

C I Mモデルを活用した工事現場での取り組み —VR体験による安全教育とARを用いた完成イメージの共有—

札幌開発建設部 札幌道路事務所 第1工務課 ○本田 拓斗
磯田 卓也
株式会社田中組 助安 直樹

当課が担当する改良工事の現場では、B I M / C I Mの取り組みとして構造物の3次元データをもとに安全教育のためのVR動画や完成イメージを可視化したAR用データを作成した。

本論文は、改良工事現場での取り組みのほか、インフラDX・i-Construction先導事務所として、現場の取り組みを通じて職員が体験した内容や学んだ知識、身につけた技術、普及に向けた考察を紹介するものである。

キーワード：B I M / C I M、生産性向上

1. はじめに

我が国の人口減少社会においては建設業も同様の傾向であり、図-1に示すように、今後も建設業就業者数は国内全体で減少¹⁾していくことが見込まれることから、更に人材の確保が困難な時代へと突入していくことが予想される。

また、建設業における労働災害については、図-2に示すように、特に死亡災害全体に占める割合が高く²⁾改善しなければならないところである。

- 建設業就業者：685万人(H9) → 498万人(H22) → **492万人(R2)**
- 技術者：41万人(H9) → 31万人(H22) → **37万人(R2)**
- 技能者：455万人(H9) → 331万人(H22) → **318万人(R2)**

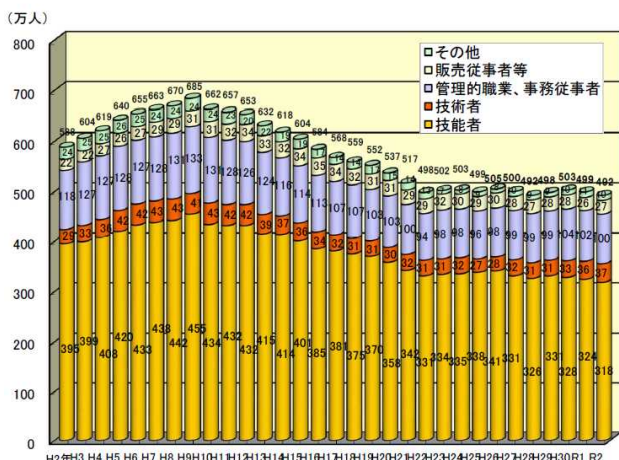


図-1 建設業就業者の推移

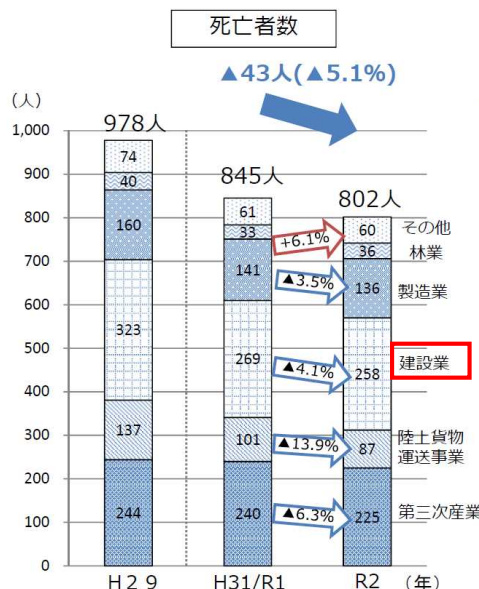


図-2 業種別労働災害発生状況

そんな中、国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す取組として「i-Construction」を進めている。

i-Constructionが目指しているものは、一人一人の生産性の向上や建設現場に携わる人の賃金水準の向上、建設現場での死亡事故をゼロにするなどであり、そのための手法の一つとして「ICT技術の全面的な活用」が挙げられている。

具体的な活用内容としては、コンピュータ上に作成した3次元の形状情報(3次元データ)に構造物及び構造物を構成する部材等の属性情報や参照資料を付与したものを管理・活用する「B I M / C I M」があり、建設現場での調査・測量・設計時に作成されたC I Mモデルを

施工時及び施工後の維持管理・更新の各段階において連携・発展させ、関係者間の情報共有を容易にすることで、建設業全体における効率化・高度化を図ることを目的に推進³⁾されている(図-3)。

