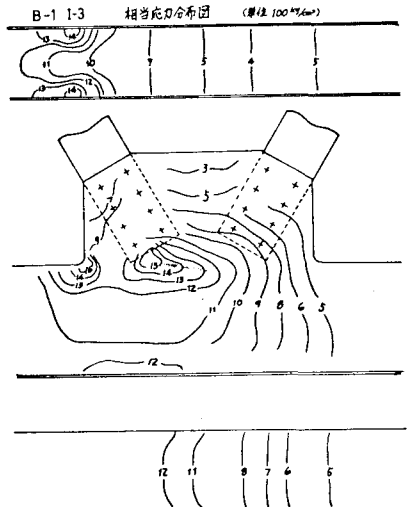


Fig. 10

その部分で重心軸が上フランジ側に移動するため弦材重心軸に作用する圧縮力により曲げモーメントが作用したためと思われる。又 A-3, B-3 ではガセットプレート接合部附近のウェブプレートの  $\sigma_x$  はほとんど降伏応力に達しており断面の急変による応力集中を示している。又  $\sigma_y$  の分布はガセット部をよはれると急速に 0 に収束している。

ガセット端部のフレットには相当大きなせん断応力が生じ、せん断による大きな  $\sigma_x$  が生ずる事が予想されたが、実験値による  $\sigma_x$  の上フランジ端部の中央部に対する比は平均 1.2 倍程度で、せん断お

くれ現象が著しいとは言い難いが、アーシ測定位置の問題もありな一層の考察が必要である。

#### 4. まとめ

ガセットプレートと弦材とを一体構造にある形式のトラス格点においては、危険断面はガセットプレートと弦材の結合線上に生じ、示方書による設計応力を大巾に上まわっており、又 B 形式に比較して A 形式では最大応力の生ずる位置が局部的に大なり、より大きな値を示している事からも、弦材軸応力、ガセットに結合する腹材軸力とその位置関係を考慮した設計式が必要である。

#### 文献

- 1) Theophil Wyrns : Beitrag zur Spannungs untersuchung an Knotenblechen eiserner Fachwerke
- 2) Whitmore : Experimental Investigation of Stress in Gussset Plates
- 3) Vasarhelyi : Tests of Gussset Plate Models

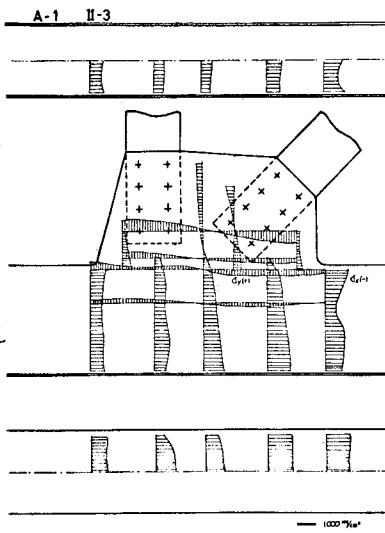


Fig. 11

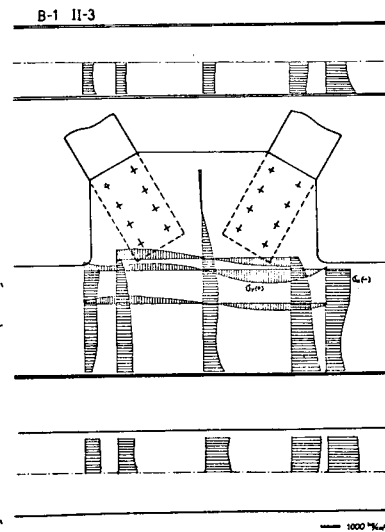


Fig. 13

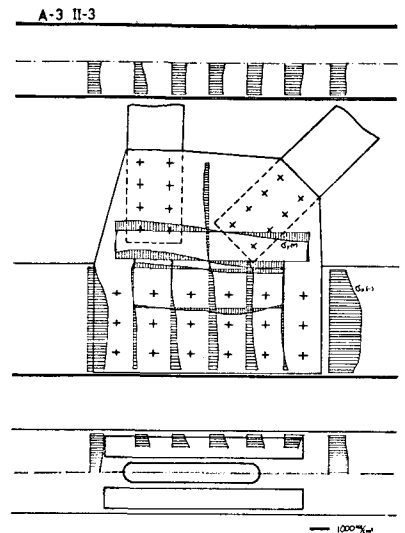


Fig. 12

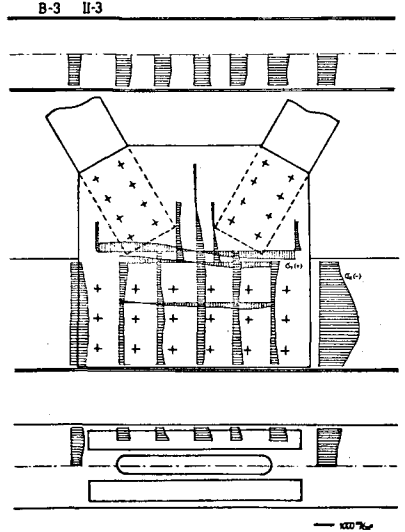


Fig. 14