

河川工事でのCIM・ICT技術の活用・促進 のための情報発信と事例集作成

札幌開発建設部 千歳川河川事務所 第2工務課 ○佐藤 亮真
島 絵梨子
森田 茂雄

千歳川河川事務所では、工事件数が多く様々な工種の工事が実施されている。河川工事
CIM・ICT技術の活用・促進を図るため、工事受注者と協力し事例集を作成し情報発信した。

実施の結果、築堤、護岸、構造物設置、地盤改良等の施工、施工管理、安全管理、品質管理
などで多くの事例を収集し情報発信することで、河川工事でのCIM・ICT技術の活用・促進を
図るための受発注者の協力体制の構築、CIM・ICT技術の活用促進を図るための基礎資料を得た。

キーワード：CIM・ICT技術、生産性向上、事例集

1. はじめに

千歳川河川事務所管内では、石狩川の一次河川である千歳川とその支川を管理している。千歳川流域では、もともとは海底にあったが火山の噴火により堆積が起り、氾濫が繰り返されたことによって徐々に現在の形に近づいていった。このため、流域の大半が標高10m以下の低平地に属し、また粘性土や泥炭、シルトの多い軟弱地盤であるといった地盤条件を持っている。こうした影響により、洪水時には石狩川の背水の影響を受けやすく、長時間、長い区間で高い水位が続くことから破堤等の危険性が高く、排水が十分に出来ないという状況があった。過去には約2年に1度の頻度で洪水被害を受けており、治水を行うに際して緊急性も高い。したがって、早急に治水対策を講じる必要性がある¹⁾。

上記の理由から現在、千歳川河川事務所では河川の築堤盛土、河岸保護、樋門等構造物の改築、地盤改良等、多数の工事が同時並行的に行われている。工事をより円滑に、そして建設業界への入職者数が伸び悩んでいる中でいかに効率的に工事を行っていくかは喫緊の課題である。

国土交通省では、平成28年度より「国土交通省生産性革命プロジェクト」を行っており²⁾、その一部としてi-Constructionの推進など、ICT等を活用し、インフラの整備、管理、機能の高度化を図り、安全・安心の確保や利便性を向上させることで、建設現場の生産性を令和7年度までに2割向上させ、建設業入職者数を令和5年度で5.5万人（平成29年度時点で4万人）を目

指すこととしている³⁾。

近年では、国全体としてのCIM・ICT技術の活用は進められている。特に道内ではi-Constructionモデル事務所が小樽道路事務所で、先導事務所が滝川河川事務所など道内14箇所を設定され⁴⁾、より一層のCIM・ICT技術の活用が推進されており、国土交通省としての事例集も作成が進んでいるところである。

一方で、事務所毎での事例集の作成は全国的には進んでおらず、千歳川河川事務所単体としても事例集の作成はなされていない。各事務所毎に事例集を作成することで、それぞれの地域の特徴に合ったCIM・ICT技術の活用をより効率的に実践出来ると考えられる。

前述の状況を鑑み、本論では、河川工事でのCIM・ICT技術の活用・促進を図ることを目的に実施した千歳川河川事務所の取組と得られた基礎資料について報告する。

2. 検討手順

千歳川河川事務所では、河川の築堤盛土、河岸保護、樋門等構造物の改築、地盤改良等、多数の工事を安全に進めていくため、工事受注者で組織する「工事安全連絡協議会」により月1回程度の頻度で工事現場の安全点検を行ってきたが、コロナ禍の影響を受け令和2年6月からはWEB等により代替され、情報共有が十分に行われづらくなった。

工事安全連絡協議会と千歳川河川事務所では、コ

コロナ禍でも継続的に工事の安全施工を確保していくため、工事現場の安全点検の代替えとして、「工事施工に関する安全対策事例集」を作成し工事受注者に配布してきた。

CIM・ICT技術の活用・促進を図るための手法として、これまで千歳川河川事務所と工事安全連絡協議会で取り組んできた活動を応用・発展させる手法により実施した。

具体的には、千歳川河川事務所と工事安全連絡協議会が連携し「河川工事でのCIM・ICT技術活用事例集」を作成し工事受注者に配布することで情報発信していくこととした（図-1）。

