

長野県における砂防設備の予防保全に向けた検討と今後の展望

長野県建設部砂防課 山田 晃, 山崎 和貴^{※1}, 竹内 公汰^{※2}
株式会社 建設技術研究所 ○古山 剛, 片嶋 啓介, 川崎 巧, 小林 優太, 鈴木海里
岡寄 進也, 川瀬 樹一, 家田 泰弘
※1 現所属：長野県長野建設事務所
※2 現所属：長野県川中島水道管理事務所

1. はじめに

長野県の砂防事業は明治時代から開始され、県下の荒廃溪流において対策工事が実施されてきた。県が管理する砂防設備は、令和5年度時点で1万9千基以上に及ぶ。このうち竣工年が判明したものでみると、竣工後50年以上経過したものが約32%を占める（図1）。長野県では、財政的な制約の中でこれら膨大な施設の機能及び性能を維持していくため、最新のガイドライン¹⁾に基づいて既往の長寿命化計画の改定を行った。ここでは、予防保全型維持管理の導入に向けて、事後保全と予防保全のライフサイクルコストを比較し、予防保全の適用範囲を検討した事例を紹介する。

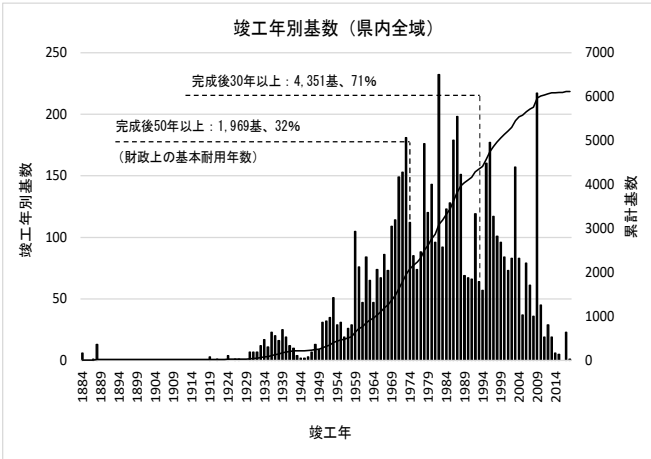


図1 長野県の砂防設備の竣工年別基数

2. 砂防設備の健全度

長野県では平成25年に1巡目の点検²⁾が行われている。平成30年～令和4年に2巡目の点検が行われたことから、最新の点検結果を用いて健全度を再評価した（図2）。長野県では健全度Aを「要対策」としている。健全度Aと評価された施設は2,596基で全体の約14%であった。また、健全度Aが占める割合は竣工後経過年数の大きい施設ほど高い傾向がみられた。

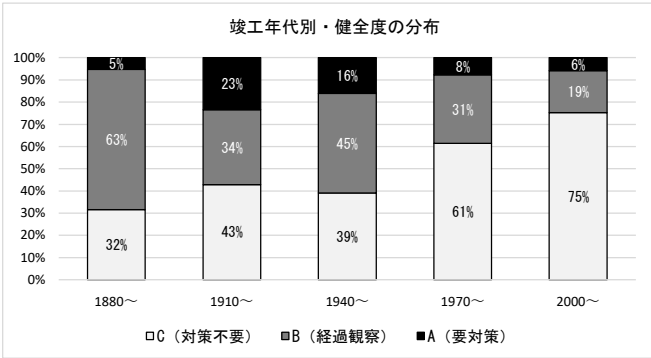


図2 長野県の砂防設備の竣工年代別健全度分布

3. 劣化予測

3. 1 遷移確率による劣化予測

1巡目と2巡目の2時期の点検結果を用いて健全度の変化を追跡し、劣化予測のための遷移確率を算定した（表1）。各点検の精度や評価基準の違いから単純比較ができないため、所見欄に記載された「進行」等の文言や変状レベルの変化を手掛かりに分析した。変状が進行している施設は全体の1%程度であった。算定に用いた2時期の点検間隔が短い点が課題である。

