

I-A 459 平面骨組構造物の全応力設計の剛性分布について

北海学園大学 正員 杉本博之

1. まえがき

本報告は、既製形鋼を用いる平面骨組構造物において、全応力設計により得られる設計の剛性分布について考察を加えるものである。すでに、トラス構造物および平面骨組構造物において、全応力設計は多数存在し、その唯一性、（準）最適性はまったく保証されないことを、いくつかの数値計算結果より示した^{1)~4)}。これらはすべて、鋼材総容積で整理したが、構造自身が有する剛性も重要な評価基準と考えられるので、特に文献4)に対する補足的な報告として、最悪荷重の条件下で得られる多数の全応力設計の剛性を、特定の水平荷重に対する水平変位で評価し、結果を整理した。

2. 最悪荷重組合せと全応力設計

最悪荷重組合せ⁴⁾は、影響線理論に替るもので、構造物中の有限の節点に集中荷重を載荷し、各部材ごとに最も不利になる荷重の載荷組合せを探して照査する方法である。部材の照査は、次式で行っている。

$$g = \sigma_N / \sigma_a + \sigma_M / \sigma_a - 1 \leq 0 \quad (1)$$

ここで、 σ_N は軸力による応力、 σ_M は曲げモーメントによる応力、 σ_a は許容応力である。道路橋示方書に定められているものよりかなり簡略化されているが、本研究の目的にはこれで十分と考えた。

本研究の全応力設計法は、以下の手順による。

1) 各部材毎に、JISに定められている既製H形鋼の中から任意に断面を選ぶ。これを $R^{(0)}$ とする。

2) $R^{(0)}$ に対して構造解析を行い、各集中荷重毎の部材断面力を求める。

3) 各部材毎に、JISに定められている最小の断面ランクからスタートし、2)で求められている部材断面力を用いて最悪荷重組合せを求め、最初に式(1)を満足する断面を選ぶ。これを $R^{(1)}$ とする。

4) $R^{(0)}$ と $R^{(1)}$ が完全に一致すれば、5)にいき、1部材でも一致しなければ $R^{(1)}$ を $R^{(0)}$ として2)から繰り返す。

5) 得られた結果の鋼材総容積と剛性を評価し、それらを集計し、1)から繰り返す。

本研究では、以上の手続きを1000回繰り返し、結果

を検討した。2)~4)の手続きで得られる設計は、既製形鋼を用いる場合の全応力設計であるが、本研究ではそれらとともにその過程で得られる許容設計のうち最良のものも同時に集計している。実際の設計では、完全に上記の収束を追及せず、途中で得られる許容設計を用いることもあると考えたからである。剛性の評価は、平面骨組構造物の最上層の左の節点に水平荷重100tfを載荷し、同じ最上層の右の節点の水平変位をもって評価の対象とした。

3. 20部材10変数トラスの数値計算結果

数値計算例として、図-1に示す20部材平面骨組構造物の結果を示す。図に示すように、16の節点に水平、垂直計32の集中荷重を載荷し、これらの組合せの中から、最悪荷重が選ばれる。垂直荷重は10tf、水平荷重は5tfで、許容応力度は1400kgf/cm²である。構造は左右対称であるので、対象の位置にある部材は同じ断面である。結局、柱8断面、梁2断面の10変数の問題となる。

1000ケースの計算の結果、749ケースで収束し(251ケースでは、振動等をおこし収束しない。その場合でも、許容設計があれば集計している。)、516種類の全応力設計、742種類の許容設計が得られた。許容設計に注目すると、鋼材総容積の最小値が651352 cm³、最大値が867072 cm³となり、その分布を図-2に示した。横軸の単位は、10⁵cm³である。かなり鋼材総容積が大きいところに、低いもう一つのピークがあるのが特徴である。最小と最大では3割程度の差がある。また、水平変位の最小値と最大値は、それぞれ2.72 cmと3.54 cmであり、その分布を図-3に示した。横軸の単位は、cmである。最大と最小では、やはり3割程度の差がある。

以上は、それぞれの評価値の統計的な分布を表すものであるが、つぎに、742種類の許容設計個々の鋼材総容積と剛性の関係を図にプロットした。それが図-4である。縦軸が変位、横軸が鋼材総容積である。図のように変位の大小と鋼材総容積の大小の間に関係はほとんど見られない。全応力設計では、この図に示される無数の設計の中から、偶然に一つを選択して用いていることになり、どれを選ぶかは初期値にのみ依存する。