3. CIM・ICT技術活用事例集作成

近年、千歳川河川事務所で実施した工事の内、特に、先進的な技術、波及効果が期待できる技術、デジタル技術、安全性・品質向上につながる技術を中心に事例紹介する。また、事例集は施工、施工管理、安全管理、品質管理・設計照査・創意工夫に区分し作成した。

（1） 施工

a) 攪拌工

図-2は、築堤盛土工事での土砂混合攪拌に際し、GNSSを活用することで土砂攪拌作業の効率化、品質の向上につなげた技術である。千歳川河川事務所の築堤盛土工事では、粘性土と砂質土を混合攪拌し築堤盛土材として活用している。混合攪拌では、バックホウの先端に装着したロータリースタビライザーを回転させながらバックホウのブームを左右に旋回させながら攪拌を行う。

改良位置と深度をオペレーターにガイダンスすることで、オペレーターの熟練度に依存しない効率的な施工が可能となり、粘性土と砂質土を混合攪拌し築堤盛土材として活用する千歳川河川事務所の築堤盛土工事では波及効果の高い技術と考えられる。

b) ICT土工を応用した敷砂利施工

図-3は、これまで築堤盛土や路盤工などで使用されていたICT土工を応用し工事用運搬路造成をマシンコントロールで作業している事例である。これまでの技術を発展させたところが大きな特徴である。延長の長い工事用道路を造成する場合、通常施工では、丁張りの数もかなり多くなるが、ICT土工を応用することで施工管理の省人化や施工性の向上が図られる。

こうした技術は河川の天端敷砂利等への波及効果

工事施工に関する安全対策事例集作成
(施工業者への配布)



河川工事での CIM・ICT 技術活用事例集作成
(施工業者への配布)

図-1 工事安全連絡協議会と千歳川河川事務所の活動



図-2 土砂混合攪拌での GNSS 活用



図-3 ICT 土工を応用した敷砂利の施工



図-4 アシストスーツを活用した技術

も期待できる取り組みだと考えられる。

c) 沈下板設置

図-4は、築堤盛土工事での沈下板設置作業に際し、アシストスーツを活用した事例である。沈下板設置作業は、中腰姿勢での作業が継続するため、特に腰部への負担が大きくなる。

アシストスーツの使用により、腰部への負担軽減と作業環境の改善が期待できる。また、効果を定量化したところ、沈下板100枚当たりの作業人数が2.84人から2.15人へ減少し、省力化に加え、作業員の安全にも繋がっており、軟弱地盤上での築堤盛土では波及効果の高い技術と考えられる。

(2) 施工管理

a) 施工の可視化

図-5は、3次元起工測量データに設計データを重ね情報を可視化するCIM技術を活用した事例である。築堤工事での表土すきとり、沈下板設置、盛土層状転圧、耳芝・種子散布といった施工段階を事前に可視化した事例である。

作業員教育で活用することで受講者（作業員）の理解度が向上し、各施工の初期段階から効率的な施工や安全施工上の留意点を周知できると考えられる。また、若手技術者に対する日常の教育指導に有効活用できる技術と考えられる。

b) 発注者との施工調整

図-6は、矢板護岸を設置する工事において、図-5で示した技術を発注者（監督員）との調整に活用した事例である。

当該箇所は軟弱地盤のため、クレーンを仮設の作業構台の上に設置して矢板を打ち込む必要があった。作業構台のH鋼打込位置を検討する中で、既設の地盤改良体と干渉する箇所があることが判明したため、CIM技術を活用し施工を可視化して協議を行うことで迅速に作業構台のH鋼打込位置を決定することができた。

c) 攪拌工管理システム

図-7は、図-2で示したGNSSを活用した攪拌工での施工を一段発展させたもので、攪拌工の施工管理をリアルタイムで実施するものである。

本システムの大きな特徴としては、複数のバックホウで攪拌する場合でも現場事務所で施工状況を一元管理できるとともに、帳票を自動作成できることから施工の効率化に加えて竣工書類作成の省力化にもつながる技術である。GNSSを活用した攪拌工と一体化して活用することで一層の施工性向上と竣工書類作成の省人化につながると考えられる。

