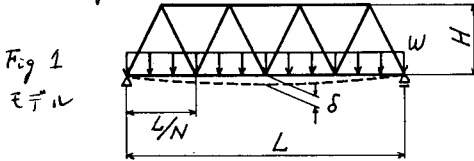


1. はじめに

トラス部材のサグ最適化マイゼーションによって、部材の弱軸回りの断面2次モーメント I_z と断面積 A_i が $I_z = \alpha A_i^2$ (α は定数) と得られる時、設計は無次元化が可能になる。本考察は、平行弦ワーレントラスの最小重量設計を無次元化し、より一般性のある解を求める。2, 3 の考察を行なったものである。

2. 最適問題の無次元化

モデルは Fig 1 に示す平行弦ワーレントラスである。



ここで L : スパン H : 構高 w : 等分布荷重
 δ : ねりみ N : 格間数

非無次元化の最適問題は次の制約条件

- a) 許容応力に限り $\sigma_{ca} < \sigma_i < \sigma_{ta}$ (1)
- b) 細長比に限り $\lambda_i < \lambda_{max}$ (2)
- c) ねりみに限り $\delta < \delta_{max}$ (3)

のもとで目的関数 $V = \sum A_i l_i \rightarrow \min$. (4)

とするものである。今、次のパラメータ

$$\bar{w} = w/L, \bar{F}_i = F_i/L^2, \bar{A}_i = A_i/L^2 \quad (5)$$

を用いると各状態変数は次のように表わされる。

- a) 軸力 F_i $\bar{F}_i = \bar{w} \cdot f_i(N, H/L)$ (6)
- b) 部材長さ l_i $l_i/L = g_i(N, H/L)$ (7)
- c) 細長比 λ_i $\lambda_i = g_i(N, H/L) / \sqrt{\alpha \cdot \bar{A}_i}$ (8)
- d) 応力 σ_i $\sigma_i = \bar{F}_i / \bar{A}_i$ (9)
- e) ねりみ δ $\delta/L = \sum_{i=1}^{4N-1} c_i(N, H/L) \cdot g_i(N, H/L) \cdot \sigma_i/E$ (10)

さらに制約条件式 (1)~(3) は次のようになる。

- $\sigma_{ca} / \sigma_{ta} < \sigma_i / \sigma_{ta} < 1$ (1')
- $\lambda_i < \lambda_{max}$ (2')
- $\delta/L < \delta_{max}/L$ (3')

となり、目的関数 V は (4) の無次元化パラメータを用いて $V = V/L^3 = \sum_{i=1}^{4N-1} \bar{A}_i \cdot g_i(N, H/L)$ (4')

となる。

ここで c_i, g_i, f_i は格間数 N と構高-スパン比 H/L の関数であり、 E は部材の縦率である。

このように変換すると (6)~(10) および (1)~(3) から状態変数、制約条件はいずれも $\bar{w}, N, H/L, \bar{A}_i, \alpha$ の関数で表現され、この最適化問題は $\bar{w}, \alpha, N$ を設定し目的関数 (4') を最小とする設計変数 $\bar{A}_i, H/L$ を解く問題と考えることができる。

3. 計算手法について

計算は (1)~(3) の制約条件に設計変数の移動幅の制限 (move limit) の条件を加え逐次解法 (SLP) により行なう。

しかし、設計変数の中で、 $\bar{w}$ も初期値と最適値が大きく異なる時には、move limit の条件で変更量が規制されてしまうため、無意味な試行を繰り返す。そこで本計算には Fig 2 に示すように、任意の初期値を与えると、この初期値を基礎として構造解析をし、これにより得られる許容応力に近くなる部材が全応力 (Fully stress) とはなるように $\bar{A}_i$ を求めこれを改良初期値として計算した。

4. 計算結果および考察

Fig 3 に計算モデルを示す。使用鋼材は SS41 とし、制約条件 (1)~(3) は道路橋示方書による。

また、 $I_z = \alpha A_i^2$ における α は参考文献 1) 等から $\alpha = 1.5625$ ($A_i = 0.8 I_z^{1/2}$) としている。

$\bar{w} = 1 \text{ kg/cm}^2$ の時の設計変数および目的関数の収束状況を Fig 4 (a) に示す。 $\bar{V}$ は3回目の試行からほぼ一定値をとるものの H/L は試行回数4回目から変動し始

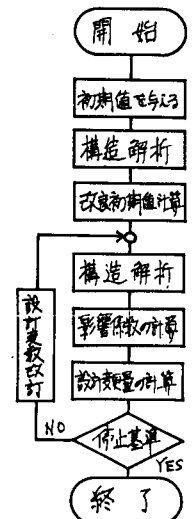


Fig 2 設計流小図

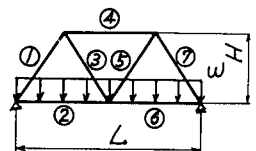


Fig 3 計算モデル

める。同様に $\bar{A}_i$ もわずかに振動しており、これを静めるため10回目からはmore limitを徐々に狭くしている。これに対しFig 4(b)の H/L をFig 4(a)で得られた最適値 $H/L = 0.409$ とし設計変数に $\bar{A}_i$ だけをとって、 λ の収束状況を描いたものである。Fig 4(a)に比べ非常に収束が早いことがわかる。これは、 H/L は他の設計変数 $\bar{A}_i$ に影響を与えず、 $\bar{A}_i$ はたわみ制約を除き、他に影響を与えないことによるものと思われる。

