

地すべり現象と防止施設の特徴を考慮した長寿命化計画(案)の検討

日本工営株式会社 ○皆美 まどか
 亀田 尚志
 水谷 佑
 和歌山県県土整備部河川・下水道砂防課 森川 智
 太田 和樹
 西島 権

事例概要

本報告は和歌山県内の地すべり防止施設に対して、平成27年度に策定した「和歌山県砂防関係施設長寿命化計画(案)」の見直しを実施した事例について紹介する。検討では過去の点検結果から、施設の機能低下を予測する単位(以下、劣化予測単位)を各施設の変状種別とし、予防保全と事後保全段階になる年数を「実績値」および「累積ハザード法」より算出した。変状種別に応じた対策を挙げ、ライフサイクルコスト(以下、LCC)を算出し比較を行った。算出結果から地すべり防止施設は地中構造物が多く、予防保全対策があまり挙げられないことから、補修を実施してもLCC縮減に効果的ではないことが分かった。年次計画は施設機能損失時の危険性(抑止工>抑制工)、保全対象の有無等に着目した優先度を基に策定し、長寿命化計画(案)を更新した。

キーワード：地すべり防止施設、劣化予測、長寿命化、予防保全、ライフサイクルコスト

背景

和歌山県内の地すべり防止施設は、1930年頃から建設され、老朽化から機能低下や改築・更新経費の増大が懸念されている。近年、土砂災害が頻発するなか、長期にわたり施設の機能及び性能を維持・確保し続ける為に、機能損失前に補修・修繕(予防保全対策)を実施し、LCCを考慮した維持管理をしていく必要があると考えられている。

本報告は施設点検結果から施設劣化年数を算出し、LCCの比較により、今後50年の施設修繕にかかる必要経費の縮減、平準化、適切な維持管理の為に年次計画を立案した。

1. 地すべり防止施設

地すべり防止施設(対策工)は、地すべり現象に応じた施設があり、自然条件を変化させることにより地すべり運動を停止または緩和させる「抑制工」、構造物が有する剪断強度等の抑止力を用い、地すべり運動を停止させる「抑止工」に大別される。(表-1)今回の検討は、地すべり防止施設に加え、斜面崩壊防止工として併用される“鉄筋挿入工”、“法枠工”を含めた8工種にて実施した。

2. 施設点検評価方法

砂防関係施設点検要領(参考資料¹⁾)に準拠し、地すべり防止施設の部位毎、施設毎の変状レベル(a, b, c)を判定し、地すべり防止区域(施設群)の健全度(施設が本来有すべき機能および性能に対して、現在有している程度)をA, B, C評価する。(図-1, 2)

表-1 地すべり防止施設の種類(対策工種)

地すべり現象	地すべり防止施設		
表流水	抑制工	地表水排除工	水路工 等
湧水 高い地下水位		地下水排除工	横ボーリング工 集水井工 排水トンネル工
崩壊、亀裂 押し出し	抑止工	杭工 アンカー工	鋼管杭工

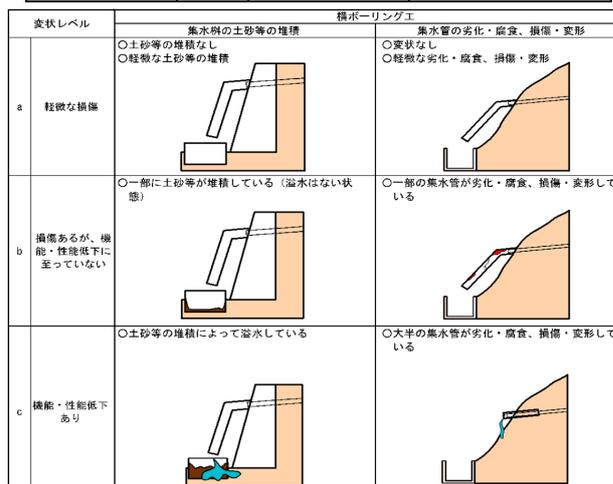


図-1 横ボーリング工 変状種別毎の変状レベル評価基準(参考文献¹⁾ 抜粋)