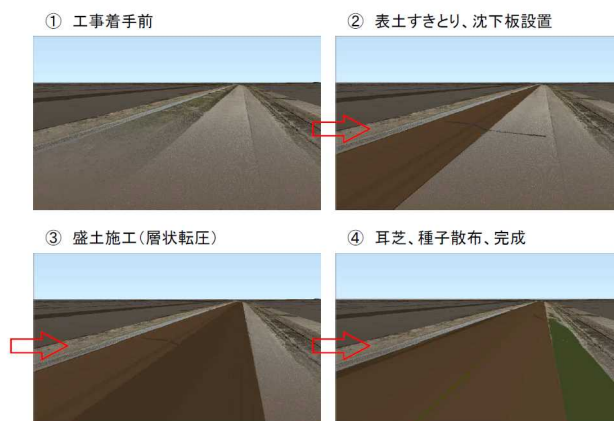


図-5 CIM技術を活用した築堤工事における施工段階の可視化

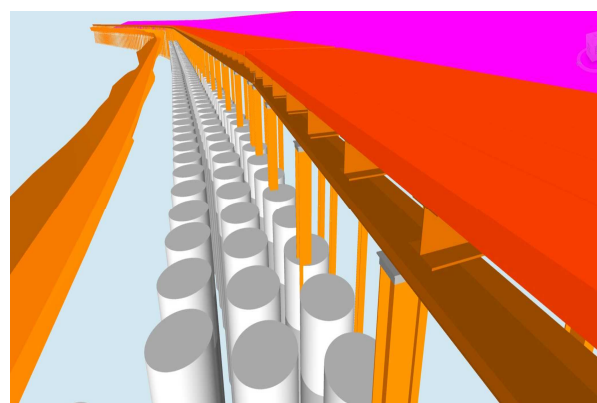


図-6 CIM技術を活用した発注者との施工調整
(既設改良体と仮設構台との可視化)

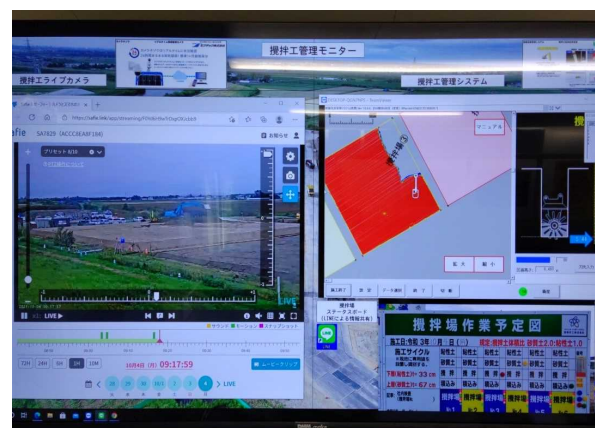


図-7 土砂混合攪拌での施工管理支援

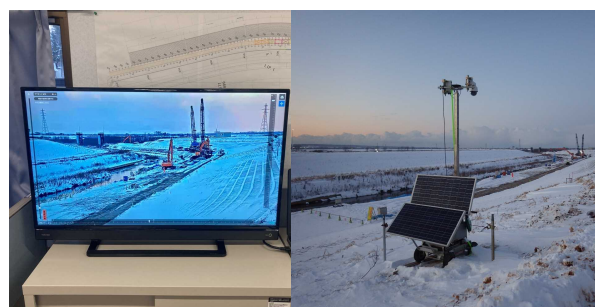


図-8 工事箇所が点在する工事での施工状況の
ライブカメラ映像配信

d) 施工状況のライブカメラ映像配信

図-8は、ライブカメラによる施工状況監視である。千歳川河川事務所の築堤工事では、粘性土と砂質土を混合攪拌し盛土材を造成改良する工事が多いため、攪拌場所では複数の工事が競合し、公道の出入口付近では多くのダンプトラックが往来する。

このため、公道の出入口の交通状況監視や道路の汚れ防止に特に注意を払う必要がある。また、工事箇所が点在する工事などではライブカメラを設置することで少ない技術員でも的確な施工状況監視が可能となる。また、こうした取り組みを発展させ、ライブカメラ映像を発注者や施工会社本社にも配信する事例も増えてきている。

(3) 安全管理

a) 遠隔臨場システムの活用・応用

図-9は、遠隔臨場システムを発注者による安全点検に活用した事例である。また、遠隔臨場に関する技術の共有・普及を図る観点から工事安全連絡協議会会長からの助言を受け、特定の場所で施工する地盤改良工事で遠隔臨場システムを活用した安全点検を協議会の活動として実施した。

