

DX を活用した防災分野におけるインフラ マネジメントの高度化に関する提案

原田 紹臣¹・石原 孝雄²・倉田 直樹³・山波 博明⁴

¹ 正会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 MCC 研究所 (〒552-0007 大阪市港区弁天 1-2-1)
E-mail: harada@mccnet.co.jp

² 非会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 MCC 研究所 (〒141-0032 東京都品川区大崎 1-1-1)
E-mail: isihara@mccnet.co.jp

³ 非会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 道路・橋梁事業部 (〒141-0032 東京都品川区大崎 1-1-1)
E-mail: kurata-naoki@mccnet.co.jp

⁴ 非会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 (〒141-0032 東京都品川区大崎 1-1-1)
E-mail: yamanami@mccnet.co.jp

現在、土木インフラ分野においては、データとデジタル技術の活用による社会資本や公共サービスを変革させた安全・安心で豊かな生活の実現を目指して、インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション (DX) の推進が求められている。特に、防災分野においては、地形解析や構造物の性能照査、モニタリング、維持管理に関するデータの収集や分析等に関する新しいデバイスの開発等により、これまでの技術では多大な労力を要すために不可能であったことの実現、効率化や高精度化が期待されている。そこで、本稿では、防災分野におけるインフラマネジメントの高度化として、DX 等を活用した防災施設 (砂防関係施設) における維持管理の合理化 (効率化、省力化、精度向上) を提案している。

Key Words: device system, DX, life cycle costs, quantitative evaluation, repair priority, SABO facility

1. はじめに

現在、防災分野に関するインフラ施設においても、日常的な維持管理やライフサイクルコストを最適化した施設の長寿命化計画策定が求められている^(例えば、1)。一方、インフラ分野において、データとデジタル技術の活用により、「社会資本や公共サービスを変革」させた「安全・安心で豊かな生活を実現」するための「インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション (Digital Transformation)」の推進が求められている²⁾。さらに、ライフサイクルコスト削減の具体的な数値目標や、点検や修繕等に係る新技術活用、コスト削減効果の明確化等が求められている^(例えば、3)。

Digital Transformation (DX) 推進の一貫として、インフラ (土木) 分野においては、BIM/CIMの導入による設計の照査や施工計画の見える化と効率化、無人化施工や UAV等を活用した施工面及び維持管理面での安全性確保、省力化が望まれている。特に、防災分野においては、地形解析や構造物の性能照査、モニタリング、データの

収集/分析/転送に対応した新しいデバイスの導入等により、これまでの技術では多大な労力を要すために不可能であったことの実現、効率化や高精度化等が期待されている。

本稿では、防災分野のインフラ施設の一つとして代表される砂防関係施設の維持管理を対象に、筆者らが提案してきたシステム等を統合させた新たな「DX等を活用した砂防関係施設における維持管理の合理化 (効率化、省力化、精度向上: 表-1, 図-1)」について提案する。なお、これらの統合させた維持管理システム (図-1や図-2) の普及により、他の防災分野のインフラ施設 (例え

表-1 提案する砂防関係施設の維持管理における DX 活用

分類 ²⁾	DX(デジタル化)活用に関する具体的な取組内容
知識・経験の	・人間拡張に係る技術開発、導入の促進 (AI化)
デジタル化	・革新的技術の他分野への導入による合理化
モノの	・施設の維持管理、行政事務データの管理効率化
デジタル化	・建設事業各段階の DX による労働生産性向上等
行動の	・施設維持管理の効率化・省力化
デジタル化	・三次元点群データを用いた除石管理の精度向上等

