

(43) 「i-Construction」導入による効果的な砂防事業の推進に関する提案

原田 紹臣¹・石原 孝雄²・西方 博幸³・水山 高久⁴

¹正会員 三井共同建設コンサルタント株式会社 (〒552-0007 大阪市港区弁天1丁目2番1-1000号)

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 (〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番1号)

E-mail: ishihara@mccnet.co.jp

³非会員 川田テクノシステム株式会社 (〒114-0023 東京都北区滝野川6-3-1)

E-mail: h-nishikata@kts.co.jp

⁴非会員 政策研究大学院大学 特任教授 (〒106-8677 東京都港区六本木7-22-1)

E-mail: t-mizuyama@grips.ac.jp

近年、維持管理も含めた建設分野における生産性の向上等に向けて、先進国を中心に三次元データを活用した CIM や BIM 技術が導入されてきている。ただし、CIM 技術の運用等に際しては、それらのデータ構築等に係る費用を別途に要するため、更なる運用目的や投資効果に関する整理が重要であると考えられる。そこで、本稿では砂防分野における課題や特徴を踏まえた「i-Construction」の導入による円滑な事業の推進に向けて、筆者らがこれまで取り組んできた砂防分野における CIM 等の活用事例や今後の展望を示すとともに、有効性について考察している。

Key Words: CIM, i-Construction, SABO facility, simulation, tablet-type device

1. はじめに

一般的に、我が国において将来的に生産年齢人口の減少が予想されている中、維持管理も含めた建設分野における生産性の向上や関係者への早期合意形成による事業の円滑化が重要であると考えられる。このような背景の中、近年、国土交通省は三次元データを活用した情報化施工や CIM (Construction Information Modeling) の活用に基づいた「i-Construction」の運用を開始し、調査・設計から施工・維持管理までのあらゆるプロセスにおける情報化による合理化・効率化が期待されている。

現在、大規模な道路や造成工事等の土工における ICT (Information and Communication Technology) 技術の全面的な活用による検査の省力化や、河川や橋梁構造物等におけるプレキャスト化による工期短縮化ならびに施工時期の制約を受けない工事における施工時期平準化による労働者の処遇改善などが一般的に提案されている。また、米国や中国等の海外での建設分野においても、BIM (Building Information Modeling) 等の推進により、生産性の向上や海外からの現場労働者に依存した状況からの脱

却等を図るため、これらの方向性や考え方について検討されている。なお、我が国においても、砂防分野以外の河川や橋梁、トンネル工事等に向けた CIM に関する導入ガイドライン^{例えば、1)}が示され、設計、施工、維持管理における「i-Construction」の推進が図られている。

一方、近年、我が国の砂防分野において「地権者等に対する十分な土砂災害の危険性や事業の重要性に関する説明」や「定期的な砂防関係施設の点検および除石管理」、「保全対象等における人家密集区域等の把握」の徹底等に関する課題が指摘されており、これらへの対応が求められている(例えば、「土砂災害対策に係る事業の実施状況」に関する会計検査報告における主な指摘事項、2015)。さらに、砂防関係施設においても日常的な維持管理が求められ、長寿命化計画の策定に基づく効率的な施設点検の実施が急務な課題となっている²⁾。

本稿では、上記に示す特徴や課題を考慮した今後の砂防分野における「i-Construction」の導入による円滑な事業推進に向けて、筆者らがこれまで取り組んできた砂防分野での CIM の活用事例や今後の展望を示すとともに、それらの有効性について考察するものとする。

2. 砂防分野の課題や特徴を踏まえた「i-Construction」の導入事例及びその適用性

筆者らがこれまで取り組んできた CIM 等を活用した効果的な砂防事業の運用に関する事例を以降に示す。

(1) 地形モデルを活用した砂防堰堤の効率的な除石管理

施設管理者は砂防堰堤の土砂捕捉機能を確保するため、堰堤上流の堆砂状況について定期的に把握し、必要に応じた除石工事の実施が求められている³⁾。一般的に、堆砂している土砂はそれらが保有する粘着力や内部摩擦角の影響を受けて、水平に堆砂しないことが考えられる。そのため、堆砂状況の把握に際しては、一般的な貯水池におけるサーチャージ水位（水平）の管理とは異なり、詳細な路線測量等による三次元的な堆砂状況およびその経年変化に関する把握が求められる。さらに、堆砂域における路線測量に際しては作業員の安全性確保についても留意する必要がある。