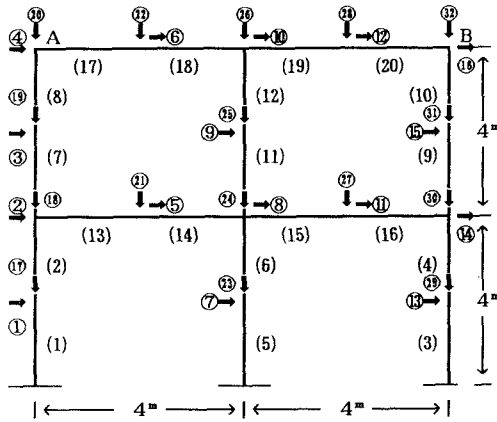


図-1 20部材平面骨組構造

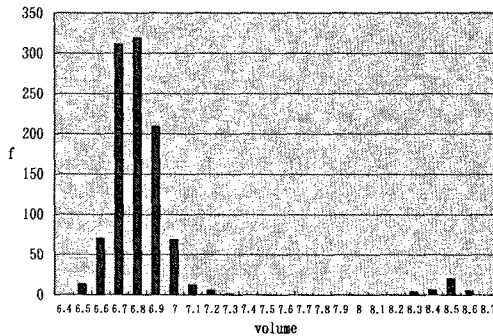


図-2 鋼材総容積の頻度分布

4. あとがき

既製形鋼を用いる平面骨組構造物の設計に、全応力設計法を用いた場合、どのような設計になるか、という点に注目し、数値計算により考察を加えた。すでに、多数の全応力設計が存在し、鋼材総容積の分布も広い範囲にあることは示してきている。本研究では、鋼材総容積のみならず、構造の剛性にも注目し、全応力設計の剛性の分布について考察を加え、先に発表している報告の補足としている。本文に示したのは1例であるが、他の多くの計算結果でも同様の結果を得ており、鋼材総容積のみならず、構造の剛性も広い分布をしていることになり、また両者の相関（鋼材総容積が多いから剛性が高い等）はほとんど見られないことが指摘される。

構造物の質には、多くの要因が関係しているが、それらの間には最弱リンクの様な関係があり、一つの要因の質の低下は全体の質の低下を招くと考えられる。図-4のような状態の中から目隠しをして一つの設計を選ぶ

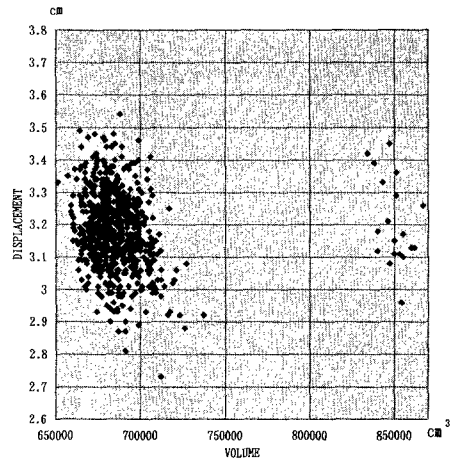


図-4 全応力設計の剛性と鋼材総容積の分布

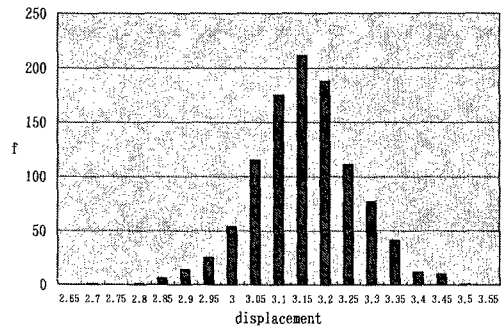


図-3 最上層水平変位の頻度分布

ような設計法をとる限り、良質の構造設計は出来ないように考えられる。

なお、構造の剛性の評価は、本文のような水平変位の他に動的な評価も必要であり、今後の課題と考える。

参考文献 1) 杉本博之・山本洋敬：骨組構造物の離散的な全応力設計に関する数値実験的研究、構造工学論文集、Vol.38A、pp.457-466、1992。 2) 杉本博之・杉本治暁・Lu Bianli：既製形鋼を用いる平面骨組構造物の全応力設計の特性とGAの応用に関する研究、構造工学論文集、Vol.40A、pp.539-548、1994。 3) 杉本博之・杉本治暁・野上邦榮：組合せ部材を用いた平面骨組構造物の全応力設計と最適設計に比較に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集、第50号、pp.208-213、1994。 4) 杉本博之：最悪荷重組合せによる平面骨組構造物の全応力設計について、構造工学論文集、Vol.41A、pp.613-618、1995。