3次元モデルを活用することで、建設現場の施工時・完成時のイメージが把握しやすくなり、施工時の手戻り防止や作業安全性の向上に役立てることが可能となる。

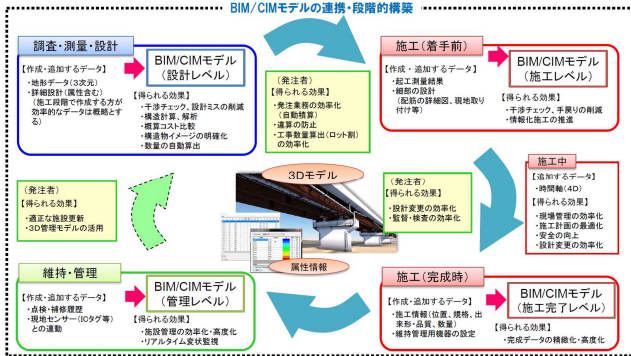


図-3 BIM/CIMの概念

今回は、「一般国道230号 札幌市 定山溪温泉東改良工事」において、構造物の3次元データをもとに安全教育のためのVR動画や完成イメージを可視化したAR用データを作成し取り組んだ事例とともに、北海道開発局が推進する取組「北海道開発局インフラDX・i-Constructionアクションプラン」の一環であるインフラDX・i-Construction先導事務所(以下、「先導事務所」という)としての取組内容及びBIM/CIMの普及に向けた考察を紹介する。

2. 対象工事の概要

対象工事の概要を下記に示す。

工事名：一般国道230号札幌市定山溪温泉東改良工事
 工期：令和3年6月25日～令和4年2月10日
 工事延長：L= 1,188.84 (m)

当該箇所は、国道230号と市道との交差点で、前後交差点との間隔が長いこと速度が速くなりやすい。国道には右左折車線がないため、直進車が右左折車両に追突する事故が発生していることから、右左折車線の設置による直進交通の障害の低減対策等の交差点改良を行い、事故の発生を防止するとともに、円滑な走行及び安全・安心な通行の確保を図ることを目的とした交差点改良事業に基づき、補強土壁等の施工を行うものである。図-4に事業の位置図、図-5に工事平面図、図-6に断面図を示す。



図-4 事業位置図

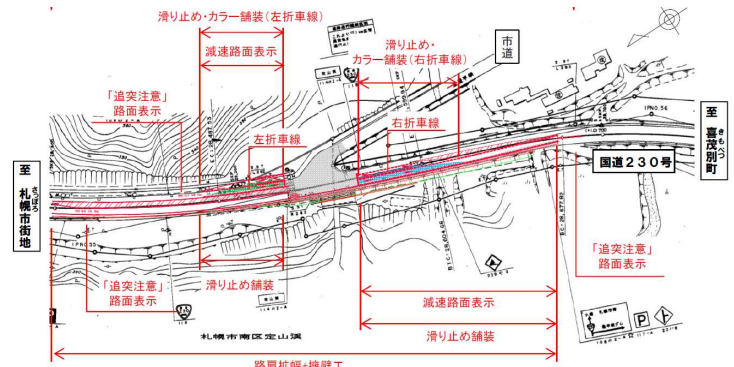


図-5 工事平面図

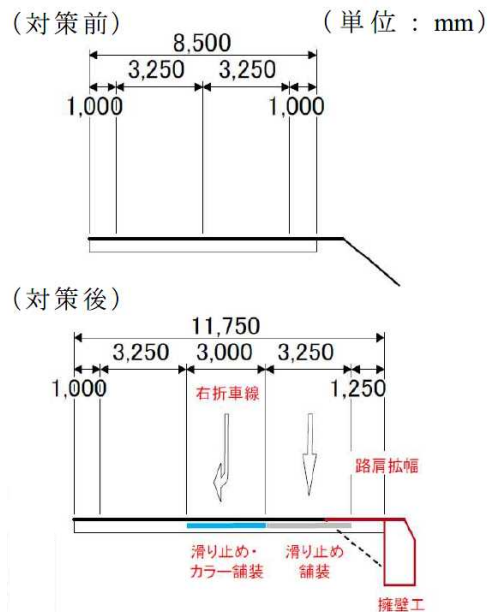


図-6 断面図

3. 工事現場での取組内容と効果

本工事では、VRとARそれぞれの取組を実施し、下記のような効果が得られた。とりまとめたものは表-1に示す。

(1) 現場へ新規入場者を対象とした安全教育におけるVRの活用

一般的な安全教育（新規入場者教育）では、図面や紙の資料及び口頭での説明となり、現場の臨場感が無かったが、VRの活用により、図-7に示すように現実的な空間で疑似体験をすることが可能となり、現場に潜んでいる危険因子が具体化され、事故防止に繋がることを期待しこの取組を行った。

