

ガセットプレートを考慮したトラス圧縮材の終局強度に関する解析的研究

株式会社 IHI インフラシステム 正会員 ○吉山 純平
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司

1. 研究背景と目的

トラス橋圧縮材は両端がピン支持された 1 本の柱と仮定され、道路橋示方書¹⁾に定められた許容圧縮応力度曲線により設計される。しかし、ガセットプレートをを用いる格点構造が用いられる、トラス橋構面内に組み込まれた圧縮材の終局強度や変形性能は、終局時における柱両端部の部材回転角の拘束や曲げモーメント分布が両者で異なるため柱単体のそれらと必ずしも一致しない。また、弾性座屈固有値解析により柱部材の有効座屈長係数を求め、トラス橋圧縮材の終局強度を求める方法も提案されているが、この方法では、i) 部材の初期たわみや残留応力、ii) 着目部材および隣接部材の変形や塑性化、iii) 剛節トラスとしての 2 次曲げモーメント等が考慮できないため、得られた有効座屈長係数と部材の終局強度との関係が明確でない。

そこで、本研究では、トラス橋構面を対象に FEM 解析を行い、ガセットプレートの影響を考慮したトラス圧縮材の終局強度、すなわち、終局時の圧縮材端部の境界条件に応じた終局強度を評価している。また、座屈固有値解析により算出した終局強度と比較している。

2. 対象鋼トラス橋および解析モデル

道路橋示方書¹⁾に従って設計された橋長 50m の単純下路式鋼トラス橋主構面を解析対象とする(図-1)。このトラス橋構面の中から、事前解析より、作用曲げモーメント分布および向きが異なる圧縮材、上弦材 U3 および斜材 D3 に着目する。ここで、すべての部材を梁-柱要素を用いた beam モデルおよび beam モデルから着目する圧縮材とその両端のガセットプレートを板要素でモデル化した plate モデル²⁾(図-2)を作成する。梁-柱要素でモデル化する範囲の格点部の結合条件は、既往の研究³⁾を参考に、剛結としている。材料構成則は、図-3 に示すとおりである。また、本解析では着目した圧縮部材の終局でトラス橋構面全体が終局に至るよう、着目部材以外の部材の降伏点 σ_y を 235 N/mm^2 から 400 N/mm^2 へと変更している。荷重は、トラス橋の

終局強度が最小となるような載荷方法を選定し、下弦材 L3, L4 間の格点に鉛直下向きの強制変位を与える。

3. トラス橋圧縮材の終局強度と終局時変形モード

3.1 終局時の変形モード

図-4 および図-5 に着目部材の終局時の変形図および両端と部材中央の応力-ひずみ関係をそれぞれ示す。
 (1)上弦材 U3 図-4 より、上弦材 U3 は終局時に柱部材の全体座屈および全体的な塑性化が顕著に認められる。また、圧縮部材中央の座屈変形が先行し、それが進展するにつれて、ガセットプレートと部材の接合部付近に塑性ヒンジが形成され終局に至る。したがって、上弦材 U3 の終局時の変形は、両端が固定支持された圧縮柱に近似している。

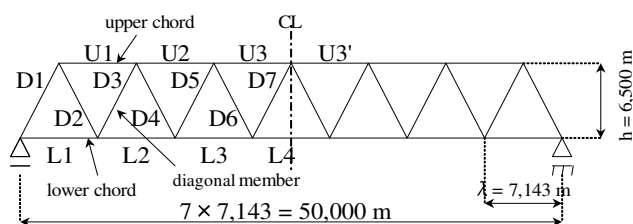


図-1 トラス橋骨組図と部材の名称

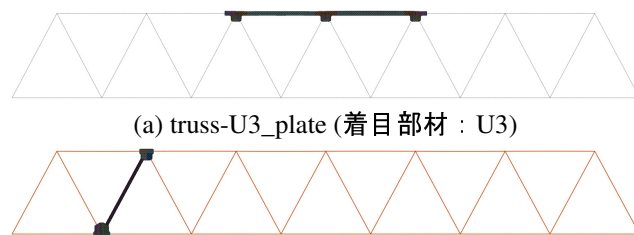


図-2 解析モデル (plateモデル)

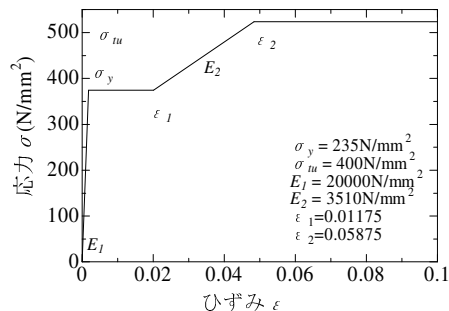
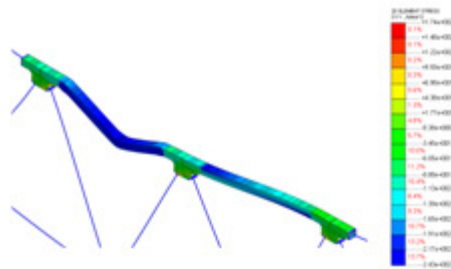


図-3 材料構成側 (SS400材)

