

概 説 架設後の鋼トラス橋が、長年月にわたって受ける様々な荷重の中には、構造部材の弾性域をこえてそれに残留ひずみを与えるようなものが存在しないとは断言できない。また荷重のくりかえし回数が増大にともなう材料の疲れもあらわれてくる。このような要因が累積するにつれ、トラスの形状は次第に架設当初の形状からかけ離れ、部材の応力状態も設計時のものと異なってくるのが考えられる。このような事態は、強大な地震力が作用する場合を除いて考えても、長大トラス橋に対して：（予想を上まわる交通量の激増）＋（温度の急変）＋（突風）のような場合に発生することが考えられる。本報告は、鋼トラス部材が反復荷重を受ける過程において、時々上記のような強大な荷重条件が発生する場合を想定して、トラスの挙動を数値解法により検討するものであり、この手法を既設のトラス橋の耐荷能力の算定に応用することを目的とする。

解析法 解析は変形法による。ここでは、反復荷重の作用によりトラス部材に両振または片振の応力が発生する場合を考える。応力度が比例限度をこえた場合には履歴特性を考慮する。鋼材の単軸履歴応力ひずみ曲線を折線で近似し、折線要素ごとに定められた応力ひずみ関係に従って解析を進める。¹⁾ 荷重は漸増または漸減させながら反復作用させ、各荷重段階ごとにすべての部材応力を点検し、応力度に応じて剛度およびひずみ補正値を修正する。応力ひずみ関係が pointed loop 形状をなすため、応力およびひずみが反転する時点で loop の反転点に座標原点を移動する操作が計算の上で必要となる。²⁾

計算例 計算例に用いるトラス部材の応力ひずみ特性は図1に示すような履歴特性にしたがうものとする。

最初に図3に示すような5パネルワーレントラス(平面系) に対称な節点に荷重Pを鉛直方向に作用させた場合について考察する。Pの値は漸増または漸減させながら、

(0) ~ (+18)t ~ (-20)t ~ (+18)t のように反復作用させる。

図2はこのような荷重条件による系の変形状態を、図3は上弦材中央節点aの水平、鉛直変位u, vを示す。

荷重を0から漸増させていくと、P=17t付近で部材の弾性係数が低下するため系の剛度が低下して変形しやすい状態となる。塑性領域に入った部材を図2では破線であらわす。

図3ではこの時点においてグラフが急に折れ曲がり、荷重増分に対する変位増分の割合が急に増大すること

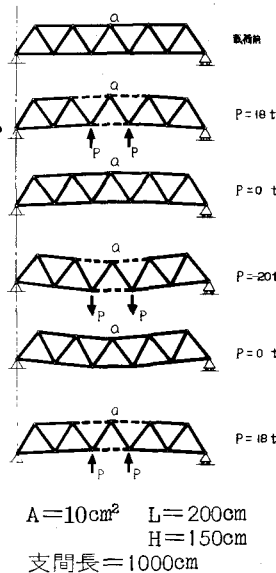


図2 反復荷重をうける平面トラスの挙動

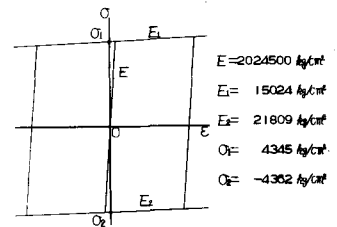


図1 トラス部材の応力ひずみ関係の履歴特性

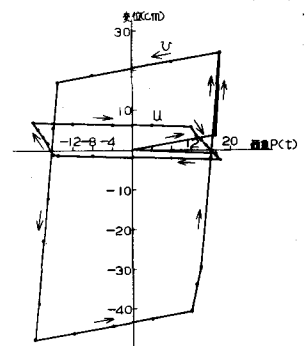


図3 節点aの変位挙動

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) 吉沢・出井 反復荷重を受けるトラスの静的応答に関する研究 土木学会中部支部年講集 1977年

