

(70) 砂防分野における「CIM」及び「ドローン」 活用に関する提案

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 京都大学名誉教授 (〒606-8502 京都市左京区北白川追分町)
E-mail: mizuyama@kais.kyoto-u.ac.jp

近年、三次元データを活用した情報化施工や CIM やドローン等の活用に基づいた「i - Construction」の取り組みにより、計画や設計段階から、その後の施工、維持管理の各段階において 3 次元モデルを連携・発展させて、一連の建設生産システムの効率化・高度化が期待されている。そこで、本稿では、一般的な土石流危険渓流対策を目的とした砂防堰堤の計画や詳細設計を対象に、3 次元モデルデータ、地質・土質モデル等を試行的に構築した事例を示すとともに、今後の砂防分野における CIM の運用時における具体的な運用方法等について提案している。最後に、今後のドローンを活用した砂防事業における維持管理の高度化や展望について具体的に提案している。

Key Words: CIM, i-Construction, SABO facility, simulation, UAV

1. はじめに

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による情報化施工や CIM (Construction Information Modeling/Management)、ドローン等の活用に基づいた「i - Construction」の取り組みを開始した。これにより、計画、調査、設計段階から 3 次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても 3 次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムにおける効率化・高度化が期待されている¹⁾。なお、河川や橋梁工事等に向けた CIM に関する導入ガイドラインが示され、設計、施工、維持管理における「i-Construction」の推進が図られているが、砂防分野に関する CIM 導入ガイドラインは示されておらず、今後、活用方法や運用方法等に関して、試行的な取り組みによる更なる議論が望まれている。

そこで、本稿では、一般的な土石流危険渓流対策²⁾を目的とした砂防堰堤の計画や詳細設計を対象に、3 次元モデルデータ（地形、本体工、附帯工：例えば、図-1）、地質・土質モデル（地質区分、地下水位等の附帯工）等の試行的な事例を示すとともに、今後の砂防分野における CIM の運用時における運用方法等について提案する。最後に、今後のドローン³⁾を活用した砂防事業における維持管理の高度化や展望について提案する。



図-1 試行的に構築した砂防堰堤 CIM モデル（全景）の事例

2. 砂防分野における CIM 活用に関する提案

砂防分野における CIM モデルの構築に関して、試行的に取り組んだ事例をについて以降に示す。

(1) 砂防計画時における CIM モデル活用の提案

砂防計画に際しての地元説明会時や、その事業の契機となる土砂災害防止法⁴⁾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等において、工事の概要、想定される土石流被害リスクや保全対象状況に関するわかりやすい資料による説明が重要であると考えられる。

そこで、これまで整備された既往の土砂災害警戒区域情報（例えば、shp データ）を活用して鳥瞰的に表現させた三次元ハザードマップ（図-2）の作成及び公開が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⁹⁾を用いて、計算結果を重ね合わせた可視化（図-3）による説明も有効であると考えられる。

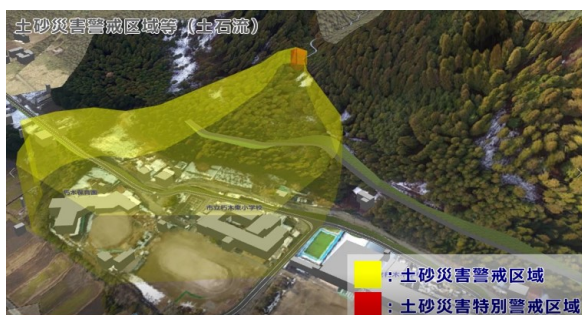


図-2 既往警戒区域データの活用事例（被害想定範囲の可視化）

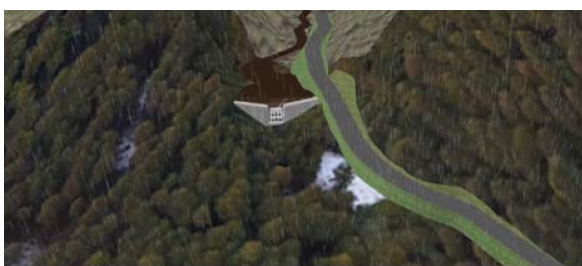
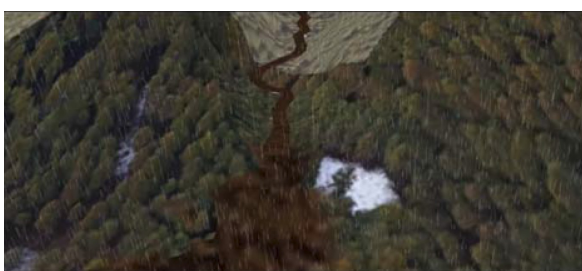