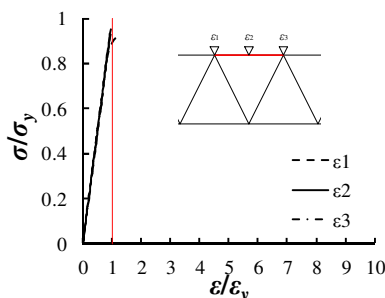
キーワード トラス橋、圧縮材、終局強度、有効座屈長、ガセットプレート

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 橋梁工学研究室



(a) 終局時の変形図 (変形倍率 3 倍)

図-4 上弦材 U3



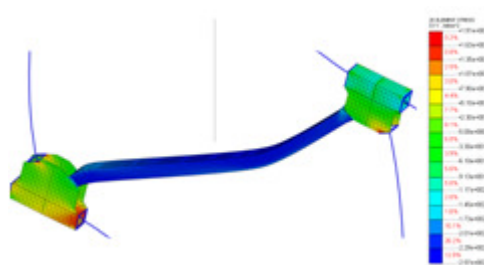
(b) 応力-軸方向ひずみ関係

表-1 有効座屈長さ係数の比較

着目部材	座屈固有値解析	plateモデル
	有効座屈長さ係数	換算有効座屈長さ係数
U3	0.88	0.50
D3	0.67	0.70

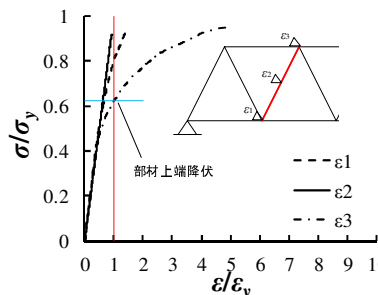
表-2 終局強度の比較

着目部材	plateモデル	柱モデル
	σ/σ_y	σ/σ_y
U3	0.978	0.971
D3	0.918	0.916



(a) 終局時の変形図 (変形倍率 3 倍)

図-5 斜材 D3



(b) 応力-軸方向ひずみ関係

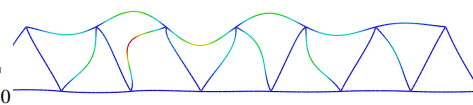


図-6 座屈変形モード (変形倍率:3 倍)

(2)斜材 D3 図-5 より, 斜材 D3 は部材が終局状態に達する前に, ガセットプレートと柱部材の上弦材側接合部では, トラス橋全体の変形と格点部の回転の影響を受け部材軸方向のひずみが急激に増加するのに対して, 下弦材側接合部では, 部材軸方向のひずみの急増は認められない. したがって, 斜材 D3 の終局時の変形はトラス橋構造内において, 部材の端部が下端で固定支持, 上端がピン支持された圧縮柱に近似している.

3.2 トラス橋圧縮材の終局強度

終局時の変形モードから, 上弦材 U3 は部材両端が固定支持, 斜材 D3 は部材端部が固定-ピン支持された圧縮柱と同等の強度を有すると予想される. そこで, 座屈固有値解析により得られる有効座屈長さ係数と本解析による換算有効座屈長さ係数を比較して表-1 に, 座屈固有値解析により得られた座屈変形モードを図-6 に示す. また, 着目部材それぞれの終局時の境界条件に対応する柱単体 (柱モデル) の終局強度の比較を表-2 に示す.

表-1 および図-6 より, 座屈固有値解析から得られる有効座屈長さ係数は, 斜材は plate モデルとほぼ一致し, 上弦材は有効座屈長を大きく評価している. したがって, 斜材の終局強度は座屈固有値解析に基づく方法により算定可能であるが, 上弦材の終局強度は, 座屈固有値解析に基づくとかなり安全側に算定されることがわかる. また, 表-2 より, 柱モデルにより算定した終局強度は, plate モデルにより算定した終局強度と良好

に一致することから, トラス橋構面内における上弦材および斜材の終局強度は, それぞれ, 部材長さを骨組長とし, 両端が固定支持, 固定-ピン支持された 1 本の圧縮柱として算定できる.

4. 結論

本研究では, トラス橋構面内に組み込まれ, ガセットプレートによる拘束を受ける圧縮材の境界条件や終局強度を, 着目する部材位置ごとに FEM 解析により評価した. 得られた主な結果は以下のとおりである.

- 1) トラス橋圧縮材は, 終局時に, 上弦材は両端固定支持柱, 斜材は固定-ピン支持柱に近似した変形モードを呈し, その終局強度はそれぞれの境界条件を考慮した 1 本の圧縮柱と同等である.
- 2) 本解析により得られたトラス橋圧縮材の有効座屈長は, 斜材は弾性座屈固有値解析に基づく算出結果と同程度, 上弦材は短く, ガセットプレートによる部材端部の拘束を考慮すると, 上弦材の終局強度を大きく算定できることを明らかにした.

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, 2012.3, 2)松村政秀・吉山純平・山口隆司: ガセットプレートを考慮したトラス橋圧縮部材の終局と変形に関する研究, 構造工学論文集, 2013.3, 3)後藤芳顕・川西直樹・本多一成: リダンダンシー解析における鋼トラス橋の引張り斜材破断時の衝撃係数, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.792-805, 2010.3