

ガセットプレートの板厚をパラメータとした鋼トラス橋格点部の圧縮耐荷力の解析的検討

東京都立大学	学生会員	○原野 優志	東京都立大学	正会員	村越 潤
土木研究所	正会員	高橋 実	東京都立大学	フェロー	野上 邦栄
土木研究所	正会員	上仙 靖	東京都立大学	正会員	岸 祐介

1. はじめに

鋼トラス橋格点部は、鋼道路橋において塵埃の堆積や雨水の滞水等により局所的な腐食欠損が生じやすい部位の一つである。これまでの国内外の鋼トラス橋の重大損傷事例を踏まえても、格点部の腐食進行に伴う耐荷力低下に留意する必要がある。米国 I-35W 橋の崩落事故以降、トラス橋格点部の耐荷力評価に関する実験・解析は行われてきているが、新設設計の場合も含めて、主構部材から圧縮を受けるガセットプレート（ガセット）の限界状態を適切に反映した耐荷力式が提案されているわけではなく、改定された道示に的確に対応するためにも耐荷力の算定式の検討が必要と考えられる。本研究では、ガセットの圧縮耐荷力の評価法を提案することを目的に、過年度に実施された格点部を対象とした圧縮載荷試験¹⁾に対して弾塑性有限変位解析により再現性を検証するとともに、既往提案の耐荷力算定式^{2),3)}の適用性の検討を行った。

2. 解析対象と解析方法

図-1 に解析対象の試験体と載荷方法の概要を示す。解析は試験条件に合わせて行うこととし、試験体及び架台（引張載荷用の自定式フレームは除く）について、板厚中心位置にシェル要素（最小要素寸法：約 $20 \times 20 \text{mm}$ ）を配置しモデル化した⁴⁾。斜材とガセット間（片面添接ボルト接合）は、ボルト部中心位置とガセットに接する斜材フランジの縁端部分をタイイング要素で結合した。接合面のすべりは考慮していない。架台と弦材のボルト接合は剛結と仮定した。架台の底面は全拘束とし、圧縮・引張斜材は、その端部において面内・面外方向を完全固定した。解析は弾塑性有限変位解析とし、弧長増分法を用いた。解析ソフトは MSC.Marc 2018.1.0 である。荷重条件は載荷試験と同様に、圧縮・引張斜材ともに 1500kN まで漸増させ、その後引張荷重を一定保持した状態で圧縮斜材のみ載荷を行った。ガセットを含む鋼材（鋼種 SM400）の応力-ひずみ関係には、材料引張試験結果（弾性係数: 2.1N/mm^2 、降伏点: 278N/mm^2 、ポアソン比: 0.3 ）を参考にした。

表-1 ガセットの初期たわみ形状の模式図

ケース	Case1	Case2	Case3
初期たわみ形状	 斜材 ガセット	 斜材 ガセット	 斜材 ガセット

材料構成則は降伏後の 2 次剛性を初期剛性の 1/100 としたバイリニア型を仮定した.

初期不整として、3 ケースのガセットの初期たわみを考慮した。表-1 に、図-1 の A-A 断面から見たガセットの初期たわみ形状の模式図を示す(実際にはガセット面に 2 次元的に初期たわみを導入)。Case2 は試験体設置時の概略計測結果 ($w_0=1.0\text{mm}$) を、Case3 では Case2 の初期た