安全点検では、25の工事受注者による点検となったが、25の工事受注者を4班に分けモニターを通して点検したところ、改善点等の意見はしっかり集約でき施工を進める上での有効な意見を集約できた。

コロナ禍でも持続可能な安全施工の向上を図る手段として、築堤工事のような線的・面的に広がる工事ではこれまで実施してきた「安全対策事例集」を配布する活動で、特定の場所で施工する樋門工事や地盤改良工事などでは遠隔臨場システムを活用した安全点検を進めることは安全性の向上を図る上で有効な手法になると考えられる。

b) VR技術を活用した安全教育

図-10は、VR技術を活用しダンプ運搬経路上にある危険箇所を周知し安全運行の向上を図った技術である。本システムの大きな特徴としては、危険予知を疑似体験できるところである。

ダンプ運搬に限らず、築堤盛土に際しての危険予知の疑似体験などにも有効活用でき、安全性の向上への波及効果は高い技術と考えられる。

c) ダンプトラックの運行管理システム

図-11は、土砂運搬用のダンプトラックの運行を管理するシステムである。千歳川河川事務所の築堤盛土工事では、粘性土と砂質土を攪拌場で混合攪拌した材料を築堤盛土箇所まで改めて運搬するため、通常の築堤盛土工事と比べ2重の運搬が生じる。また、ダンプ

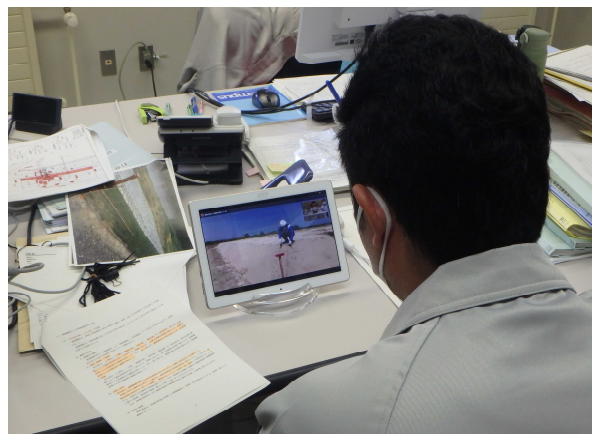


図-9 遠隔臨場システムの活用・応用



図-10 VR技術を活用した安全教育

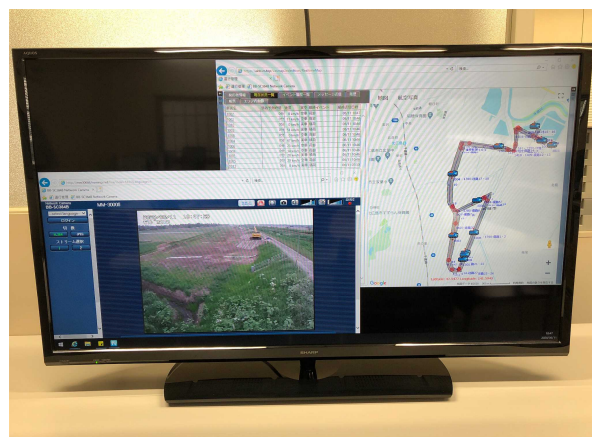


図-11 ダンプトラックの運行管理システム

運搬に関する苦情も多いため、法定速度の遵守は当然のこととして、車線変更等でも一般車への配慮が必要であり工事を円滑に進める上で苦情対応をはじめとしたダンプ運搬の運行管理は特に重要となる。

ダンプトラックの運行管理システムは、GPSによりダンプトラックの位置情報を集約することに加え、走行速度のリアルタイム管理や音声ガイダンス等によりドライバーに種々の注意喚起を行うシステムである。近年では多くの築堤盛土工事で普及が図られており千

歳川河川事務所の築堤盛土工事でのダンプトラックの安全運行に貢献している。

d) 工事中出水対応

樋門工事の施工では、既設樋門の機能を一旦停止し函体改築や門柱嵩上げを実施するため、施工は非出水期に実施される。しかしながら、近年では11月や12月に出水が生じることもある。令和3年12月2日には輪厚川で氾濫注意水位を超える出水が発生し、近隣で工事を実施している樋門改築工事でも堤内地が浸水する恐れが生じた。

