

ACO の構造物維持管理計画策定問題への適用

山口大学大学院 学生会員 ○江本久雄 山口大学工学部

松田和仁

山口大学工学部 正会員

河村 圭

山口大学工学部 正会員

中村秀明

1. はじめに

わが国では、高度経済成長期に多くの資本投資が行われ、社会基盤構造物の建設が急速に進んだ。また、現在それらの構造物は建設されてからすでに 30 年以上が経過しており、性能の低下は必然である。近年では、従来のように古い構造物を取り壊し、新規構造物を建設することは経済的にも難しくなってきたのが現状であり、今ある社会資本ストックを長期的、計画的に低コストで維持管理していくことが求められている¹⁾。そのためには多数ある維持管理対策の組合せから、できるだけ低コストで効率的な維持管理対策を策定することが重要となる。著者らは、従来その維持管理計画案の策定に遺伝的アルゴリズム（以下、GA）を用いてきた。しかし GA は解空間の大きさによっては精度良く最適な計画案を出力する保証がなく、設定すべきパラメータが多いなどの問題点があった。そこでそれらの問題に対処するため、Ant Colony Optimization（以下、ACO）を対象とする維持管理計画策定問題に適用し、その有効性について検証した。

2. 構造物維持管理計画策定問題

維持管理計画の策定とは、供用年数(耐用年数)において多数ある維持管理対策の組合せから、制約条件を満足し、さらにある評価指標を最大化または最小化するような維持管理計画を決定することである。対象とする最適化問題の概要は以下のとおりである。

①目的として、維持管理対策費用の最小化を行う。

ただし費用の換算は現在価値にて最小化する。

②構造物の評価指標は Condition と Safety である。

③対象となる維持管理対策は Silane（シラン：表面保護工）と Rebuild（架替え）である。

以上の条件をより詳細にし、維持管理コストと各評価指標への影響をまとめたものを表 1 に示す。

3. ACO の概要と適用方法

ACO²⁾とは、蟻の採餌行動をモデルにした最適化手法である。これは蟻の巣から餌までの行列のルートがフェロモンの情報によって定まるというメカニズムにアイデアを得た方法である。

ACO では、探索中に得られた解の構成要素に得点（これをフェロモンとよぶ）を追加していく。そして、このフェロモンの情報によって修正された局所的評価を用いてランダム化欲張り法を適用し、良い解に共通する構成要素を生成する。さらに局所探索とフェロモンの更新、という手順を繰り返して近似解を求める。

表 1 対象問題に関するパラメータ

維持管理計画策定に関するパラメータ	指標
(1)耐用年数	50
(2)Conditionの初期指標	任意
(3)Safetyの初期指標	任意
(4)割引率	任意
(5)Conditionの劣化率(/year)	0.08
(6)Safetyの劣化率(/year)	-0.015
(7)Silane対策のコスト(GBP:英ポンド)	39k
(8)Silane対策のConditionへの効果(/year)	0.01
(9)Silane対策のSafetyへの効果(/year)	-0.007
(10)Silane対策の効果持続期間(years)	10
(11)Rebuild対策のコスト	7410k
(12)Rebuild対策のConditionへの効果	to 0.0
(13)Rebuild対策のSafetyへの効果	to 2.16
(14)Rebuild対策によるConditionへの劣化遅延期間(years)	15
(15)Rebuild対策によるSafetyへの劣化遅延期間(years)	27