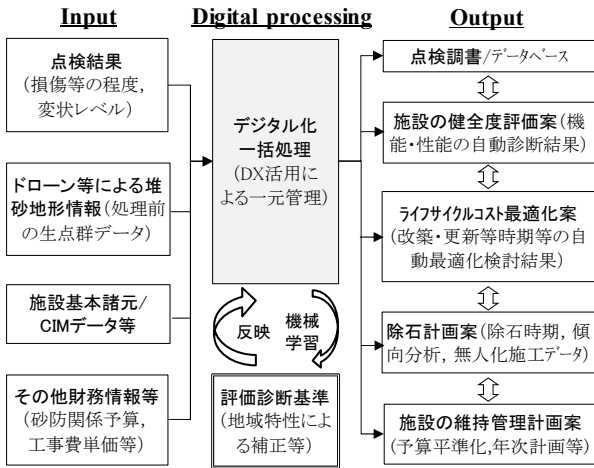


図-1 DXを活用した防災インフラ施設における維持管理案

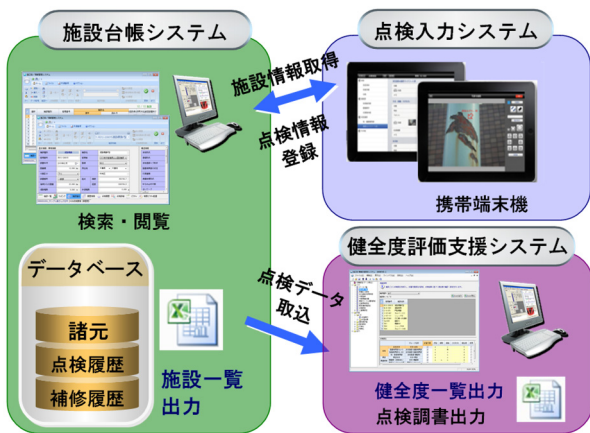


図-2 提案する維持管理システムの基本的構成（一元管理）

ば、道路分野の防災インフラ施設）等におけるDXを活用をした更なる維持管理の高度化が期待できる。

2. 各施設の自動健全度評価システムによる効率化

現在、防災分野のインフラ施設の一つとして代表される砂防関係施設を対象にした長寿命化計画策定の流れ（図-3）が示され、定期的な施設点検を通じて点検要領⁴⁾で規定された各施設の部位における変状レベル（a, b, c：表-2）の把握により、各施設の健全度（A, B, C：表-3）や対策優先度について総合的に検討することとなった⁴⁾。

その際、筆者らは欧州における維持管理手法⁵⁾を参考に、多工種の施設を一元的に評価可能な定量的な施設の健全度に関する評価指標等に関する評価指標⁶⁾を提案しており、これらの指標を活用して多くの国内における砂防関係施設を対象にこれまで議論されている^{例えば、7)}。

なお、先行研究⁸⁾で提案している学識経験者、施設管理者ならびにエンジニアら複数の熟年技術者によって回

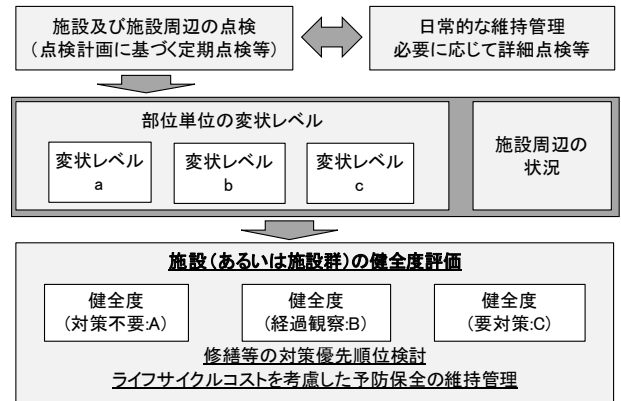


図-3 砂防関係施設における健全度評価等検討の流れ¹⁾に加筆

表-2 部位あるいは部位グループの変状レベル評価と表記⁴⁾

変状レベル	損傷等の程度
a	当該部位に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、損傷等に伴う当該部位の性能の低下が認められず、対策の必要がない状態
b	当該部位に損傷等が発生しているが問題となる性能の低下が生じていない。現状では早急に対策を講じる必要はないが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期巡視点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態
c	当該部位に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態

表-3 砂防関係施設の健全度評価と表記⁴⁾

健全度	損傷等の程度
対策不要 (A)	当該施設に損傷等は発生していないか、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および性能の低下が認められず、対策の必要がない状態
経過観察 (B)	当該施設に損傷等が発生しているが問題となる機能および性能の低下が生じていない。現状では早急に対策を講じる必要はないが、将来対策を必要とするおそれがあるので、定期点検や臨時点検等により、経過を観察する、または、予防保全の観点より対策が必要である状態
要対策 (C)	当該施設に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該施設の機能低下が生じている、あるいは当該施設の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態

答された評価結果（図-4）を対象に分析した部位毎の、それぞれにおける変状レベルの評価値（重み係数）の一例を表-4に示す。また、表-4に示す各部位における変状レベルの評価値（健全度指数） V_a と表-5に示す V_a との関係（閾値の補正：50→61⁹⁾）を用いることにより、点検者は点検要領⁴⁾に準じて部位単位の変状レベルを評価するだけで、施設の健全度について自動的に診断が可能である。さらに、これまで課題であった点検者間の健全度評価における整合を図ることが可能となる。

一方、各地方公共団体等による施設管理においては、現状として地域性（例えば、土砂災害の発生頻度や財政状況）を考慮した運用が求められており、更なる機能拡張の提案として、提案する一般的な評価指標⁶⁾の高度化

