

アリのフェロモンを応用した発見的手法による構造形態の最適設計

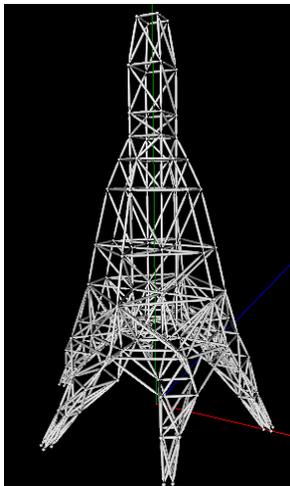
日大生産工(学部) ○大和 史明 日大生産工 三井 和男

1 はじめに

構造形態の形状決定問題は、大きさ、形状、トポロジーの3つの最適化問題に分類できる。形状やトポロジーを決定する問題では、設計変数の増加を避けることができない。設計変数の大きいセットをもつ最適化問題を勾配ベースの数理計画法を使って解くのは難しくなる。このような場合は発見的手法を応用することで克服することができる。

そこでここでは、アリのフェロモンを応用した発見的手法を用いて構造形態の最適設計を行うことを目的としている。

2 構造モデル



構造形式：トラス
 使用鋼材：SS400
 高さ：24.7m
 総重量：53.4 t
 最大半径：14.38 m²
 最小半径：1.3 m²
 節点総数：162
 部材総数：560
 部材断面積：0.005m²

図2-1 構造モデル

図2-1のようなトラス形式の構造物を考える。このモデルに、地震の入力加速度をX軸方向と水平に加える。構造物の各部材に地震によって生じる応力を計算し、その大きさによって部材断面積を変更していく。これにより、地震に耐える構造物に変化させていく。

3 3D描画

作成したソフトウェアでは、構造体を3次元で描画している。これにはDirectXを用い、Visual Basic.netのPictureBoxに出力している。トラスの節点を球体、部材を円柱と円錐2つで構成し、それらを組み合わせることによりリアルな構造体を表現している。(図3-1)



図3-1 部材の表現

4 探索アルゴリズム

アリが餌を見つけた際に、自分の通った道にフェロモンを残していく。別のアリは、その道に残ったフェロモンを追うだけで餌に辿り着くことができる。

このフェロモンの性質のうち2つに注目する。1つは蓄積である。多くのアリが通過すればするほどその濃度が上昇する。もう1つは蒸発である。蒸発により動的な状況の変化にも対応することができる。

このフェロモンを構造物の部材断面決定に応用している。目標とする応力値 σ^E を予め設定し、部材に生じる応力が σ^E を超えた場合にフェロモンが置かれたものとする。(図4-1)

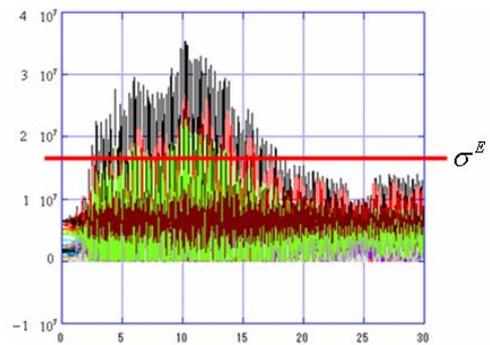


図4-1 初期の応力グラフ

$$x_i = \begin{cases} +1 & (\sigma_i > \sigma^E) \\ 0 & (\sigma_i \leq \sigma^E) \end{cases} \quad (1)$$

$$u_i^{k+1} = (1 - \lambda \Delta t) u_i^k + \omega \Delta t x_i \quad (2)$$

式(2)で得られるフェロモン量の変化例を図4-1に示す。1回の地震終了時のフェロモン量で断面積をどう変化させるかを決定している。(図4-2)

