

CIMを用いた砂防堰堤群の土砂管理と その活用可能性について

吉永 佑一¹・増田 敦彦²・緒方 正剛³・柿本 竜治⁴

¹学生会員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

E-mail: 175d9404@st.kumamoto-u.ac.jp

²正会員 (株) マカロンサーベイ (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

E-mail: masuda@macaron-sv.co.jp

³正会員 博士(工) (一財) 先端建設技術センター (〒112-0012 東京都文京区大塚2-15-6)

E-mail: ogata@actec.or.jp

⁴正会員 博士(学術) 熊本大学大学院先端科学研究部(工学系) (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

E-mail: kakimoto@kumamoto-u.ac.jp

CIMを使ったモデル空間での施工検討やi-ConstructionのICT土工で、3次元設計データが活用されている。著者らはこれまでに、CIMを使った地形解析や3次元出来形管理の研究をおこなってきた。また、UAVによる写真測量や、ICT重機を使用したICT土工の支援をおこなってきた。本研究では、砂防堰堤の堰堤上流掘削工のような繰り返し発生する土工事にICT土工を適用し、CIMによる砂防堰堤群の土砂管理への活用可能性について考察する。

Key Words : CIM, i-Construction, ICT, Sediment Control Facilities, LandXML

1. はじめに

日本における砂防事業は、砂防法第5条により都道府県の管轄とされており、地方自治体単独が困難な場合には同法第6条により国へ移管されている。砂防事業予算は国、都道府県ともに減少傾向であり、厳しい財政的な制約のもと、安全面における行政サービスの水準の維持・確保に努めるため、事業費のコスト縮減等を図り、効果的かつ効率的な対策の実施が課題とされている¹⁾。

一方、国土交通省は、平成24年度よりCIM (Construction Information Modeling / Management)、平成26年度よりi-Constructionが導入され、各種ガイドラインや基準が策定された。さらに、河川事業や道路土工でのCIMやi-Constructionの活用事業が増加傾向となり、全ての土木事業において必要不可欠となっている。

本研究では、鹿児島県桜島の砂防堰堤群を例に、堰堤上流掘削工(以下、掘削工と称す)のような繰り返し発生する砂防工事にCIMを適用し、CIMによる砂防堰堤群の土砂管理手法の在り方について考察する。

2. 砂防堰堤群の土砂管理における課題

(1) 桜島の砂防堰堤群の概要

桜島は、鹿児島県の中央に位置する東西約12km、南北約10kmの火山である。現在も噴火活動が活発な状態で、多量の降灰が山頂から山腹にかけて堆積しており、わずかな降雨で土石流が発生する。そのため、多数の砂防堰堤が構築され、定期的な掘削工が必要となっている。平成28年までに砂防堰堤116基、導流堤53基、溪流保全工40基が完成している(図-1)²⁾。

(2) 土砂管理における諸課題

桜島では、相次ぐ噴火活動・土石流災害に伴い鹿児島県からの要望を受け、昭和51年度から国による直轄火山砂防事業が開始された³⁾。

桜島には、広範囲に多数の構造物が存在しており、各構造物の点検や土砂の堆積状況の把握・確認がきわめて困難である。また、堆積した火山灰は、降雨による土石流を起こす危険があり、定期的に掘削工などのメンテナンスが必要である。しかし、掘削工を発注するには、その優先順位付けや砂防堰堤群の全体を把握しなければな

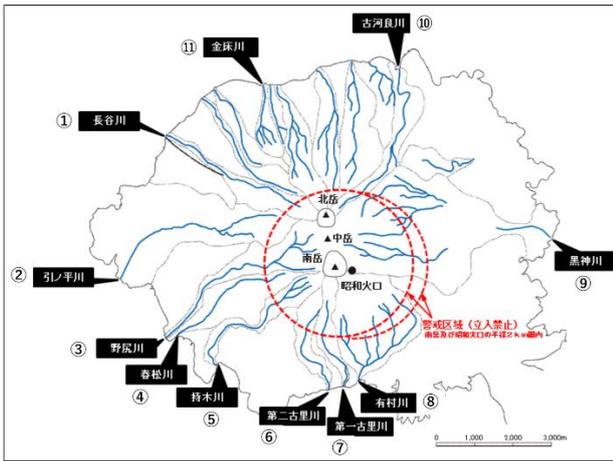


図-1 鹿児島県桜島の直轄河川位置図

土石流調査情報³⁾より引用。図中の11箇所が直轄河川。

- | | |
|---------|---------|
| ① 長谷川 | ⑦ 第一古里川 |
| ② 引ノ平川 | ⑧ 有村川 |
| ③ 野尻川 | ⑨ 黒神川 |
| ④ 春松川 | ⑩ 古河良川 |
| ⑤ 持木川 | ⑪ 金床川 |
| ⑥ 第二古里川 | |

