

はじめに

ワーレントラスは数多くの構造物の中で最も単純なトラス形式である。部材に必要な材料の多し少なを無視すれば、構高と格間数を与えることにより設計は一般的に可能である。しかし、材料の経済性を考慮すれば、そこには、適当な構高および格間数があるはずである。本研究は1次元等関数勾配法を用いた最小重量設計により、平行弦ワーレントラスの載荷荷重と、それに応じた最適格間数および最適構高を計算しこれらの関係について、2,3の考察を行なったものである。

1. 計算に用いたトラスとその材料

トラスは図1に示すスパン100m、格間数 N 、構高 H 、下弦材と斜材のなす角 α なる静定平行弦ワーレントラスである。部材に使用される鋼材はSS41とし、各部材とも正方形断面をもつ角棒とする。

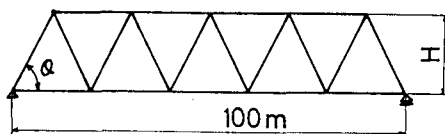


図1. 計算モデル

2. 制約条件

各部材は表1に許容応力度 σ および表2に示す最大細長比 λ_{max} の制約を受けるものとする。

表1. 許容応力度 σ (単位: kg/cm^2) λ : 細長比

軸方向引張応力度		1400 (1)
	$\lambda \leq 20$	1400 (2)
軸方向圧縮応力度	$20 < \lambda < 93$	$1400 - 8.4(\lambda - 20)$ (3)
	$\lambda \geq 93$	$12,000,000 / (6700 + \lambda^2)$ (4)

表2. 最大細長比

引張力を受ける部材	200 (5)
圧縮力を受ける部材	120 (6)

3 計算方法

各々の荷重 W について体積 $V \rightarrow \min$ とする最適構高 H_{opt} 、および最適格間数 N_{opt} を図2に示すフローチャートより求める。 H の改訂は1次元等関数勾配法に

より沢式で行なった。

$$H^{k+1} = H^k - \alpha^k \text{sign}\{V'(H^k)\}$$

ここで

H^k : 試行回数 k 回目の H

α^k : 試行回数 k 回目の適当な移動量

sign : 符号 (1あるいは-1)

V' : 体積変化の勾配

図3は、この1次元等関数勾配法により、構高 H^k およびトラスの全体積 V^k が試行回数 k とともに、改訂されていく様子を図示したものである。これは、平行弦ワーレントラス全スパンに等分布荷重 $W=50\text{ t/m}$ が載荷し、格間数 $N=7$ の場合である。

また初期値 $H=5\text{ m}$ とし、探索の停止は次式によって行なった。図2. 計算の流れ図

$$|H^{k+1} - H^k| < \varepsilon = 0.1\text{ mm}$$

一方図4は各格間数での最適構高および最小体積を示したものである。これも図3と同じく全スパンに等分布荷重 $W=50\text{ t/m}$ が載荷した場合である。この例では、 $N=7$ が最小体積 V_{opt} を与えることが示されているが、格間数と最小体積の関係は、格間数が奇数であるか、偶数であるかによって傾向が異なっている。このため最適格間数 N_{opt} は適当な区間の N の全てについて計算することによって求めた。

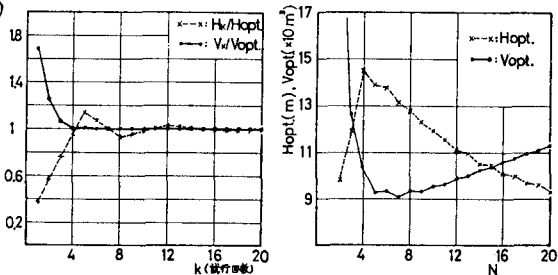


図3 試行回数と H, V の関係, 図4 格間数と V, H の関係

4. 計算結果および考察

荷重状態は全スパンに等分布する場合 (case 1) とスパンの半分に載荷する場合 (case 2) とし、荷重強度 w を変化させ、それぞれについて最適格間数 N_{opt} 、最適構高 H_{opt} 、最小体積 V_{opt} を求めた。なお N_{opt} 、および H_{opt} から下弦材と斜材のなす角 (図1の θ) の最適角 θ_{opt} を計算した。case 1, case 2 をそれぞれ、図5, 図6に示す。