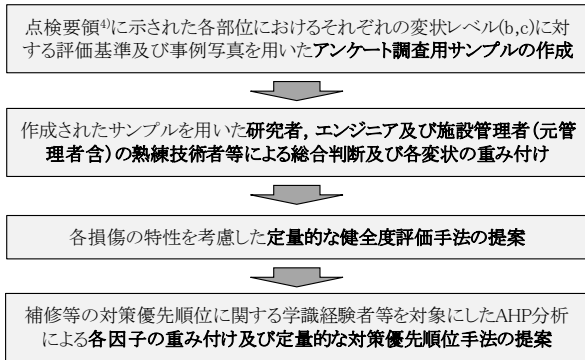


図-4 既往研究における検討手法の概要とその流れ⁹⁾

表-4 砂防堰堤における主な変状に関する分析結果⁹⁾の一例

部 位 ⁴⁾	変状レベル(概要) ⁴⁾	健全度指数 V_d
天端	鉛直方向の摩耗(深さ:1リフト程度未満) h	32
	鉛直方向の摩耗(深さ:1リフト程度以上) c	49
本 堤	ひび 水平方向のひび割れ(ブロック幅の1/2未満) h	50
	割れ 水平方向のひび割れ(ブロック幅の1/2以上) c	83
副 堤	基礎部の洗掘(堰堤基礎面に未到達) h	54
	基礎部の洗掘(堰堤基礎面に到達) c	89
床固工	部分的な漏水 h	50
	本体の広範囲にわたる漏水等 c	84
垂直壁		

表-5 提案する健全度指数 V_d と施設の健全度との関係⁹⁾

施設の健全度 (表記)	変状レベルの健全度指数 V_d
対策不要 (A)	$V_d = 0$
経過観察 (B)	$0 < V_d \leq 61$
要対策 (C)	$61 < V_d$

(機械学習：地域特性への配慮や補正，図-1)を提案する。なお，後述する点検時において使用するシステムやデータベース等で蓄積された膨大な点検結果（例えば，点検技術者の見解）を自動的に収集・分析して，これらの評価診断基準を定期的に補正させることが可能な機能（学習機能による評価診断基準の補正：表-4や表-5の地域補正）を有している。また，各地域の点検結果（点検者の定性的な評価）で得られた学習データを図-4に示す同様の方法を基本とした自動統計処理（更新処理：図-1）に加えて，更なる高度化として，ニューラルネットワークによる健全度評価診断基準の補正機能を提案する。なお，詳細については，紙面の関係より本稿では省略する。

これらの各施設の機能や特性等を考慮した評価診断基準やデバイス（図-1，図-2）を活用した健全度評価時の自動化により，これまで課題であった技術者間における診断レベルのバラツキや各施設の特性を考慮した健全度評価の標準化，更に地域性を考慮した診断の効率化や適正化に向けた高度化が期待される。



図-5 一般的な UAV の概要と砂防堰堤における堆砂状況

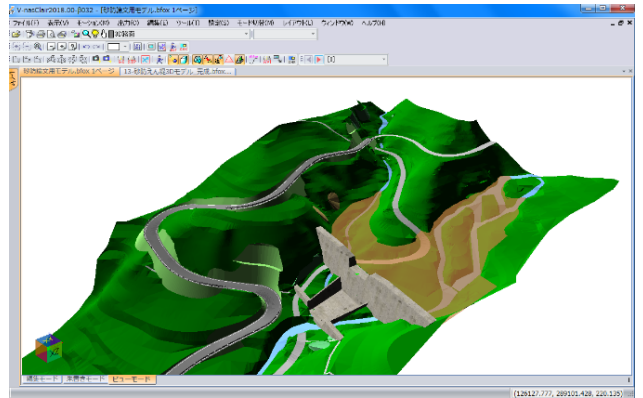


図-6 設計段階に構築された CIM モデルおよび堆砂計画検討事例

3. UAVやCIMを活用した除石計画策定の効率化

近年，砂防堰堤での除石に関する実施方針が示され，長寿命化計画策定において除石の優先順位を評価するための考え方や管理の目標等を設定することとなった¹⁾。ただし，現在の点検要領⁴⁾において，堆砂機能に対する具体的な変状レベルや堆砂状況の把握手法等については示されていない。なお，一般的には，砂防堰堤の堆砂域は三次元的な堆積形状（地形）であるため，目視等による定性的な判断では困難であると考えられ，別途の詳細な地形測量や路線測量による定量的な把握が必要である。しかしながら，一般的に堆砂域は不安定な堆積物が存在しており，測量に際しての立ち入り困難であることが懸念される。一方，砂防関係施設の定期点検時において安全性等を考慮したUAV（ドローン：図-5左）の活用⁴⁾や，新設時に構築されたCIMモデル⁸⁾（例えば，図-6）の有効活用が求められている。

そこで，まず，前述までの評価診断基準（表-5）を除石機能に対して適用させるために，図-4に示す同様の方法により，除石（機能低下）に対する健全度指数 V_d を提案する。ここで，図-7に示す想定した除石の変状レベル（堆砂状況）に対して，25名の学識経験者や管理者，エンジニアからのヒアリングにより得られた健全度指数 V_d を表-6に示す。表-6に示す今回得られた健全度指数 V_d と前述までの診断評価基準（表-5）より，堆砂状況や除石（機能低下）に対する定量的な健全性の評価や除石の優先順位検討等が可能となる。なお，表-6に示す傾向より，