そこで、CIM の活用により初期値として整備した三次元の地形情報を基に、近年の技術開発より安易に操作が可能となったドローン空撮機（図-1）や sfm 技術等を活用⁴⁾した定期的な地形情報（共用後の堰堤堆砂状況）との差分（図-2）により、効率的かつ安全に堆砂状況の把握及び管理が可能となる⁵⁾。さらに、これらの地形情報を用いた除石工事における ICT 技術の適用も可能となり、建設現場における生産性や安全性の向上に関して有効であると考えられる。



図-1 ドローン空撮機により撮影した砂防堰堤の堆砂状況の一例⁵⁾

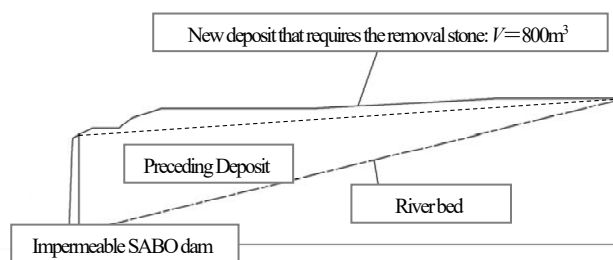


図-2 不透過型砂防堰堤の堆砂状況に関する縦断面図の一例⁵⁾

(2) 土砂災害リスク等の可視化による円滑な事業説明

近年、観測技術の進展に伴って土石流の挙動について明らかにされてきている一方で、現在においても発生や流下機構の一部について不明な点が残されている。そのため、土砂災害防止法における土砂災害警戒区域等の指定に関する地元説明会や砂防工事着手前の地元説明会等において、円滑な区域指定や工事着手に向けて、想定している土石流被害リスクや保全対象状況（密集度）に関するわかりやすい説明資料の整備が重要であると考えられる。そこで、これまで整備された情報基盤図（例えば、砂防基盤図や衛星写真から解析された建物データ⁶⁾）と土砂災害警戒区域情報（例えば、shp）とを鳥瞰的に表現した三次元ハザードマップ（図-3）が有効であると考えられる。また、従来の平面的な表示を鳥瞰的に表現することにより、これまで一般的に評価が困難であった地形条件の違いが明確となるため、これらの情報を活用した土地利用の計画や実際の運用等においても有効であると考えられる。

さらに、土石流現象に関する簡単な理解や整備予定の砂防堰堤の捕捉効果に関して、時間的な変化を考慮した説明資料も重要であると考えられる。そこで、砂防施設の効果検証として、スタッガード・スキーム手法により水深や河床位と流量とをそれぞれ計算が可能な様に工夫された解析モデル⁷⁾による計算結果を重ね合わせた可視化（図-4）を用いた説明も有効であると考えられ、取組事例⁸⁾も報告されている。

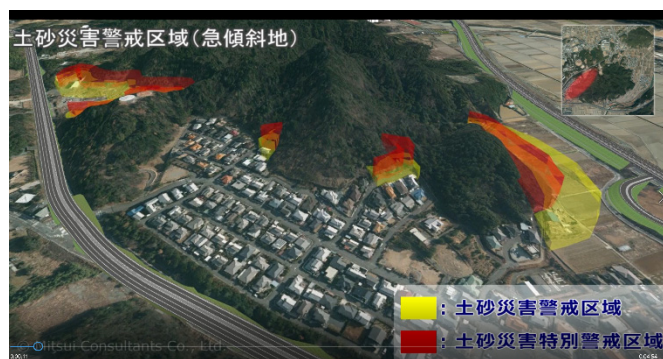


図-3 土砂災害警戒区域の三次元可視化によるハザードマップの高度化



図-4 対象地区での土石流リスクと砂防施設の効果に関する動画説明資料

(3) 砂防堰堤の計画・設計段階における検討ツールの高度化 (All-in-one package)等 によるコスト縮減

前述までに示す CIM を活用した除石管理用データや住民説明資料の整備等の高度化した作業を実施する一方で、砂防計画や設計におけるコスト縮減が望まれる。そこで、一般的に複雑な計算や解析を要しない土石流危険渓流等での砂防堰堤整備の計画、設計において工夫された検討ツール (All-in-one package : 図-5) による作業の一連化が有効であると考えられる^{例え、9)}。なお、一連化されたツールの活用により各段階での作業の効率化だけでなく、計画から設計時への設計条件の引継におけるミス防止等にも有効であると考えられる。また、工事用道路計画との連携も可能となる (図-6)。さらに、これらの検討ツールの活用により、従来において手動で収集・整理していた図面や基本事項等の情報を自動的に蓄積及び整理することも可能となる。

