

I - 28

平面応力問題の最適設計について

○ 岩手大学工学部 学生員 菊池 信也
 岩手大学工学部 正 員 宮本 裕
 岩手大学工学部 正 員 岩崎 正二
 岩手大学工学部 正 員 出戸 秀明

1 はじめに

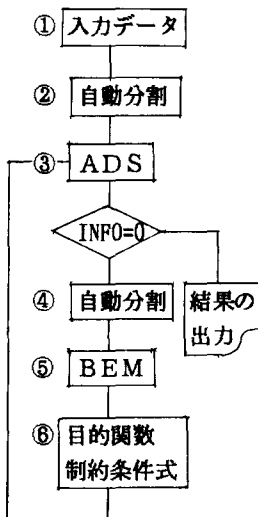
最適設計法は、機械工学、土木工学をはじめ、様々な工学分野における設計のための手法であり、プログラムについては、今回本研究で用いたADSのようなプログラムも開発されている。ADS (Automated Design Synthesis) とは室蘭工業大学の杉本博之助教授と米国の海軍大学院 G.N.Venderplaats 博士によって開発された汎用最適化プログラムである。本研究では、2次元弾性体の門型ラーメンについてBEM（境界要素法）による解析を行い、ADSを用いて形状の最適化を試みた。

門型ラーメンについて考えると隅角部の応力が大きいことが考えられる。そこで角の部分に丸みをつけ補強することにより一定の荷重に耐える事ができ、且つ面積が最小となる最適の形状を考えていく事にした。すなわち本研究において、部材の形状によって応力が変化する事に着目し、BEMによる数値解析を施し、部分的に形状を変化させることにより変化する応力などを計算し、これらのデータにもとづいて最適設計を行っていくものである。

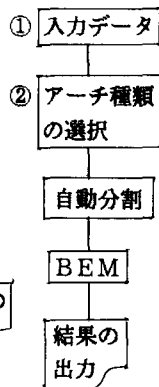
また本研究において同時に、アーチ形状の違いによる応力分布の影響についても解析することとした。歴史的にアーチの形状は、多心円アーチなど様々なものが考案され変貌を遂げてきている。形状的には、水平反力が大きく両端の橋台部分への影響が大きいことが考えられる。そこで今回は特に円弧アーチと2心円アーチの2つを取り上げ、同じ橋高、橋長、荷重条件のもとでそれぞれBEMにより解析し、水平反力その他を比較検討し、又美観なども考慮にいれながら橋台への影響の少ない理想的なアーチ形状を考えていくこととした。

2 プログラムの説明

(1) 門型ラーメン



(2) 2心円アーチ



(1)

- ① 最適化に必要なパラメーターや形状をしめす設計変数の初期値、荷重条件などのデータを読み込む。
 - ② 設計変数で与えられた値より、形状が決定される。そして自動分割による節点座標決定や各節点での境界条件を決定する。
 - ③ 最適化の開始のためにADSの内部パラメーターの初期値を決定し、配列領域の割り当てをする。
 - ④ ②と同じ
 - ⑤ 境界要素法により応力計算する。
 - ⑥ 目的関数と制約条件式の計算をする。
- 以後、③～⑥を繰り返し計算しADS内の情報パラメーター:INFO=0 となると計算が終了される。

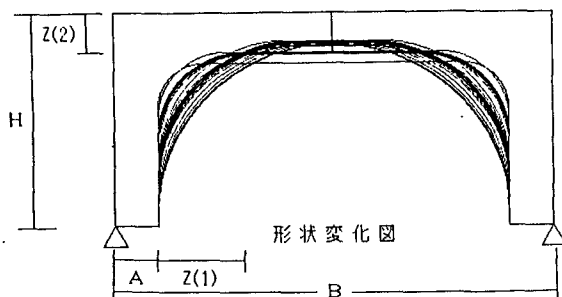
(2)

- ① 橋長、橋高、ヒンジ数、荷重条件などのデータを入力する。
- ② ①の条件内で存在するアーチが示され、番号を選択しキー入力する。

3 ◎計算結果Ⅰ（門型ラーメン隅角部の最適化）

設計変数として、隅角部の丸みの曲率半径を $Z(1)$ 上部の厚さを $Z(2)$ 目的関数として、全体の面積を OBJ とする。

※ 最適化前	※ 最適化後
$Z(1)=160.0\text{ cm}$ $Z(2)=29.0\text{ cm}$	$Z(1)=78.9\text{ cm}$ $Z(2)=37.1\text{ cm}$
$OBJ = 36268\text{ cm}$	$OBJ = 30552\text{ cm}$



* せん断弾性係数

$$G = 810000\text{ Kg/cm}$$

* ポアソン比

$$\nu = 0.3$$

* 降伏点応力

$$\sigma_r = 3200\text{ Kg/cm}^2$$

* 荷重状態

200 Kg/cm の等分布荷重

* 設計変数

曲率半径 $X(1)$ 厚さ $X(2)$

* 目的関数

全体の面積

* 制約条件

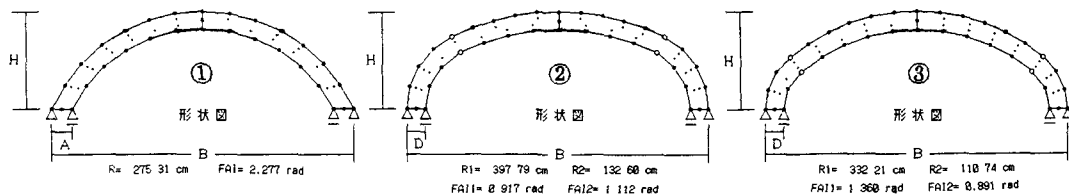
$$\frac{\sigma_{vi}}{\sigma_r} - 1 \leq 0$$

σ_{vi} : 節点 i での相当応力

σ_r : 降伏点応力

◎計算結果Ⅱ（アーチの解析）

円弧アーチは曲率半径を $R1$ 中心角を $FAI1$ 、2心円アーチは曲率半径をそれぞれ $R1, R2$ 中心角をそれぞれ $FAI1, FAI2$ とし、せん断弾性係数、ポアソン比は門型ラーメンの場合と同じとする。又、共に2ヒンジアーチとし、等分布荷重 $P = 200\text{ Kg/cm}$ 橋高 $H=160\text{ cm}$ 橋長 $B=500\text{ cm}$ 厚さ $D=30\text{ cm}$ である。この場合、この条件に合致する2心円アーチは、二つ存在する。よって、三つの形状について比較検討することになる。



	① 円弧アーチ	② 2心円アーチⅠ	③ 2心円アーチⅡ
水平反力	26308.7 Kg	27096.6 Kg	28240.9 Kg

4 あとがき

アーチ橋解析の結果を見ると、円弧アーチに比べ2心円アーチの方が水平反力が大きく、2心円アーチでも形状の違いによって水平反力が違っていることが分かった。中心に集中荷重をかけた場合も同じ傾向であった。また、2心円アーチは支承部分と曲率の変わる点において応力が極度に大きくなっており、部分的に破壊しやすいと考えられ、以上のことより円弧アーチの方が力学的には有利であるといえる。しかし、水上交通などにおいて重要な空間面積は当然2心円アーチの方が大きいので、設置場所や景観などを考慮し設置する必要がある。