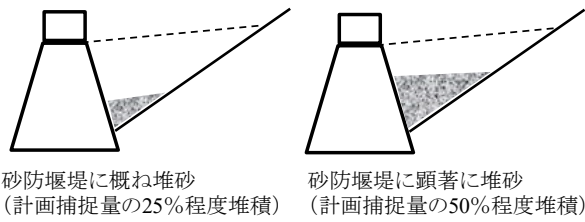


図-7 不透過型砂防堰堤の堆砂に関する分析の概要図

表-6 不透過型砂防堰堤の除石(機能不足)に関する分析結果

施設等	変状レベル(概要)	健全度指数 V_d
不透過型砂防 堰堤：除石 管理型	砂防堰堤に概ね堆砂(計画捕捉量の25%程度堆積) b(図-7)	35
	砂防堰堤に顕著に堆砂(計画捕捉量の50%程度堆積) c(図-7)	75

計画捕捉量(必要ポケット量)に対して、概ね45%程度の堆砂時までは、少なくとも除石(工事)の実施が必要(健全度:C)であると考察される。

さらに、UAVやCIMデータのデータや技術を活用した更なる点検内容の拡大化(例えば、UAVを活用した空中写真測量による堆砂地形把握:図-5右)が考えられる。そこで、砂防堰堤の除石管理に必要な堆砂状況(堰堤上流の堆砂状況:地形情報)について、従来までの一般的な路線測量と比べて効率的且つ安全に面的に把握可能なUAVを用いるとともに、CIMモデルにより初期値として構築された3次元地形情報(例えば、図-6)を基に、UAV(図-5)等により把握された地形情報(3次元点群データ)との差分(図-8)より把握する手法を提案する。その際、地形情報(点群データ)の分析や解析に際しては、一般的に大容量且つ高性能なパソコンや専用のGISソフトが必要となり、多大な労力や経費を別途に要することが懸念される。そこで、点群データの取り込みにあたっては、事前の自動処理として、初期設定した必要な範囲の点群データのみを抽出し、更に格子点における代表(例えば、平均化)させた地表高の点群のみを自動的に出力可能な負荷を低減させたシステムを提案する(図-2、図-9)。また、定期的に得られた点群データを継続的に取り込むことにより、「二時期のデータ差分による堆砂状況に関する変化」や「必要な除石量」についても自動的に評価することができる(図-1)。

これらのUAVやCIMモデルを活用して得られる定量的な堆砂状況の把握と、表-6に示す機能低下の健全度指数 V_d を用いた堆砂機能の定量的な評価により、これまで課題であった安全な堆砂状況の把握や除石に対する健全度評価が効率的に実施することが可能と

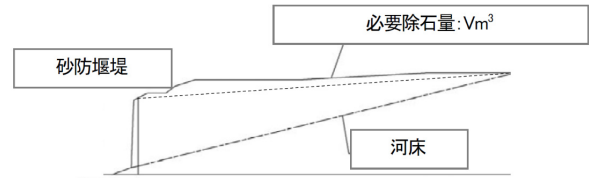


図-8 砂防堰堤の堆砂状況把握及び評価に関する概要(縦断面)

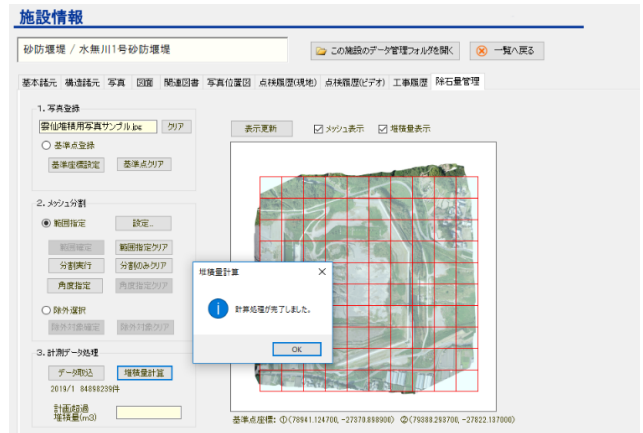


図-9 点群データの自動処理による効率的な除石管理計画策定支援

なり、これらを活用した持続可能な除石管理の運用が期待される。さらに、これらの地形情報を活用した除石工事におけるICT技術への応用においても有効であり、更なる建設現場における生産性や安全性の向上についても期待される。