らないが、図面や一覧表だけでおこなうのは、担当職員に負担を強いることになる。

現在、桜島では直轄事業が完成している箇所もあるが、未だ維持管理すべき鹿児島県には引き渡されていない。また、従来の砂防事業は、竣工後の維持管理はあまり行われていなかったが、近年は、水系砂防の観点から、土石流危険渓流の砂防堰堤施設においては、堆砂管理することが標準となってきた。

桜島は、火山砂防で毎年義務的に堆砂管理が必要であるため、全国でも稀有な例であるといえる。なお、桜島には砂防事業初の「管理費」予算がついているが、毎年の予算要求には厳しい条件が附されている。

(3) 解決案

桜島を全体で管理するには、対象の砂防堰堤だけでなく周辺の道路（工専用道路）や導流堤などの構造物の管理も必要となる。

また、搬出土の土捨場をどこに確保するのか、あとのくらい空き容量があるのか、などの情報も付加すべきと考える。そして、危険度予測や堆積量の推定などをおこなうことで掘削工などの発注箇所の優先順位付けができるようになる。

特に活火山である桜島の砂防堰堤は、火山灰などの影響もあり、一般的な砂防堰堤よりも堆砂速度が速いので、個々の堰堤を管理するよりも全体で管理した方が現実的な対策を講ずることができる。

地方自治体が管理に使うことができるコストは、人的な制約、金額面の制約もあり十分な余裕があるわけでは

ないため、空間全体で管理し、限られたリソースをどこに充てるかがとても重要になる。つまり、業務効率化を実現するには発注者が自らCIMを用いることが重要である。

そこで、桜島の砂防関連施設全体の CIM モデルを作成し、堰堤上流掘削工に ICT 土工を用いることで施工管理の見える化を試みる。

3. CIMによる砂防堰堤の土砂管理手法案

(1) 現場の概要

本研究では、CIMによる砂防堰堤上流部のモデル空間を構築し、掘削工の土量確認をおこなった。砂防堰堤の掘削工の現場は、桜島の南西に位置する。図-2に施工範囲の平面図を示す。

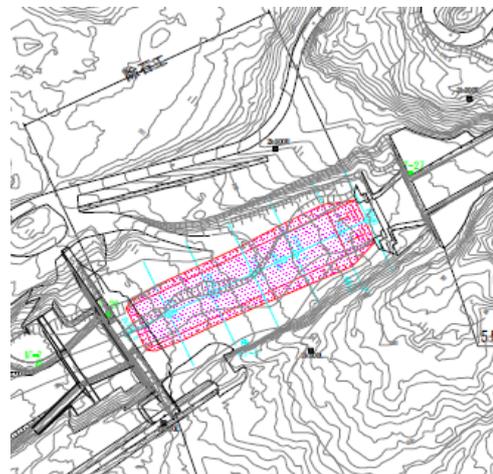


図-2 砂防堰堤の施工範囲図（掘削工）

(2) 現況地形および掘削面の計画高の把握

現況地形は、UAV（Unmanned Aerial Vehicle：無人飛行体、ドローン）による空撮を行い、写真測量技術により3次元点群データを作成した。写真測量は、SfM法（Structure from Motion：三次元形状復元技術）を用いた。UAVは、DJI社のInspire 1（写真-1）を使用し、飛行高度約30mから解像度約6cmで撮影した。データ処理は、Agisoft社のPhotoScan Proを用いた（図-3）。

また、掘削面の計画高は、業務契約時に借用した平面図・縦断図・横断図の2次元図面データから3次元設計データを作成した。作成には、株式会社建設システムのSiTECH3Dを使用した（図-4）。

この3次元設計データをLandXML形式で書き出し、掘削土量の確認、設計図面の3次元照査をおこなった。LandXML形式の3次元設計データは、ICT重機へ入力することで、マシンガイダンスにより掘削できる。



