

京都大学工学部地球工学科

学生員

○木許 翔

京都大学大学院工学研究科

正会員

大津 宏康

京都大学大学院工学研究科

学生員

幹 拓也

西日本高速道路エンジニアリング関西

正会員

上出 定幸

1. はじめに

高度経済成長期に急速に整備が行われてきたインフラ構造物は、長期の供用により劣化が顕在化してきており、厳しい予算制約の下で効率的なインフラ構造物の維持補修計画を立案することが求められている。そこで、構造物の維持管理において、戦略的な意思決定手法としてのアセットマネジメントが注目されている¹⁾。

道路構造物のうち斜面对策工の一つであるグラウンドアンカー工(以下、アンカーと称す)は、主に1980年代以降大量に整備され、現在打設されているアンカーは十数万本にのぼる。それらのアンカーが打設されて20年以上が経過した現状において、経時的劣化が懸念されている。そのため、アセットマネジメントの観点から、アンカーの経時的劣化を定量的に予測し、戦略的に維持補修を行っていくことが必要不可欠となっている。しかし、アンカーの性能低下過程はすべてが同一ではなく、様々な要因がアンカーの性能低下に寄与していると予想される。その要因の一つとして打設されている斜面の地質条件が挙げられ、これはアンカーの性能低下と力学的関連性がある可能性が高い。そこで、アンカーの維持補修計画を立案する際には、アンカーが打設されている斜面の地質条件を考慮する必要がある。

従って、本研究では、アセットマネジメントの観点から、地質条件に着目してアンカーの維持補修計画を立案する手法を提案することを目的とする。

2. マルコフ過程を用いた維持補修計画

(1) 点検結果の地質毎の分類

本研究では、アンカーの目視点検結果を、打設されている地質によって、流紋岩・花崗岩・頁岩・砂岩の4つに分類する。

(2) マルコフ過程を用いた性能低下のモデル化

マルコフ過程を用いたアンカーの性能低下過程のモデル化手法は、次式のように表わされる。

$$S(1) = S(0) \cdot T \quad (1)$$

$$S(t + \tau) = S(t) \cdot T^\tau \quad (1)$$

$$S(t) = [S_{VI}(t) \quad S_V(t) \quad \cdots \quad S_I(t)] \quad (2)$$

$$T = \begin{bmatrix} T_{VIVI} & T_{VIV} & \cdots & T_{VVI} \\ 0 & T_{VV} & \cdots & T_{VI} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & T_{II} \end{bmatrix} \quad (3)$$

ここに、 $S(t)$ は供用後 t 年時点での点検したアンカーの全数を表わす状態ベクトルであり、その成分 $S_i(t)$ は、供用後 t 年時点での各ランク i に相当するアンカー本数を表わす。また、推移確率行列 T の要素 T_{ij} は1ステップで状態が i から j に推移する確率を表わす。

また、本研究では、点検データの使用や数的制限に対処するために、推移確率行列 T の成分 T_{ij} を推定する際に以下のような仮定条件を設定する。

- ① 同一地質に打設されているアンカーは全て同様の劣化過程に従う。
- ② 推移確率行列は耐用年数を通じてただ一つに決定され、かつ一定である。
- ③ 推移確率行列が対象とする推移期間は1年間である。
- ④ 1年間の状態推移は、現状維持もしくは1区分のみの劣化とする。

以上の仮定条件の下で、推移確率行列 T は、次式のよう表わされる。

$$T = \begin{bmatrix} T_{VIVI} & T_{VIV} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & T_{VV} & T_{VIV} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & T_{IVIV} & T_{IVIII} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & T_{III} & T_{III} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & T_{II} & T_{II} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & T_{II} \end{bmatrix} \quad (4)$$