4. 調書作成時の支援機能による点検の効率化

施設の点検記録は現状の把握や将来の劣化の予測に役立つ貴重な情報であるため、施設情報に関するデータベースシステム構築による継続的な記録・保存が求められている。一方、限られた予算の中での効率的な定期点検が求められている。しかしながら、点検に際しては、図-10に示す点検調書を施設毎に作成・更新していくための多大な作業が求められており、調書の作成における人為的なエラーの発生も懸念され、これらの調書作成(内業)の効率化等が重要であると考えられる。

一方、近年の高機能(例えば、電子図書閲覧、写真撮影)を有する携帯情報端末機(スマートフォンやタブレット等の各デバイス)が汎用的に用いられており、現状の点検作業においては、これらのデバイスがそれぞれ単独的に用いられており、最終的に点検調書を作成するパソコンにデータ転送して作業されていることが多く、多大な労力を要していることが懸念される。

そこで、これらのデバイスや作業を一元的に関連させ



図-10 点検時において作成（更新）する点検調査の一例



図-11 点検入力システムの画面構成と入力方法の一例

新たなシステムの統合化（図-2）による施設点検時における効率化を提案する。なお、本点検支援は、点検（外業）時に必要なタブレット（点検入力システム）と、砂防関係施設の台帳作成や健全度評価に必要なパソコン（データベース、施設台帳、健全度評価支援システム等の統合システム）により構成されている。

システムの運用に関して、まず、点検者は事前にデータベース等に保存された点検対象（各砂防関係施設）の基本諸元や前回点検結果等をタブレットにデータ転送（保存）する。そして、データ保存された点検入力システムを用いて、現地にて点検結果（現地状況写真、部位における変状レベル等）を記録（入力：例えば、図-11）する。その後、点検入力システムに入力された点検結果を施設台帳システムへ反映して、データベースを更新させる。さらに、それらの結果を用いて、健全度評価支援システムにより健全度や後述する対策優先度等を自動的に評価する。最終的に、一般的な表計算ソフト（MS-Excel）形式の点検調査、施設台帳等を一括的に出力させることが可能となる。なお、これらの各システムの機能

表-7 提案する点検入力システムの機能（現地点検時）

機能	説明
既存資料の閲覧機能	点検要領や既往点検結果等を情報端末機に保存しておくことにより、現地にて簡易に情報の確認が可能
位置情報機能	情報端末機の搭載機能である位置情報(GPS)機能により、容易な現地までのアクセスや点検路の記録も可能
写真撮影機能	情報端末機に表示す前回の点検写真を確認しながら撮影および登録していくため、撮影不備や忘却の防止が可能 さらに、GPSにより、自動写真位置図の作成が可能(図-11)
情報入力機能	表記(abc)や記事については、定型文の事前登録により選択式を採用、特記加筆は文字入力や音声入力が可能(図-11)

表-8 提案する施設台帳及び健全度評価支援システムの機能

機能	説明
データ移行機能	携帯端末機器とシステムとの情報交換(移行)は有線にて一括更新が可能、さらに自動でのファイル仕分け保存が可能
点検調査作成機能	現地で撮影された写真や変状に関する情報等を用いて、施設毎の点検調査が自動的に作成可能(図-10)
健全度評価機能	現地で点検結果(部位単位の評価結果:abc)と評価指標(表-5)により、施設の健全度(ABC)を自動的に評価が可能
その他	その他の付加機能として、施設台帳作成機能、写真データ自動圧縮保存機能、対策工法および概算事業費算出機能、事業計画や緊急改築事業計画の策定支援機能など

や特徴の概要を表-7および表-8にそれぞれ示す。

これらのデバイス（図-1、図-2）の導入により、これまで課題であった点検作業（外業）の効率化、点検調査作成のコスト縮減および人為的エラーの軽減が期待される。さらに、これらのシステムにより、点検結果の集積、分析、データベース化等が自動的に更新され、持続可能なデータの築積や有効活用が期待される。

5. LCC算定や対策優先順位検討支援機能による維持管理計画策定の効率化

砂防関係施設の長寿命化計画策定に際しては、劣化予測に基づいてライフサイクルコスト（LCC）を削減させた維持管理計画（年次計画）の策定が必要となった¹³⁾。なお、定期点検毎にライフサイクルコストや劣化予測を検討していくことは、一般的に多大な時間と労力を要することが懸念される。そこで、筆者らが提案するLCC検討手法（劣化予測含む）や対策優先度の検討手法を施設毎に、自動化（一元化）させたシステムによる効率化を提案する（図-1）。