写真-1 DJI社 Inspire 1



図-3 UAV空撮位置（青四角）とSfmデータ処理結果
Agisoft社 PhotoScan Pro を使用

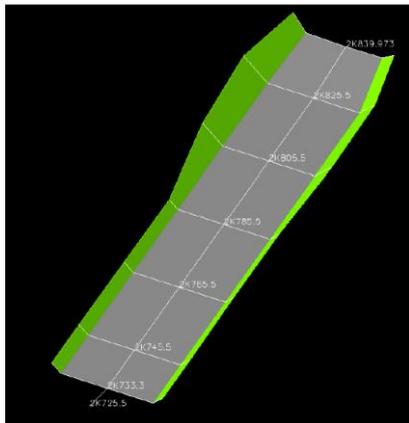


図-4 3次元設計データ
建設システム社SiTECH3Dを使用

(3) 掘削土量確認

前述で得られた現況地形、掘削面の3次元データから掘削土量の確認をおこなった。土量算出には、株式会社建設システムのSiTE-Scopeを用いた。現況地形の3次元点群と3次元設計データの差分を取ることで3次元土量を算出することができる。ここで、土量算出方式には、点高法を用いた。グリッド間隔は、50cmとした(図-5)。

その結果、当初の75%程度の堆砂量であることが確認できた。本業務では当初数量との乖離から協議の末、掘削範囲(設計)の拡張を提案し変更された。

着工前測量と土量算出では、通常だと4日×2人を要す

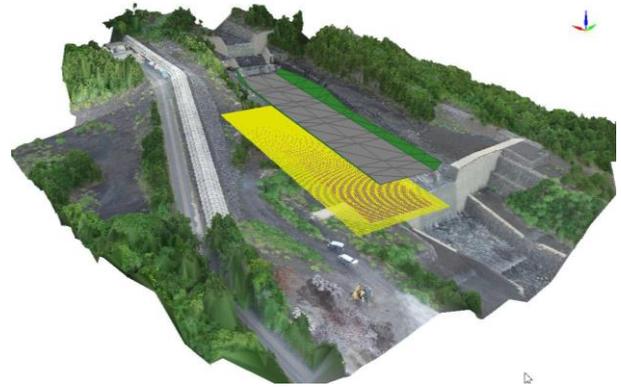


図-5 建設システム社Site Scopeを用いた
3次元土量算出範囲の表示例

る作業が、UAV空撮と3次元CADを使い、2日×2人で済ますことができ、作業効率の向上が実証できた。

(4) 考察

砂防堰堤上流の掘削工にCIMを適用したが、事前にCIMモデルを使って施工計画や周囲の地形が確認できていたことと3次元設計データの変更が容易であったことから、スムーズに協議を進めることができた。もし業務プロセスの改善を考えるならば、今回の協議のように対話的な業務フローで発注ができると、変更による手戻りを減らすことができると考えられる。

また、今回のように同じ設計で、繰り返し発生する業務では、3次元設計データをLandXMLで保管しておき、次の発注の際に3次元設計データを渡すと設計を簡素化できると考える。

著者らは、河川工事の特徴と3次元データ管理の手法について研究をおこなってきた⁴⁾。河川と同様に砂防堰堤の除石工など数年毎に同様の工事を繰り返す場合、3次元設計データであるLandXMLファイルを流用することで、設計積算業務が簡素化できると考える。

以上を踏まえ、通常のICT土工の業務フローに本研究で実施した作業内容を関連付けしたICT砂防(掘削工)の業務フローを提案する(図-6)。

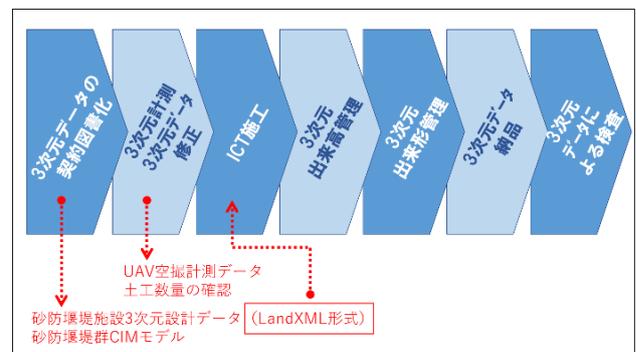


図-6 ICT砂防(掘削工)の業務フローおよび
データの受渡し手法(案)