図-3 砂防堰堤の効果に関する資料事例（上・下：設置前後）

(2) 砂防堰堤設計時における CIM モデル活用の提案

砂防堰堤の詳細設計における CIM モデル構築に関して、対象とする構造物等の形状を対象に、「三次元モデル（立体的な情報）」と「属性情報（モデルに付与する部材の情報）」を組み合わせ、三次元的に表現（例えば、図-4）させる際、砂防堰堤の CIM モデル詳細度については、治水ダムや橋梁等と比較して簡易構造であることより、CIM 運用における簡素化を考慮して、スイープ手法（平面に描かれた図形をある基準線に沿って移動させて 3 次元化する技法）により構築可能な詳細度（200¹⁾程度でよいものと考えられる（例えば、図-4）。

さらに、モデル構築時点までに行った地質・土質調査の成果を基に「地質・土質モデル（例えば、図-5 や図-6）」を作成し、施工・維持管理段階へ地質リスク等を円滑に継承していくことが望まれる。なお、構築するデータについては、地形起伏の複雑性や調査地点の密度を考慮して一次元モデル¹⁾を基本とし、今後、施工段階や維持管理段階において、新たな地質に関する情報が入手された場合に随時にデータを更新し、地質リスクの把握における高度化が望まれる。



図-4 CIM モデル（砂防堰堤、管理用道路）の事例

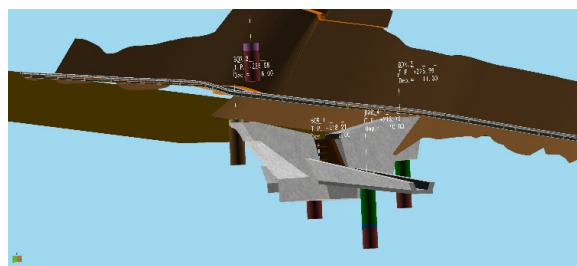


図-4 CIM モデル（地質図－堰堤側面図）の事例

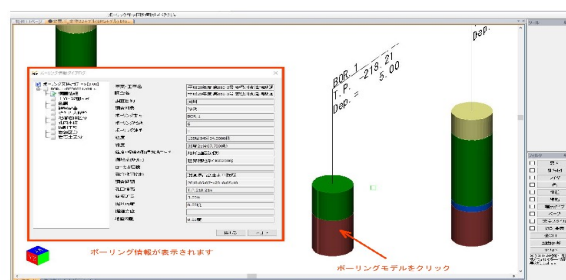


図-5 ボーリング調査結果を反映させた地質情報データの事例

構造物モデルに属性情報を付与する際に必要な砂防堰堤の主な体系を図-7 に提案する。図-7 に示すとおり、砂防堰堤の形式分類は、主にコンクリート部材による「透過型砂防堰堤」と鋼製部材やコンクリート部材による「透過型砂防堰堤」に分類される。なお、付与する属性情報（工程や属性種別における各属性情報）を例示する（例えば、砂防堰堤のコンクリート部材：表-1）。また、砂防堰堤構築の施工順序の可視化や、各工事間の干渉確認を目的に、各施工段階における概略施工ステップ図の作成も有効であると考えられる（図-8）。

表-1 砂防堰堤（コンクリート）における属性情報の事例

工 程	属性種別	属性名称
設計時	部材情報	ID : S-0001
		構造物名称：主堰堤－非越流部
		部材名称1：本体
		部材名称2：袖
設計時、 施工時	施工手順	打設ロット：1.5 m/リフト
設計時	品質管理 基準情報	規格（設計基準強度）：18 N/mm ²
		コンクリート体積：710m ³
		圧縮強度：－（施工時入力）
		単位重量：－（施工時入力）
		単位水量：－（施工時入力）
		コンクリート温度：－（施工時入力）
		打設時外気温：－（施工時入力）
		水セメント比：－（施工時入力）
		スランプ：－（施工時入力）
		塩化物含有量：－（施工時入力）
施工時		空気量：－（施工時入力）



図-8 施工ステップ図の事例

分 類	構造物名称	使用部材	部材名称
透過型砂防堰堤	主堰堤－非越流部（不透過部）	コンクリート 鉄筋	本体 袖
	主堰堤－越流部	ソイルセメント 鋼構造物	鋼製砂防堰堤 底版コンクリート
	前提保護工	コンクリート 鉄筋	側壁（取付）護岸 水叩き
	副堰堤（垂直壁）	コンクリート 鉄筋	副堰堤 垂直壁
不透過型砂防堰堤	主堰堤	コンクリート 鉄筋	本体 袖
	前提保護工	ソイルセメント コンクリート	側壁（取付）護岸 水叩き
	副堰堤（垂直壁）	コンクリート 鉄筋	副堰堤 垂直壁
		ソイルセメント	

