

プラット形式鋼トラス橋のガセット部応力の簡易評価に関する研究

鋼構造研究室 澤田薫

指導教員 岩崎英治

1. はじめに

鋼トラス橋の格点部は複数部材の接続の役割があるため、損傷による構造全体への影響は大きい。さらに、写真-1のようなトラス橋の下弦材直上の部位は、海塩粒子や飛散した凍結防止剤、塵などが堆積しやすく、塗膜の劣化と腐食の進みやすい部位である。格点部のガセットプレートは道路橋示方書¹⁾では必要板厚が、本州四国連絡橋公団の設計要領(案)²⁾では必要板厚と格点部に生じる応力が示されている。しかし、供用後に生じる腐食減肉によるガセット部の応力評価は、ワーレン形式鋼トラス橋を対象とした応力評価式³⁾があるのみであり、プラット形式のトラス橋の腐食減肉に対する応力照査を簡易に行う方法はない。そこで、本研究では、プラット形式鋼トラス橋の腐食減肉の生じた場合の応力評価式の作成を目的とする。前研究⁴⁾では、ワーレン形式鋼トラス橋を対象とした簡易評価式をプラット形式鋼トラス橋に当てはめて比較検討をおこなった。引張力が生じた場合では、誤差が少なく概ね同様なグラフを示すことができたため、ワーレン形式鋼トラス橋の簡易評価式を使用することとする。しかし、せん断力が作用した場合では誤差が大きかったため、式の再提案が必要と考えた。

2. 格点部のモデル化

簡易評価式の検証に用いる格点部モデルの諸元は、既設橋梁の格点部を参考にする。解析モデルは下弦材と一体形式のガセットプレートとそれに接続する部材の一部をモデル範囲とし、シェルモデルとする。下弦材直上のガセット部の応力分布は斜材の角度や斜材のガセットへの差し込み深さによって変化する。本研究では、斜材角度 α と斜材の差し込み深さ c の異なる合計12モデルを作成した。格点を中心とした半径 $L=2.0\text{m}$ の範囲をモデル化し、弦材直上のガセット部は三角形要素の大きさは約10mm、フィレット部はさらに細かい要素分割を行い、弦材直上のガセット部から離れた領域では、粗い要素分割を行う。



写真-1 格点部の腐食例

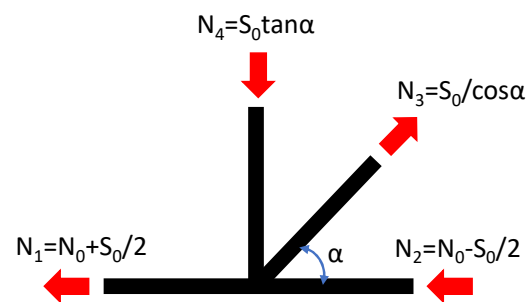


図-1 格点部に作用する軸力の分解

3. 簡易評価式の提案

格点に集まる部材の軸力は、力のつり合い条件を満足することから、格点部の左右の弦材、右側の斜材と垂直材が格点に接続されている場合には、式(1)のように2個の独立な力 N_0 と S_0 により表すことができる。図-1に軸力の分解を示す。

$$N_0 = \frac{1}{2}(N_1 + N_2) \quad S_0 = N_2 - N_1 \quad (1)$$

本研究では S_0 による応力評価式の検討を中心にを行った。 N_0 は既往研究のワーレン形式の簡易評価式を使用し、ガセット幅の中央を原点となるよう、平行移動したものを採用している。図-2にせん断力 S_0 が作用した場合に発生する応力を示す。せん断応力 $\tau_{xy} (= q(x)/t(x) : q(x)$ はせん断流, $t(x)$ は板厚)は中間部で最大, 端部で0となるような分布を仮定した応力式(2)(3)を表している。軸応力 $\sigma_y (= p(x)/t(x))$ は $q(x)$ が最大となる中央部と端部で0, ガセット左側では垂直材の中央部($x = -a_1$), ガセット右側では弦材直上部と接続斜材フランジ角部の距離が一番近い位置($x = a_2$)で最大値, 分布の傾きが0になるような分布を仮定して式(4)(5)により応力で表す。