そこで、筆者らが劣化予測手法として提案している前述までの健全度指数 V_d （例えば、表-4や表-6）を用いた健全度 HI (Health Index)^{例えば10)}の考え方について、以降に示す¹⁴⁾。

$$HI = V_{d,max} - V_d \quad (1)$$

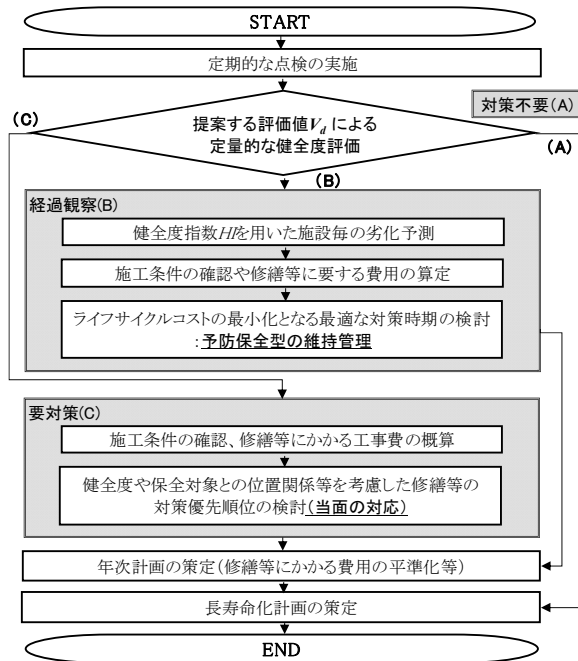


図-12 提案する長寿命化計画策定（優先度検討含）の流れ¹¹⁾

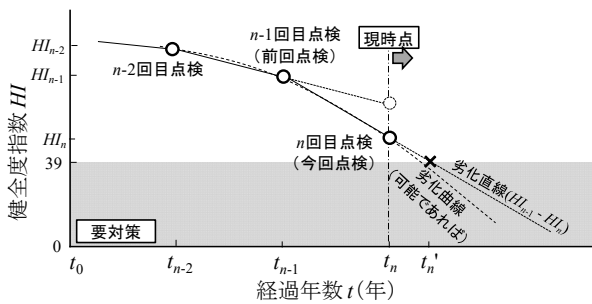


図-13 劣化予測手法の概念図¹¹⁾

ここに、 $V_{d,max}$ は健全度指数 V_d における最大値 (=100) である。そこで、砂防関係施設の特性や点検要領⁹⁾に示された点検内容（変状区分やレベル）を考慮して提案する長寿命化計画の策定に関する検討の流れを図-12に示す。図-12に示すように、ライフサイクルコストを削減させるため、健全度評価において「経過観察」として評価された施設を対象に、健全度 HI を用いた将来における劣化予測を行い、最終的にライフサイクルコストが最小となる最適な対策時期について検討するとした予防保全型の維持管理を基本としている¹¹⁾。

ここで、提案¹¹⁾するライフサイクルコストの基本となる劣化予測手法の概念図を図-13や図-14に示す。図-13や図-14に示すように、現時点で確認されている変状（「経過観察」）が将来に亘って、現時点 (t_n) と同じ速度（現時点の健全度 HI_n と前回点検時までの HI_{n-1} 等との関係）で劣化すると仮定し、「要対策」（例えば、変状レベル c ）の健全度 $HI_{n,c}'$ までの進行に要する期間（時期： $t_{n,c}'$ ）を推定する（図-14）。また、予測する変状の進行途中において「経過観察」から「要対策」への遷移



図-14 各評価時における修繕等に要する費用算出の概念図¹¹⁾

前までに要す期間（時期： t_n' ）を推定し、各評価時における修繕等に要する費用をそれぞれ算出する。

また、ライフサイクルコストを最小化させるため、ライフサイクルコスト指数 LCI を提案している¹¹⁾。

$$LCI = C / t \quad (2)$$

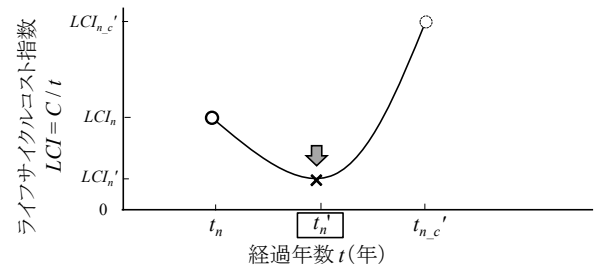


図-15 効率的なライフサイクルコスト時期の概念図¹¹⁾

ここに、 C は修繕等に要する費用、 t は各評価時までの経過年数（修繕サイクル）であり、この LCI を最小化することで、効率的な対策時期の設定が期待される（図-15）。ここで、これまでの一般的なライフサイクルコスト削減の概要¹⁾に対して、改築（ただし、性能向上）を考慮して提案する検討のイメージを図-16に示す。ここで、 LCI （式：2）による検討は、図-16に示す各階段関数を直線近似させた傾きの比較により、ライフサイクルコストを検討するものと同義となっている。また、検討の合理化を目的に改築による検討の必要性や有効性について検討した上で事前に対策方針を決定し、最終的に予防保全や事後保全等を比較するものとする。

