

砂防関係施設のライフサイクルコスト縮減に関する一考察

原田 紹臣 (三井共同建設コンサルタント株式会社)

○中山 貴士、柴田 翔平 (玉野総合コンサルタント株式会社)

里深 好文 (立命館大学)

水山 高久 (京都大学名誉教授)

1. はじめに

砂防関係施設の長寿命化計画策定に関する考え方が見直され、これまでの事後保全型の維持管理から予防保全型の維持管理の考え方が導入された<sup>1)</sup>。長寿命化計画策定に際しては、施設管理者は点検等により各施設の部位における変状レベルを把握し、対象施設等の健全度(表-1)や修繕等の対策優先順位について検討する。その際、定義された改築<sup>1)</sup>(表-2)による施設の長寿命化(延命化)は、重要な課題である。なお、筆者らは、これまで老朽化した施設の健全度に対する定量的な評価手法<sup>2)</sup>やライフサイクルコスト縮減に関する検討手法<sup>3), 4)</sup>について提案している。

本稿では、筆者らの既往研究成果<sup>3), 4)</sup>を基に、砂防関係施設の改築等による更なる延命(長寿命)化を考慮した劣化予測やライフサイクルコスト等の具体的な検討手法の提案や考察を目的としている。

表-1 砂防関係施設において有すべき健全度の定義<sup>1)</sup>

用語	用語の解説
健全度	有すべき機能及び性能に対して、当該砂防関係施設が有している程度
機能	砂防関係施設が土砂災害防止のために、有すべき施設の働き
性能	当該砂防関係施設が機能を発揮するために必要となる構造上保持すべき強度、安定性等

表-2 老朽化した砂防関係施設における対策方針<sup>1)</sup>

対応方針	内容
維持	砂防関係施設の機能や性能を確保するために行う軽微な作業のこと
修繕	既存の砂防関係施設の機能や性能を確保、回復するために、損傷または劣化前の状況に補修すること
改築	<b>砂防関係施設の機能や性能を確保、回復すると共に、さらにその向上を図ること</b>
更新	既存の砂防関係施設を用途廃止し、既存施設と同等の機能及び性能を有する施設を、既存施設の代替として新たに整備すること

2. 改築を考慮したライフサイクルコスト縮減の検討

2.1 改築によるライフサイクルコスト縮減の考え方

ライフサイクルコスト縮減の検討に際して、ガイドラインに示されている対応方針<sup>1)</sup>(表-2)に整合させる必要がある。そこで、これまでの一般的な予防保全(修繕等)や事後保全(更新等)等との比較によるライフサイクルコストの縮減に追加して、改築による更なるライフサイクルコスト縮減が望まれる。

これまでの一般的なライフサイクルコスト縮減の概要図<sup>1)</sup>に対して、新たに提案する改築(ただし、性能向上)を考慮した検討のイメージを、図-1に示す<sup>4)</sup>。なお、ライフサイクルコスト縮減の検討における改築(ただし、性能向上: 緑線)の有効性を評価する条件式  $f_{ICR}$  は、

$$f_{ICR} = C/t - (C+\Delta C)/(t+\Delta t) \geq 0 \quad (1)$$

である<sup>4)</sup>。ここに、 $C$  は従来の工法での修繕等に要する費用、 $t$  は従来の従来の工法での修繕等による耐用年数(修繕サイクル)、 $\Delta C$  は改築に要する増額費用、 $\Delta t$  は性能向上

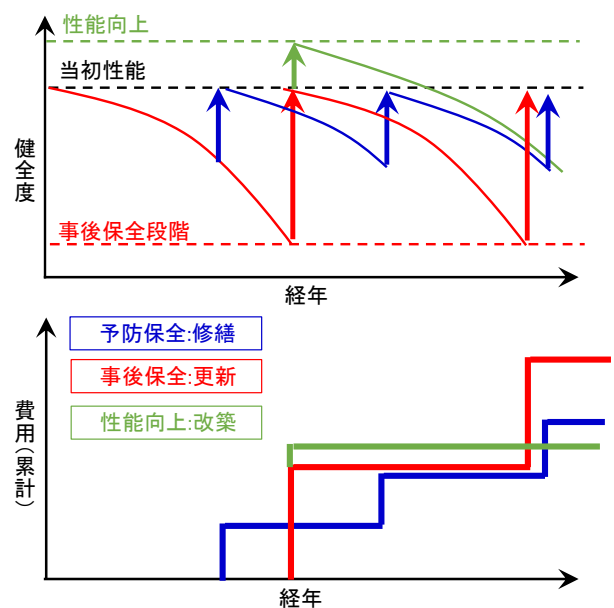


図-1 ライフサイクルコスト縮減のイメージ<sup>1)</sup>に加筆

表-3 ライフサイクルコストに関する検討結果事例 その1

施設A (例えば、変状が独立している砂防関係施設)		単 位	現 時 点 $t_n$	要対策遷移前 $t'_n$	要対策時期 $t_{n,c'}$	
経過年数		年	35	52	70	
変状 1	方針	-	修繕	修繕	更新	
	費用 $C_{n,b}$	百万円	10	12	50	
変状 2	方針	-	修繕	修繕	改築	
	費用 $C_{n,b'}$	百万円	20	25	100	
変状 3	方針	-	修繕	修繕	修繕	
	費用 $C_{n,c'}$	百万円	2	2	10	
計		$\Sigma C_n$	百万円	32	39	160
$LCI$		百万円/年	0.9	<u>0.8</u>	2.3	