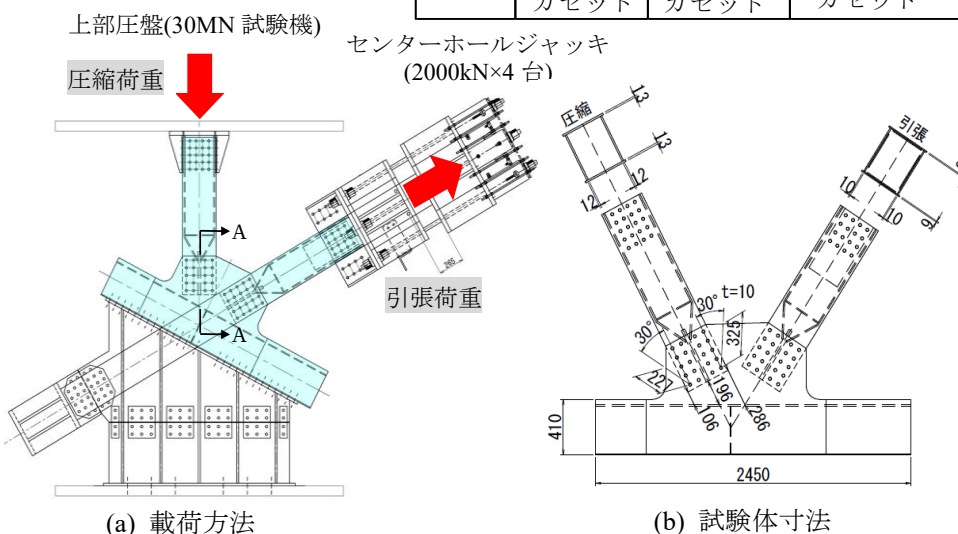


図-1 試験体と載荷方法

キーワード：トラス橋，ガセットプレート，弾塑性有限変位解析，圧縮耐荷力

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL : 042-677-2782 E-mail : harano.yuushi@gmail.com

わみ形状が荷重載荷後の変形と対応していないことから載荷後の非対称の変形を初期たわみ形状として導入している。その際、初期たわみの最大値 w_0 は、実測値及び道示(施工時の板の平面度精度: 1/150)を参考にガセット圧縮部の長さ(最大 286mm, A-A 断面におけるガセット長さ 196mm(図-1 参照))を基に 2mm とした。また、Case3 では w_0 が荷重一変位挙動に及ぼす影響を調べるために 0.5, 1mm のケースも加えた。なお、非対称の変形は既往試験¹⁾でも観察されている。

また、試験結果と比較的良好一致した Case3-2.0mm (Case3 で w_0 が 2mm)のモデルを用いて、ガセット板厚を均一に $t=8\text{mm}$, 6mm (腐食による均一減肉を想定)とした場合、及び図-4 中のガセット図に示す圧縮部領域の板厚 t_c を 8mm とした場合、外側自由端部のみの板厚 t_1 を 8mm とした場合、内側自由端部のみの板厚 $t_2=8\text{mm}$ とした場合の 5 ケースの解析を追加して実施し、既往の耐荷力式³⁾との比較を行った。

3. 解析結果

図-2 に圧縮側の荷重と試験体の圧縮斜材の軸方向変位(架台の変形分は補正済みの関係)について、試験値(鉛直変位 5.9mm の時の最大荷重 $P_{exp}=3602\text{kN}$)と解析値を比較して示す。図中には、各ケースの解析結果(最大荷重 P_{fem} , 鉛直変位, $P_{fem}/P_{exp}(\%)$)を示す。最大荷重に関して Case3-2mm では試験値との差が 2%(3669kN)であり、比較的近い値を示している。

図-3 に Case3-2mm について、解析モデル(最大荷重時)と試験体(試験終了時)の変形状況を示す。試験ではガセット圧縮部が面外に変形しており、自由端部は圧縮斜材が A 面側に水平方向にずれる非対称変形を生じている。解析結果も同様の変形の傾向であり、変形モードを概ね再現できている。なお、初期勾配のずれについては、架台・試験体の初期不整、荷重載荷条件の違い等が考えられるが、今後の課題である。

図-4 に、Case3-2mm について、ガセット均一腐食を想定した $t=8, 6\text{mm}$ の 2 ケース、及びそれぞれ $t_c=8\text{mm}$, $t_1=8\text{mm}$, $t_2=8\text{mm}$ とした 3 ケースの解析値と、既往耐荷力式²⁾による算定値 P_{gcr} の関係を示す(図中の赤丸印)。図中には参考に既往試験結果との比較結果^{2),3)}も示す。今回対象とした解析値、試験値に対して、算定値は比較的良好一致を示している。

