

I-A122 多目的GAによる吊橋タワーの鋼重と補剛材本数に関する一考察

北海学園大学・学生員・村部剛史，正員・杉本博之，東京都立大学・正員・野上邦栄

1. まえがき 吊橋の長大化は，今後の橋梁工学の大きな課題であるし，その時タワーの設計も一つの課題になると思われる．吊橋タワーに代表される鋼構造物の経済評価においては，鋼重と溶接延長などの制作費が主要な項目になる．単純に表現すると，鋼重を減らそうと思えば補剛材本数を増やして板厚を薄くする設計も可能であり，溶接延長を減らそうと思えば補剛材本数を減らし板厚を厚くする設計も可能になる．同一の安全性の規準に対しては，板厚（鋼重）と溶接延長（補剛材本数）はトレードオフの関係にあると考えられる．

多目的計画法の手続きは，扱う変数が連続変数であれば，パレート解の一つを求めその解を逐次吟味する手法と定義できる．¹⁾ その時，パレート解の全容は一般には表示されない．ところが，離散変数を扱う遺伝的アルゴリズム（GA）では，多目的最適化問題を構成する複数の目的関数の相対的な位置関係を新たな目的関数とすることにより，パレート解を表示することが可能となる．

本研究は，単純化された吊橋タワーの設計において，多目的GAを用いて鋼重と補剛材本数の（準）パレート解の関係を導き，今後の基礎的な資料とすることを目的としている．

2. 吊橋タワーの設計問題 本研究で対象として吊橋タワーは，図-1に示す高さ350mの構造である．荷重は，塔頂部にそれぞれ58276tf，下部水平部材の両端部にそれぞれ597tf 載荷状態を考えている．断面形状を図-2に示した．塔断面，水平部材断面それぞれにおいて設計変数となる寸法値を記号で示している．塔断面は，左右対称で，各部材毎に異なる寸法値をとるとする．水平部材は，中間の4部材は同じ断面寸法としている．各断面寸法値（ A_i ， B_i ， C_i ）は離散量とし，それぞれ8種類の候補値を与えて計算している．例えば，最下部の塔断面は， A_1 ， B_1 は175cm～525cmの値を， C_1 は100cm～450cmの値をそれぞれ50cm間隔で与えている．板厚は，各部材毎には異なるが，断面内では同一の値を取るものとした．

各断面は補剛材付きの板から構成されているとする．局部座屈に対応する許容応力度等は，実断面で計算するが，構造解析に用いる断面の断面積，断面二次モーメント等は，実板厚を補剛材のない板厚に換算した換算板厚で計算している．換算板厚は，実板厚の1.2倍として計算している．設計変数としての板厚は，換算板厚を用いて16種類の値を候補値として設定している．したがって，鋼材がSM570で補剛材間隔が80cmの場合，24mm～90mmの換算板厚が設定される．実板厚に直すと，20mm～75mmの値になる．

制約条件は，道路橋示方書Ⅱ鋼橋編²⁾ 3.3軸方向力と曲げモーメントを受ける部材に定められている安定照査式と応力度照査式を用いている．補剛材間隔は全部材で共通とし，80cm，100cm，120cmの3種類の値を用いて計算した．座屈長の計算は，文献3)にしたがった．

目的関数は，換算板厚で計算される鋼材総容積と各部材毎に求めた補剛材の本数を全部材で集計した補剛材総数の2目的の問題となる．

3. GAによる（準）パレート解の計算⁴⁾ 鋼材総容積を f_1 ，補剛材本数を f_2 とすると，（準）パレート解は目的関数を図-3に説明するランクに置き換えて計算することにより求めることが出来る．ランクは，図-3の設計A，B，Cの横に括弧書きしているように，各設計を目的関数の空間上にプロットし， f_1 ， f_2 共にその設計の値よりも少ない設計の数に1を加えて得ることが出来る．

4. 数値計算結果 補剛材間隔が80cmの場合で，鋼種がSM400，SM570の場合の（準）パレート解を図-4に示した．縦軸は補剛材総本数であり，横軸は換算板厚で計算した鋼材総容積（ m^3 ）である．この図より，本研究で設定した設計問題からは，鋼材総容積の最小値と最大値はSM400で $35m^3 \sim 43m^3$ ，SM570で $21m^3 \sim 27m^3$ ，キーワード 遺伝的アルゴリズム，多目的，吊橋タワー，補剛材本数，鋼重