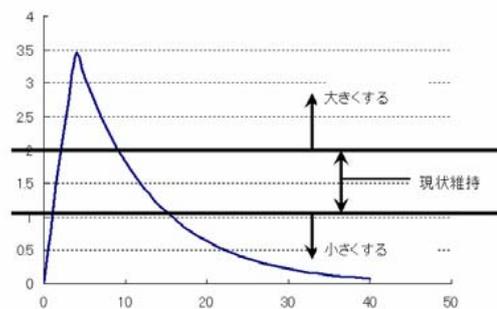


図4-2 断面積の決定方法例

4 計算結果

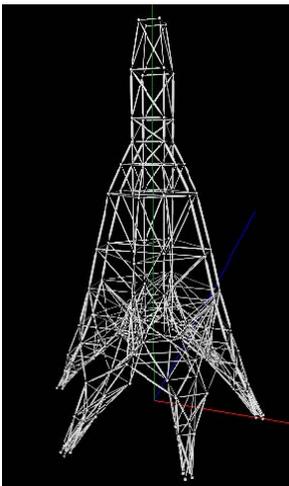


図5-1 最適化後の構造物

総重量：221 t

部材断面積

最大：0.007 m²

最小：0.001 m²

平均：0.002 m²

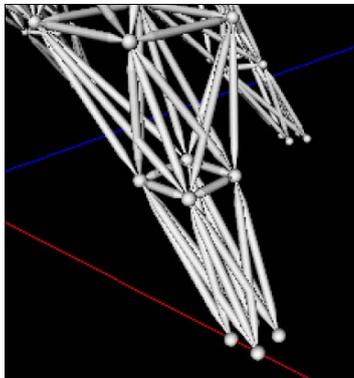


図5-2 初期の構造物

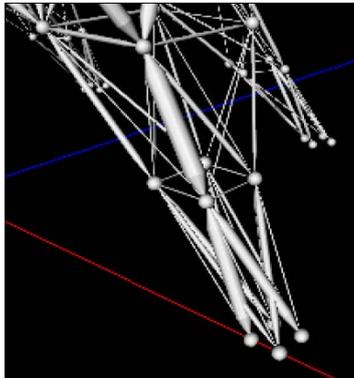


図5-3 最適化後の構造物

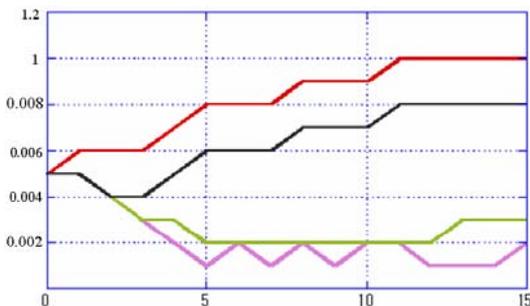


図5-4 部材断面積の変化

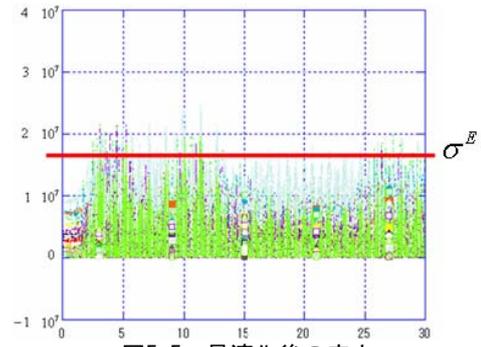


図5-5 最適化後の応力

フェロモンを用いた最適化の結果、図5-1のような構造体が得られた。全体的に部材断面積は小さくなり、外側の一部が太くなっているのが見て取れる。図5-2はX軸を地震の経験回数としている部材断面積の変化を表したものである。フェロモンの影響で様々な変化を起こしている。徐々に断面積が大きくなる部材や、徐々に小さくなる部材、一度断面積が小さくなってから再度太くなり始める部材など面白い変化が見られる。

初期の構造物(図4-1)と計算によって得られた構造物(図5-5)の応力を比較すると、初期の構造物の応力は σ^E よりもかなり大きいものが目立つが、計算によって得られた構造物に生じる応力は全体的に σ^E に近づいている。境界線は、目標とする応力値 σ^E である。

6 おわりに

この研究では、アリのフェロモンの性質を用いて構造形態の最適設計を目的として行った。応力の面では初期の構造物より計算後に得られた構造物の方がより地震に耐えうる構造物であると言えるのではないだろうか。これにより得られた構造形態の妥当性をより詳細に検討し、剛性を高めるにはどのように設計したらよいかなどを考えていきたい。

参考文献

- 1) 三井和男：構造形態を自律的に生成するセルオートマトン，情報処理学会論文誌：数理モデルと応用，Vol. 44，pp. 118-126(2003)
- 2) 曾我部博之，三井和男：セルオートマトンによる構造物の最適化，構造工学論文集，Vol. 50B，pp. 243-249，(2004)
- 3) 三井和男：周期的に変動する条件下における構造形態創生のための発見的手法，日本建築学会構造系論文集，No. 593，pp. 73-79(2005)
- 4) 藤井大地，野中哲也，三井和男，曾我部博之，本間俊雄，高崎一美：橋梁の設計・連続体，日本建築学会構造形態の創生と最適化セミナー，pp. 27-34，(2005)
- 5) 三井和男，曾我部博之：アリの探索行動が見つけた構造形態，コロキウム構造形態の解析と創生 2006，pp. 19-24，(2006)
- 6) 三井和男，大崎純，大森博司，田川浩，本間俊雄：発見的最適化手法による構造のフォームとシステム，コロナ社，(2004)