

(3) 無人化施工操作室内の環境整備

操作室は、ほぼ閉鎖空間であり新型コロナ等に限らず、一人が感染すると室内全員に影響するリスクがある。そうするとオペレータの替えがきかず、生産性が大きく低下する。

また、VDT作業になるため長時間の作業を続けると、眼や体に限らず精神的な症状も生じるリスクがあると言われていたため、この2つは優先順位を高くして作業環境を整える必要がある。

3. 工夫・改善点と適用結果

結果は、工期を延長することなく当初設計（掘削）に対し14%の増工と約41%の進捗率向上を達成し、当初請負額の無人化施工部分で10.1%のコストカットを達成（提案）している。

前項で示した要因を軸に説明するが基本的な検討事項や対策は省略する。

3.1 事前検討と施工計画

3.1.1 通信設備と施工機械の1社調達

無人化施工における通信設備と施工機械を個別に調達し不具合が発生した場合、どちら側の問題か（責任か）解決できずに対応が後手に回る事が予測された為、1社調達を行い不具合発生時の対応リスクを低減させ、システム系の不具合はリモート対応できるよう段取りしている。

3.1.2 クローラードンプの増台と運搬路

単に増台を検討するだけでは、既存の運搬路だけでは離合等で停滞するためロスが大きい。また操作に不慣れであるため狭小箇所での離合は避けた方が効率的であると考え運搬路を協議のうえで設置している。これにより大きな停滞はなく運搬作業を効率よく行う事が可能となっている。（図-2）なお既存の運搬路と新設運搬路を利用した場合の平均的な運搬距離はほぼ同じである。

クローラードンプの増台は、日当たりの施工量を向上させる目的もあるがクローラードンプが故障し作業不能になった場合、元々の工程が圧迫している分、施工進捗にダイレクトに影響する。そのため、日々の最低ラインを維持させる目的で予

備機としての考えを強く持って導入している。

結果論を一言述べさせてもらうが、施工日数51日に対してクローラードンプが何の不具合もなく稼働した日数は14日である。3台導入しての稼働は平均2.5台であるが、これは時間換算なので、施工量としてのロスはこれより大きい。

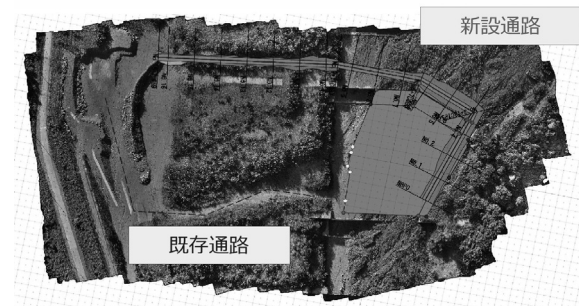


図-2 運搬路計画図

3.2 施工の効率化

事前に本工事と概ね同じ機材と搬出距離で行われている試験施工（別工事）の日当たり施工量の実績は約180m³である。本工事では現実的な機材調達時期や施工計画期間、機械の故障率や作業不能日を考慮すると最低でもこれを50%上回らなければ工期内に収まらない状況である。

実際に検討し実施した事項を順に示す。

機械の増台は前項で触れたので省略する。

3.2.1 遠隔操作式バックホウのMC制御

無人化施工技術は、有人による機械施工に比べて作業品質や効率が劣る、オペレータが少なく技量不足などの課題があると言われていたが、これはI-Constructionの普及により大きく改善されていると感じる。無人化施工でICT施工を行う場合、バックホウにおいてはMG（マシンガイダンス）が主流となっているが、仕上げ部分に関しては、スピードや仕上がりはオペレータの技量に左右され、かつ通信のタイムラグが0.2/sec程度あるため感覚的な慣れは必用でありオペレータの負担は大きい。それらを改善させ、さらに効率化を図る目的で、遠隔操作式バックホウでは世界で初めてのMC（図-3、4）に挑戦することで、課題がクリアされ生産性向上を図ることが出来ている。

無人化施工において、通信遅延からくる操作感覚の違いがあり、マシンガイダンスよりマシンコントロール技術を用いた方が、明らかに作業が効率化されオペレータの負担も軽減されている。



図-3 施工状況（遠隔操作側）



図-4 施工状況（現場側）

無人化施工においては従来、高い出来形精度は求められていないが、今回MC技術を用いる事で出来形平均値は+8.1mmと高い精度で施工が行えている。ヒートマップに多少のバラつきは有るが通常施工と比較してもそれほど遜色はない。出来形帳票等を以下に示す。（図-5、6）

様式-31-2

出来形合否判定総括表

測定項目		規格値	判定
平均値	平均値	8.1mm	± 50mm
	最大値(層)	143mm	± 150mm
	最小値(層)	-149mm	± 150mm
	データ数	5,178	1層: 4531.2 (4.87%未満)
	評価数値	4.874/264	
標準偏差	平均値	0.712mm	(15.6以下)
	最大値(層)		
	最小値(層)		
	データ数		
	評価数値		

