

# 点検データに基づく急傾斜地崩壊防止施設（吹付工）の劣化予測手法の検討

鹿児島県土木部砂防課 伊藤 仁志 松元 勇 神志那 仁 坂井 佑介  
 NPO法人 鹿児島砂防ボランティア協会 平山 弘  
 財団法人 砂防ボランティア整備推進機構 ○星野 和彦 伊藤 将己

## 1. はじめに

鹿児島県においては、昭和40年代から急傾斜地崩壊防止施設が建設されている。鹿児島県は平成15～17年度にかけて鹿児島市内にある194の急傾斜地崩壊危険区域の内延べ62区域について施設点検を行っているが、亀裂等の変状が生じ劣化が顕在化している施設が報告されている。

平成20年度の国土交通白書に「社会資本の高齢化時代における戦略的な維持管理・更新」と示されているように、予防保全的維持管理により、既存施設の寿命を延ばし、更新費を抑制しLCC（ライフサイクルコスト）の低減を図ることが求められてきている。本検討は平成16・17及び20年度の点検結果を用いて、急傾斜地崩壊防止施設のうち吹付工について、施設健全度を評価し、経年的な劣化状況を整理して劣化特性を推定し、予防保全的維持管理に向けての基礎資料を得ようとしたものである。

## 2. 点検結果の整理と検討対象施設の選定

鹿児島市内にある194区域の施工年代別分布を図-1に示す。

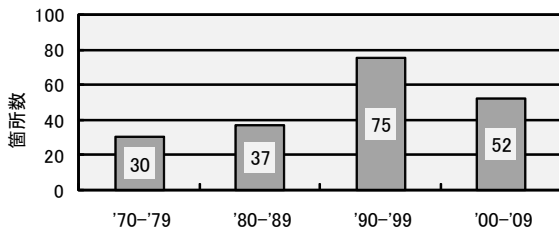


図-1 年代別急傾斜地崩壊危険区域数

これによると施工後30年以上経過している区域は30であり、10年後には新たに37が加わることになる。これらの区域の中で平成16・17年度に施設の点検を行っている62区域について、何らかの変状が確認された施設を主な工種別に分けたものが、図-2である。変状の発生割合は吹付工が最も大きくなっている。

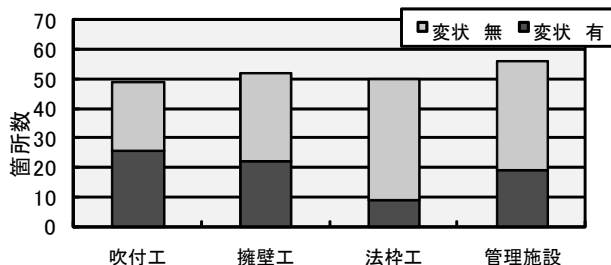


図-2 工種別変状箇所数

劣化特性を把握する施設は、過年度調査結果から変状の確認数が多く、部材が薄いため擁壁等の施設と比べて劣化の進展が速いものと推定され、さらに施設の機能が単純（法面の保護）であるなどの状況から、劣化と経過時間との関係及び構造体の劣化と施設の機能の低下との関係が把握しやすいと考えられた吹付工とした。

平成16・17年度にはコンサルタントとNPO法人鹿児島砂防

ボランティア協会がそれぞれ目視により施設点検を行って、施設の亀裂や剥離などの変状の発生状況とそれらの変状を基に補修の必要性等を表した総合評価を行っている。変状の種類と総合評価の内容をそれぞれ表-1、表-2に示す。

表-1 変状の種類

変状の種類
亀裂、剥離、空洞化、はらみ出し、ずり落ち、水抜き穴の目詰まり、水抜き穴からの排水

表-2 総合評価の内容

総合評価	健全度
(機能喪失)	0.0
a. 大規模な補修（改築）が必要	0.2
b. 修繕等が必要	0.4
c. 経過観察が必要	0.6
d. 小さな変状	0.8
e. 変状なし	1.0

