

反復荷重を受けるトラスの静的応答に関する研究

信州大学 工学部 正会員 吉沢孝和 学生員 ○ 出井孝志

研究の経過 部材の降伏点をこえるような漸増荷重を受ける鋼トラスの静的応答に関して、筆者の一人は各種の平面トラスを対象に研究を進めてきた。¹⁾ その大要は、材料の破壊に至るまでの応力ひずみ曲線を折線で近似し、構造物の形状変化の影響を考慮して荷重漸増法による数値解析を行なったものである。²⁾ そこにおいては、静定トラスと不静定トラスの静的応答の特性の間に明確な差異が存在した。これは鋼材の降伏点での大きなひずみの発生に起因するものである。すなわち、静定トラスにおいては、いかなる部材でも、そのひずみが降伏点に達するとただちにひずみ硬化領域まで変形して外力の増分に対する抵抗機構を確保しなければならないため、系全体に大変形をひきおこすことになる。³⁾ このような急激な変形を制御する目的で、静定トラスに高張力鋼線を配置して外力に対する変形挙動を調整する問題⁴⁾ についても基礎的な研究を行なった。しかるに、これまでの研究では、外力を漸増荷重に限定している点や部材の応力ひずみ特性を引張側も圧縮側も同一視してきた点などが不備⁵⁾ であった。

研究の目的 上記の解析手法にさらに、1)トラス部材の単軸履歴応力ひずみ特性、2)圧縮部材の座屈、3)引張部材の破断の条件をとり入れて、静的反復荷重を受けるトラスの変形挙動を数値計算により研究する。

モデル化 漸増荷重を受けるトラスの解析においては、部材のひずみが正・負に反転することは起こらないと考えてよいから、部材の応力ひずみ関係を図1のような弾・完全塑性ひずみ型として解析することができる。(ただし、破壊強度に達した部材を除去するような解析を行なえば、残りの部材の中にはひずみの反転を生ずることもある) トラスに変動くり返し荷重が作用する場合には、荷重の変動にともなって部材のひずみが正または負に反転する。この場合には、図2に示すような非正常履歴型⁵⁾ の曲線を適用する。この曲線は、ひずみの反転点において急激な屈折を生ずるいわゆる pointed loop 曲線であるが、2つの反転点の間の曲線形状はなめらかな曲線となるから、これを適当な方法で数式表示して解析にとり入れることができる。圧縮力を受ける部材

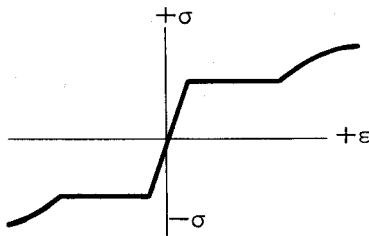


図1. 弾・完全塑性ひずみ硬化型

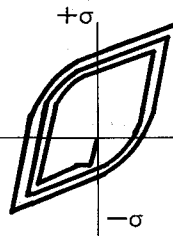


図2. 非正常履歴型

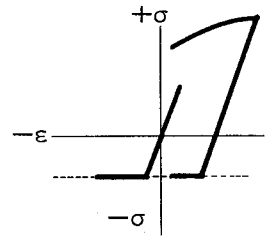


図3. 座屈型

1) 吉沢：トラスの非線形問題の数値解析，土木学会論文報告集第180号，1970年8月

2) Yoshizawa N. : Nonlinear Effects on the Analysis of Pin Jointed Trusses, Journal of the Faculty of Engineering, Shinshu University, Vol. 30, 1971, July

3) 吉沢：高張力鋼線によるトラス構造物の静的応答の制御に関する基礎的研究，土木学会論文報告集第227号，1974年7月

4) 小西：鋼橋1，丸善，1975

5) 成岡・中村：骨組構造解析法要覧，培風館，1976

については座屈を考えなければならない。本研究ではこれを図3のようなモデルに置きかえる。すなわちトラス部材に座屈が生ずると、弓型に変形して自由にひずみを生じうる状態となるが、座屈時の部材力に等しい抵抗力は保持し続けるという仮定のもとに解析を進める。

