

最適化手法を用いた構造物の損傷同定に関する基礎的研究

福島工業高等専門学校 学生会員 ○吉田 翔太
福島工業高等専門学校 正会員 江本 久雄

1. はじめに

近年,橋梁など社会基盤構造物の維持管理が注目されている.これは,高度経済成長期に大量に構造物が建設されたことにより建設後 50 年を経過する構造物が今後更に増加することが見込まれるためである.現状では,目視点検により損傷の評価が行われているが,調査や評価の過程に不確定要素を含んでいるため,構造物の損傷を客観的に評価することは難しいと考えられる.また,点検技術者の不足といった問題も抱えている.そこで,健全度を定量的に評価するシステムの開発により構造物の損傷を客観的に評価できるとともに技術者不足といった問題が解決可能である.

本研究は,最適化手法の一種である Genetic Algorithm（以下 GA）を用いた損傷同定法を提案するため,GA を用いた関数の最適化（最大化）を行い,GA の適用性を検討したものである.まず,GA を利用した最適化評価のアルゴリズムについて述べ,次に,アルゴリズムの妥当性を検証した.

2. GA の概要と損傷同定への応用

2.1 GAの概要

GAは,生物の進化のメカニズムをまねてデータ構造を変形,合成,選択する手法である進化論的手法の一種であり John Hollandやその弟子であるDeJongそしてGoldbergにより研究が進められ提案された.GAの基本的な情報構造は遺伝学の知見に由来する.以下,GAによる計算手順について説明し,図1にGAの手順を示す.

Step 1 : [初期個体群の生成]

バイナリ表現に変換した遺伝子を初期個体数ランダムに生成する.

Step 2 : [適合度の計算]

各個体に対してバイナリ表現である遺伝子を数値に変換し適合度を計算する.なお,数値が大きいほど適合度は高いとする.

Step 3 : [選択淘汰]

ルーレット選択を用いて,初期個体数に達するまで次世代に残す個体を選択淘汰する.

Step 4 : [交叉]

初期個体数の中から2個体ランダムで選択し,遺伝子組み換えを行う.交叉方法は,多点交叉を用いる.

Step 5 : [突然変異]

各遺伝子座に対して対立遺伝子に変換する.

Step 6 : [終了]

世代数に達するまでStep2からStep5を繰り返す.

このGAを利用するため逆解析である図2の手順に組み込む.

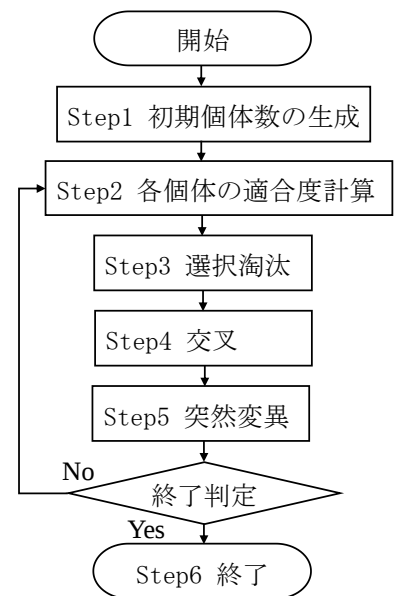


図1 GA の処理

2.2 逆解析による損傷同定

損傷させていない解析モデルより得られた応答値と予め損傷させた解析モデルより得られた観測値の誤差

キーワード 逆解析,損傷同定,最適化手法,GA,常時モニタリング,インフラ構造物

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 TEL : 0246-46-0808

を最小とすることで損傷の位置や程度を求める.これは,観測値から未知である損傷の位置や程度を求めるため逆解析と呼ばれる解析手法である.図2に逆解析の手順を示す.

3. 適用事例

3.1 対象構造物

図3に示すトラス構造に対して,アルゴリズムを適用し本手法の妥当性を検証する.なお,逆解析の観測値としてはFEMによる順解析で求めた節点変位と部材の応力を用いた.

3.2 逆解析問題の設定

損傷同定を定式化するにあたり観測値を求めるパラメータにGAを使用する.ここで,予め損傷させた解析モデルは表1に示す.

表1 解析モデルの弾性係数

問題 1		問題 2	
部材番号	弾性係数	部材番号	弾性係数
1,3-10	210	1,4-10	210
2	189 (10%down)	2,3	189 (10%down)

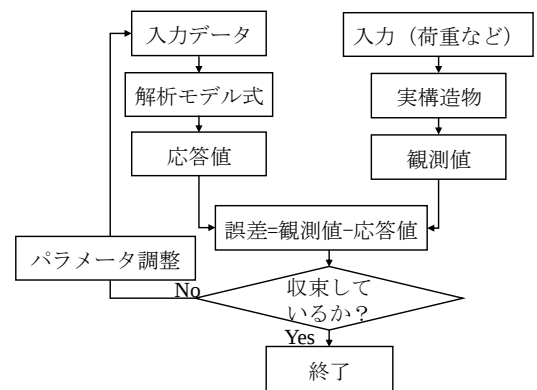


図2 逆解析の手順

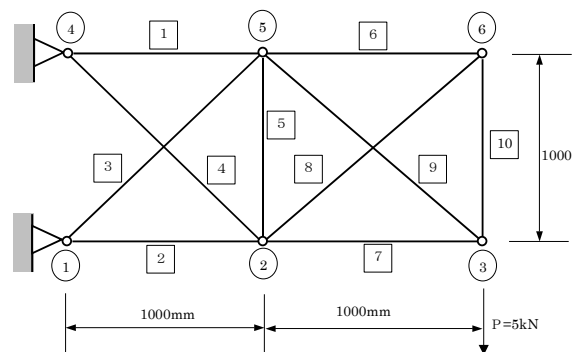


図3 6節点10部材トラス構造

問題1では解析モデルの部材2の弾性係数を10%低下させた.問題2では解析モデルの部材2,3の弾性係数を10%低下させた.この予め損傷させた弾性係数の低下率を提案する手法を用いて同定する.

3.3 目的関数について

目的関数は,次式のように部材ごとの観測された変位と計算された変位の残差二乗和を用いた.

$$\text{Minimize} \quad J = \sum (|x_i - x'_i|)^2 \quad (1)$$

ここで, J : 残差二乗和, x_i : 観測された変位, x'_i : 計算された変位である.

4. まとめ

本研究で提案した手法の検証結果を報告する.本研究では,部材の弾性係数の低下率に関して損傷同定を行う.損傷同定の精度は,GAにおけるパラメータを調整することで向上させる.

参考文献

- 1) 伊庭斉志:遺伝的アルゴリズム,株式会社 医学出版,2002
- 2) 中村秀明,江本久雄,河村圭,宮本文穂:Particle Swarm Optimizationによる多峰性関数の最大値探索,土木学会講演論文集,2017.12
- 3) 河村圭,江本久雄,別府万寿博,宮本文穂:Particle Swarm Optimizationを用いたRCはりの損傷同定に関する基礎的研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.28,No.1,2006