

コンクリートブロック製作におけるデジタル技術を活用した施工管理について

工事名：吉原離岸堤改良(No140)ブロック製作工事

受注者：共和土木株式会社

現場代理人：井田 剛

特例監理技術者：芦 孝行

○ 監理技術者補佐：湯上谷 尚

1. はじめに

本工事は富山県下新川郡入善町の「芦崎製作ヤード」および「五十里製作ヤード」にて、高波から地域を守るとともに海岸浸食を防止する離岸堤に使用するコンクリートブロックを製作する工事である。

昨今、様々な技術が開発され、各分野にて「DX(デジタルトランスフォーメーション)」が積極的に取り入れられている。

本稿では、コンクリートブロック製作時の施工管理において、「デジタル技術」を活用した生産性・安全性向上を図る取組みとその結果および今後の課題、可能性について報告するものである。



図1. ブロック製作ヤード位置図

2. 工事概要

- (1) 工事名：吉原離岸堤改良(No140)ブロック製作工事
- (2) 施工箇所：富山県下新川郡入善町芦崎地先他
- (3) 工期：令和4年8月19日～令和5年2月27日
- (4) 工事内容

[芦崎製作ヤード]

海域堤本体工

海岸コンクリートブロック工

海岸コンクリートブロック製作 六脚ブロック(40t) 278個

仮設工

作業ヤード整備工 ヤード造成 1式

除雪工 現場除雪 1式

[五十里製作ヤード]

海域堤本体工

海岸コンクリートブロック工

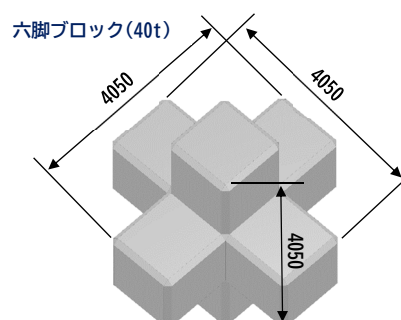
海岸コンクリートブロック製作 ストーンブロックリーフ型(法肩 10t) 64個

消波根固めブロック製作 ストーンブロックリーフ型(標準 10t) 161個

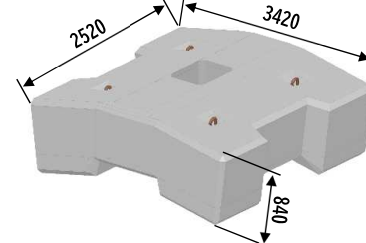
仮設工

作業ヤード整備工 ヤード造成 1式

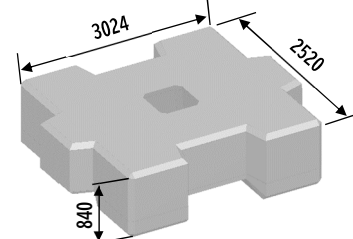
除雪工 現場除雪 1式



六脚ブロック(40t)



ストーンブロックリーフ型(法肩 10t)



ストーンブロックリーフ型(標準 10t)

図2. 構造物の3Dイメージ(CIM)

3. 「出来形管理」におけるデジタル技術の活用

【3次元計測技術を活用したコンクリートブロックの点群化(3D化)】

消波効果を有するコンクリートブロック製作におけるブロック単体の出来形管理基準は土木工事共通仕様書「出来形管理基準及び規格値(案)」に定められていない。そのため、ブロック製作にあたり施工計画の段階で構造物の役割を考慮し監督職員と協議のうえ、管理基準を定めている。今回の工事では、施工計画の段階で当該ブロックが使用される構造物の役割において「最も重要な要素は何か？」をコンクリートブロックメーカーに確認したところ「重量」との回答を受けた。しかし、類似の基準案を準拠すると「幅」や「高さ」、「延長」による管理が主となり、「重量」の管理項目は一般的には定められていない。

そこで、本工事では、製作後のコンクリートブロックを点群化(3D化)することで「体積」を算出し、そこから「重量」に変換して管理することができないか試行してみることにした。

まず、点群化(3D化)するために活用する3次元計測技術について検討した。(表1)

今回は「地上写真測量」を選定した。これは、コンクリートブロックの計測を対象とした場合の測量・解析作業に掛かる時間や機器等に掛かるコストを考慮し、総合的に評価した結果である。さらに、「LiDAR(ライダー)機能を搭載したタブレット端末」を用いることで、現場にて計測した対象物の即時点群化(3D化)が可能となり、その場で「体積」や「幅」「高さ」「延長」等の算出が可能となる。これにより、撮影後に高性能なパソコン等での解析作業が必要なくなり、作業時間や人員の大幅な削減による作業の効率化が期待できる。