## 3. 健全度評価手法の検討

平成20年度には既往点検結果を確認するため、変状ありと判定されている15施設及び変状なしと判定されている施設のうち経過年数の長い4施設の合計19施設について、改めて現地調査を行い変状の抽出と総合評価を行った。

平成16・17・20年度の調査において、技術者が判断した法面全体の健全度の総合評価を対照として、亀裂や剥離等の変状の状況を数値化したものと整合するように数値化における係数を検討し、劣化特性を推定した。

### 3.1 総合評価の整理

総合評価は表-2に示したように、aからeまでの5段階で評価されている。数値化（健全度）は、1.0を健全、0.0を機能喪失と仮定し、e評価を「健全」として1.0、a評価を「機能喪失」の手前として0.2を与えて、6区分した。

平成16・17・20年度調査の総合評価に基づく健全度と2008年を基準年とした経過年数との関係を図-3に示す。これを見ると全体としては時間の経過とともに健全度が低下する傾向がみられるものの、長期間を経過しても健全度の高い施設が多いこと、逆に短期間で健全度が低く評価されたものがあることなど、吹付け工の劣化特性は、バラツキが大きく、回帰式等を用いて近似できるような一様な低下傾向は示さないものと推定された。

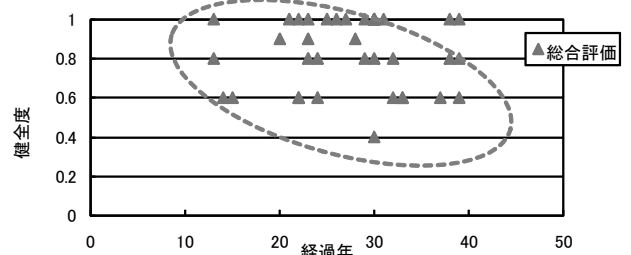


図-3 総合評価（健全度）と経過年数

### 3.2 損傷に基づく施設健全度の検討

次に点検のデータに基づいて客観的に求めることのできる亀裂や剥離等の変状状況を数値化し、総合評価結果と関連付けることを試みた。

劣化機構のモデルを図-4に示す。

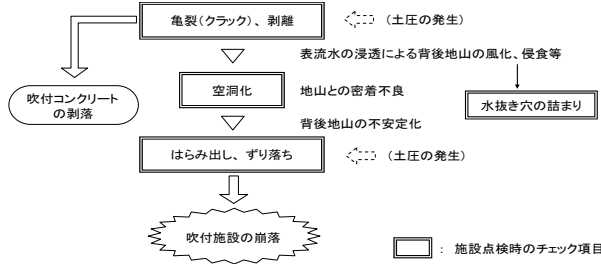


図-4 劣化機構のモデル

軽微な変状が進展し、空洞化やはらみ出しずり落ち等へ至るものと仮定している。

点検で把握する亀裂等の変状を表-1に示しているがこの中から斜面下部からの目視点検で把握できる変状を対象とし、これらを損傷係数として数値化して経過年との関係図を作り、技術者が判断した法面全体の総合評価の関係図である図-3と近似するよう重みづけ等を検討した。

総合評価との適合性が高いと推定される損傷係数の一例を表-3に示す。また、図-5に双方の関係図を示す。

表-3 変状の数値化

変状の種類	損傷係数
亀裂(小規模)	0.16
亀裂(変状の程度が大)加点	0.10
剥離(小規模)	0.16
剥離(変状の程度が大)加点	0.10
合計(最大値)	0.52