4. おわりに

本研究では、CIMによる砂防堰堤群の土砂管理とLandXML設計データの利活用について述べた。砂防堰堤群の効率的な土砂管理に、CIMが有効であることを示すことができた。

発注者がCIMを活用し、受注者がICTを活用することで、発注者も受注者も業務を簡素化できることを示すことができた。

今後、円滑な土砂管理業務をおこなう上で以下の課題が挙げられる。

○ 砂防関連施設全体のCIMモデル構築

砂防事業全体のCIM（土捨て場、仮置き場、工事用道路等）を構築・更新することにより、当該現場全体の施工体系の管理を容易におこなえることが期待される。図-7に砂防堰堤群のCIMモデル構築の例を示す。

○ 掘削面の3次元設計データ整備

各砂防堰堤上流の掘削面の3次元設計データ（LandXML形式）を整備することにより繰り返し利用でき、ICT重機へ入力することで、マシンガイドダンスにより掘削をおこなうことができる。類似の業務では、発注と施工の簡素化が期待できる。

○ 砂防堰堤周辺のGCP設置

各砂防堰堤周辺にUAV空撮用のGCP（Ground Control Point：対空標識）を予め設置することにより、一河川沿いの砂防堰堤群の現況地形をUAV空撮で把握することが可能となるため、繰り返し実施することが容易になると考える。

まだ構想段階であるが、これまでCIMを使って流域解析や落石のシミュレーションをおこなった事例がある⁵⁾。これを砂防堰堤群に適用し、危険箇所や堆砂量等の予測をおこなう予定である。

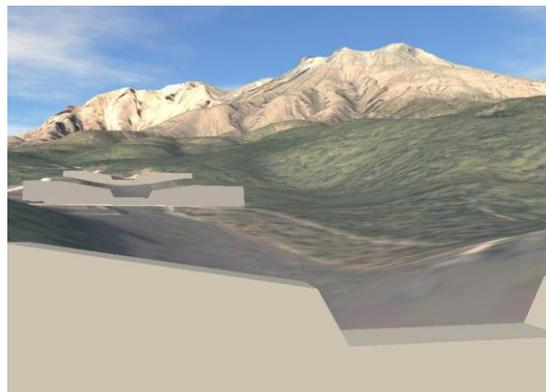


図-7 砂防堰堤群のCIMモデル
Autodesk社 InfraWorksを使用

参考文献

- 1) 国土交通省：「21世紀の土砂災害対策を考える懇談会」安全で美しい国土づくりに向けて～21世紀型土砂災害対策の推進～提言（平成15年2月5日），<http://www.mlit.go.jp/common/001023947.pdf>.
- 2) 平成28年度第5回九州地方整備局事業評価監視委員会：桜島直轄砂防事業資料，http://www.qsr.mlit.go.jp/s_top/jigyohyoka/161220/shiryousakurazima.pdf
- 3) 九州地方整備局大隅河川国道事務所：平成29年土石流調査情報（桜島地域）第21報（平成29年10月11日），<http://www.qsr.mlit.go.jp/osumi/files/Content/666/pdf/171011report2.pdf>.
- 4) 柿本亮大，小林一郎，野間卓志：河川工事の出来形検査における3次元データ利用へ向けた実証実験，土木情報利用技術論文集 Vol.16, pp.253-260, 2007.
- 5) 宮下征士，小林一郎，野間卓志，山村洋平：2種類の点群データによる落石箇所の予測と予備設計への適用，土木情報利用技術論文集 Vol.19, pp.149-156, 2010.

(2017.10.18 受付)

Management and Utilization of Sediment Control Facilities by CIM

Yuichi YOSHINAGA, Atsuhiko MASUDA, Seigo OGATA and Ryuji KAKIMOTO

3-dimensional design data is utilized in construction study in model space using CIM, and ICT earthworking in i-Construction. We have conducted research on geomorphological analysis using CIM and 3-dimensional shape control so far. We also conducted photogrammetry with UAV and support for ICT earthworking using ICT construction machines. In this research, we will describe management of sediment control facilities by CIM. In addition, ICT earthworking is applied to repeated earth work such as debris exclude work of sediment control facilities, and utilization of LandXML file which is 3-dimensional design data is considered.