

大阪大学大学院 研究生 西出俊亮

大阪大学工学部 正員 小松定夫

大阪大学工学部 正員 西村宣男

1. まえがき トラス圧縮材の極限強度に関する研究^{1), 2), 3)}の中心は有効座屈係数の合理的な評価法の確立に置かれているが、これまでに発表された成果には、トラス圧縮材の極限強度に影響を与える骨組形式、荷重状態、初期不整、2次曲げモーメント、隣接部材の拘束効果などの多様な因子を十分に網羅していないように思われる。本研究ではトラス圧縮材の強度に直接影響を与える因子は隣接部材の剛性に関係した拘束パラメータと剛節トラスの材端モーメントに関係した偏心パラメータであるとの認識に立って、この2つのパラメータの効果を考慮したストラットモデルの極限強度特性について考察を加える。

2. ストラットモデル 図-1に示す残留応力と部材長さ l_0 の $1/1000$ のsine半波の初期変位を有する図-2のストラットモデルを考える。両端の回転バネは隣接部材の拘束効果を表わすが、

その剛性は作用応力レベルによって本来非線形な特性を有する。ここでは極限状態における隣接部材の拘束効果を次式の拘束パラメータ K_i で与える。着目部材の一端に接続する n 本の部材の総和をとり、

$$K_i = \sum_{j=1}^n \frac{J E I_j}{l_j} \frac{1}{\psi_j(\alpha)} \bigg/ \frac{E I_0}{l_0} \quad (i=1, 2) \quad (1)$$

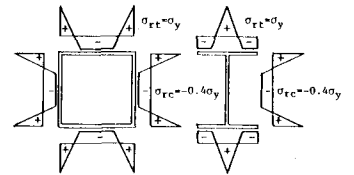


図-1 残留応力の分布

ここに $E I_0$, l_0 , $E I_j$, l_j はそれぞれ着目部材の弾性曲げ剛性、部材長さ、隣接部材の弾性曲げ剛性および部材長を表わす。また $\psi_j(\alpha)$ は全体系の弾塑性解析により得られたもので応力レベル α に関する剛性の修正係数であり、圧縮部材では

$\psi_j(\alpha) = 1/(1-\alpha^2)$; $\alpha = P_j/P_{cj}$ (2) 引張部材では $\psi_j(\alpha) = 1/(1+0.5\alpha^2)$; $\alpha = P_j/P_{tj}$ (3) 図-2 ストラットモデル

ここに P_j は着目部材に最大軸圧縮力を生ずる荷重状態における隣接部材の軸力、 P_{cj} , P_{tj} は隣接部材の圧縮および引張強度、 λ は細長比パラメータである。

荷重偏心量 e_1 および e_2 は剛節トラスの弾性解析によつて求められる材端モーメントから与えられるが、部材長さ l_0 で除して無次元表示した e_1/l_0 , e_2/l_0 を偏心パラメータと称する。ストラットモデルに与える偏心量としては、回転バネに吸収されるモーメントを考慮した $\bar{e}_1$ および $\bar{e}_2$ を用いる。

$$\frac{\bar{e}_1}{l} = (1 + \frac{K_1}{3}) \frac{e_1}{l} - \frac{K_1}{6} \frac{e_2}{l}, \quad \frac{\bar{e}_2}{l} = (1 + \frac{K_2}{3}) \frac{e_2}{l} - \frac{K_2}{6} \frac{e_1}{l} \quad (4)$$

3. 全体モデルとストラットモデルの比較 ストラットモデルによるトラス圧縮材の極限強度解析の妥当性を検証するために図-3に示す平行弦ワレントラス全体モデルの弾塑性有限変位解析

結果と比較する。図-4および図-5はそれぞれ中央上弦材および端斜材に対応するストラットモデルと全体モデルの着目部材中央および材端の縁垂直ひずみの無次元量 ϵ_c/ϵ_0 と軸力 P/P_u の関係を示している。ストラットモデルは全体モデルにおける着目部材の挙動を良好に再現している。表-1に比較設計例5ケースの両モデルの極限強度を比較して示した。すは極限強度と設計軸力の比を表わすが、両モデルの差は4%以内である。

4. ストラットモデルの極限強度特性 各種トラス構造の設計データ、調査結果を踏まえて、上述の力学パラメータの分布範囲 $0.5 \leq \lambda \leq 1.5$, $1 < K < 4$,

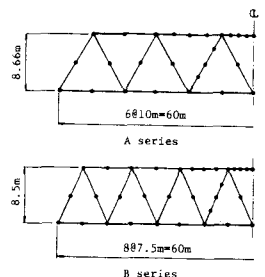


図-3 全体モデルの骨組構成と要素分割

$0.5 \leq K_2/K_1 \leq 1.0$, $0.0004 < e/l < 0.002$,
 $-1 \leq e_2/e_1 \leq 1$ について適宜組合せた 105
 case のストラットモデルの極限強度解析
 を実施した。図-6は解析結果の一部につい
 て、柱中央点のためみ w/l と荷重パラメー
 タ P/P_0 の関係を示す。(P_0 は柱
 の基本強度, ECCS curve b に相
 当)。図-6はまた、極限強度に
 対して各力学パラメータが有意
 な影響を与えることを示してい
 る。そこで、これらのパラメー
 タを全て含めた極限強度の評価
 式(5)を作成した。105 case の
 全解析結果に対し式(5)の精度
 は +103% ~ 95% の範囲にある。