Fig 5は H/L により $\bar{V}$ がどのように変化するかを調べたものである。Fig 4と比較するとやはり $H/L = 0.409$ で $\bar{V} = 0.00632$ となり、Fig 4の解が全体的な最適解であることがわかる。

Fig 6は荷重パラメータ $\bar{w}$ を1~20 kg/cm²の範囲で変化させ λ を最小の最適 H/L および最小の $\bar{V}$ を描いたものである。 $\bar{w} \geq 2$ kg/cm²以上で H/L は一定値をとり $H/L = 0.433$ である。これは①、②部材のなす角が60°となっていることを示す。

これまでの計算では制約条件の中で全部材が許容応力の制約により決定されており、細長比、たわみに対しては余裕のある設計となっている。

$\lambda = 2$ で、さらに $\bar{w}$ の小さい値について設計を行った結果、Fig 7を得た。この図は、 $\bar{w} = 0.01 \sim 0.1$ kg/cm²の範囲で、 H/L を変化させながら、 λ を最小の最適 $\bar{V}$ を求めたものである。図の中で△印は一部の部材が細長比の制約を受け、他の許容応力の制約により設計されているもので、×印は全部材が細長比により決定されているものである。このため×印の下側には解が存在せず、例えば $H/L = 0.8$ の時、 $\bar{w} = 0.05$ kg/cm²で×印よりはりの荷重でも $\bar{V}$ は変わらない。よって $\bar{w}$ が小さくなるに伴い最適 H/L は小さくなることわかる。

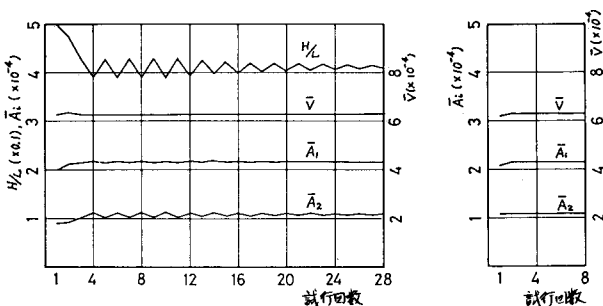
5. おわりに

本計算は簡単なトラスを例にとり主な荷重パラメータと最適 H/L の関係を示したものであるが、今後は、通常使用される搭間数について調べてみることを考えている。

計算は東北大学大型計算機センターを利用した。

<参考文献>

1) 田中尚, 中村雄治, 建築構造刊の自動設計と最適設計, 培風館



(a) H/L を設計変数とした時 (b) H/L を固定した時
Fig 4 設計変数および目的関数の収束状況 ($\bar{w} = 1$ kg/cm²)

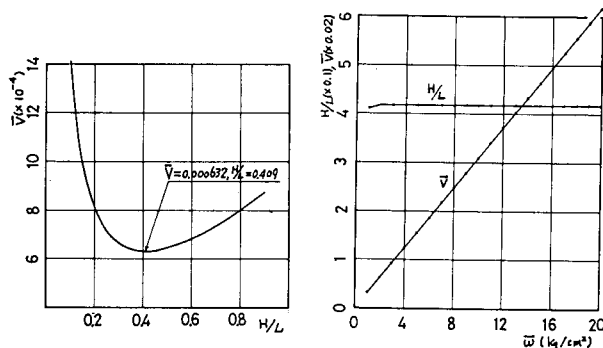


Fig 5 H/L に対する $\bar{V}$ の変化 ($\bar{w} = 1$ kg/cm²)

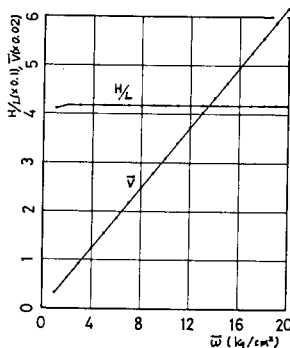


Fig 6 $\bar{w}$ と H/L , $\bar{V}$ の関係

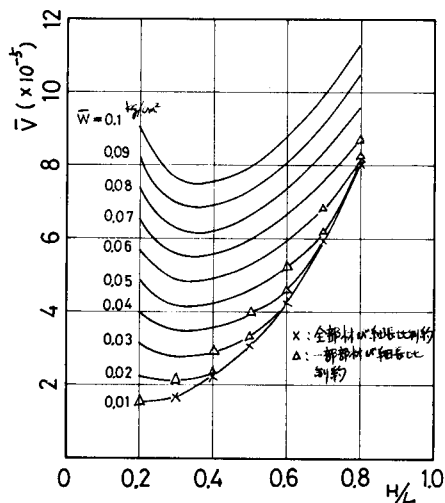


Fig 7 $\bar{w} = 0.01 \sim 0.1$ kg/cm²の H/L と $\bar{V}$ の関係