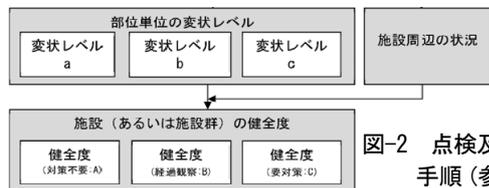


図-2 点検及び健全度評価手順(参考文献¹⁾ 抜粋)

3. 予防保全・事後保全段階の検討

(1) 劣化予測

各施設の様々な変状は、施設の属する地域特性から変状発生に差異が生じると仮定し、変状種別毎に地域差(地質・降雨・沿岸からの距離(塩害による腐食))が認められるか検証した。各条件において地域差は認められず、劣化予測は各施設工種の変状種別とした。

(2) 劣化予測年数

事後保全段階は、「施設に求められる機能および性能が損なわれた段階」=「変状レベルcとなった年」とした。予防保全段階は施設が有する機能および性能が確保できなくなる前に対策することを基本とし、「事後保全段階に至るまでの期間」=「変状レベルbとなった年から変状レベルcとなる年までの期間」とした。

劣化予測年数を変状種別毎に算出した場合、対象データ不足、変状発生年数の偏り(5年毎の点検実績しかなく、実際の劣化時期が不確実)から、検討不能なケースがあった為、算出は施設工種別としてまとめた。なお、集水井工の本体・集排水管と安全設備については、部材や設置位置の違いから明確な劣化予測年数の差が認められた為、分けて検討した。

年数算出方法は点検結果より整理した「実績値」ならびに「累積ハザード法」(参考資料²⁾)を用い、比較した。比較の結果、「実績値」では、総施設数の1~30%未満の変状発生施設数のみを扱っており、施設全体の劣化予測年数としては短く算出されている為、変状非発生施設も加味された「累積ハザード法」での値を採用した。(表-2)

表-2 各保全段階に至るまでの年数

工種	予防保全(年)	事後保全(年)
横ボーリング工	25~35	35
集水井	本体・集排水管	45~60
	安全設備	—※1
水路工	25~35	35
杭工	—※2	対象無※3
アンカー工	20~50	50※4
排水トンネル工	対象無※3	対象無※3
鉄筋挿入工	対象無※3	対象無※3
法枠工	検討不可※5	65

※1 変状レベルbの設定が無い為、除外した。

※2 修繕困難な工法であることから、除外した。

※3 対象の変状レベルの施設が無かった為、除外した。

※4 変状レベルcの施設が無く、メーカー参考値とした。

※5 データ数が少ない為、検討不可とした。

4. ライフサイクルコスト(LCC)の算出

(1) 対策工法

各工種の変状種別毎に対策工法を検討し、予防保全(維持、修繕)、事後保全(改築、更新)に分類した。(表-3、4)

表-3 保全対策の種類(参考文献³⁾)

用語	定義
維持	機能や性能を確保する為に行う軽微な作業
修繕	機能や性能を確保・回復する為に損傷または劣化前の状況に補修すること
改築	機能や性能を確保・回復するとともに、更に向上を図ること
更新	既設用途を廃止し、同等施設を新規整備すること

表-4 工種別対策工法一覧

工種	分類	種類	部位	対応変状	工法
横ボーリング工	予防保全	維持	集水樹、水路	土砂等の堆積	土砂撤去
			集水管・排水管	目詰まり	孔内洗浄工
		修繕	孔口保護工 集水樹、水路	損傷、劣化等	導水管撤去設置 間詰工
	事後保全	改築	集水管・排水管	損傷、劣化等	高耐久集水管設置
			全部位	損傷、劣化等	横ボーリング工撤去設置
		更新	本体	損傷、劣化等	小口径井筒設置
集水井工	予防保全	修繕	安全設備	損傷、劣化等	防護柵、天蓋、梯子
			集水管・排水管	損傷、劣化等	集・排水管設置
	事後保全	改築	全部位	損傷、劣化等	RC型集水井
			安全設備	損傷、劣化等	防護柵、天蓋、梯子
		更新	全部位	損傷、劣化等	集水井設置
			安全設備	損傷、劣化等	防護柵、天蓋、梯子
水路工	予防保全	維持	水路・集水柵	土砂等の堆積	土砂撤去
			水路・集水柵	損傷、劣化等	水路交換
	事後保全	更新	全部位	損傷、劣化等	水路新設
アンカー工	予防保全	修繕	頭部	損傷、劣化等、防錆油等漏出	防食部材交換
	事後保全	更新	全部位	損傷、劣化等	アンカー設置
法枠工	予防保全	修繕	枠材	損傷、劣化等	間詰工
			中詰め材	流出	コンクリート張工
	事後保全	更新	全部位	損傷、劣化等、中詰め材流出	のり枠工撤去設置