表1 健全度の遷移確率

1巡目点検→2巡目点検（5年間）の状態遷移

健全度評価	状態の種別	施設数	遷移確率	備考
健全度C (変状無)	状態維持	12,045	99.0%	
	1段階低下	73	0.6%	
	2段階低下	53	0.4%	
健全度B (変状有)	状態維持	4538	99.0%	
	1段階低下	44	1.0%	
	2段階低下	0	0.0%	
健全度A (要対策)	状態維持	2497	99.0%	
	1段階低下	-	1.0%	※

※ 健全度Aからの低下はB→Aと同じと仮定

3. 2 累積ハザード法による劣化予測

2巡目の点検結果のうち施設の竣工年が判明した約6千基のデータを用いて累積ハザード法による劣化予測を行った。健全度Aを修繕時期に達した施設とみなして累積不良率50%の経過年数を算定した。同様に健全度Bを修繕時期とみなした場合の算定を行うことで、劣化予測線を作成した（図3）。1時期の点検では施設の過去の状態が不明なため、健全度AまたはBに至った真のタイミングを特定することはできない。ここでは、2巡目点検時にその健全度に至ったと仮定した。

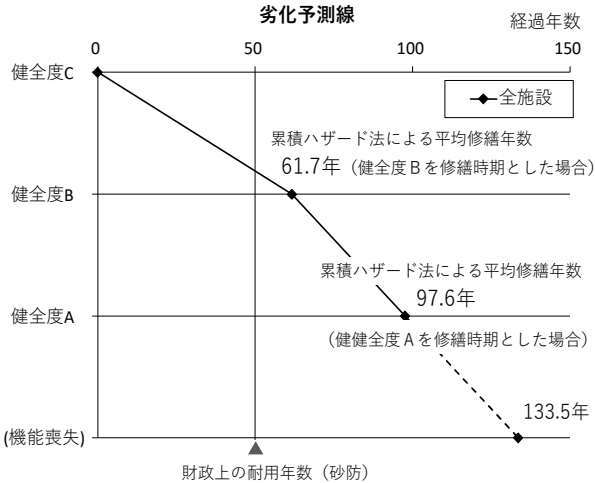


図3 累積ハザード法により作成した劣化予測線

3. 3 変状の進行速度の分析

1 巡目と 2 巡目の 2 時期の点検による計測値を用いて変状種類ごとに経年変化を分析し、変状の進行速度を算定した。変状に加速度的な進行が認められたのは天端摩耗と石積欠損であった。石積欠損は数値的な分析結果は得られなかったが、1 巡目と 2 巡目の点検写真から加速度的な変状進行の事例が確認された（図 4）。

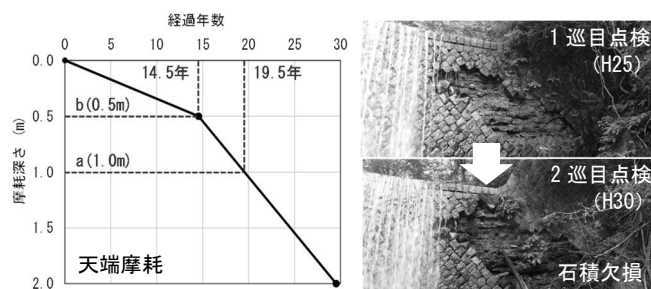


図 4 変状の進行速度から求めた劣化予測線

4. 予防保全

4. 1 予防保全の考え方

長野県の砂防設備は健全度 A の施設数が膨大なため、健全度 A の施設の中にある比較的軽微な変状に対して予防的に行う対策を予防保全と定義した。

4. 2 予防保全の適用性

従来の事後保全に比べて予防保全の適用がコスト削減につながるのとは下記の場合と考えられる。

- ① 変状に加速度的な進行がある
- ② 事後保全と予防保全のコスト差が大きい

ここで、変状種類ごとに予防保全と事後保全の標準的な対策工法を設定し、対策コストを比較すると、両者の比は 1:1.5~1.8 程度であった。変状の進行速度と対策コストをもとにライフサイクルコストを比較し、予防保全の適用性を評価した（図 5）。