これらの式中の b_1, b_2, q_b と p_b は図-2中のC-C断面の水平方向の力のつり合いとモーメントのつり合い条件から決定し、残りのパラメータは種々の諸元によるガセット部を対象としたFEMによる応力状態を近似するように決定する。また、力のつり合い条件から断面に生じる引張力とモーメントを求め、これらの値から σ_x を応力式(6)(7)で表している。

$$q1(x) = q_b \left\{ \beta + (1 - \beta) \left(1 - \frac{|x|^{n1}}{b_1^{n1}} \right) \right\} \quad (0 < x) \quad (2)$$

$$q2(x) = q_b \left\{ \beta + (1 - \beta) \left(1 - \frac{|x|^{n2}}{b_2^{n2}} \right) \right\} \quad (x > 0) \quad (3)$$

$$p_1(x) = -p_b \left\{ 1 - \gamma_1 \left(\frac{x + a_1}{b_1 - a_1} \right)^2 \right\} \quad (x < -a_1) \quad (4)$$

$$p_2(x) = p_b \left\{ 1 - \gamma_2 \left(\frac{x - a_2}{b_2 - a_2} \right)^2 \right\} \quad (a_2 < x) \quad (5)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{N_1}{A_L} - \frac{M_1}{I_L} h_u \quad (x \leq 0) \quad (6)$$

$$\sigma_{x2} = \frac{N_2}{A_L} - \frac{M_2}{I_L} h_u \quad (0 \leq x) \quad (7)$$

せん断力 S_0 による各応力式には、力のつり合い条件だけでは決定できないパラメータ $\beta, n_1, n_2, \gamma_1, \gamma_2$ が含まれており、FEMと簡易評価式のパラメータ値を変えたものを比較し、近似的に、 $\beta=0.153-0.002\alpha$, $n_1=1.0$, $n_2=-2.595+0.045\alpha+0.003c$, $\gamma_1=-0.0207\alpha+1.686$, $\gamma_2=-0.0282\alpha+1.6194$ と表している。

4. 腐食減肉の生じた計算例とまとめ

本研究では、プラット形式鋼トラス橋の腐食減肉の生じた場合の応力評価式の作成を目的としていた。以下にそこから得られた知見を述べる。

- FEM解析の下弦材直上のガセットの応力分布と簡易評価式は、斜材角度が急なもので誤差はあったものの、概ね同様な分布を表すことができた(図-3)。
- 腐食減肉の生じた場合でも、上記同様、概ね同様な分布を表すことができた(図-4)。
- 応力が算出するために導入したパラメータは、斜材角度 α を変えたFEM結果より、 $\beta, \gamma_1, \gamma_2$ を斜

材角度 α と斜材下縁から下弦材軸線までの距離 c によって n_1, n_2 を提案することができた。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編，丸善出版株式会社，2017。
- 2) 本州四国連絡橋公団：トラス構造設計要領(案)，1993。
- 3) 岩崎ほか：腐食減肉の生じたトラス橋の下弦材直上ガセット部の応力評価と維持管理方針の提案，土木学会論文集 A1, Vol174, No. 1, 2018。
- 4) 澤田薫：プラット形式鋼トラス橋の下弦材直上ガセット部の応力評価，全国大会第75回年次学術講演会，2020。

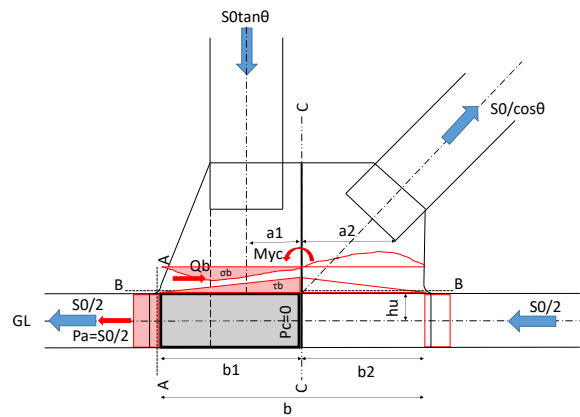


図-2 せん断力 S_0 によるガセット応力

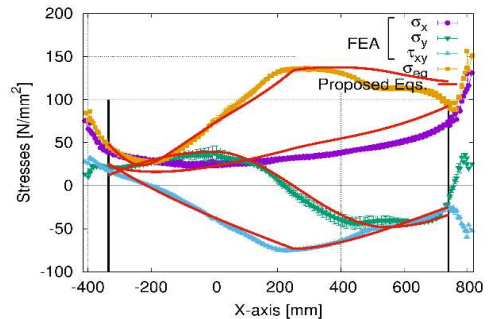


図-3 FEMとの比較結果

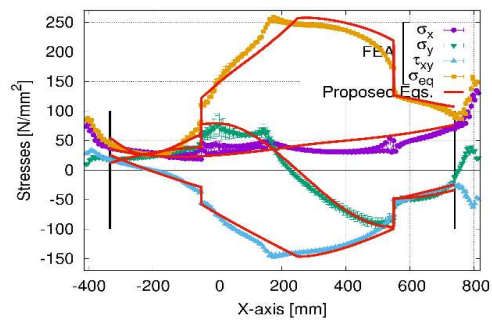


図-4 ガセット中央部での腐食