

第 部門 GA を適用したうなり波形の減衰算定法

近畿大学大学院総合理工学研究科 学生員 ○真本 卓充

近畿大学理工学部 フェロー 米田 昌弘

1. まえがき

斜張橋や吊床版橋のような吊形式橋梁さらには近年とくに採用実績が増加している少数主桁橋では、振動実験時にしばしばうなり現象をとまなう減衰自由振動波形が観測されることがある。うなりをとまなう減衰自由振動波形から構造減衰を算定する手法として、従来から図式解法^{1), 2)}が知られているが、最近になってより厳密な算定手法^{3), 4)}も幾つか提案されている。しかしながら、厳密な手法は実務技術者にとってきわめて難解な手法である。そこで、本研究では遺伝的アルゴリズム（以下、必要に応じて GA と記す）を適用して、従来よりも簡易なうなり波形の構造減衰算定法を提案し、その適用性を検討することとした。

2. 実測波形への適用

(1) 実測波形

実在する 2 主桁橋の振動実験（クレーン加振実験）で得られた加速度波形（サンプリングタイム $\Delta t = 0.02$ 秒，データ個数 $n = 4096$ 個）を図 - 1 に示す。図 - 1 から、実測された加速度波形には明確なうなりが生じていることがわかる。なお、次節に示す GA を適用した具体的な推定では、強制加振による過渡振動成分を除去するため、図 - 1 中の矢印を記した位置から取り出した 1632 個分のデータを使用するものとした。実際の解析対象波形を図 - 2 に、後続のゼロを追加した 2048 個のデータを FFT 解析して得られたパワースペクトルを図 - 3 に示す。図 - 3 から、本章で対象とした実測波形では、1.17Hz 付近と 1.32Hz 付近の振動数成分が卓越していることがわかる。

(2) 算定方法と算定結果

対象とした実測波形では 1.17Hz 付近と 1.32Hz 付近の振動数が卓越するが、図 - 2 の時系列波形と図 - 3 のパワースペクトルから判断して、実測波形の振動数は時間の経過とともに微妙に変化していると推察された。そこで、まず、時間の経過によって変化しない一定の振動数 f_{1C} 、 f_{2C} として $f_{1C} = 1.17$ Hz、 $f_{2C} = 1.32$ Hz を選定し、合成（うなり）波形を作成することとした。このように作成した合成（うなり）波形と実測波形から、合成（うなり）波形のピーク値を線形補間で算定した。その結果を図 - 4 に示す。

表 - 1 に示す条件のもとで、図 - 4 中の●印を記したピーク値とその時間（ピーク値の総計は 76 個）を既知量として GA を適用した。なお、表 - 1 において位相差を 1.4～1.6 の範囲に設定したのは、図 - 1 中の矢印を記した位置（ほぼピークを示す位置）からデータを取り出しているものの、位相差が完全には $\phi_1 = \phi_2 = 1.5708$ となっていない可能性があると考えたことによる。GA を適用して得られた上位 3 つの推定結果を表 - 2 に示す。なお、ここで、上位 3 つの推定結果を提示したのは、これら三つの適応度関数がほぼ等しい値を示したためである。

表 - 2 に付記したように、上位 3 つの推定結果を平均した構造対数減衰率は $\delta_1 = 0.0887$ 、 $\delta_2 = 0.0947$ となっていることがわかる。そこで、上位 3 つの平均値である振幅（ $A_1 = 0.0944$ m/s²、 $A_2 = 0.0598$ m/s²）、構造対数減衰率（ $\delta_1 = 0.0887$ 、 $\delta_2 = 0.0947$ ）、振動数 $f_1 = 1.170$ Hz、 $f_2 = 1.320$ Hz）、位相差（ $\phi_1 = 1.4139$ rad.、 $\phi_2 = 1.5917$ rad.）を用いて合成（うなり）波形を作成した。その結果を図 - 2 に示すが、この図から、合成（うなり）波形のピーク値は、既知量として与えたピーク値（図中の●印）とほぼ一致していることがわかる。なお、結果は省略するが、GA による推定結果は図式解法による結果とも概ね一致するものであったことを付記しておく。

以上の結果と考察より、本研究で提案した GA を用いる手法を適用すれば、うなり波形に対しても比較的高い精度で対数減衰率を推定できるものと言える。

3. まとめ

本論文は、GA（遺伝的アルゴリズム）を適用して、従来の図式解法よりも精度が高く、かつ、厳密な手法よりも簡便なうなり波形の構造減衰算定法を提案したものである。本手法を実在する 2 主桁橋の振動実験（クレーン加振実験）で得られたうなり波形に対して適用した結果、提案した GA にもとづく手法を適用すれば、比較的高い精度で対数減衰率を推定できることがわかった。今後は、振動数が時間の経過とともに変化するだけでなく、構造減衰の振幅依存性が存在する場合についても検討していく所存である。