(2) 対策費

様々な規模の施設が存在する為、対策費用は施設規模を各工種の平均値、材質は最頻値から設定し、土木工事積算標準単価を参考に算出した。

(3) LCCの算出

LCCの縮減効果は各工種に対して、予防保全と事後保全を比較し算出した。検討の結果、地すべり防止施設では、予防保全対策がLCC縮減に効果が認められる施設はなく、全て事後保全対策が有効であることが判明した。

新技術によるLCCの縮減検討においては、恒久集水ボーリング保孔管を採用した結果、初期費用はかかるものの事後保全対策よりもLCCの縮減が図れた。(表-5、6、図-3)また、恒久集水ボーリング保孔管は、従来横ボーリング工等の地下水排除工において使用されている塩ビ管と比較し、防錆効果が高く、地すべり滑動による変形、剪断に対する強度も向上しており、孔内の閉塞や破損の年数が延びることが想定される。今回のLCC算出には、メーカー記載の約80年を使用している。

表-5 横ボーリング工 新技術採用 LCC 算出結果

●横ボーリング工5本あたり

種類	工程	間隔 (年)	工費(諸経費込み)				備考	
			数量	単位	単価 (千円)	1回当り (千円)		
予防保全型	1 導水管撤去設置	25	2	本	35	70	210	約半数を修繕
	2 閉詰工(目地)	25	2	本	21	42	126	約半数を修繕
	3 集水管設置	35	5	本	1,295	6,475	12,950	水路工、導水管なし
	4 水路撤去設置	80	5	本	10	50	50	
	5 仮設道路	—	50	m	111	5,550	5,550	
	- 修繕費						18,886	
事後保全型	6 集水管設置	35	5	本	1,325	6,625	13,250	水路工、導水管含む
	7 仮設道路	—	50	m	111	5,550	5,550	
	- 更新費						18,800	
縮減効果(更新費-修繕費)							▲ 86	事後保全型を採用

表-6 横ボーリング工 LCC 算出結果

●横ボーリング工(高耐久管)5本あたり

種類	工程	間隔 (年)	工費(諸経費込み)				備考	
			数量	単位	単価 (千円)	1回当り (千円)		
事後保全型	1 高耐久集水管設置	80	5	本	1,866	9,330	27,990	集水管のみ
	2 付属設備撤去設置	35	5	本	73	365	1,825	孔口保護工・水路・導水管
	3 仮設道路	—	50	m	111	5,550	5,550	
	- 改築費						35,365	
事後保全型	4 集水管設置	35	5	本	1,325	6,625	33,125	付属設備含む
	5 仮設道路	—	50	m	111	5,550	5,550	
	- 更新費						38,675	
縮減効果(更新費-改築費)							3,310	事後保全型(改築)を採用