また、ライフサイクルコスト検討における改築（ただし、性能向上）の有効性を評価する条件式は、

$$f_{ic} = C/t - (C+\Delta C)/(t+\Delta t) \geq 0 \quad (3)$$

と表す。ここに、 ΔC は改築に要する増額費用、 Δt は性能向上により期待される効果年数（例えば、改築補強材料の耐用年数）である（図-17）。なお、 Δt については、

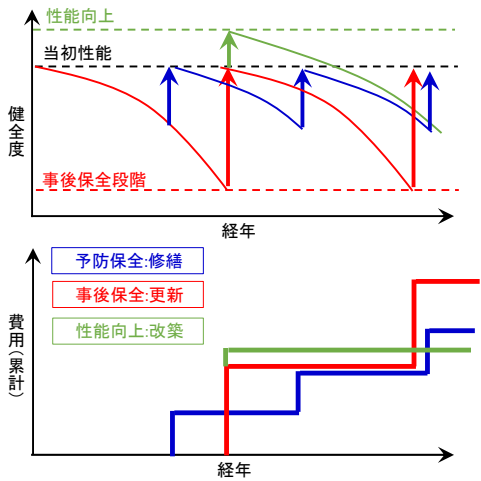


図-16 ライフサイクルコスト削減のイメージ¹⁾に加算

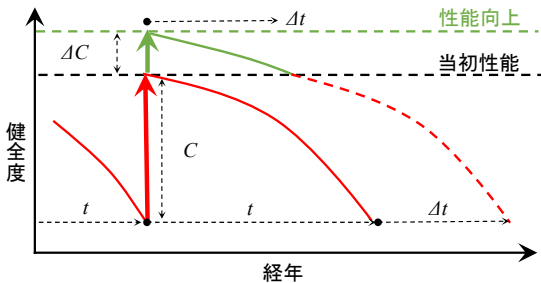


図-17 改築による延命化効果の評価に関する概要図

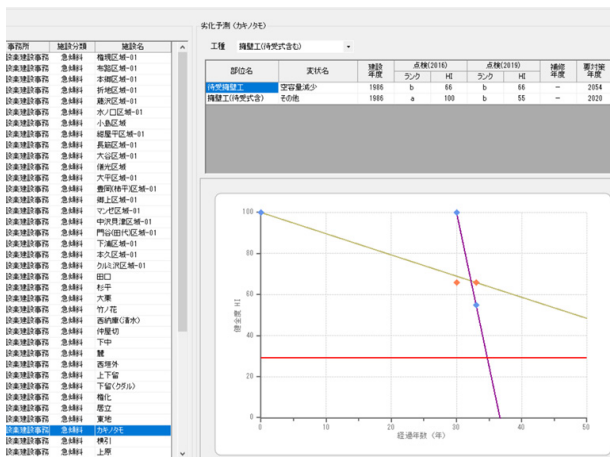


図-18 自動計算によるLCC検討支援機能(劣化予測)の一例

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、設定することも考えられる。これらのライフサイクルコストの検討により、予防保全や事後保全等の有効性についても検証が可能となる。

これらの手法やシステム(図-1, 図-2)を有効に活用することにより、図-12に示す長寿命化計画における健

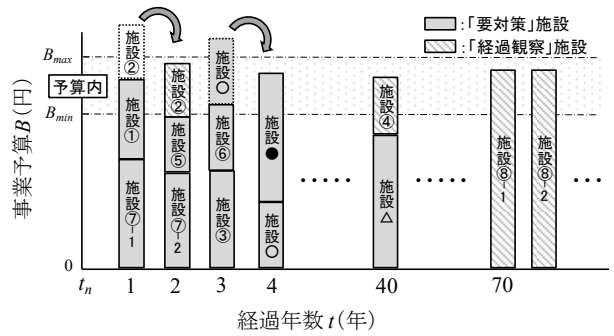


図-19 修繕等の年次計画策定(予算の平準化)に関する概念図¹⁾

全度評価, 劣化予測, ライフサイクルコストの最適化(例えば, 図-18), 対策優先順位に対して, 施設毎に一元的な自動検討(計算)が可能となる。さらに, 最終的に図-13に示す劣化予測から, 図-19に示す平準化させた年次計画案を出力するまでの支援を総合的に行うことが可能であり, 維持管理予算に応じた施設管理者毎の年次計画案の策定が簡易に行うことが可能となり, DXを活用した効率化が期待される。

6. おわりに

今後のDX推進に向けて, 防災インフラ施設の一つとして代表される砂防関係施設の維持管理における円滑化や合理化を目的に, データやデジタル技術(例えば, CIM データや UAV)を導入したデータの収集, 分析, 転送等が可能な新しいデバイスや分析技術の統合化により, これまでの技術では多大な労力を要していた作業や分析, 試算の支援等の機能を有した新技術(デバイス)を提案した。以降に, 本稿で示した砂防関係施設の維持管理におけるDX活用提案の概要を要約する。