表1. 3次元計測技術の選定(コンクリートブロック計測の場合)

	地上型 レーザースキャナー	空中写真測量 (無人航空機)	地上写真測量 (静止画・動画)
計測範囲	中規模範囲に適している	大規模範囲に適している	小規模範囲に適している
計測・解析に掛かる時間	△	△	◎
機器等に掛かるコスト	△	○	◎
精度	◎	○	○
総合評価	○	○	◎



写真1. タブレット端末による3次元計測（点群化）

【LiDAR(ライダー)とは?】(Light Detection And Ranging)

対象物に赤外線レーザーをパルス状に照射し、反射して戻ってくるまでの時間から距離を計測する技術。(光による検知と測距)

身近な活用例：車の対物感知センサー、ロボットの自律移動 など

共ちゃん

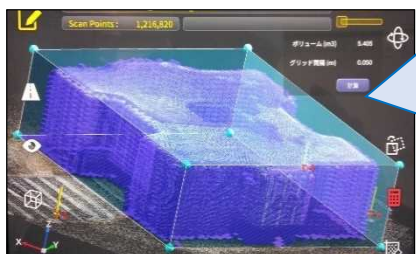


写真2. コンクリートブロックの体積算出状況(失敗!)

ブロック外側面を点群化(3D化)し「体積」を算出できたが、ブロック中心部の空隙部分を3次元計測(点群化)できず、正確な体積算出を行うことができなかった。



写真3. 点群データから「幅」等の2点間計測が可能

点群化(3D化)した構造物データから、その場ですぐに「幅」等の寸法計測が可能

【計測に掛かる人員】
従来の場合：3人
今回の場合：1人

結果、今回の工事では、3次元計測したコンクリートブロック中心部の空隙形状を点群化することができず、「体積」から「重量」の算出を行うことはできなかった。しかし、「LiDAR(ライダー)機能を搭載したタブレット端末」を活用し点群化して出来形計測することで、従来の巻尺等を使用した計測と比較すると人員削減が可能であることがわかった。

今後、機器の小型化や計測精度の向上など、技術がさらに発展し普及すれば、「デジタル技術」を活用することで、従来の管理項目だけでなく「体積」や「重量」など、より構造物の特性に合わせた管理項目の追加が可能になるのではないかと期待できる。

4. 「安全管理」におけるデジタル技術の活用

【CIM・AR(拡張現実)を活用した現場の未来視化】

工事現場を管理する際に最も重要となるのは「安全第一」である。そのため、どのようにして作業内容と現場の危険要因等について、従事者の理解度向上を図るかが「重要なカギ」となる。一般的に人は五感(視覚・聴覚・触覚・臭覚・味覚)からたくさんの情報を得ているが、「視覚」に頼る割合が多いといわれている。そのため、今までは2D[平面]をCIMで3D化[立体]して、VR(仮想現実)体験することで「視覚」から作業内容を周知する取組みを実施していた。しかし、実際の現場には「音」や「風」「臭い」など、様々な情報が存在している。そこで、本工事ではCIMで作成した構造物の3DモデルをAR(拡張現実)にて現実の映像に重ねて映し出すことで、実際の現場で未来像を「視覚化」し従事者の理解度向上を図る取組みを実施した。また、作業前に実際の現場で施工シミュレーションを行えることで、計画と現場条件の相違確認が可能となり「失敗の回避」に繋げることができるのではないかと期待し実施した。



【AR(拡張現実)とは?】(Augmented Reality)

現実の映像にデジタルな情報を追加して表示させる技術。カメラで映した映像にイメージモデルを重ねて表示することで実際のサイズ感等の確認ができる。

身近な活用例：ゲーム・アプリ、家電・家具などのコーディネート など

AR(拡張現実)を実際に体験した従事者の方の感想で一番多かったのは、「おもしろい!」であった。今まであまり体験したことのない技術に触れることで、その取組み事態に興味を持ち、そこから作業



現場での活用状況

内容の理解に繋がる人が多かったように感じる。やはり、施工内容を理解して貰うには「ちょっと楽しいかも?」と思ってもらうことが重要である。また、実際の現場環境下で映像に3Dモデルを重ねることで「現場条件」を肌で感じながら実際のサイズ感が確認できるなど、より現実に近い作業シミュレーションを行うことができた。今後も敷き鉄板等の仮設工の施工範囲や大型車通行前の軌跡確認など様々なことへの活用が可能と考えられる。

