

GAを用いた木歩道橋の FEM モデルアップデーティング

岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明 岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
 岩手大学工学部 正会員 芝原 正 岩手大学工学部 正会員 五郎丸 英博
 岩手大学工学部 正会員 芝原 正 岩手大学工学部 正会員 五郎丸 英博

1 はじめに

FEM モデルアップデーティングは、構造物の有限要素モデル(FE-model)の構造や、構成部材の物理定数を変化させ、実際の構造物の振動特性を表現する FE-model を構築する事を目的としている。しかしこの方法は、全てを手動で行うと構成部材の物理定数を変化させるたびに有限要素解析(FEA)を行う必要があり、構成部材の種類が多くなると、解析に非現実的な解析時間を要する。

本研究では、最適化手法の一つである遺伝的アルゴリズム(GA)を使用し、橋梁の FE-model の固有振動数を算出し、この結果と、橋梁の振動実験から得られた実験値を用いて、FEM モデルアップデーティングを行った。さらに、手動で行った FEM モデルアップデーティング結果との比較を行い、GA を用いた FEM モデルアップデーティングが実際の問題に適用可能か検討を行った。

2 対象橋梁について

研究対象とした橋梁は、思惟大橋コミュニティ公園内に架設された思惟公園 1 号橋である。この橋梁は、構造用大断面集成材を主材料とした、下路式トラストランガー木歩道橋である。

3 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムとは、問題の解を遺伝子に置き換え、生殖、淘汰を繰り返し、適合度の高い遺伝子を作り出し最適解を求める最適化手法である。生殖は、遺伝子に交叉オペレータと突然変異オペレータを適用し、次の世代の遺伝子を生成する機能をもつ。淘汰は、適合度関数を用いて各遺伝子の適合度を計算し、適合度の高い遺伝子を残り適合度の低い遺伝子を削除する機能を持つ。

4 GA プログラムについて

本研究で用いた GA プログラムは Microsoft Excel VBA を用いて作成した。用いた GA パラメータを表 1 に示す。次に、子個体生成に用いる、交叉オペレータと突然変異オペレータについて説明する。

1) 交叉オペレータ

交叉オペレータは、2 ないしそれ以上の個数の親個体の情報を基に子個体を生成するものである。本プログラムでは交叉オペレータに BLX- α 法を使用した。BLX- α 法とは 2 つの親個体の座標値を、それぞれ a, b とし、この時の子個体を区間 $[A, B]$ から一様乱数で決定する。ここで、

$$A = \min(a, b) - \alpha d$$

$$B = \max(a, b) + \alpha d$$

$$d = |a - b|$$

とする。ただし α 値は 0~1 の数値をとり、使用者が任意に決定するパラメータである。

BLX- α 法は区間 $[A, B]$ の間の数値をランダムに決定するため、突然変異率を低く設定しても最適解を求める事が可能な手法である。

2) 突然変異オペレータ

突然変異は、子個体に多様性を持たせ、局所解に陥ることを防ぐ事と、進化を速める事を目的に用いられる。本プログラムでは、予め決定しておいた、突然変異量と突然変異率に従い、交叉で生成した子個体の値を変化させる手法を用いた。

表 1 GA パラメータ

個体数	100
世代数	5000
突然変異率	10%
選択個体率	10%
α 値	0.5

Keyword: 有限要素解析, FEM モデルアップデーティング, 遺伝的アルゴリズム

連絡先: 〒963-1165 福島県郡山市田村町徳定中河原 1

Tel. Fax.024-956-8714

5 モデルアップデーティングの手順

本研究では、目的関数に集成材のヤング係数(E), 密度(ρ)およびその E, ρ 時の橋梁の固有振動数を用いた。

研究対象とした思惟公園 1 号橋は、架設後 10 年以上が経過しており、部材の劣化による、剛性の低下が考えられる。また、FE-model を構築する際に、鋼製の連結具等を簡略化のために省略した。これらの理由から、各物理定数の変更範囲を、ヤング係数は、設計値の 0%～-30%、密度は設計値の 0% ～+30% の範囲として、1%間隔で最適解の探索を行った。GA を用いた FEM モデルアップデーティングの手順を図 1 に示す。初期の目的関数は

$E=0\%, \rho=0\%$, $E=0\%, \rho=30\%$, $E=-15\%, \rho=15\%$, $E=-30\%, \rho=0\%$, $E=-30\%, \rho=30\%$ の 5 ケースを用いた。