表-4 ライフサイクルコストに関する検討結果事例 その2

施設B (例えば、砂防設備:腹付け工)		単 位	現 時 点 $t_n$	要対策遷移前 $t'_n$	要対策時期 $t_{n,c'}$	
経過年数		年	35	52	70	
変状 1	方針	-	改築	改築	改築	
	費用 $C_{n,b}$	百万円	50	55	60	
変状 2,3	方針	-	(同上)	(同上)	(同上)	
	費用 $C_{n,b'}$	百万円	(上含)	(上含)	(上含)	
計		$\Sigma C_n$	百万円	50	55	60
$LCI$		百万円/年	1.4	1.1	<u>0.9</u>	

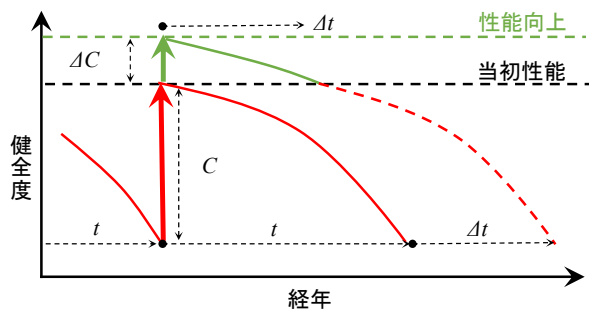


図-2 改築による長寿命化の評価に関する概要図<sup>4)</sup>

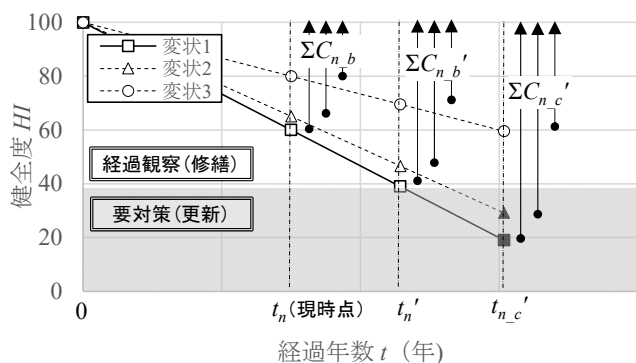


図-3 ライフサイクルコストにおける対策費用算出例

による耐用年数増分（例えば、改築補強材料により延長される耐用年数）である（図-2）。なお、 $\Delta t$ については、使用する材料に関する暴露試験結果や公共事業の財務評価において使用されている耐用年数（減価償却資産の耐用年数等に関する省令別表）等を代替させて、設定することも有効である。

## 2.2 提案するライフサイクルコスト縮減の考え方の検討例

前述までに示した改築による更なるライフサイクルコスト縮減の検討手法を用いた検討例を以降に示す。

ここで、一施設内に複数の変状が存在する場合は、工事の効率化（例えば、工用道路新設）に留意して、それらの変状の全てを対象に劣化予測し、対策に要す全費用を計上する必要がある（図-3）。そこで、図-3に示すとおり、ライフサイクルコストを検討する時期（経過年数； $t_n$ ,  $t'_n$ ,  $t_{n,c}$ ）については、変状内で最も健全度の低下が進行している変状（例えば、変状1）を対象に決定する。そして、その時期に全ての変状を修繕等の対策を講じると仮定した際に要す総費用を計上し、それぞれの時期における  $LCI$  を用いて検討する（例えば、表-3）。なお、表-3に示されるとおり、各変状における対応方針（例えば、修繕、改築）に関して、効率性を考慮して変化させることにより、10年あたりで概ね1,500万円（ $= (2.3 - 0.8) \times 10$ ；百万円/年

×年）程度のライフサイクルコストの縮減が可能となる。

一方、複数の変状を一工種の対策工により修繕等可能な場合（例えば、砂防堰堤における下流側の腹付け対策工によるひび割れや基礎洗掘の改善）については、対策費用の二重計上に留意して検討する必要がある（例えば、表-4）。なお、今回提案する手法は、砂防関係施設<sup>3)</sup>に対して、幅広く適用できると考えられる。その他の検討方法については、既往研究<sup>3),4)</sup>を参照されたい。

## 参考文献

- 国土交通省:砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン案, 2020.
- 原田紹臣・小杉賢一朗・里深好文・水山高久:老朽化した砂防関係施設の健全度及び対策優先度に関する定量的な評価手法の提案, 河川技術論文集, Vol.21, pp.183-188, 2015.
- 原田紹臣・里深好文・水山高久:ライフサイクルコストを考慮した砂防関係施設の長寿命化計画策定に関する提案, 砂防学会誌, Vol.73, No.2, 2020.
- 原田紹臣・里深好文・水山高久:砂防設備における除石や延命化を考慮したライフサイクルコスト縮減に関する一考察, 土砂災害に関するシンポジウム論文集, Vol.10, 2020.