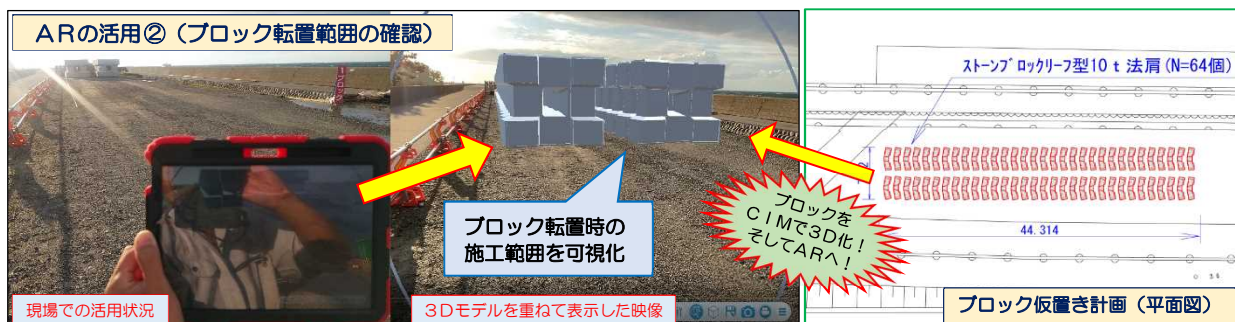


ARの活用① (ブロック転置作業状況の未来視化)

実際の撮影映像

クレーンの作業範囲
および死角を可視化

3Dモデルを重ねて表示した映像



ARの活用② (ブロック転置範囲の確認)

現場での活用状況

ブロック転置時の
施工範囲を可視化

3Dモデルを重ねて表示した映像

ブロックを
CIMで3D化!
そしてARへ!

ストーンブロック7型10t法肩(N=64個)

ブロック仮置き計画(平面図)

写真4. AR(拡張現実)を活用した現場の未来視および施工シミュレーション

5. デジタル技術を活用した「生産性向上チャレンジ」の実施

【コンクリート打設前の型枠内部確認をデジタルカメラにて実施】

本工事では、コンクリートブロック製作に鋼製型枠を使用している。コンクリートの打設前に型枠内部の不純物の有無や鉄筋位置のズレ等がないか確認する必要がある、従来であれば型枠内部にハシゴを掛け、人が中に入って最終確認を実施していた。そのため、複雑で凹凸部分が多いブロック形状の型枠内部で、鉄筋を避けながらの確認には時間が掛かるとともに昇降時の危険が伴っていた。そこで今回は、自撮棒の先に小型カメラを取付け手元のモニターに型枠内部の映像を映して確認する方法を実施した。

結果、コンクリート打設前の確認時間の短縮のほか昇降時の転落や鉄筋と接触する危険を無くして実施することができた。

表2. 型枠内部の確認に要する時間

	従来の確認方法	カメラを活用した確認方法
1個あたりの確認時間	5分	2分
製作個数	64個	
確認に掛かる合計時間	320分	128分

約192分の短縮！



写真5. カメラを活用した型枠内部の確認状況

【コンクリートの圧縮強度試験(臨場)の確認を「遠隔臨場」にて実施】

コンクリートの品質を確認するため「圧縮強度試験」を実施する必要がある。基本的に毎日打設作業を行うため、当該試験も打設後に毎日発生する。従来であれば、試験場まで移動して臨場確認を実施していた。その際、1回あたりの移動に掛かる時間は少ないが、実施回数が多いため、累積すると多くの時間を「移動」に費やすこととなる。そこで、本工事では「遠隔臨場」にて実施することで試験実施に掛かる時間の短縮を図った。結果、移動時間が無くなり大幅な時間短縮を果たすことができた。

写真6. 「遠隔臨場」による圧縮強度試験の実施状況



表3. 圧縮強度試験(臨場)の確認に要する時間

	現地に臨場の場合	遠隔臨場の場合
往路に掛かる移動時間	12分	-
試験時間	10分	
復路に掛かる移動時間	12分	-
試験回数	78回	
確認に掛かる合計時間	2,652分	780分

約1,872分の短縮！

6. おわりに

今回は「デジタル技術」を活用してさまざまな取り組みを実施したが「失敗」も「成功」もあった。消波効果を有する「コンクリートブロック」と言っても、多種多様な形状・重量のものが存在する。そのため、製作するモノによっては、同じように活用できるものもあれば、全くできないものもあると感じる。

建設工事では、地理・地形的条件や気象環境、施工時期など様々な条件下での施工となる。そのため、施工前の計画が「実際に現場でできるのか？」という不安がある。今回は「デジタル技術」を活用することでより現場に近いシミュレーションが可能であった。「デジタル技術」を導入・活用することで、生産性向上や働き方改革に繋がり、建設業をより良いカタチに変えていける未来の可能性を感じることができた。