いずれの場合も荷重強度 w が小さい時は、最適格間数 N_{opt} は大きく、最適構高 H_{opt} は低い。荷重強度が増加するにつれて N_{opt} は小さく、 H_{opt} は高くなる。また、最小体積 V_{opt} は荷重強度の増大に伴いほぼ直線的に増加している。さらに、 θ_{opt} は case 1 では約 60° 前後にあり、case 2 では 60° を少し越えるが、

の θ_{opt} は荷重強度によってあまり影響を受けないことを示している。この結果、荷重強度によって格間数の違いはあるものの最適の平行弦ワーレントラスの形はトラスを構成する三角形がほぼ正三角形となっていることがわかる。

おわりに

探索条件に $|V^{k+1} - V^k| < \epsilon$ を入れたものは、図3に示されるように、この条件が $|H^{k+1} - H^k| < \epsilon$ に含まれていることと H_{opt} のばらつきを防ぐためである。本考察では部材が正方形断面の角棒であることや、たわみの制約を考慮していない等問題を残している。今後はこれらの制約を含め研究を進めていきたいと考えている。なお計算は東北大学大型計算機セツを利用した。

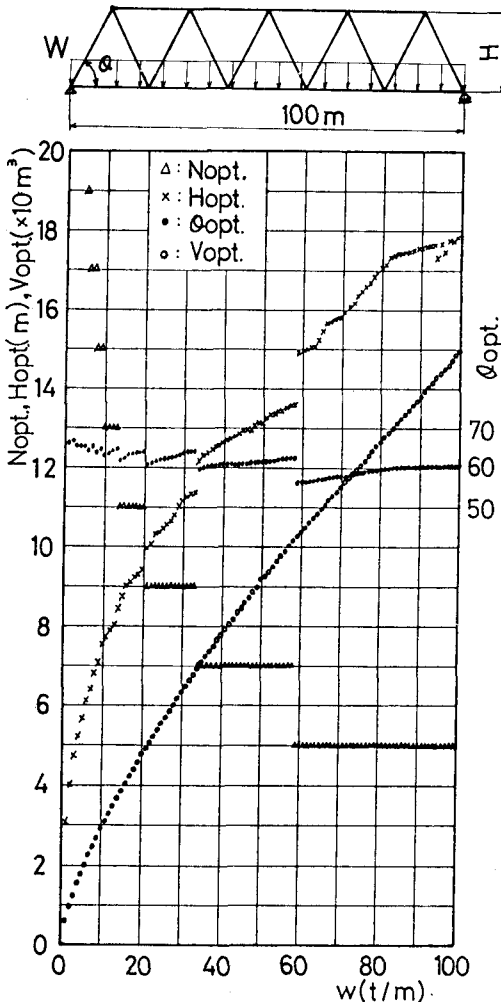


図5. 荷重強度と各最適値の関係 (case 1)

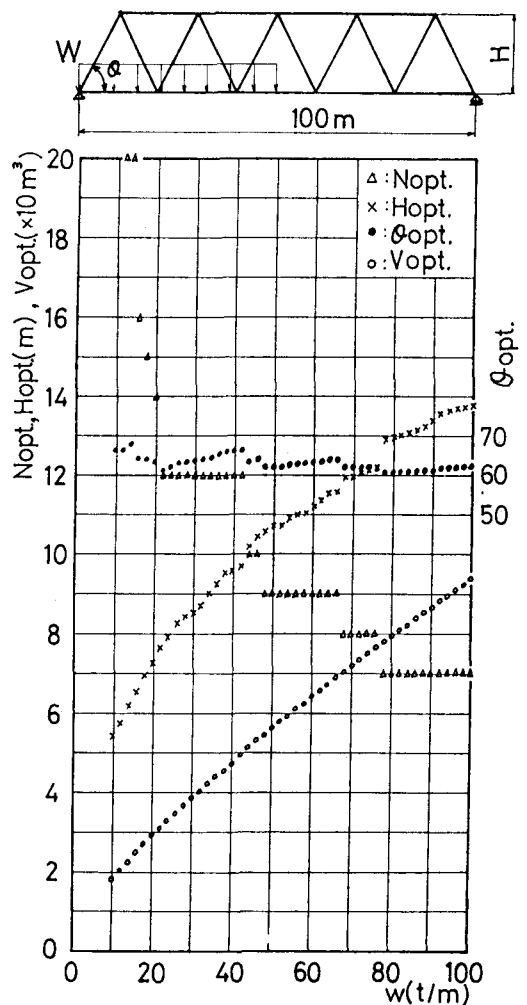


図6. 荷重強度と各最適値の関係 (case 2)