

Vトラス構の動的特性に関する基礎的考察

信州大学工学部 正会員 吉澤 孝和 ○学生員 枝元 勝哉

【はじめに】 近年における長大構造物は、高強度材料の開発、建設技術の向上、及び解析手法の発展等により実現された。しかしながら、構造物の長大化に伴い、設計上考慮しなくてはならない幾つかの問題が新たに生じてきた。一つには、長大構造物はその作用荷重の複雑さのため通常の構造物より高い安定性も必要とすること。そして二つめに、長大化に伴い構造物の柔性が大きくなるため、使用者に対する、振動による心理的及び生理的影響を考えなくてはならないということである。これらの問題をある程度まで解決する方法として、テンドンやダンパー等の制御機構を用いて構造物の応答を調整する方法がよく知られている。

表題のVトラスとは、長大トラスを架ける際テンドンによる制御機構を合理的に系に組み入れ、かつ引張部材が多くなるように考案した構造物であり、その形状は図-1に示す通りである。

本研究では、Vトラスの簡単なモデルを設定し、このモデルに関して基本的な動的解析を行った後その考察を述べる。

【基本式】 解析は通常のモード解析法を用いて、Vトラスの固有振動数及び固有モードを求める。(1) 主、トラスの剛性マトリクスを K 、質量マトリクスを M 、とくとその自由振動の振動方程式は、

$$M\ddot{X} + KX = 0 \quad (1)$$

ここで解 $X(t)$ を $X(t) = a e^{i\omega t}$ の形に想定すると式 (1) は、

$$(K - \omega^2 M)a = 0 \quad (2)$$

式 (2) の a が $a = 0$ 以外の解を持つために必要な条件は、 $|K - \omega^2 M| = 0$ である。これを固有値問題として解くことにより、系の固有振動数 ω が求まる。

なお質量マトリクス M は簡単のため *lumped mass matrix* を用いた。

【解析方法】 解析に用いたVトラスのモデルを図-1に示す。(a)のVトラスI型は支間長200mの両端固定トラスであり、そのトラス高はH、支間中央高は0である。また(b)のVトラスII型はI型においてその支間中央高に適当な高さを与えたものである。解析にあたりまず初めに、トラスの鋼材重量は各系について一定であるとし、その大きさは2400tであるとする。次に、作用荷重としてトラスの下弦材各節点に各々20tの鉛直荷重を載荷するものとする。計算は、VトラスI型について、そのトラス高Hを20~40mまで変化させた時の系の剛度変化に伴う最大たわみ及び固有振動数の動向を調べる。さらにVトラスII型については、I型において示す剛度が最も高いと思われるものについて、その時のトラス高Hを用い支間中央高を0~Hまで変化させた場合に関してI型の時と同様の解析を行う。

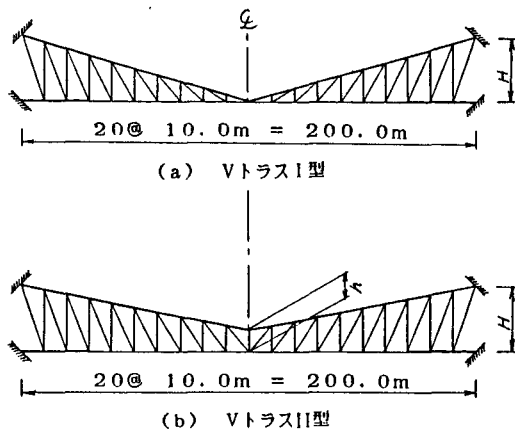


図-1 Vトラスの解析用モデル

【計算結果】 図-2及び3に両モデルに関して得られた結果を示す。図-2は、I型についてトラス高 H を変化させた時の系の固有振動数の動向を表し、図-3は、II型について支間中央高 h を変化させた時のものである。

図-2を見ると、トラス高 H が20～40mと高くなるにつれ第一次固有振動数の値も大きくなっている。従って、トラス高40mまでは H が増すほど系の剛度も増加する。また、I型における最大たわみは、トラス高20mの場合で9cmであり、それから次第に小さくなってゆきトラス高40mの場合には4cmになる。ゆえに図-2の固有振動数の変化は、静的な特性とも一致している。次に図-3は、I型について最も剛度が高かったもの、即ちトラス高40mのものについて、その支間中央高を0～40mまで変化させた時の固有振動数の動向を表す。図では支間中央高が0mのI型から40mのプラットトラス型になるにつれて系の固有振動数は小さくなっている。従って、支間中央高 h が増すほど系の剛度は減少する。この時の最大たわみは、支間中央高0mの場合の4cmから次第に大きくなり、中央高が40mの場合で20cmになる。ゆえにこの場合の固有振動数の変化も系の静的特性と一致している。なお、参考までに各図中にトラス高20m、支間中央高 h のおの0、5mの場合の各タイプの自由振動の第一モード、及び第二モードを示した。

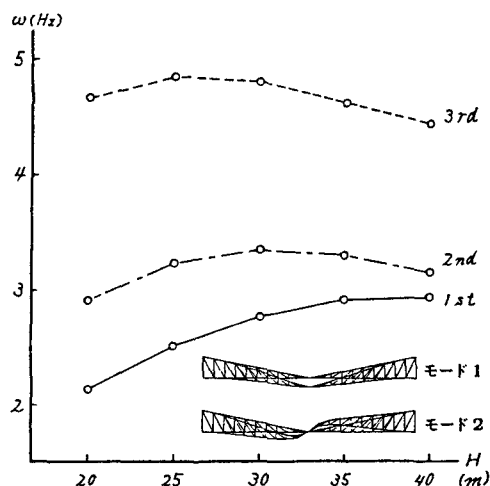


図-2 トラス高の変化に伴う固有振動数の動向

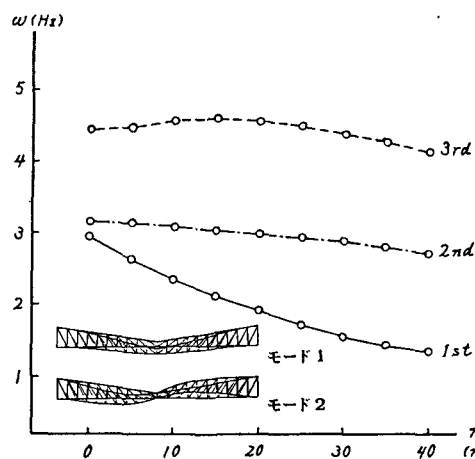


図-3 支間中央高の変化に伴う固有振動数の動向

【考察】 図-2及び3の結果より、レトラス構の特性として以下の事が結論づけられる。即ち、いま鋼材総重量を各系について一定としているため、例えば図-2においてトラス高を高くしてゆくとトラスの自重は支点付近で大きくなり、逆に支間中央付近では小さくなってゆく。このためトラス高 H を高くした場合の方が剛度が増すわけである。また、形状的にも、同一トラス高であれば、支間中央高 h を低くしたもののほうが各部材長の総和が小さくなり、部材一本当たりの断面積が増す。従って、図-3に見られる通り、支間中央高 h を低くしたもののほうが剛度は増すことになる。しかしながら、今回の計算で用いた、各系につき鋼材総重量一定という条件は、各系の大きな特性を比較するためのものであり、必ずしも全ての系に対して最適な条件だったわけではない。従って、今後の解析の方向としては、与えられた荷重条件に対して最も適した部材断面を各トラス部材について求めてやり、その上でもう一度各タイプの比較検討を行ってゆくつもりである。なお、詳しい計算結果等は発表当日に報告する予定である。