解析の手順 反復荷重に対するトラス部材の履歴特性は図4のように折線要素群によってあらわす。要素の数を多くすることによって

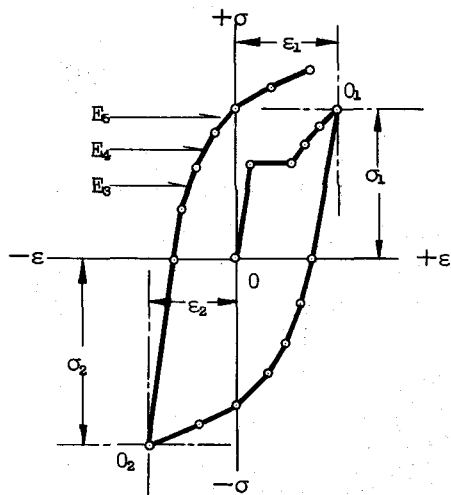


図4. 応力ひずみ曲線の折線要素表示

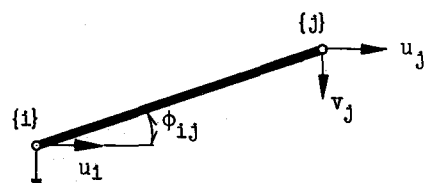
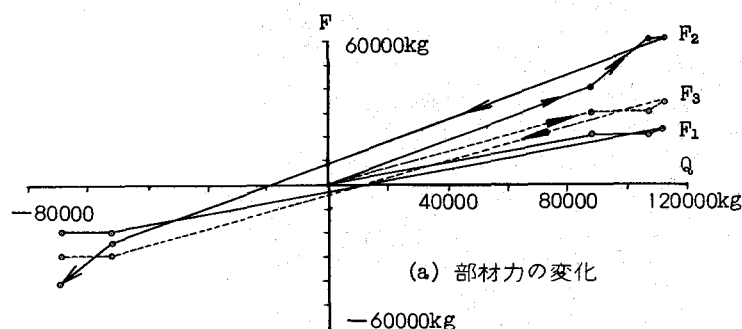


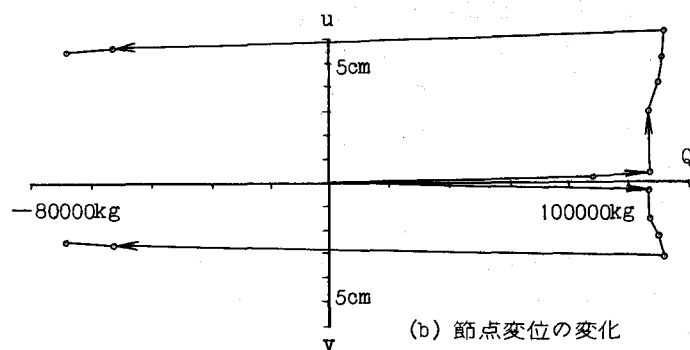
図5. トラス部材端の節点変位

材料特性は精度よくあらわされる。反復荷重はこれを細分してステップ状に累加していく。各荷重段階ごとにすべての構成部材の応力状態を点検し、その領域に応じて弾性係数を修正していく。部材のひずみが反転する場合には、図中の Q_1 または Q_2 点の位置に応力ひずみ曲線の座標原点を平行移動させた上で、移動量に相当する応力またはひずみを補正していけばよい。

計算例



(a) 部材力の変化



(b) 節点変位の変化

図6. 反復漸増荷重を受ける3本部材トラスの挙動

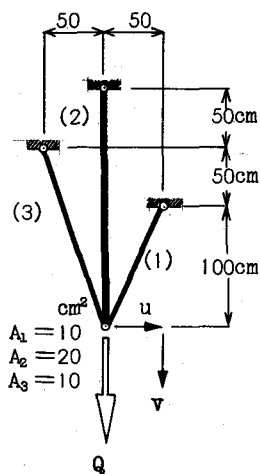


図7. 3本部材トラス

トラス部材は図4のような応力ひずみ履歴特性を有するものとして、図7のトラスの鉛直荷重Qを最初は漸増し、つぎに漸減した場合、図6に示すような結果が得られた。