表-1 ストラットモデルと全体モデルの極限強度の比較

model	type	member	l/r	K_1	K_2	e_1/l	e_2/l	ultimate strength f	
								strut model	full model
No.1	A	chord	75	1.15	1.15	0.65×10^{-3}	0.65×10^{-3}	1.648	1.705
No.2	A	chord	60	0.96	0.96	0.91×10^{-3}	0.91×10^{-3}	1.594	1.663
No.3	B	chord	60	0.78	0.78	0.50×10^{-3}	0.50×10^{-3}	1.678	1.710
No.4	B	chord	45	1.49	1.49	1.13×10^{-3}	1.13×10^{-3}	1.776	1.743
No.5	A	diagonal	68	1.82	1.69	0.81×10^{-3}	-0.79×10^{-3}	1.896	1.901

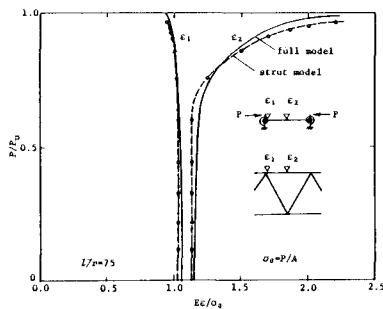


図-4 全体モデルとストラットモデルの比較 (中央上弦材)

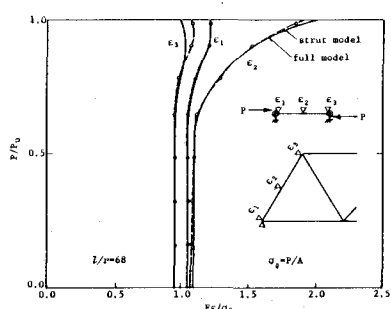


図-5 全体モデルとストラットモデルの比較 (端斜材)

$$\frac{P_u}{P_0} = \frac{1-1950(1-0.95\lambda)(0.6\frac{e_1}{l}-0.4\frac{e_2}{l}) + K(1+0.67\lambda)\{0.45+330(0.78\frac{e_1}{l}-0.22\frac{e_2}{l})\}}{1+2000(1-\lambda)(0.61\frac{e_1}{l}-0.39\frac{e_2}{l}) + K(1-0.25\lambda)/0.54-640(0.78\frac{e_1}{l}-0.24\frac{e_2}{l})} \quad \text{但し } e_1 > e_2 \quad (5)$$

両端の拘束パラメータが異なる場合は $K = \sqrt{K_1 K_2}$ で K を与える。全計算 case について P/P_0 は 1.00 ~ 1.80 の間に
 分布している。

5 トラス強度設計への適用について 本研究では一般に圧縮材の設計に用いられる有効座屈長係数法によら
 ず、柱の基本強度に対する補正係数として式(5)を与えた。関与する力学パラメータの効果を全て圧縮材の強
 度を厳密に評価するにはこのような
 強度の直接的評価法を導入すると
 有効長係数法より合理的である。
 なお式(5)に含まれる拘束パラメー
 タ、偏心パラメータには着目部材を
 含めて部材の剛性に関係するから、
 繰り返し計算が必要でありCADに組
 込まれることを前提としている。な
 お、設計の簡便さを重視して弦材や
 腹材について単一の係数を定める場
 合には基本強度・補正係数ではなく、
 有効長係数法を導入が適切であると
 考える。

参考文献

- 1) Goyat-Firey-Massonnet, IABSE PERIODICA
4, 1981
- 2) Marincek, 3rd Int. Colloqu-
-ium on Stability of Metal Structures, 1983
- 3) Kuranishi-Kimura, Proc. JSCE No.344 I-1, 1984

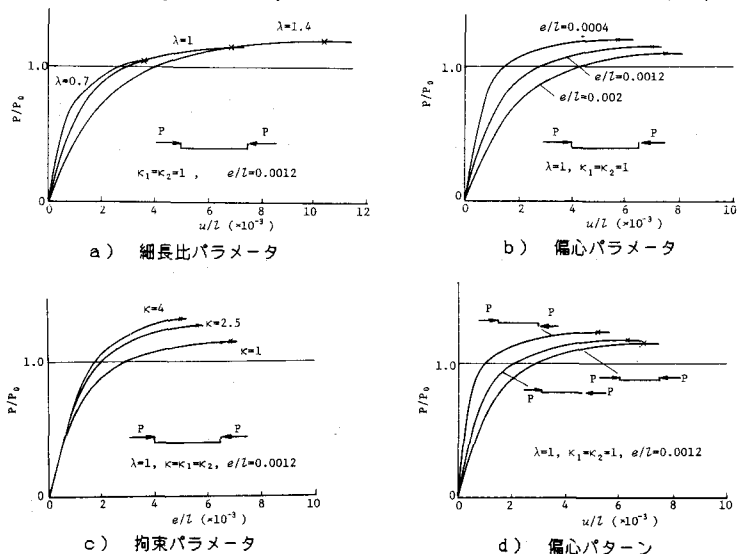


図-6 各パラメータがストラットの極限挙動に及ぼす影響