が分かる。P=18tから荷重を反転せてP=0とした場合にも図2のような残留変形が見られる。これはスパン中央部の上下弦材が塑性領域に入ったために生じた残留ひずみの影響である。このような状況はP=-20tまで漸減させたのちに荷重を反転させて0にもどした場合にもあらわれる。なお、計算は微小変形理論によるものである。静定トラスに反復荷重が作用する場合には、部材の弾性係数が変化する場合および荷重を反転させる際に節点の変形挙動に急激な変化があらわれる。

つぎに、図4に示すような6本の部材で構成される立体トラスの挙動について検討する。各部材とも断面積は10cm²である。荷重はX,Y,Z軸方向に作用させる。ある部材が塑性域に入るところまで漸増させ、そこで反転させて荷重0の状態にもどし、再び反転させて漸増していくことをくりかえしている。図5、図6はそのときの部材応力と節点変位の変化をあらわしている。

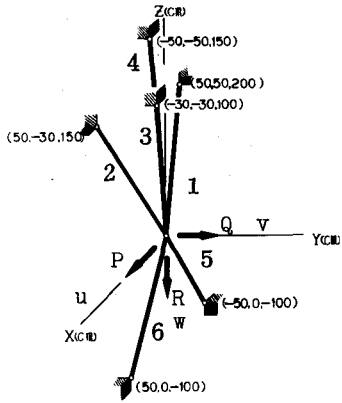


図4 立体6本部材トラス

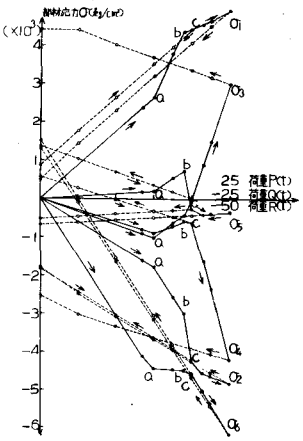


図5 部材応力の変化

荷重を漸増させていくと、図5、図6に示すa,b,c点において、部材6～部材1～部材2の順に塑性領域に入り、両図に示すように、部材応力と節点変位の変化の傾きが変わってくる。図6の節点変位について考えると、ある部材が塑性領域に入ったということはその部材の剛度が低下しこれが系全体の剛度を低下させる結果となるために、荷重の作用に対して変形を生じやすい機構となることが分かる。この傾向は塑性領域に入る部材が増すにつれ、顕著にあらわれてくる。つぎに、図5の部材応力の変化について考える。a点で部材6が塑性領域に入ってもこの系は不静定次数が高いためあまり大きな節点変位を生じない。よって部材6の応力度 σ_6 には大きな変化があらわれない。ただし、この時点から、他の部材の応力度は変動を始める。b,c点では部材1, 2がそれぞれ塑性領域に入るが、図から、この構造系における構成部材間

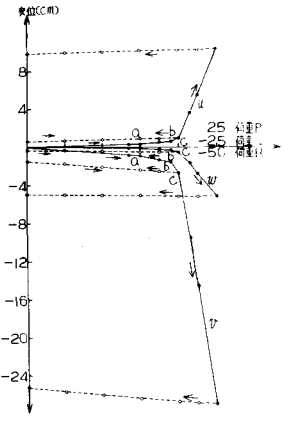


図6 節点変位の変化

の応力配分の変化の状況を観察することができる。ここで、部材3, 4, 5の応力度の変化が複雑であるのは、荷重条件と各部材の配置形状との関係によるものと考えられる。荷重の漸増過程において部材応力の符号が逆転するような現象がしばしば認められる。荷重を反転させた場合には応力度、変位ともに荷重を0から漸増させたときの最初の傾きと平行な直線上をたどる。そして荷重を0とした場合には残留ひずみと残留応力が認められる。

本報告は単純なトラス系について、微小変形理論による解析結果を示したが、今後、大変形理論による解析を行ない実際のトラス構造物に対して各種の荷重を作用させて検討する必要がある。