こうした状況を考慮すると、図-8で示したライブカメラ映像の配信技術は工事中出水管理に対し機能的に働くと考えられる。

(4) 品質管理・設計照査・創意工夫

a) 地盤改良工事における固化材の注入密度管理

図-12は、築堤盛土工事の地盤改良工において配管内を流れるセメントミルクの注入密度をリアルタイムでモニター管理するシステムである。一般的に実施されるMITS工法（地盤改良工）は、事前に調査した深度毎の地盤物理特性値に応じてセメントミルクの注入密度を変化させるため、地盤改良の品質がセメントミルクの注入密度に依存する工法である。

千歳川河川事務所では、ここ数年、毎年地盤改良工を実施しており、今後普及が期待される技術であると考えられる。

b) 施工履歴に対する品質情報付与

図-13は、築堤盛土の施工において、3次元モデルに施工履歴と品質情報を付与する試みである。千歳川河川事務所での築堤盛土は軟弱地盤上での盛土となり、動態観測を行いながらの緩速盛土となるため、盛土断面の完成化には複数年の期間が必要となる。

このことから、こうした技術は後年次に行われる2次施工に対して機能的に働く技術と考えられる。

c) 3Dレーザスキャナーの活用

図-14は、旧樋門撤去の工事において構造物取壊しの設計照査に3Dレーザスキャナーを活用した技術である。通常的设计照査では公示された図面の寸法等を構造物取壊し前に確認することとなるが、樋門門柱部等では張出し構造となっているため足場等の設置が必要となり、設計照査に多くの人員・時間を要する。

3Dレーザスキャナーを活用することでこうした人員・時間を削減でき効率的な施工につながると考えられる。

d) インフラDX整備による施工支援

図-15は、工事受注会社に設置されたインフラDX設備である。

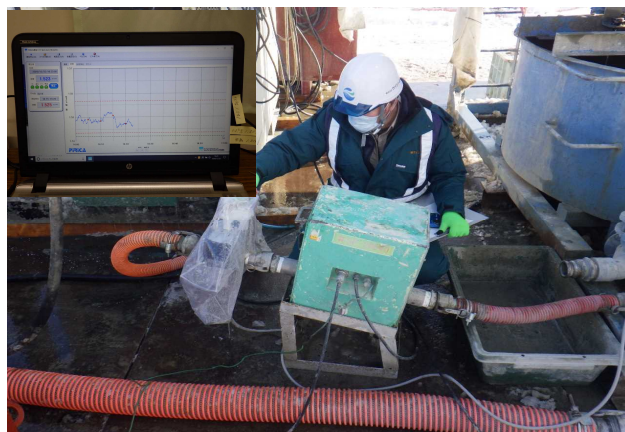


図-12 地盤改良工におけるミルクの注入密度管理

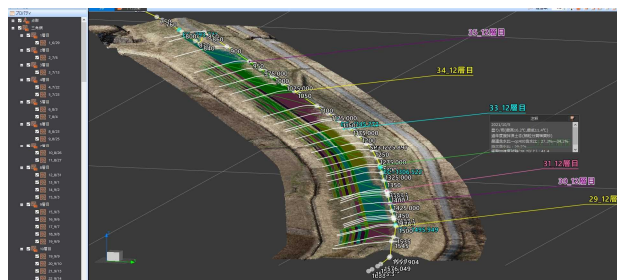


図-13 施工履歴に対する品質情報付与

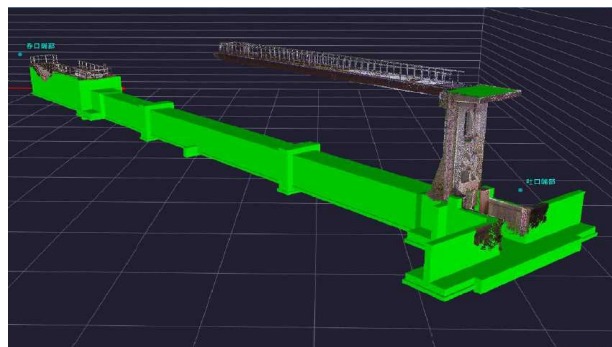


図-14 3D レーザスキャナーの活用



図-15 インフラ DX 設備

当該設備では、工事現場に設置されたライブカメラ映像の配信に加え、非接触でリモート型の働き方への転換を推進する一環として、社内検査による出来形品質管理等への支援も行われており、移動時間の省力化等、社内による施工管理支援の省力化にも貢献して