〒064-0926 札幌市中央区南26条西11丁目 TEL(011)841-1161 FAX(011)551-2951

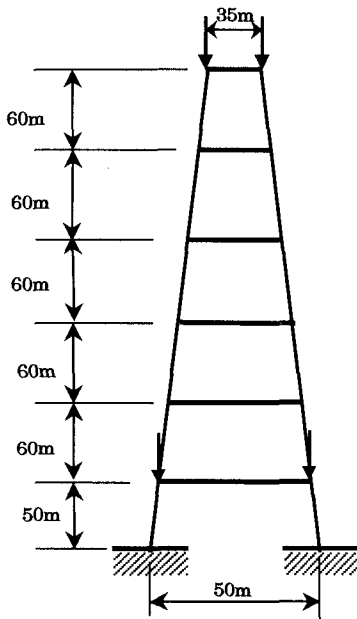


図-1 塔の形状

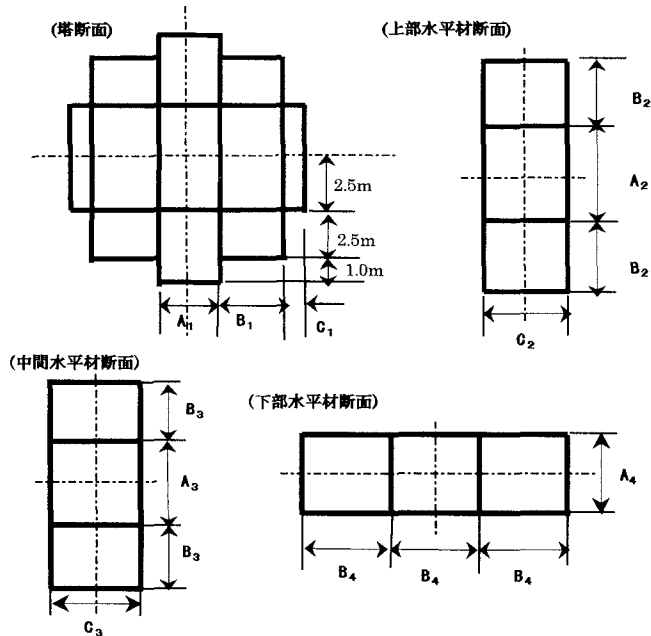


図-2 各部材の断面形状

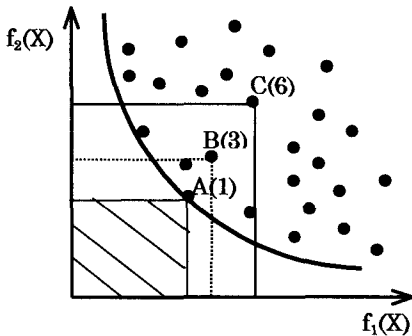


図-3 ランクの計算

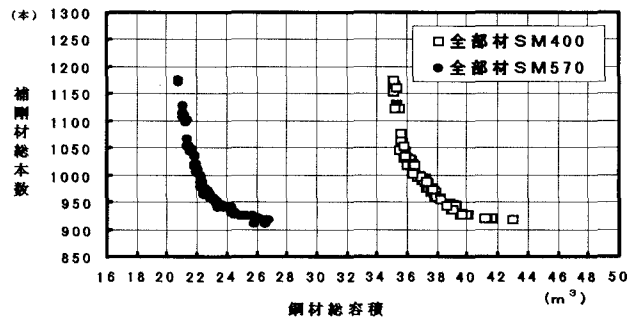


図-4 (準) パレート解

補剛材本数の最小値と最大値は鋼種に関係なくおおよそ 900 本～1200 本であることが分かる。得られた(準)パレート解は全て許容設計であるので、これらの上下限値の範囲で鋼材総容積と補剛材本数の関係を見ることができ、吊橋タワーの基本設計等で参考になると考えられる。

5. あとがき 今後計画が予定されている長大吊橋タワーの基本的な設計特性を見るために、経済性に関係が強いと思われる鋼材総容積と補剛材本数の関係を多目的 GA を用いて表示することを試みた。得られた解は、あくまでも(準)パレート解と位置づけられるべきものであるが、2 つの目的関数の間の基本的な関係を示していると考えられる。多目的 GA の計算において、今回はランク付けという比較的単純な目的関数を用いたが、目的関数の設定は検討の余地があると思われた。今後、トラス系構造の検討、あるいは形状に関する変数の考慮と共に今後の課題と考えられる。

参考文献 1) 中山弘隆：多目的計画に対する満足化トレードオフの提案，計測自動制御学会論文集，Vol. 20, pp. 29-35, 1984. 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編），丸善，1997. 3) 野上邦栄，山本一之：構造全体系の固有値解析による骨組部材の合理的な有効座屈長の評価，土木学会論文集，No. 489 / I-27, pp. 157-166, 1994. 4) D. E. Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley Pub. C., Inc., 1989.