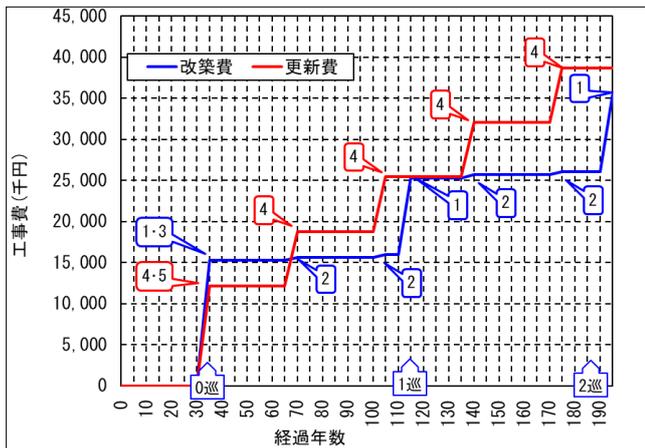


図-3 横ボーリング工 新技術採用 工事費経年変化結果

LCC 算出の結果、地すべり防止施設に対して事後保全対策が有効である理由として、以下が挙げられる。

- ① 地中構造物が多く、修繕工法が少ない。
- ② 様々な部材を用いていることから、修繕実施分の費用が部材の耐用年数まで嵩み、更新費より費用がかかる。
- ③ 修繕工法において、部材そのものの寿命を延ばせる手法がない。

なお、抑止工(アンカー工、鋼管杭工)、鉄筋挿入工、法枠工の変状は、施設が地すべりの滑動や表層土塊の動きに対して効果を発揮していない可能性があり、補修ではなく、再調査・再検討のうえ、更新対象となる。

5. 対策優先度の検討

同じ変状レベル c の中でも、集水井工安全設備の c (劣化原因; 経年劣化) と集水井工本体の c (劣化原因; 地すべり外力) では、施設破損時に保全対象に及ぼす影響度が

異なる。このことから、地すべり防止施設の機能と変状の発生原因から変状レベル c を細分化 (c1, c2, c3) し (表-7)、その他保全対象の有無等から、地すべり防止区域毎に対策順位を設定した。

表-7 変状レベル細分化の定義

変状レベル 評価	損傷等の程度	
a	損傷等は発生していないもしくは軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該施設の機能低下が認められず、対策の必要がない状態	
b	損傷等が発生しているが、問題となる機能の低下及び性能の劣化が生じていない。定期巡視点検や臨時点検等により、経過観察の必要がある状態	
c	c1	・付帯施設(安全設備)に変状レベル c が発生しているもの ・変状発生原因が維持管理不足によるもの
	c2	・抑制工に変状レベル c が発生しているもの ・変状発生原因が経年劣化によるもの
	c3	・施設破損時に保全対象に直接影響を及ぼす可能性が高い施設に変状レベル c が発生しているもの (抑止工、斜面の崩壊防止を目的とした工種(法枠工、ロックボルト工)) (地すべり外力により変状が発生しているもの (集水井工のライナープレートの変形、周辺地形の変状による施設崩壊))

あとがき

本検討により、以下のことが明らかになった。

地すべり防止施設は、地すべり現象に応じて地中部、地上部に施工されており、地中構造物に対する予防保全対策工法が少ない、あるいは部材そのものの寿命を延ばせる工法がないことから LCC 比較において予防保全の優位性が認められなかった。

部材そのものの耐用年数が高い場合、初期費用が高むが、LCC は縮減された。(恒久集水ボーリング保孔管)

地すべり防止施設が有する機能が損失した際に、保全対象に与える影響の大きさから変状レベルを細分化し、対策の優先度を設定することで、適切な順番に対策を計画することが可能となった。

全国で地すべり施設の老朽化が進み、長寿命化計画が検討されている中、施設劣化状況、地質や降雨条件による劣化年数の差等の様々なデータを集約し、傾向把握が可能になれば、精度の良い劣化予測が可能になり、より実態に沿った長寿命化計画が策定されると想定される。また、劣化時期を明確にし、劣化予測年数の精度を向上させる為に、点検頻度を上げること、詳細点検の実施、ならびに異常が出てからの点検ではなく、施工後から定期的に点検を実施し、結果を蓄積すべきであると考えられる。

参考文献

- 1) 砂防関係施設点検要領(案)、国土交通省砂防部保全課, R4.3
- 2) 河川構造物の長寿命化計画策定の手引き[参考資料]、国土交通省, H29.3
- 3) 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)、水管理・国土保全局砂防部保全課, R.4.3