

トラス圧縮材の弾塑性有効座屈長に関する研究

大阪大学工学部 正員 小松定夫

大阪大学工学部 正員 西村宜男

大阪大学大学院 学生員 西出俊亮

1. まえがき この数年間、欧州を中心としてトラス圧縮材の構面内座屈現象を対象として極限強度の理論的並びに実験的研究が進められている。Goyal¹⁾は極限強度解析に基いて算出した圧縮弦材および斜材の有効座屈長係数と、各種の有効長係数算定法の結果を比較検討し、推奨できる方法として近似分岐座屈法²⁾とDonnell³⁾の方法を挙げている。Johnstone⁴⁾は有効座屈長法とは異なるトラス圧縮材の設計法を提案している。トラス圧縮材の極限強度は2次モーメント発生係数と隣接材の拘束係数に支配されるとの観点から、この2つのパラメータを同時に考慮できるゴールポストモデルを考察し、極限強度のパラメータ解析結果を図表に与えている。本研究では道路橋示方書の荷重規定に準拠して設計されたトラス橋を解析モデルとして選り、弾塑性有限変位解析により、2剛節トラス圧縮材の極限状態を明らかにする。極限荷重に対応する圧縮材強度と基本柱の強度(解析モデルの圧縮部材は溶接箱型断面でその基本強度はECCS-curveに相当する)の比較により有効座屈長について考察を加える。

表-1 解析モデルの基本諸元

橋 幅	1 等 橋	スパン長	60 m
パネル長	7.5, 10 m	主橋間隔	8.5 m
有効幅員	7 m	死荷重	5.15 t/m
活荷重	線荷重 22.18 t	分布荷重	1.553 t/m

2. 解析モデル 実橋の設計データを参考とし表-1の基本諸元と図-1の骨組構成を有する中規模の平行弦ワレントラスの部材断面を設計した。スパン中央上弦材に着目し、有効長係数をモデルAでは0.8~0.86モデルBでは0.67~0.7と仮定した細長比が45と60(パネル長7.5m)、および60と75(パネル長10m)となるように断面寸法を決定し合計8個の解析モデルを作成した。これらのモデルを、細長比-パネル長-シリーズ(例75-10-A)で表示する。各部材には図-2に示す残留応力と $\frac{1}{1000}$ の初期たわみを考慮した。

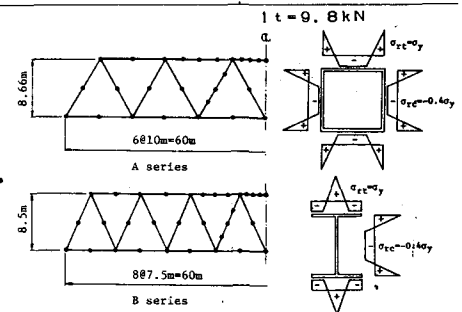


図-1 モデルの骨組構成と要素分割

図-2 残留応力パターン

3. 圧縮材の挙動とトラスの強限強度特性

解析モデル60-10-Aのスパン中央上弦材を例にとり、圧縮材の極限状態に到る挙動を考察する。図-3はスパン中央上弦材中点および下弦材格点の鉛直変位と荷重パラメータ μ (設計荷重を1とする)の関係を表している。 μ が1以下では u_1 と u_2 はほぼ等しく荷重変位関係は線形である。 μ が1を越えるとこの関係は非線形となり約1.25付近から上弦材の曲げ変形が急増により u_1 と u_2 の差が増大する。図-4はスパン中央上弦材の上下フランジ付加垂直ひずみの軸方向分布で、荷重パラメータの増加に伴い部材の変曲点が移動する様子を示している。この変曲点の移動は図-5の

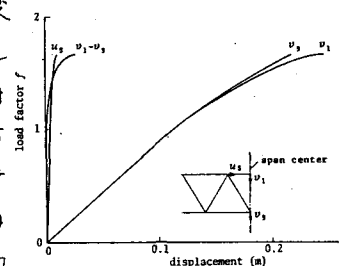


図-3 荷重-変位関係(60-10-A)

荷重-ひずみ関係によって以下のように説明される。剛節トラスの圧縮弦材は荷重レベルの低い領域では部材の曲げ変形を助長する *disturbing-moment* を受けるが曲げ変形が増加すると隣接部材の拘束効果が卓越して

