

I-194 4面添接形式ガセットプレートの板厚算定について

日本鉄道建設公団 正員 山中浩 芝浦工業大学 正員 山本一之
 埼玉大学 正員 田島二郎 日本鉄道建設公団 正員 池内一雄

1 はじめに 本州四国連絡橋トラス格点構造設計指針(案)は、基本的には2面添接形式トラス格点、すなわち腹材のフランジとガセットを連結する形式に適用されるものであるが、腹材が箱断面の場合、腹材フランジのみならずウェブにもガセット内に設けられたダイヤフラムと連結する、いわゆる4面添接形式トラス格点を採用する場合がある。(図-1参照) この場合には、腹材軸力はガセットに伝達されるもののほか、ガセット内ダイヤフラムを通して直接弦材にも伝達されるため、ガセットの応力挙動は、2面添接形式とは異なる事が予測される。本報告は有限要素法による数値実験によりガセットプレートの板厚算定式の提案を、行ったものである。

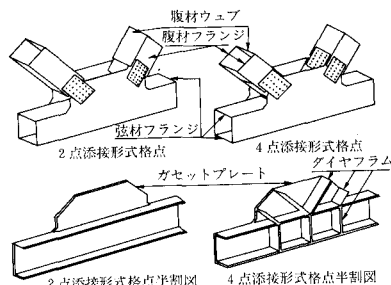


図-1 格点形式

2 腹材軸力を伝達するのに必要とする板厚 4面添接形式においては、腹材軸力は直接ガセットプレートに伝達される軸力 P のほか、ガセット内ダイヤフラムを通してガセットプレートに伝達される軸力 P_D がある。連結部近傍の平均的な最大応力は、連結ボルト群の配置方法、ガセットとダイヤフラムの板厚比、腹材軸力のガセット、ダイヤフラムへの分担率等により変化する為、24ケースの数値実験により以下の板厚算定式を求めた。

$$t_w \geq \frac{P \times 10^3}{\sigma_a \cdot A_w} (0.45 \frac{A_f}{b_e} + 0.1 \frac{A_D}{b_D})$$

t_w : 軸力に対する必要板厚(cm)

P : 腹材軸力(t)

σ_a : ガセット材の引張許容応力度(kg/cm^2)

A_w : 腹材断面積(cm^2) $A_w = A_f + A_D$

A_f : 腹材フランジ断面積(cm^2)

A_D : 腹材ウェブ断面積(cm^2)

b_e : ガセット有効巾 $b_e = b + 0.8d$ (cm)

b_D : ガセット内ダイヤフラム巾(cm)

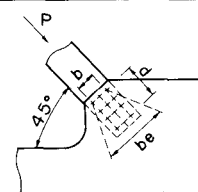


図-2 ガセット連結部

また算定式より得られる応力と解析値との対応を表-1に示す。

CASE	ボルト配置(m×n)		軸力 P(t)	軸力比 P _G :P _D	板厚比 t _G :t _D	解析値 (kg/cm^2)	評価式 (kg/cm^2)
	ガセット	ダイヤフラム					
1	6×4	4×4	432	3:2	1:1	903	1004
2	6×4	4×4	720	3:2	2:1	1639	1673
3	6×3	4×3	540	3:2	1:1	1191	1375
4	4×4	4×4	576	1:1	1:1	1261	1560

表-1 評価式による応力と解析値との対応表

弦材とガセットの接合部近傍の応力は、各腹材軸力のみならず弦材軸力の影響を受け2軸応力状態となる。従ってそこでの応力挙動を理解するには、腹材軸力と弦材軸力による応力を分離して取扱う必要がある。実験モデルは図-2に示す様に弦材と腹材の取付角度を45°としガセット内ダイヤフラムは、直接弦材フランジに接合されており、このモデルについて軸力比、板厚比等を変化させ15ケースの実験を行った。また図-3に示す各軸は、応力算定の基礎となる基準軸を示す。