いる。また、WEBによる安全点検や会議などでの活用や人材育成等、これから種々の活用が期待される技術と考えられる。

4. 結果・まとめ

本論文では、今後河川事業を行っていく上で受注者に積極的にCIM・ICT技術の活用・促進を図る方法の一つとして事例集の作成と配布を提案実施した。

得られた知見は次のとおりである。

- 施工に関連する取り組みとして、「築堤盛土工事の攪拌工でGNSSを活用した技術」「ICT土工を応用発展させた工事用運搬路施工」「沈下板設置でのアシストスーツの活用」事例を紹介した。
- 施工管理に関連する取り組みとして、「CIM技術を活用した築堤盛土の可視化」「CIM技術を活用した発注者との施工調整」「土砂混合攪拌での管理システム活用」「施工状況のライブカメラ映像配信」事例を紹介した。
- 安全管理に関する取り組みとして、「安全点検での遠隔臨場システムの活用・応用」「VR技術を活用した安全教育」「ダンプトラックの運行管理システムを活用した安全運行」を提案した。また、発注者からは「ライブ映像配信」を工事中出水対応で活用していく応用について発注者から提案した。
- 品質管理・設計照査・創意工夫に関する取り組みとして「地盤改良工事における固化材の注量管理」「施工履歴に対する品質情報付与」「旧樋門撤去工工事における3Dレーザースキャナーの活用」「インフラDX整備による施工支援」について紹介した。

また、事例集の作成については、次の事項が有用であると言える。

- 事例集の作成配布は、これを活用することで、技術の共有により新技術の活用が図られることや、工事の省力化や安全性を高めることが出来るため有用であると考えられる。
- 管内で行われている工事において、どのようなCIM・ICT技術が活用されているのかを具体化することができる。それに伴い、発注者側としても事例集をもとに受注者に安全管理や省力化事例として管内の特徴にあった技術を提案することが出来る点で有用であると考えられる。
- 国土交通省では、全国において事例集を作成し公表している⁵⁾。公表事例と管内の事例を比較

することで、管内で行われていないCIM・ICT技術を効率的に把握し、今後の活用・普及を促すことが出来る点で有用であると考えられる。

5. 課題

本事例集の作成に当たっては、受注者がCIM・ICT技術を活用するための一指標になることから、事例集は一定程度の頻度で更新していくとともに、発注者側からも新しい技術提案を発信していきたい。

具体的な事例としては、安全管理の取り組みで示した「ライブ映像配信」を工事中出水対応で活用していく対応などがそれにあたると考えられる。

また、他事務所で実施される工事への応用も今後の課題となる。現在、千歳川河川事務所管内の築堤盛土では、札幌河川事務所の掘削土を築堤盛土材料として有効活用している。また、令和4年度からは江別河川事務所の掘削土を築堤盛土材料として有効活用していく予定である。こうした事務所とも連携しCIM・ICT技術の活用促進のための情報発信を進めていく。

国土交通省としてインフラDXを推進するにあたり、VR技術など、これまで不可能と考えられてきた技術を導入することで省人化、省力化が可能となった。土木業界はDXの考えが遅れているとも言われる中で、より先進的な取組を今後も積極的に行うために、情報の収集・発信が必要不可欠である。

謝辞：本論文の作成及び事例集の作成にあたり、工事請負業者各社で保有している技術について、共有に理解頂くなど、数多くの受注者から協力を得て論文投稿することが出来た。また、工事安全連絡協議会会長の滝本浩靖氏とは、CIM・ICT技術を河川工事で活用・促進させていく手法などについて種々のご提案を頂くなどの協力を頂いた。ここに、本論文作成に関わっていただいたすべての方に、深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局：石狩川水系千歳川河川整備計画（変更），2015
- 2) 国土交通省生産性革命本部：「国土交通省生産性革命本部」の設置について,2016.
- 3) 国土交通省：国土交通省生産性革命プロジェクト第5版（案）,2019.
- 4) 国土交通省：i-Consturctionの貫徹に向けたモデル事務所の決定について（報道発表資料）,2019.
- 5) 国土交通省：i-Constructionの取組状況（ICT土木事例集）ver.2,2017.