図-7 構築する砂防構造物に関する構造物モデルに付与する属性情報における主な構造形式分類（案）

3. 砂防分野におけるドローン活用に関する提案

砂防分野の「i - Construction」運用において、一般的なドローン（例えば、小型UAV）による空撮や地形モデル構築（例えば、sfm技術を併用した三角測量³⁾）による維持管理における活用案について提案する。

(1) 除石管理時におけるドローン活用の提案

近年、課題となっている砂防堰堤の除石管理に関して、堰堤上流の堆砂状況（地形情報）を効率的に精度良く把握することが求められる。そこで、CIM 運用により初期値として構築された詳細な3次元地形情報（例えば、航空 LP データ）を基に、一般的なドローン空撮機（図-9）等で簡易に把握された地形情報との差分（図-10）により、効率的かつ安全に堆砂状況の把握が可能である⁶⁾。なお、地形情報の分析や解析に際しては専用の GIS ソフトやオペレータを不要にするため、維持管理支援システム⁷⁾（図-11）で効率よく分析できる手法を提案する。今後、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が期待される。



図-9 一般的な小型ドローンの概要

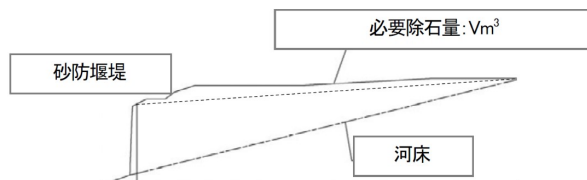


図-10 砂防堰堤における堆砂状況の把握に関する概要（縦断面図）

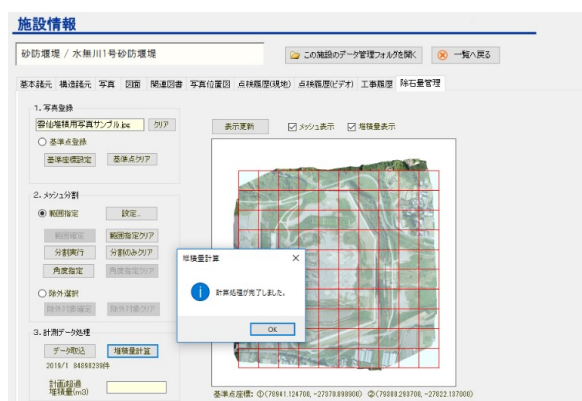


図-11 施設の維持管理支援システム⁷⁾による除石管理支援の事例

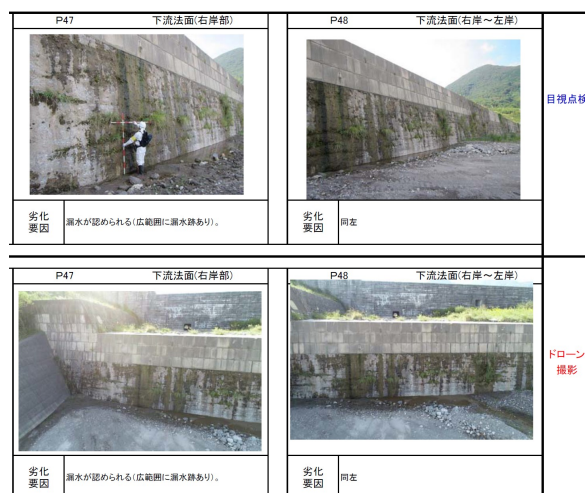


図-12 砂防堰堤を対象にした目視点検結果等における比較例
(上：従来の目視点検，下：ドローン空撮による点検結果)

(2) 施設点検時におけるドローン活用の提案

現在、砂防関係施設の点検要領⁸⁾で、点検時におけるドローン活用が推奨されている。そこで、砂防堰堤の目視等の施設点検時におけるドローンの適用性について、従来の点検結果との比較を図-12に示す。図-12に示すとおり、漏水や変形等の変状については、特に両者に差は無いと考える。ただし、定量的な変状の把握（例えば、ポール等による簡易計測）や、詳細なひびわれ等の把握については、更なる工夫が必要であると考えられる。

なお、ドローンによる施設点検は、火山砂防の警戒区域（例えば、雲仙普賢岳）に構築された砂防堰堤等の点検においては、特に有効であると考えられる。

4. 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、砂防分野における特性を考慮した「CIM」や「ドローン」の活用案について提案し、具体的な事例を例示した。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「CIM」や「ドローン」活用の提案に際して、これまで適切な助言や協力を頂いた京都大学大学院 小杉賢一郎教授、立命館大学 里深好文教授、国土交通省 砂防部、雲仙復興事務所、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.
- 3) 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.
- 4) 全国治水砂防協会：改訂版 土砂災害防止法令の解説, 2016.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 星本真秀・原田紹臣・岩崎貴志・川島康史・越康・坂下江・堀口 礼顕・水山高久：人工知能等の IT 技術を活用した砂防関係施設における維持管理の高度化，砂防学会研究発表会，2019.
- 8) 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），2019.