

I-15

立体骨組構造物の最適形状設計

岩手大学工学部 学生員 ○土田貴之

正 員 宮本 裕 岩崎正二 出戸秀明

1. まえがき

本研究は、すでに発表された¹⁾平面骨組構造物の最適形状設計のパソコンプログラムに基づき、この方法を2次元解析から3次元解析に拡張して立体骨組構造物の最適形状設計のパソコンプログラムの制作を行ったものである。

立体骨組構造物の部材配列、補強の方法やその位置により応力が変化することに着目し、立体骨組構造物に対して構造解析を行ない、それらの計算結果に基づいて、汎用最適化プログラムADS (Automated Design Synthesis) を用いて最適形状設計を行なう。構造解析の方法として剛性マトリックス法と境界要素法を合わせて用いる。

2. 剛性マトリックス法による構造解析

平面骨組構造物の剛性マトリックスを座標変換することにより、立体骨組構造物の剛性マトリックスが得られる。この考えは境界要素法による内点の計算にも適用できる。2次元から3次元に拡張するために、図-1に示すように局所座標系では構造物の部材を xy 面と xz 面に分けて解析する。 xz 面における、図-2、3に示す等分布荷重及び集中荷重を受ける部材の剛性マトリックスを求め、さらに xy 面における剛性マトリックスと荷重項を求める。これらの剛性マトリックスを重ね合わせることで立体骨組構造物の剛性マトリックスが得られる²⁾。

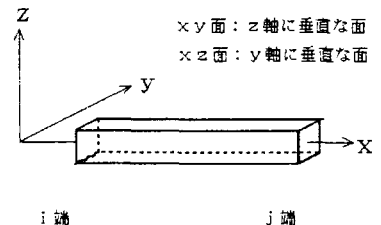


図-1 3次元空間における部材の局所座標系

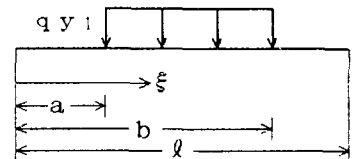


図-2 分布荷重

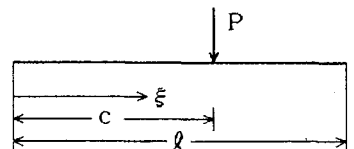


図-3 集中荷重

3. 境界要素法による構造解析

剛性マトリックス法により求められた節点変位と断面力を境界要素法における両端の境界値として与えることにより、各部材の内点の計算を行ない、部材の任意点における変位と曲げモーメントを計算することができる。これらの剛性マトリックス法と境界要素法を合わせて用いることにより、立体骨組構造物全体の全ての点における変位、曲げモーメントの計算が可能となっている。

4. 座標変換

剛性マトリックス法と境界要素法では、各部材内の応力分布の解析を局所座標系で考え、構造物全体として解析するためには、全体座標系に変換しなければならない。そのために、各部材に回転マトリックスを用意し、全体座標系に座標変換したものを重ね合わせる必要がある。

5. 最適設計およびADSについて

最適設計とは、規定の荷重条件のもとで、その挙動、形状、その他の特性に対する制約（制約条件）を

満足し、構造物の良否を判定する量（目的関数）を最小とする構造物の諸元（設計変数）を決定するものである。基本的な数値最適化の方法は、感度解析により、目的関数、制約条件の勾配を求め、それをもとに進む方向を決めさらにその方向への進行量を決定し、次のステップの設計変数を決定するという過程を繰り返し、最終的な最適解を導き出すというものである。つまり、次式のように表わすことができ、方向ベクトル $\bar{S}$ と進行量 a を求めることにより次の設計変数 $\bar{X}^{(s+1)}$ が決定される。

$$\bar{X}^{(s+1)} = \bar{X}^{(s)} + a \bar{S}^{(s)}$$

また、問題や手法により $\bar{S}$ の決定法が異なる³⁾。

6. プログラム

構造解析、ADSを組み合わせて行った本研究のプログラムの全体の流れは、簡略化すれば図-4のようになる。

まず、最適設計を行うためのADSの変換法、探索法を特定するためのパラメーター、設計変数の初期値、構造解析のためのデータを読み込む。次にADSをコールし、剛性マトリックス法、境界要素法による構造解析を行う。この構造解析の結果により目的関数の計算を行う。そして、ADSを再びコールし新しい設計変数を決定する。この新しい設計変数により、構造物データの変更を行い構造解析、目的関数の計算を行う。この過程を繰り返し、ADSが収束したと判断したところで、結果を出力し終了する。

7. あとがき

本研究では、計算例として断面形状、節点数の等しい立体骨組構造物をモデルとし節点の位置を設計変数として変化させ、その構造物のモーメントあるいは変位が最小となるように最適形状設計を行うものである。なお具体的な計算結果については当日発表する。

参考文献

- 1) 木原 努・宮本 裕・岩崎正二・出戸秀明：平面骨組構造物の最適形状設計、平成元年度東北支部技術研究発表会講演概要、1989.3
- 2) 佐々木真一・宮本 裕・岩崎正二・出戸秀明・辻野哲司・方 東平：立体骨組構造物の応力図画像表示のパソコンプログラム、第16回土木情報システムシンポジウム講演集、1991.10
- 3) 木原 努：平面骨組構造物の最適形状設計、平成元年度岩手大学卒業論文、1989.3

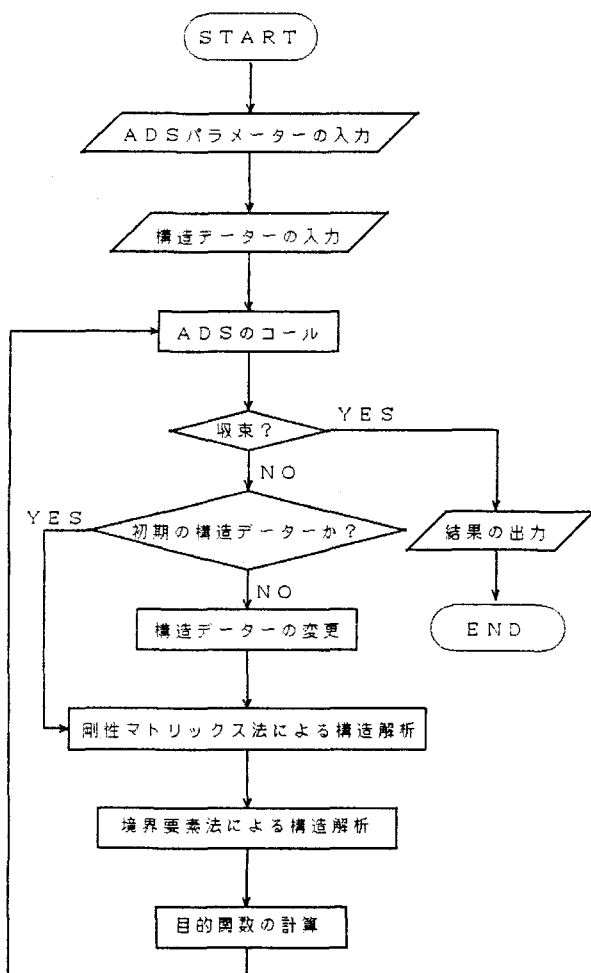


図-4