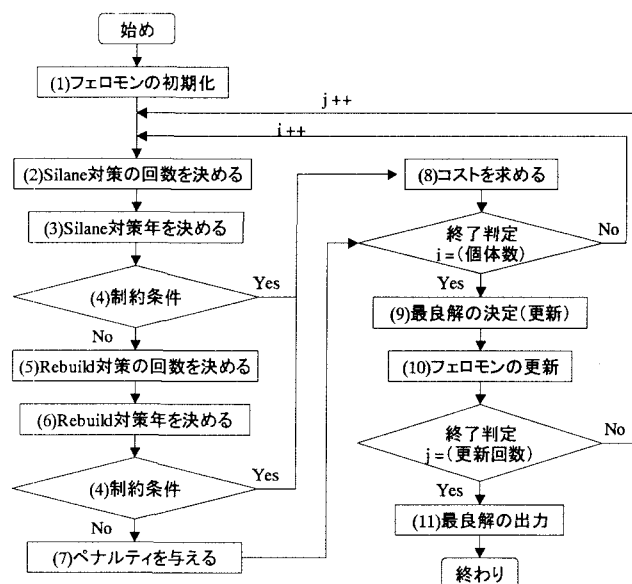


図 2 ACO による構造物維持管理計画の処理手順

図2にACOによる構造物維持管理計画の処理手順を示す。処理手順の概要としては、Silane対策とRebuild対策のそれぞれで対策回数と実施年をフェロモンの情報によって決め、良い評価を得た個体をもとにフェロモンを更新し、更新されたフェロモンに従って再び解を生成する。これを繰り返すことで準最適解を得る。

4. GAs との性能比較実験

ここでは、ACO の性能を評価するために、単純遺伝的アルゴリズム(以下、SGA)とメタ GA³⁾によってパラメータを最適化した GA(以下、OGA)との比較実験を行う。表2に示すように2ケースの問題を設定した。まず Case1 は対策工法が1種類の場合で、解空間の広さは 2^{50} である。次に Case2 は対策工法が2種類の場合で、解空間は 3^{50} となる。したがって Case2 は Case1 と比べ解空間が広く、問題が複雑であるといえる。また、比較実験は割引率を考慮する場合としない場合について行った。実験結果を表3および表4にまとめる。なお、個体数と終了世代数(ACOの場合は更新回数)はそれぞれ40、200とした。

表中のOPTは100回試行中における最適解獲得回数、AVEは準最適解の平均値、VARは分散を表す。割引率が0.0%の場合、すなわち割引率を考慮しない場合はいずれの手法においても100試行中100回とも最適解を得ることができた。これは解空間中に最適解が複数存在し、探索が比較的容易であったためと考えられる。それに対し割引率を考慮した場合は解空間が広くなり最適解を得ることは困難になる。また、解空間が広い Case2 では Case1 と比べ探索が困難であることがわかる。しかし、ACO は SGA や OGA より最適解に近い準最適解を安定して得ることができており、有効なアルゴリズムであるといえる。

表2 設定問題の一覧

	Case1	Case2
予定供用年数	50	50
Conditionの初期値	1.75	1.75
Safetyの初期値	1.50	1.20
対策工法	Silane	SilaneおよびRebuild

表3 Case1の実験結果

割引率	0.0%	6.0%
最適解	156.0	44.5
ACO	OPT	100/100
	AVE	156.0
	VAR	0.0
OGA	OPT	100/100
	AVE	156.0
	VAR	0.0
SGA	OPT	100/100
	AVE	156.0
	VAR	0.0

表4 Case2の実験結果

割引率	0.0%	6.0%
最適解	7410.0	763.2
ACO	OPT	100/100
	AVE	7410.0
	VAR	0.0
OGA	OPT	100/100
	AVE	7410.0
	VAR	0.0
SGA	OPT	100/100
	AVE	7410.0
	VAR	0.0

5. まとめ

本研究ではACOを構造物維持管理計画策定問題に適用し、SGAやOGAと比較することで、その有効性について検証した。本研究によって得られた結果を以下にまとめる。

- ① ACOにはGAのような複雑な遺伝子操作がなく、また設定すべきパラメータも少ない。
- ② GAでは最適解を得る確率が低い問題においても、ACOでは確実に最適解を得ることができた。
- ③ 問題の解空間が広くなるとGAの解探索性能は下がり、良い準最適解を得ることはできなかったが、ACOでは比較的最適解に近い準最適解を安定して得ることができた。
- ④ ACOはGAと比べ計算時間が短くてすむ。

参考文献

- 1) セメント・コンクリート，社会法人セメント協会，No.656，2001.10
- 2) 柳浦睦憲，茨城俊秀：組合せ最適化 - メタ戦略を中心として -，朝倉書店，2001.1.20
- 3) 伊庭斉志：遺伝的アルゴリズムの基礎 - GAの謎を解く -，オーム社，1994.9.20