VRにて作成した被災シミュレーションは、ロードローラー等重機との接触事故や吊荷落下事故などの6パターンを用意し、本工事に従事する下請企業7社の計77名の作業員への体験を実施した。

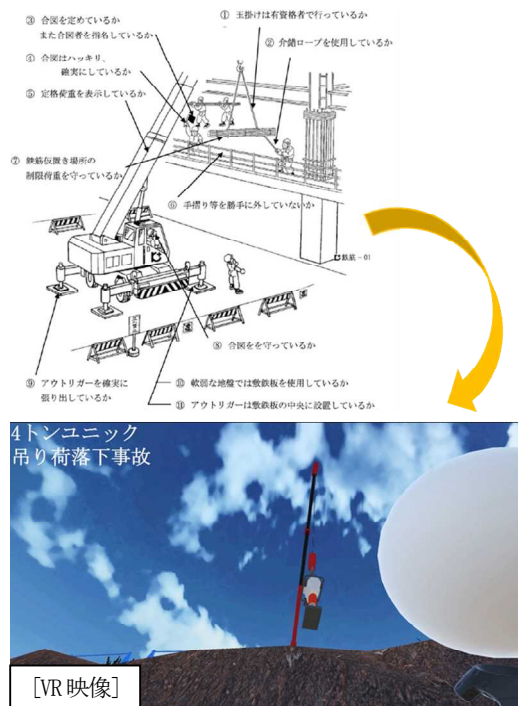


図-7 ポンチ絵とVRの比較概略図

VRを体験した作業員から聞かれた意見としては、「自分が従事する作業箇所の高低差や作業スペースなどといった状況を具体的にイメージすることができ、危険が潜んでいる要素を理解できた」、「注意が散漫にならなくな後方や上方にも気をつけるようになった」という肯定的なものが多く、重機オペレータからは「作業員目線を体験することができ、お互いの意思疎通が大事だということを再認識した」という意見もあった。

作業員からの意見を踏まえ、VRを活用した取組によって得られた効果としては、下記のとおりである。

- 安全教育の内容と現実とが重なっているため、労働災害防止に対する意識が統一され、不安全行動の防止に役立っている。
- 実作業では経験できない職種を超えた目線を視聴することで、相互の安全意識の向上にも寄与している。

(2) ARによる作業員への施工完成イメージの共有

ARを本工事に導入した経緯としては、構築物を机上でイメージするのに対し、ARにより実在する空間に照らし合わせて可視化（図-8）することで、現場に対する理解度が深まるのと、現地で施工方法を検討することが容易になるなど、結果として生産性の向上に役立つことを期待した。



図-8 現場でのAR投影画面

なお、ARを作成した工種は擁壁工及び排水構造工工が対象であり、工事延長約1.2 kmに対し全ての区間にて作成を行っている。

ARによる取組が役立ったタイミングは、新たに施工を開始する箇所での完成イメージ共有時や重機械の配置、支障物件の影響等を勘案した施工方法の検討時であり、活用した作業員は下請企業5社の計35名となった。

また、ARを活用した作業員の意見においても「どこにどのような構造物が完成するのかをすぐにイメージ出来た」、「あとどの位作業が進むと完成となるかが図面よりも分かりやすい」といった肯定的なものを聞くことが出来た。

作業員からの意見を踏まえ、ARを活用した取組によって得られた効果としては、下記のとおりである。

- 作業スペースの制約が可視化され、使用する重機械やダンプの搬入口などの立案に役立った。
- 施工方法の検討においては、机上の図面での検討と比較し、実際の現場で画面を通しながらの検討の方が作業効率が大きく向上した。
- 複数部材で構成される擁壁工背面が可視化され、完成イメージを作業員間で共有できた。

