

設計変数の多・構造物の最適設計に関する一考察

京都大学工学部 正 員 山田 善一
 京都大学工学部 正 員 古川 浩平
 日本道路公団 正 員 角谷 務

1. まごじ

ある種の土木構造物において、重量最小化が優先視され、構造総合としての研究が必需とされることは、明らかであるが、電子計算機の発達にもかかわらず、又複雑な構造系に対しては、そのほきほど長い計算時間と必要とするため、適用されていぬのが現状である。これは、一般に、設計変数の数が多くなるためであるが、これを解決するため、規程多くの研究がなされている。本報告もこの問題に対して、その解決の一考察と試みである。ここで、この手法は応力制約が支配的の構造に対してのみ、適用される。

2. 手法の説明

- ① トラス構造物と考へ、部材断面積と設計変数とをこのことにする。これに対して、全応力設計法と適用する。ここで、全応力設計法の手法としては、stress ratio methodを用いた。
- ② 静定構造では、全応力設計は最小重量となるが、不静定構造では、必ずしもそうならないため、次のような最適性の判定を行う。
- ③ 応力制約条件の凸性と及んで、不静定構造における全応力設計の結果得られる設計変数ベクトルを $\{A_i\}_{full}$ とする。その場合の重量は、 ρ と単位重量、 L と部材長として、

$$W_{full} = \rho \sum L_i \{A_i\}_{full}$$

である。ここで $\{A_i\}_{full}$ の成分をそれぞれ、部材 i の全応力状態の断面積と、 $A_i^{full} + \Delta A_i$ とおきかえ、 Δ を固定し、残りの設計変数について全応力設計を行なう。その結果、得られる設計変数を $\{A_i\}'_{full}$ とする。その場合の重量は、

$$W'_{full} = \rho \sum L_i \{A_i\}'_{full}$$

となる。したがって、

$$W'_{full} - W_{full} \geq 0$$

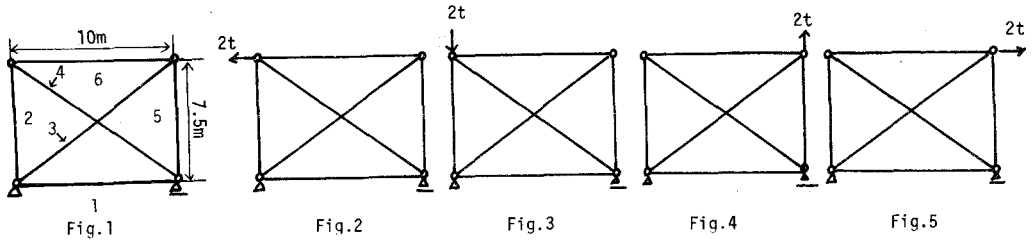
ならば、 W が最小重量となること、部材 i は全応力である、(これは必ずしも成り立たない) ことがわかる。もしそうでないことは、 Δ と逆の Δ をいえる。

- ④ ③の操作により、本研究における構造最適化問題は、最適状態において、各部材が全応力である、(これをどのように判定する問題) に帰着するようになる。そして、すべての部材が全応力で最適ならば、これは構造の最適化が行なわれることになる。そうでない場合、設計変数 $\{A_i\}$ のうち、全応力で最小重量にならない設計変数と非線形計画法における設計変数とを切り、これを下げるイテレーションにおいて、残りの部材、すなわち全応力で最適状態となる部材に対して全応力設計

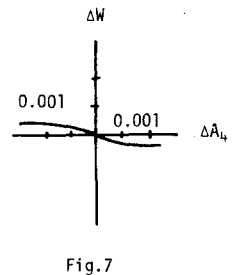
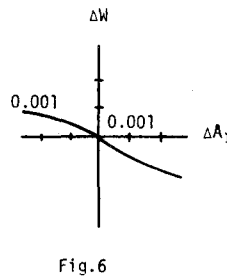
法と適用する事は、構造の最適化が行われる事になる。こゝに、非線形計画法の手法としては、Powellの直接探索法を用いたSUMTを用いた。

3. 計算例

Fig.1のよう構造としてFig.2~5の荷重条件と与え、断面積と設計変数とし、2.の手続と適用してやる。



ただし、応力の限界値は $1.2 \times 10^4 \text{ t/m}^2$ 、単位重量は 7.85 t/m^3 、弾性係数を $2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$ とした。2.の①の全応力設計におけるイテレーションの回数は17回で収束し、その場合、1次不静定トラスであるので、2.の③の手続と施す必要がある。すると、部材1および2が全応力で最適になる、という事になる。その様子はFig.6およびFig.7に示される。これによって、全応力で最適になる部材とそうでない部材が判別されるから、2.の④の手続に移る事ができる。すると、全応力設計法による重量が52.13 kgであるのに対し、個々の部材の最適性の判定を行ない、2.の④の手続を行なう結果、重量は51.89 kgになった。このようにして、不静定構造の場合、構造の最適化が行われる。ただし、不静定構造においても全応力設計だけで、最適化が行われる場合もあることを付記しておく。



4. 結論

この方法を用いるとSUMTに比べて、大幅な計算時間の短縮ができる。かつ、全応力設計のイテレーションの回数が比較的少いこと、それは最適解になる、という場合でも、近似解になる、という可能性が高い。しかもながら、個々の構造イテレーションの回数における最適性の関係が、現存のよう明らかになる。よって、2.の②、④の手続が必要になる。

5. 参考文献

- 1) Reinshmidt, K., Cornell, C. A. and Brotschie, J. F., "Iterative design and structural optimization", J. St. Div., ASCE, 92, No. ST6, December (1966)