損傷係数の合計を1から引いたものを健全度(ヘルスインデックス(HI))として表す。

最も健全度が低い場合には  $HI = 1 - 0.52 = 0.48$  となる。

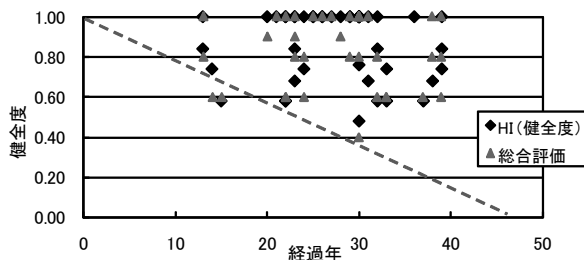


図-5 総合評価とHIとの比較

図-5を見ると総合評価とHIの分布はほぼ近似しており、総合評価において劣化の進行が速いと考えられた施設についても概ね一致している。

図-5の左上から右下に引いた線は、劣化の進行が速い場合の劣化特性を表しているものと考えられる。

### 3.3 施設健全度の遷移確率の推定

次に図-5で得られた健全度分布を用いて健全度の変化を

10年単位で整理し、施設全体の健全度が時間とともにどのように推移するか予測することを試みた。

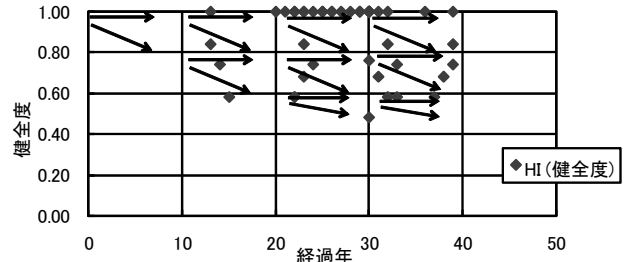


図-6 施設健全度(HI)の推移

これは図-6の矢印で示すように、各経過年の健全度分布は、経過期間(10年)において、上位の健全度からある確率で遷移した結果生じたものと考えて、その確率を推定したものである。

表-4 劣化の遷移確率

健全度	10年
HI=1.0	100% → 85% 15%
1.0 > HI ≥ 0.8	100% → 10% 90%
0.8 > HI ≥ 0.6	100% → 37% 63%
0.6 > HI ≥ 0.5	100% → 67% 33%
0.5 > HI ≥ 0.4	100% → 67% 33%
0.4 > HI ≥ 0.2	100% → 67% 33%

表-4は健全度が低下する割合を示した遷移確率で、各健全度段階における劣化方向の遷移確率は15%から90%までと幅が大きく、各段階の値を比較しても一定の傾向は見られなかった。なおHIの0.5未満については、実績データがないため、上位の値をそのまま用いた。

### 4. 劣化予測に基づく施設の補修計画検討の提案

図-7は、表-4の遷移確率を用いて図-6に示す49施設全体の健全度が今後どのように推移するかを100年後まで予測したものである。

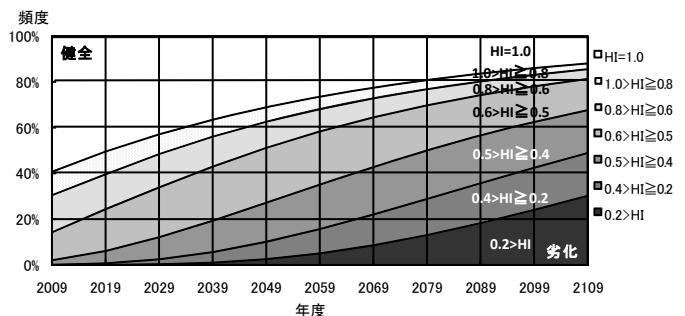


図-7 施設健全度の劣化予測

図-7を用いると、各健全度に分布する施設数が時間の経過と共にどのように変化するかを推定できる。例えば、現在健全度0.5未満の施設は数%であるが、30年後には全体の20%程度に増加し、さらに新たに健全度0.4未満や0.2未満の施設も出現することが推定できる。今後これらの情報を用いて、健全度に応じた補修を行うべきタイミングや補修に必要な維持費の算定を行うことが可能になるものと考えられる。

### 5. 終りに

今後、損傷係数等を決定したうえで、施設健全度の劣化予測を用いて、一定の地域において維持管理費用が最小になるような管理計画策定に向けて検討を進めたいと考えている。