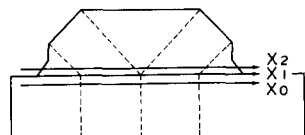


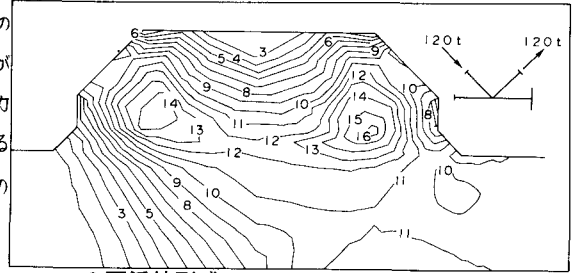
図-3 ガセット接合部基準軸

(1) 腹材軸力のみが作用する場合の格点部の応力挙動

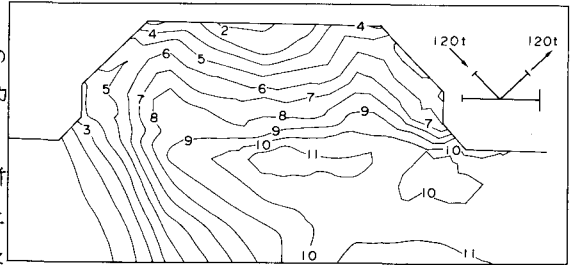
a) 2面添接形式と4面添接形式の相違

図-4に2面および4面添接形式格点の相当応力分布図を示す。2面添接形式では、相当応力の大きくなる位置が、ガセットと弦材フランジ溶接線直上に生じ、その値は約1600 kg/cm^2 となる。またガセット全域にわたり相当応力の値は大きく、その変化は急激である。それに対して4面添接形式では、相当応力の大きくなる位置は弦

材ウェブに生じ、その値は約110%となる。以上の点から、4面添接形式では、ガセット内ダイヤフラムが腹材軸力の一部を分担することにより、ガセットの応力は2面添接形式と比較して小さくなるものと考えられる。また弦材ウェブに最大応力が生じると云っても、その値は2面添接形式のそれと同一の値である。



2面添接形式



4面添接形式

図-4 相当応力分布図(単位100kg/cm²)

b) 基準軸上のせん断力および分担率

表-2に各数値実験の各基準軸に沿う、せん断断力の最大値と、格点に作用する全せん断断力に対するせん断断力分担率および応力集中率を示す。腹材軸力のガセット、ダイヤフラムへの分担率の相違によりガセットのせん断断力分担率は変化し、せん断断力の最大値も変化する。以上の点よりガセットおよびダイヤフラムに作用する軸力に対して各々のガセットへのせん断断力分担率を基本に応力集中率を考慮することによりガセットプレートのせん断断力の最大値を推定することができる。したがって軸力比を考慮したガセットに伝達されるせん断断力Qは、軸力比が腹材ウェブおよびフランジの断面積比に等しいものと仮定すると

軸力比	最大せん断断力(kg/cm ²)	せん断断力分担率(%)	せん断断力集中率
P _G :P _D	X ₀ 軸 X ₁ 軸 X ₂ 軸	X ₀ 軸 X ₁ 軸 X ₂ 軸	X ₀ 軸 X ₁ 軸 X ₂ 軸
1:0	652 609 656	69.8 75.6 75.7	1.55 1.33 1.44
1:1	643 577 525	69.7 71.9 66.7	1.53 1.33 1.31
0:1	634 533 470	69.6 68.3 57.7	1.51 1.34 1.35

表-2 各基準軸に沿うせん断断力の特性値

$$Q = \sum \frac{0.76 A_{gi} + 0.60 A_{di}}{A_{wi}} P_i \cos \theta_i \quad \text{となりせん断断力の集中率を1.4とすると}$$

最大せん断断力 τ_{max} は $\tau_{max} = 1.4 \times \frac{Q \times 10^3}{2B \cdot t} (\text{kg/cm}^2)$ となる。ここでBはガセット巾
tはガセット板厚である。

(2) 弦材軸力を考慮した相当応力の評価

弦材軸力による応力評価は本四指針と同様と考えられ、ガセット部の合成応力による評価は次の様になる。

$$\sqrt{3(K \cdot \tau)^2 + \sigma_0^2} \leq 1.2 \sigma_a, \quad \tau = \frac{Q \times 10^3}{2B \cdot t}, \quad \sigma_0 = \frac{P_R \times 10^3}{A_c + A_g} \quad (P_R > P_L)$$

$$Q = \sum \left\{ \frac{(1 - n \times 0.12) A_{gi} + (1 - n \times 0.20) A_{di}}{A_{wi}} \right\} P_i \cdot \cos \theta_i$$

A_c : 弦材断面積(cm²) A_g : ガセットの断面積(cm²)

P_R, P_L : 弦材軸力(t) P_i : 腹材軸力(t) K : 応力集中率

n : 1本の腹材について直接フランジに接合されているダイヤフラムの枚数 ($n = 1$ or 2)

表-3 応力集中率: K

α	$n=0$	$n=2$
60°	1.8	1.6
90°	1.6	1.4

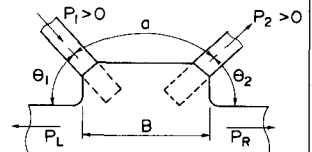


図-5 格点部の記号

4 まとめ

今回の研究により、4面添接形式の場合のガセットプレートの力学的挙動が明らかにされ、これに基づく板厚算定式を提案した。これによれば本四の設計指針(案)ほか、他の標準算定式に比較し、板厚について経済的・合理的な設計が可能となったと考えられる。