4. まとめ

ガセットを対象とした圧縮載荷試験結果の再現解析を行い、概ね試験値の最大荷重や変形挙動を評価できることを確認した。また、同モデルを用いた解析結果に対して、既往の耐荷力式による耐荷力の算定を行い、両者の比較を通して耐荷力式の適用性を確認した。

参考文献

- 1) 高橋ほか: 弦材とボルトの離れに着目した鋼トラス格点部の耐荷力実験, 土木学会第 74 回年次学術講演会, 2019.8.,
2) Murakoshi, J. et al.: Compression loading test of corroded gusset plate connection in steel truss bridge, Proc. of the 27th US-Japan Bridge Engineering Workshop, PWRI Technical Report, No.4218, 2011.11., 3) 村越ほか: 鋼トラス橋格点部の局部座屈に対する耐荷力評価式に関する一検討, 土木学会第 69 回年次学術講演会, 2014.9., 4) 村越ほか: 腐食劣化の生じた鋼トラス橋格点部の圧縮耐荷力に着目した載荷試験, 構造工学論文集, Vol.59A, 2013.3.

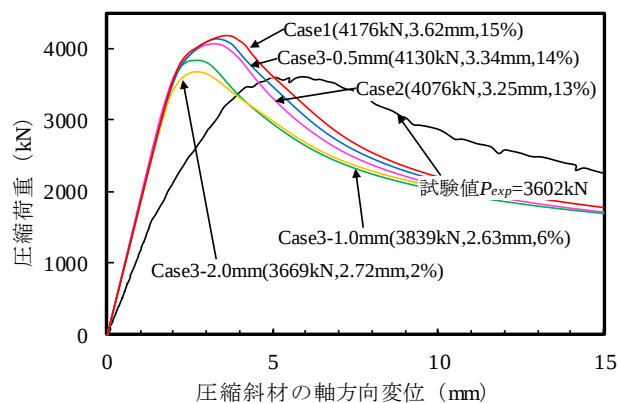


図-2 荷重と軸方向変位の関係

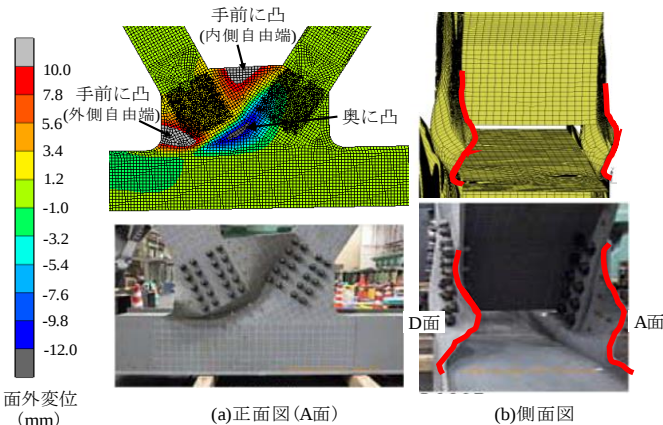


図-3 変形モード(解析: 最大荷重時, 試験: 試験終了時)

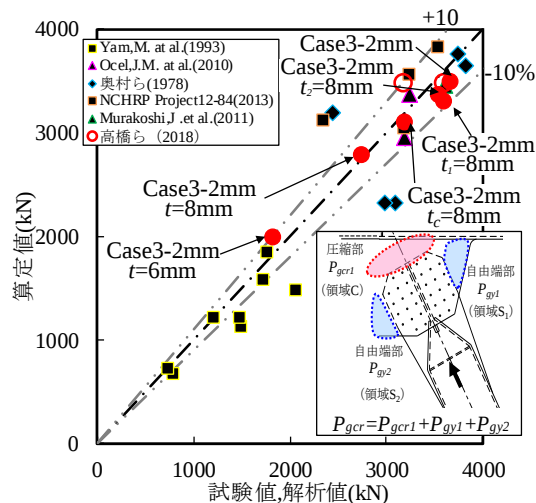


図-4 解析値、試験値と既往式算定値の関係