(4) 砂防施設の施設点検や維持管理計画策定段階における支援システム導入によるコスト縮減

設計や施工段階において自動的に蓄積された三次元化

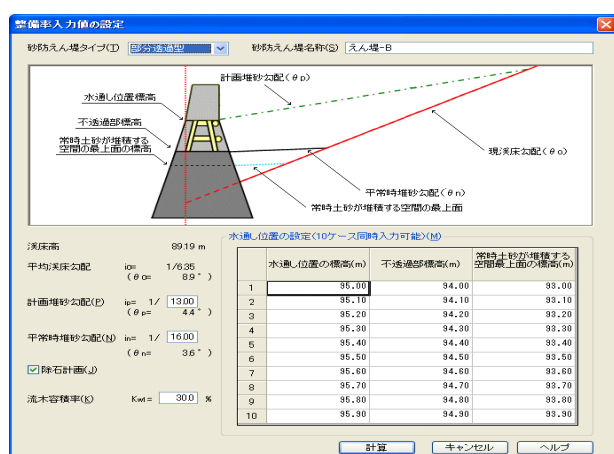


図-5 現行提案している汎用ソフト・プログラムの一例⁹⁾

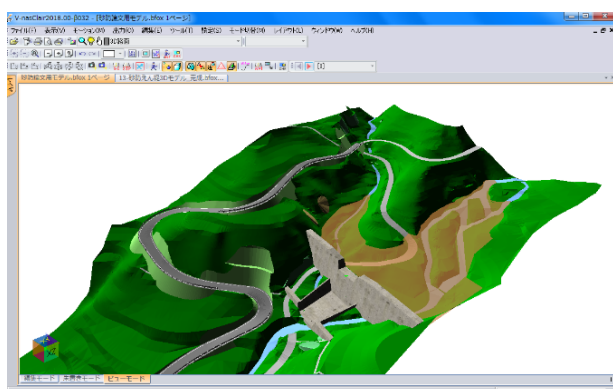


図-6 工事用(管理用)道路計画および堆砂状況管理も含めた拡張案

された図面等の情報を基にした維持管理段階におけるコスト縮減を目的に、近年の高機能化 (例えば、電子図書閲覧、写真撮影) された携帯情報端末機 (タブレット) を活用した維持管理に関する一連の施設点検および長寿命化計画策定を支援するシステム (図-7) の導入を提案している¹⁰⁾。図-7 に示されるとおり、本システムは点検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自動計算機 (パソコン; データベース、施設台帳および定量化された指標¹¹⁾に基づく健全度評価支援システムの統合システム) により構成されている。

システムの運用に関して、まず、点検者はデータベースに保存された点検対象である各砂防関係施設の基本情報や既往点検結果をタブレットに移行させる。なお、高機能化された点検入力システムにより、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) を簡易に記録することが可能となる。そして、点検入力システムに蓄積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および対策優先度が自動的¹¹⁾に評価される。最終的に、一般的な表計算ソフト (Microsoft Excel) 型式の点検調査書、施設台帳



図-7 提案する砂防関係施設の維持管理に関するシステムの概要

表-1 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、現地で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	情報端末機に表示される前回の点検写真を確認しながら撮影及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
情報入力機能	表記(abc) ²⁾ 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

表-2 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
点検調書作成機能	現地で撮影された写真や変状に関する情報等を用いて、各施設毎の点検調書が自動的に作成が可能
健全度評価機能	現地で点検結果(部位単位の評価結果:abc ²⁾)と評価指標 ¹⁾ により、施設の健全度(A,B,C) ³⁾ を自動的に評価が可能
対策優先度評価機能	健全度評価で対策を要す施設を対象に、基礎情報と評価指標 ¹⁾ により、対策優先度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、事業計画および緊急改築事業計画の策定支援機能