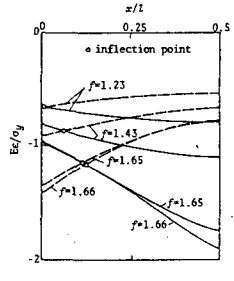


図-4. 中央上弦材縁応力の分布

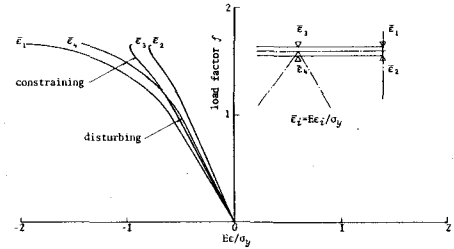


図-5. 荷重-縁応力関係 (60-10-A)

constraining-moment を材端に受けるようになる。従って初期段階では変曲点部材内に存在しないが、このモデルでは $f=1.23$ を越えたと両端に変曲点が現われ、最終的には後述する極限強度から求められる有効座屈長に対応する位置に到達する。トラス圧縮材の極限状態挙動には Johnstone⁴⁾ が指摘しているように 2 次モーメントと隣接部材の拘束効果が重要な影響を与えている。

4. 圧縮弦材の有効座屈長係数 表-2 に今回解析を行、た各モデルの中央圧縮弦材の基本細長比パラメータ λ_0 (格間長を有効長とする場合)、設計時に仮定した有効座屈長係数 $\bar{\beta}$ 、設計応力 σ_d と降伏応力 σ_y の比、荷重パラメータの最大値 f_u 、安全率 1.7 を確保できる有効座屈長係数 β_0 および各モデルの中央圧縮弦材の極限強度から算出した有効座屈長係数 β_1 を掲げた。 β_0 は A および B シリーズの λ_0 値と仮定値 $\bar{\beta}$ を用いて $f_u=1.7$ に対応する有効座屈長係数を内挿した値である。表-2 の 4 case のモデルについて β_0 は 0.74 ~ 0.8 とな、た。 Goyat⁵⁾ の示した各種トラスの圧縮弦材に関する有効長係数は 0.87 ~ 0.91 の間に Johnstone⁴⁾ のワレントラスの圧縮弦材に関する有効座屈長係数は 0.7 ~ 0.85 の間に分布しているが、本解析の結果はこれらの分布範囲のほぼ中間の値とな、っている。

表-2 解析モデル上弦材の有効座屈長係数

Model	λ_0	$\bar{\beta}$	σ_d/σ_y	f_u	β_0	β_1
75-10-A	0.909	0.80	0.768	1.705	0.80	0.80
75-10-B	0.925	0.68	0.819	1.592	0.79	0.79
60-10-A	0.765	0.83	0.820	1.761	0.74	0.75
60-10-B	0.766	0.67	0.878	1.663	0.73	0.73
60-7.5-A	0.756	0.81	0.831	1.710	0.80	0.80
60-7.5-B	0.758	0.69	0.874	1.635	0.78	0.78
45-7.5-A	0.567	0.86	0.890	1.743	0.76	0.77
45-7.5-B	0.573	0.70	0.923	1.680	0.76	0.76

なお、今回のような特定のモデルだけではなく、より一般的なトラス圧縮材の強度を評価するためのモデルとして図-6 に示すような両端で回転変位を弾性拘束され、偏心圧縮を受けるストラットモデルを対象とした解析を進めている。その際、偏心量 e と拘束バネ定数 K の評価法が重要である。

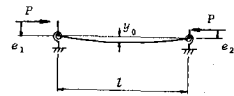


図-6. 弾性拘束を受けるストラットモデル

5. あとがき 以上、全体モデルの弾塑性有限変位解析によりトラス圧縮材の極限挙動と有効座屈長に関する考察を述べた。紙面の都合上、斜材に関する解析結果は割愛したが、弦材と同様の考察を加えているので、講演当日申し上げる。

参考文献 1) Goyat, V. et al : Ultimate load of trusses buckling in their plane, IABSE Periodica, 4, 1981
 2) Goyat, V. : Contribution à l'étude de la résistance ultime dans le plan des poutres en treillis à noeuds rigides, Univ. Liège, 1979. 3) Massonnet, ch. : Flambement des constructions formées de barres droites, CECM, 1955. 4) Johnstone D.C : Collapse of welded tubular trusses, Univ. Cambridge, Tech. Rep. TR72, 1978