表-1 工事現場での取組内容と効果とりまとめ

	VR(Virtual Reality=仮想現実)	AR(Augmented Reality=拡張現実)
取組を実施した経緯・目的	図面や紙資料、口頭での説明と比較し、現実的な空間で疑似体験をすることが可能となり、現場に潜んでいる危険因子が具体化され、事故防止に繋がることを期待されたため	構築物を机上でイメージするのに対し、ARにより実在する空間に照らし合わせて可視化することで、現場に対する理解度が深まるのと、現場で施工方法を検討することが容易になるなど、結果として生産性の向上に役立つことが期待されたため
作成した内容	現場条件を再現した被災シミュレーション6種類(ロードローラー接触、バックホウ接触、4トンユニック吊荷落下事故、端部転落事故、ラフタークレーン接触事故)	補強土壁等の擁壁工及び排水構造物一式(工事延長約1.2kmのうち全区間にて作成)
取組の体験人数	下請企業7社、計77名の作業員	下請企業5社、計35名の作業員
体験してみた意見	「自分が従事する作業箇所の高差や作業スペースなどといった状況を具体的にイメージすることができ、危険が潜んでいる要素を理解できた」 「注意が散漫になりがちな後方や上方にも気をつけるようになった」 「作業員目線を体験することができ、お互いの意思疎通が大事だというのを再認識した」	「どこにどのような構造物が完成するのかをすぐにイメージ出来た」 「あとどの位作業が進むと完成となるかが図面よりも分かりやすい」
取組を実施した効果	・安全教育の内容と現実とが重なっているため、労働災害防止に対する意識が統一され、不安全行動の防止に役立っている ・実作業では経験できない職種を超えた目線を視聴することで、相互の安全意識の向上にも寄与している	・作業スペースの制約が可視化され、使用する重機械やダンプの搬入口などの立案に役立った ・施工方法の検討においては、机上の図面での検討と比較し、実際の現場で画面を通しながらの検討の方が作業効率が大きく向上した。 ・複数部材で構成される擁壁工背面が可視化され、完成イメージを作業員間で共有できた。

4. 先導事務所としての取組内容

北海道開発局においては、インフラ分野におけるデータとデジタル技術を活用して、社会資本や公共サービス、建設業の働き方等を変革するインフラ分野のDX（以下、「インフラDX」という）及び*i-Construction*を推進するために「北海道開発局インフラDX・*i-Construction*アクションプラン」を策定しており、BIM/CIMの推進のために、知識や技術力を全道展開するための発信源として各開建に先導事務所を設置するなどの取組を進めている。

先導事務所に求められる取組のうち、職員の技術力向上を目的として、札幌道路事務所が先導事務所として取り組んだ事例を以下に示す。

(1) 先導事務所職員へ向けた実技講習の実施

札幌道路事務所では、前章にて記述した工事におけるVRの作成方法や実際の活用状況を学ぶため、現場で活用した機器とシミュレーションを用いた実技講習及びCIMに関する座学会を実施している（図-9）。

札幌道路事務所の技術系職員15名が実技講習及び座学会に参加し、CIMにおける3次元データ作成の手順を理解すると共にVRによる現場災害シミュレーションを体験した（図-10）。受講職員には今年度入局者も含まれており、経験知識が浅い職員においても作業現場における危険予知能力を身につけることが可能であり、今後の工事監督業務にも役立つことが確認出来た。



図-9 先導事務所職員を対象とした実技講習状況



図-10 実技講習におけるVR体験状況

(2) 「先導事務所会議」等における当事務所の取組共有
 北海道開発局においては、令和3年度より、各開建の先導事務所職員の技術力向上を目的とした「先導事務所会議」を開催しており、施策概要の説明や各事務所の取組紹介等を実施し、各回、全道から150名程度⁴⁾の職員が参加しているほか、地方公共団体の担当職員も参加し、自治体工事・業務への普及促進を図っている。

札幌道路事務所においては、先導事務所会議及び現場見学会における取組紹介の場にて、当該事務所で発注している工事のうち舗装工事、道路改良工事それぞれ1事例ずつの取組内容を全道職員に共有した。

舗装工事においては、路盤工の品質管理に従来用いられる現場密度試験（砂置換法）の労力軽減、測定箇所の全面管理による品質担保確実性の向上を目的とした「ICT路盤工（加速度応答値による密度管理）」を試行しており、取組の様子を現場からオンライン方式で共有を行った。ICT路盤工の概要は図-11に示す。



図-11 ICT路盤工の概要



図-12 ドローン講習での操作実習状況



図-13 TLSの操作実習状況

(3) インフラDX・i-Constructionに係る知識と技術力向上を目的とした研修等への参加

職員のインフラDX・i-Constructionに係る知識と技術力向上を図るため、先導事務所である札幌道路事務所では、北海道開発局が職員向けに主催する研修・講習会への職員参加を促進しており、令和3年度は「ドローン講習」に2名、「i-Construction研修」に4名が参加した。