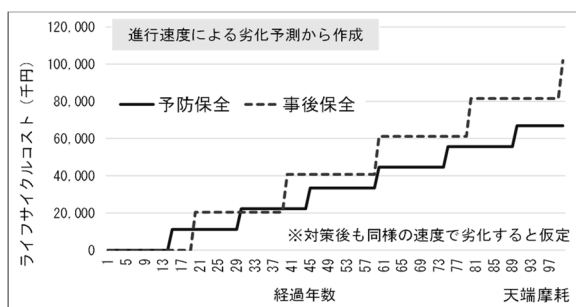


図 5 ライフサイクルコストの比較

予防保全の適用がコスト削減につながると予測される変状種類は天端摩耗と石積欠損であった（表 2）。

表 2 予防保全の適用性評価結果

施設種別	変状種類	健全度 A 施設 基数	進行 事例	変状の進行速度				対策コスト (1回)	ライフサイクルコスト の比較	適用 性の 評価
				a 至 年数	b 至 年数	加速 的進行	分析手法			
砂防堰堤	ひびわれ	38	3	10.2	88.5	無し	計測値の追跡	1:1.8	1:0.20	×
砂防堰堤	基礎洗掘	111	16	8.9	39.2	無し	計測値の追跡	1:1.6	1:0.32	×
砂防堰堤	漏水	6	不明	-	-	-	(分析不可)	1:1.8	-	-
砂防堰堤	石積欠損	23	3	74.5	115.2	(有り)	累積ハザード	1:1.5	1:1.03	○
砂防堰堤	欠損等	142	21	38	55.3	-	累積ハザード	1:1.8	1:0.89	×
砂防堰堤	天端摩耗	21	5	14.5	19.5	有り	計測値の追跡	1:1.8	1:1.53	○

※ライフサイクルコストが予防<事後の場合に予防保全の適用性有りと評価

4. 3 予防保全の導入によるコスト削減効果

前述した遷移確率の予測モデルを用いて健全度分布と対策コストの将来予測を行い、予防保全の導入によるコスト削減効果を評価した。予測期間は中期年次計画の対象である 50 年間とした。予防保全による劣化の遅延やライフサイクルコストの削減は、年次計画対象施設のうち予防保全の適用対象となる施設の割合で反映した。

予防保全の導入により、事後保全のみのケースに比べ 50 年間で予測される事業費の約 3.3% (10 億円) のコスト削減効果が期待される結果となった（図 6）。

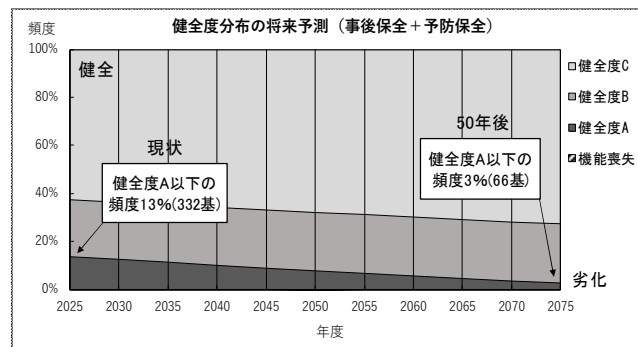


図 6 予防保全によるコスト削減効果の算定

5. おわりに

本検討の劣化予測は、1 時期または 2 時期の限られた点検データを用いて実施したもので、精度には課題がある。また、県内の砂防設備の劣化を一律に取り扱ったが、近年に施工されたものは材料品質の向上等により耐久性が向上しているため、今後の点検データ等の蓄積に合わせ、施工年代や改築工事の前後で区分した評価を行う必要がある。

今後、予防保全を踏まえた施設管理のマネジメントサイクルを持続的に展開するためには、DX 技術を活用した点検の効率化、精度向上が必要である。長野県では AI (人工知能) を活用した変状箇所の自動抽出や分類、AR (拡張現実) を活用した既存変状箇所の把握の支援、UAV (無人航空機) による点検や撮影データの遠隔取得等の支援ツール開発に取り組んでおり、これらを反映した点検要領の改定に向けた検討を行う予定である。

【参考文献】 1) 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン (案) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部, 令和 4 年 3 月 2) 川崎ら (2019) ; 長野県における砂防設備の改築・修繕計画の検討事例, 令和元年度砂防学会研究発表会概要集