- 1) 施設の定期点検に関して, これまで課題であった技術者間における診断レベルのバラツキや各施設の特性を考慮した健全度評価の標準化, さらに地域性を考慮した効率的な診断の効率化や適正化を目的に, 各施設の機能や特性等を考慮して提案する評価診断基準を基にしたデバイスの活用による健全度評価時の効率化について提案した。
- 2) 砂防堰堤の除石に関して, これまで課題であった安全な堆砂状況の把握や除石に対する健全度評価の効率化を目的に, UAV や CIM モデルを有効に活用して得られる定量的な堆砂状況の把握と, 機能低下の健全度指数を用いることによる堆砂機能の定量的な評価手法について提案した。
- 3) 施設の定期点検に関して, これまで課題であった点検作業(外業)の効率化, 点検調査作成のコスト縮

減および人為的エラーの軽減を目的に、新たなデバイス（システム）を提案した。なお、これらのシステムにより、点検結果の集積、分析、データベース化が自動的に可能となり、持続可能なデータの蓄積や有効活用が期待される。

- 4) 長寿命化計画における健全度評価、劣化予測、ライフサイクルコストの最適化、対策優先順位に対する手法や施設毎に一元的に自動検討（計算）が可能なシステムについて提案した。さらに、最終的に平準化させた年次計画案を出力するまでの支援を自動的に行うことが可能であり、維持管理予算に応じた施設管理者毎の年次計画案の策定が簡易に行うことが可能となり、効率化が期待される。
- 5) これらの提案する新たなデバイス（新技術）の活用と提案する定量的な検討手法により、簡易に、短期的な数値目標（例えば、改築更新による Health Index の向上程度に関する出力）や、コスト縮減効果（例えば、検討過程において得られた予防保全対応時と事後保全対応時とのコスト差分）を得ることが可能となり、継続的な維持管理が期待される。
- 6) 本稿において砂防関係施設を対象に提案した維持管理システムの普及や応用により、今後、他の防災分野のインフラ施設（例えば、道路分野の防災インフラ施設）における DX を活用をした更なる維持管理の高度化が期待される。

謝辞：本システムの開発にあたり、ご意見やご要望を頂

いた各砂防関係施設の管理者、学識経験者、建設コンサルタントの関係各位に深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部：砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案），2022。
- 2) https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000073.html（2022.9.28確認済み）
- 3) 国土交通省：砂防事業概要，2022。
- 4) 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部：砂防関係施設点検要領（案），2022。
- 5) Brime: <http://www.trl.co.uk/brime/index>（2022.9.28確認済み）
- 6) 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およ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。
- 7) 河井睦朗：砂防関係施設の維持管理・更新等一近年の動向および課題, pp.13-23, Vol. 74, No.2, 2021。
- 8) 国土交通省：CIM導入ガイドライン，2020。
- 9) 建設コンサルタンツ協会：令和3年度品質セミナーテキスト（エラー事例集），2021。
- 10) Shepard, R. W. and Johnson, M. B.: California Bridge Health Index, Technical Report, Caltrans, 1998。
- 11) 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, Vol. 73, No.2, 2020。

(Received September 30, 2022)
(Accepted)

IMPROVEMENT IN THE EFFICIENCY OF DISASTER PREVENTION FACILITY MAINTENANCE USING DIGITAL TRANSFORMATION

Norio HARADA, Takao ISHIHARA, Naoki KURATA and Hiroaki YAMANAMI

Disaster prevention facility (SABO facilities) require daily maintenance, and maintenance plans are necessary considering life cycle costs. Changes in socio economic conditions have necessitated improvements in social and public services and the advancement of businesses, organizations, processes, and working styles within the construction industry. Digital transformation (DX) can help to improve safety, security, and prosperity within the construction industry. When maintaining SABO facilities, it is important to clarify specific policies for life cycle cost reductions in the form of short term numerical targets, using new technologies related to inspections, repairs, and cost reduction effects. To facilitate DX in the infrastructure field, the introduction of BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling) promotes design verification, visualization of construction plans, and efficiency improvement. Furthermore, safety and labor savings are supported in terms of construction and maintenance performed using unmanned construction and aerial vehicles. In particular, in the field of SABO, the development of new technologies related to topographical analysis, performance verification of structures, monitoring, data collection/analysis/transfer, etc. is expected. With the introduction of new devices equipped with these technologies, better efficiency and high accuracy will be realized, which were not possible with conventional technologies due to the large amount of labor required. Here, we present an overview of an existing SABO maintenance system and propose the development of a new system through DX. By introducing the basics of the maintenance system that has been built to date, we expect that the maintenance of SABO facilities that utilize DX will be further enhanced using the findings of this study.