(3) 最適推移確率行列同定手法

アンカーの性能低下過程を表わす推移確率行列は、図-1に示す手順で同定される。

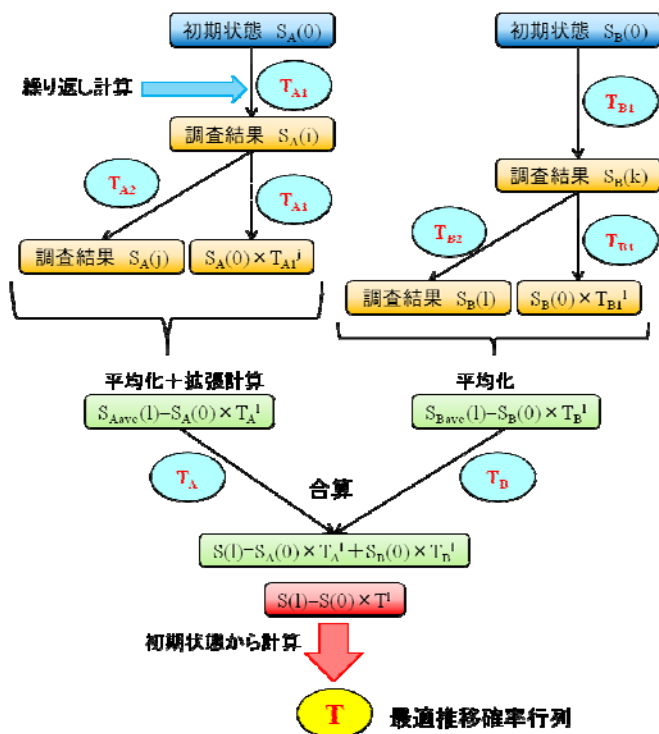


図-1 最適推移行列同定手順

ただし、同図における i, j, k , 及び l は評価区分ではなく、時点を表わし $i < j, k < l, j < l$ の関係が成り立つことに留意されたい。

(4) 補修戦略の設定

本研究では、事後補修型と予防保全型の2つのプランを設定する。また、点検実施間隔年をそれぞれのプランに対して3年, 5年, 10年, 及び15年の4種類で設定し、合計8通りの補修戦略に関して議論する。

(5) LCC 算定方法

NEXCO 西日本により実際に実施された点検・補修に基づいて、点検費用と補修費用の和でLCCを算定する。

3. グラウンドアンカーへの適用

本モデル化手法を4地質に適用した。その例として、頁岩における劣化シミュレーション結果を図-2に示す。同図より、本モデル化手法にはある程度の予測精度があり、地質で分類しモデル化する本手法に妥当性があることが確認された。

また、表-1に流紋岩と頁岩の最適補修戦略と点検間隔、およびLCC算定値を示す。なお、本事例のLCC算定の評価期間は、最終点検実施年(2009年)から40年間とする。同表より、地質毎に最適な維持補修計画の選択が可能で

ある。また、LCC算定値を比較することで、地質毎に維持補修の優先順位付けが可能となる。

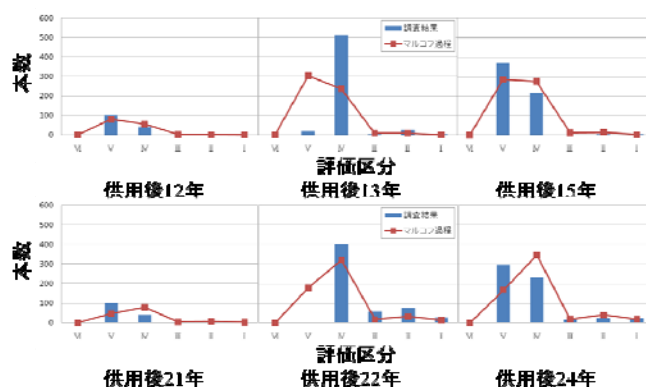


図-2 点検結果をシミュレーション結果の比較

表-1 流紋岩と頁岩の算定結果

地質	最適補修戦略	最適点検間隔	LCC 算定値
流紋岩	予防保全型	15 年	5,098 円/本
頁岩	予防保全型	3 年	47,952 円/本

4. 地質によるアンカーの性能低下特性

本事例では、堆積岩の方が火成岩よりもアンカーの性能低下が早いという結果が得られた。これは、堆積岩は火成岩に比べて風化深度が深いという風化メカニズムの相違により、堆積岩は風化に伴うアンカーの導入力の低下が著しかったことが要因の1つであると推察される。また、堆積岩は火成岩に比べて透水性が大きいため、切り取り斜面の背面を流れる地下水の量が多く、その結果、堆積岩はアンカー体に水が浸入することによるテンドンの腐食が進行しやすかったということも、アンカーの性能低下が異なった要因の1つであると推察される。

5. まとめ

本研究より、アンカーの目視点検結果をマルコフ過程に適用する本モデル化手法の予測精度と実用性、及び地質毎にアンカーの維持補修計画を立案することの有意性が確認された。また、堆積岩と火成岩の風化メカニズムの相違、および透水性の違いが、アンカーの性能低下過程が斜面の地質によって異なる要因の1つであるという知見を示した。今後点検結果を蓄積し、データベースを整理していくことで、本モデル化手法の精度はさらに向上するものと推察される。

参考文献

- 1) 大津宏康：アセットマネジメント総論(1), サマースクール 2010「建設マネジメントを考える」, pp.1-12, 2010.