参考文献

- 1) 柴田 碧，原 亮一：うなりをともなう減衰波形の解析法，生産研究 17-8，pp.14～16，40，1969 年 8 月．
- 2) 讃岐康博，大塚良隆，大畑孝美，金子鉄男：Beating 波形からの各単振動の対数減衰率算出法，第 2 回橋梁振動に関するコロキウム論文報告集，pp.109～114，1989 年 8 月．
- 3) 岩本政巳，藤野陽三：自由振動減衰波形からの固有振動数の近接した 2 自由度線形系のパラメータ同定，土木学会論文集，No.450/ -20，pp.141～149，1992 年 7 月．
- 4) 岡林隆敏，山森和博，讃岐康博，田村太一郎：近接固有値を有する構造物の振動特性推定，土木学会論文集，No.633/ -49，pp.93～102，1999 年 10 月．

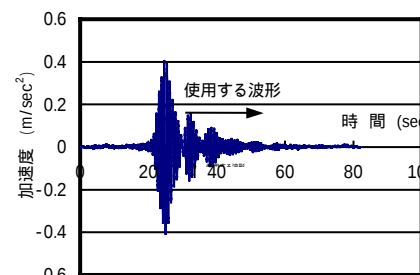


図 - 1 2 主桁橋のクレーン加振実験で得られた減衰自由振動波形

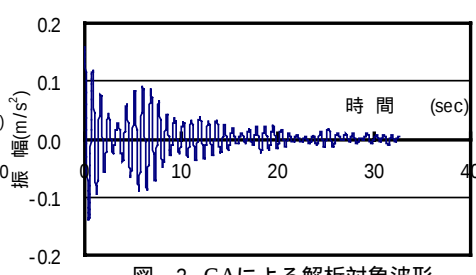


図 - 2 GAによる解析対象波形

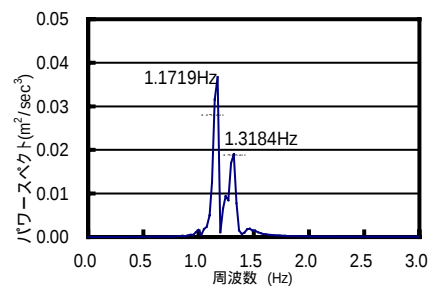


図 - 3 解析対象波形のパワースペクトル

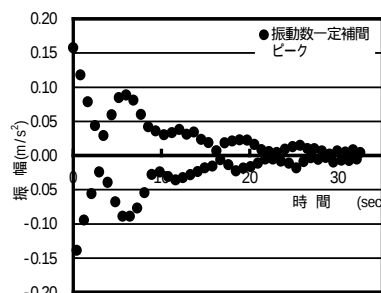


図 - 4 合成したうなり波形のピーク値

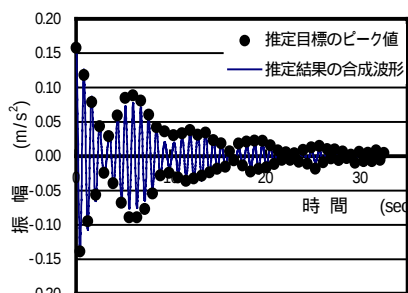


図 - 5 GAを用いた推定結果の合成波形

表 - 2 実測波形の推定値

		推 定 値			
		71 世代	262 世代	48 世代	平均値
対数減衰率	δ_1	0.0899	0.0934	0.0829	0.0887
	δ_2	0.0903	0.0915	0.1024	0.0947
振 幅	A_1	0.0922 m/s ²	0.0999 m/s ²	0.0910 m/s ²	0.0944 m/s ²
	A_2	0.0622 m/s ²	0.0611 m/s ²	0.0561 m/s ²	0.0598 m/s ²
振 動 数	f_1	1.170 Hz	1.170 Hz	1.170 Hz	1.170 Hz
	f_2	1.320 Hz	1.320 Hz	1.320 Hz	1.320 Hz
位 相	ϕ_1	1.4089 rad.	1.4286 rad.	1.4043 rad.	1.4139 rad.
	ϕ_2	1.5984 rad.	1.5976 rad.	1.5791 rad.	1.5917 rad.

表 - 1 実測されたうなり波形に対する GA の設定範囲

推定諸元の設定範囲	個体数	300 個
	世代数	500 世代
	交叉（1 点交叉）確率	0.50
	突然変異確率	0.10
	選択方法	ルーレットルール
	振 幅 A_1	0.05 ～ 0.150 m/s ²
	振 幅 A_2	0.05 ～ 0.150 m/s ²
	固有円振動数 ω_1 （固有振動数 f_1 ）	7.351rad/s （1.170Hz）
	固有円振動数 ω_2 （固有振動数 f_2 ）	8.294rad/s （1.320Hz）
	減衰定数 h_1 （対数減衰率 δ_1 ）	0.001592 ～ 0.02387 （0.01 ～ 0.15）
	減衰定数 h_2 （対数減衰率 δ_2 ）	0.001592 ～ 0.02387 （0.01 ～ 0.15）
	位相差 ϕ_1	1.4 ～ 1.6
	位相差 ϕ_2	1.4 ～ 1.6