ドローン講習においては、無人航空従事者試験の資格取得を目的とし、ドローン機器に関する知識取得のほか航空法や電波法といった法律規則を学ぶとともに、実機及びシミュレータを用いた操縦訓練を実施した。受講状況は図-12に示す。

i-Construction研修においては、職員の業務遂行能力及び現場の適応能力の育成や向上を図ることを目的とし、企業や協会といった外部講師を招いて最新の技術開発・活用状況を学ぶとともに、TLS（地上型レーザースキャナー）やレーザースキャナー搭載型トータルステーションを用いた3次元データ取得操作実習、CIMモデル対応PCによるモデル作成・編集操作実習を行った。受講状況は図-13に示す。

5. BIM/CIMの普及に向けた考察

国土交通省では図-14に示すように令和5年度までに小規模を除く全ての公共工事におけるBIM/CIM原則適用を目標⁵⁾としており、全ての詳細設計及び工事で3次元データを使用することが掲げられているところであるが、工事現場においては詳細設計時に計画されていた施工内容が変更となることは多く、発注者と受注者にて設計変更を協議するための資料作成も3次元データにて行えることが重要となってくると思われる。

設計変更協議が滞ると、作業効率・生産性の低下を招くことから資料作成は迅速に行うべきであるため、そのためには3次元データの作成及び修正を外注に頼るのではなく、受発注者双方が容易に扱えるような状況であることが望ましい。

3次元データを容易に扱う方法としては、受発注者がそれぞれ3次元データを容易に扱えるような知識と技術力を身につけること、また、3次元データ作成に必要な測量作業を誰でも容易に行える安価で汎用性の高い測量手法の普及が求められると考える。

原則適用拡大の進め方(案)(一般土木、鋼橋上部)

	R2	R3	R4	R5
大規模構造物	(全ての詳細設計・工事で活用)	全ての詳細設計で原則適用(※) (R2「全ての詳細設計」に係る工事で活用)	全ての詳細設計・工事で原則適用	全ての詳細設計・工事で原則適用
上記以外(小規模を除く)	—	一部の詳細設計で適用(※)	全ての詳細設計で原則適用(※) R3「一部の詳細設計」に係る工事で適用	全ての詳細設計・工事で原則適用

(※)令和2年度に制定した「3次元モデル成果物納品要領(案)」を適用する詳細設計を「適用」としている。

図-14 BIM/CIM原則適用に向けた進め方

受発注者双方が知識と技術力を身につけるためには、国土交通省や民間の業界団体が主催する研修・講習会への積極的参加が可能となるような仕組み作り⁶⁾が重要になる(図-15)。

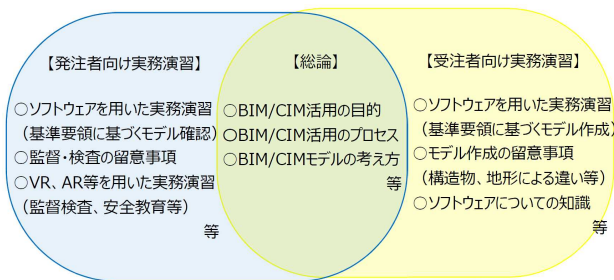


図-15 BIM/CIMを学ぶ研修プログラムの例

3次元データ作成に伴う3次元測量については、地上型レーザースキャナーやUAVによる空中写真測量が方法として挙げられるが、機材が高価であったり操縦資格が必要であったりと使用者や条件が限られてしまう現状がある。しかし、近年のIT技術開発により携帯電話を用いた3D測量手法の確立が進められているなど、新たな技術の導入によって誰でも容易に3次元データを活用出来る環境整備⁷⁾が期待されている。

上記を踏まえ、BIM/CIMの普及に向けては、IT技術の進歩を受発注者が上手く利活用出来るだけの知識や技術力を身につけることが重要であり、先導事務所職員としては率先して自己研鑽に努め、インフラDX・i-Construction施策の推進を担うことが求められていることを認識することが出来た。

参考文献

- 1) 北海道開発局 R3.6.30開催 インフラDX・i-Constructionセミナー「i-Constructionの取組」より、総務省「労働力調査」からの算出値
- 2) 厚生労働省 R3.4.30公表「令和2年 労働災害発生状況」より、「死亡災害報告」集計値
- 3) 国土交通省 R3.3公表「BIM/CIM活用ガイドライン(案)」より、第1編 共通編 1.1.1 BIM/CIMの概念
- 4) 北海道開発局 HP「北海道開発局 先導事務所とは」より、先導事務所の取組内容
(https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gi/jyutu/splaat0000001xke-att/sendo_211027.pdf)
- 5) 6) 7) 国土交通省 R3.7.14開催 第13回ICT導入協議会「資料-1 ICT施工の普及拡大に向けた取組」より