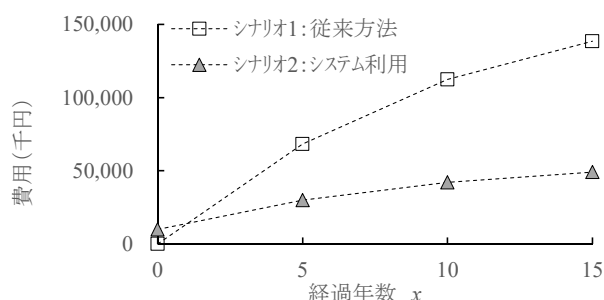


図-8 提案するシステム導入による経済効果例
(1,000施設数対象；初年度システム構築及び点検委託費含)

および対策優先順位一覧表を一括的に出力させる。これらの各システムの機能や特徴を表-1 および表-2 にそれぞれ示す。

最後に、将来に亘って定期的（例えば、5年毎）に実施される施設点検における本システム導入の経済効果に関して、従来の一般的な点検結果の記録方法（一般的なカメラによる写真撮影、野帳への記載・清書、データ整理・保全、汎用表計算ソフトによる個別の点検調書作成等）と比較するため、点検費用（ただし、点検委託費およびシステム導入費）の時間的な変化（ただし、砂防関係施設 1,000 施設）を図-8 にそれぞれ示す。なお、社会的割引率は一般的な年 4%としている。図-8 に示されるとおり、既に 1 回目（5 年度）の点検において、従来の点検費用がシステム導入費を上回っており、シナリオ 2（システム導入）が従来の方法に比べて顕著に優位となっている。この要因として、一般的な施設点検費に関して、内業（室内におけるデータ整理、点検調書の作成）に要する費用は、外業（現地で点検）に要する費用に比べて高い（約 2 倍以上）、システム導入によりこれらの内業に要する費用が大幅に削減できることによるものである。なお、現在、人工知能（AI）や深層学習（Deep learning）機能の導入に取り組んでいる。

3. おわりに

維持管理も含めた建設分野における生産性の向上や関係者への早期合意形成等による事業の円滑な推進に向けて、砂防分野における課題や特徴を踏まえた「i-Construction」の導入事例やそれらの適用性について考察した。なお、これらの技術の多くは、従来の土木技術と周辺技術との交流（Collaboration）によるものであるため、我々土木技術者は他分野において現存する最新技術の活用に関して、更なる理解や工夫が重要であると考えられる。

謝辞：砂防分野における「i-Construction」の導入提案に際して、これまで適切な助言や協力を頂いた京都大学大学院 小杉賢一朗教授、立命館大学 里深好文教授、国土交通省 砂防部、宮城県、埼玉県、神奈川県、奈良県、滋賀県、鹿児島県ならびにその他の砂防施設管理者、宇宙航空研究開発機構、リモートセンシング技術センター、NTT データ、パナソニック株式会社等の関係各位に感謝する。

参考文献

- 1) 国土交通省：CIM 導入ガイドライン（案）第 1 編 共通編, 2017.
- 2) 国土交通省 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），2014.
- 3) 国土交通省 砂防部：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，国総研資料，Vol.904，2016.
- 4) 原田紹臣・里深好文ら：神聖とされている領域における地形把握手法の提案，歴史都市防災論文集，Vol.8, pp.123-130, 2014.
- 5) 原田紹臣・中谷 加奈・里深好文・水山高久：小型ドローン空撮機及び数値解析モデルを活用した山地河川の土砂管理に関する一考察，河川技術論文集，Vol.22, pp.103-108, 2016.
- 6) 原田紹臣・石原孝雄・筒井健・市川真弓：仮想現実空間における高解像度衛星群による写真を活用した建物・地形モデルの適用性，土木情報学シンポジウム講演集，Vol. 42, 2017.
- 7) 里深好文，水山高久：砂防堰堤が設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算，砂防学会誌，Vol.58, 2005.
- 8) 原田紹臣・木下悦男・水山高久ら：三次元動画（Virtual Reality）技術を用いた砂防事業の住民説明，砂防学会研究発表会，2016.
- 9) 川田テクノシステム(株)：砂防堰堤配置計画「V-SABO/Plan」
- 10) 原田紹臣・岩崎貴志・川島康史・水山高久：汎用型携帯情報端末機を活用した砂防関係施設の点検及び維持管理計画策定の合理化に関する提案，土木情報学シンポジウム講演集，Vol. 42, 2017.
- 11) 原田紹臣・水山高久ら：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.