規格値		データ数(層)	割合(%)
-100	0	0.0	
-100 ~ -80	38	0.7	
-80 ~ -60	205	5.5	
-60 ~ -40	799	15.4	
-40 ~ -20	824	18.0	
± 0 ~ +20	1344	26.0	
+20 ~ +40	1287	24.9	
+40 ~ +60	399	7.7	
+60 ~ +100	57	1.1	
+100 ~	0	0.0	

図-5 出来形確認帳票

度数表

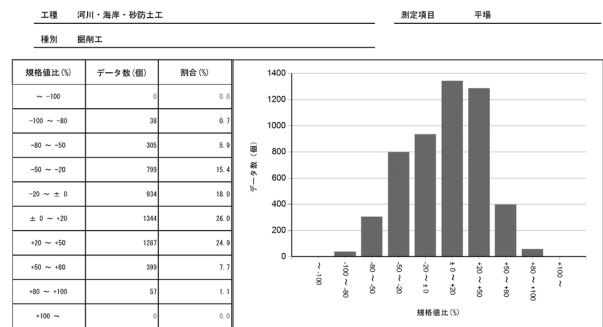


図-6 出来形確認（度数表）

3.2.2 カメラの高解像度化

1日の施工時間はカメラ車の配置や撤去時間とVDT作業による休憩時間等を考慮すると標準で6時間程度である。また本工事の施工時期は冬季であり、日照時間が短く作業時間はさらに短縮される。特に夕暮れ時付近では画像の性能差が顕著に表れる。（図-7）左画像は11月下旬の午後5時15分頃の映像で、比較用にアナログカメラを利用（図-7、左下）している。作業時間のロスを防ぎ効率化するには画質も重要な要素である。また画質が悪いとより画面を注視し負担が増え、状況によっては映像が見づらく重機災害に繋がる恐れもあるためHDカメラを採用している。

（図-7、右側）



図-7 HDカメラ利用

3.2.3 施工区域エリアの調整

当初設計では、クローラードンプ運搬について無人化施工エリアと有人施工エリアで乗換えを行う計画となっていた。設計通りに乗換えを行う場合は重機との離隔や合図が別途必要になり、同時に連絡ミスや確認不足、昇降時の体力的なリスク

も負うことになるので、当現場では無人・有人の相互間の乗換えを無くすことで、人的な災害リスクを排除し乗換え時の時間ロスと人員の削減で、生産性の向上を図っている。説明図は割愛する。

3.3 作業環境の整備

3.3.1 車両検知（進入者検知）システム

有人施工エリアを無くし、無人化施工エリアのみで作業を行う場合、進入者の防止対策は重大災害に繋がる可能性が高いため必須である。施工中は、基本的にA型バリケードを設置し看板で注意を促している。それを越えて進入した場合、レーザー式センサーが反応し無人化施工の操作室内でも、パトランプと音で告知する仕組みを作り、進入者がある場合はクローラーダンプを一旦停止させ、進入者の状況を確認するよう対策を行っている。（図-8）



図-8 車両検知システム

3.3.2 操作室内の環境整備

次の対策を行うことで、施工進捗を落とす要因を作らないようにしている。（図-9）

① VDT作業の負担軽減

ブルーライトカットメガネの着用と、ローテーションによる1時間に10分程度の休憩時間確保、前述したHDカメラの採用。

② 新型コロナ等感染症防止対策

操作関係者以外の入室制限（5名まで）を行い、来客時は窓を開けて換気。入室時はマスク着用検知機能付き非接触型体温測定機を設

置し入退室記録も同時に行う。作業員への対策は両側1m程度の間隔を確保し間仕切りを設置、加湿機能付き空気清浄機や自動アルコール消毒液散布機等を設置し作業環境を整備している。



図-9 操作室内の環境整備

4. おわりに

工事として行う無人化施工は、地元企業では初めてであり、地元の人材で行うことや人材育成もテーマの一つであった。本論文で紹介した対策や工夫を行うことで、安全性・生産性も向上し、地元企業でもしっかりと「無人化施工」に対応できている。初めて行った工事なので、改善余地はまだまだ有るが、今回行った工夫で生産性が3割以上向上したことで、作業日数が短縮され、大幅なコストカットも図ることができている。本文中で紹介したような無人化施工でのバックホウMC技術やHDカメラやクローラーダンプの増台は、目先のリース費等だけを見るとどうしても高価に感じるが、それに見合う作業効率化は図れている。特に無人化施工のバックホウにMC技術を付加できたことはとても大きく、技術者や経験者不足が課題のなか無人化施工を簡単に運用できる工夫を一つ実証出来たことを嬉しく思う。遠隔操作式バックホウをMC化させるにあたり、技術協力いただいた(株)ショージ様にもこの場を借りてお礼申し上げます。