本研究では、アップデーティング対象とした 5 モードに対して GA を適用し、FEA 結果を計算した。しかし、最適解を求める際に、モード 4, 5 の固有振動数の誤差がモード 1, 2, 3 に比べ大きく、最適解を求める際に使用すると、解が局所解に陥るため、モード 1, 2, 3 の固有振動数の誤差のみを用いて、最適解を求めた。

6 解析結果

1 回目の GA 結果は、 $E=-21\%$, $\rho=27\%$, 2 回目の GA 結果は、 $E=-24\%$, $\rho=23\%$, 3 回目の GA 結果は、 $E=-24\%$, $\rho=23\%$ となり、解が収束した。手動アップデーティングと、GA を用いたアップデーティングの結果を表 2 に、手動アップデーティングと、GA を用いたアップデーティングの固有振動数を図 2 に示す。

手動アップデーティング結果とGAを用いた場合の1回目、2回目、3回目のアップデーティング結果を比較すると、いずれも結果に差は無い。2 回目と 3 回目のE, ρ が同じ値であるのに、固有振動数に僅かに差があるのは、GA プログラムにランダム関数を使用しているためである。

7 おわりに

本研究から、GA を用いた FEM モデルアップデーティングが実際の問題に適用可能である事がわかった。今後の課題として、実際の構造物は全体が 1 種類の材料で構成されていることは少なく、複数の材料から造られている場合が多い。そのため、構造物の構成部材の物理定数を個々に変更した場合の、アップデーティングに対しての適用を検討する必要があると考えられる。

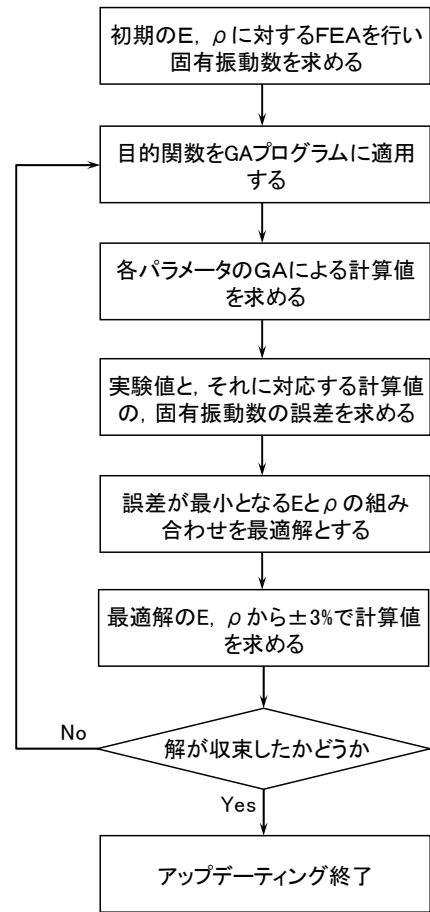


図 1 アップデーティングの手順

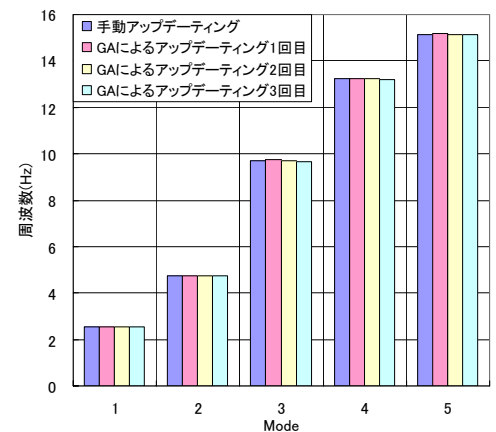


図 2 各モードの周波数

表 2 手動と GA を用いたアップデーティング結果の比較

Mode	実験値 (Hz)	GAを用いたアップデーティング							
		手動アップデーティング				1回目			
		FEA(Hz)	%Change	FEA(Hz)	%Change	FEA(Hz)	%Change	FEA(Hz)	%Change
1	2.56	2.56	0.00	2.56	0.00	2.56	0.00	2.56	0.00
2	4.82	4.74	-1.66	4.75	-1.45	4.74	-1.66	4.73	-1.87
3	9.59	9.69	1.04	9.73	1.46	9.70	1.15	9.68	0.94
4	11.19	13.24	18.32	13.25	18.41	13.24	18.32	13.21	18.05
5	17.34	15.15	-12.63	15.17	-12.51	15.12	-12.80	15.15	-12.63