

令和 2 年度
近畿地方整備局管内
砂防関係工事安全施工管理技術
研究発表会
論文集

[開催日] 令和 3年 2月24日 (水)

[開催場所] WEB会議 (ZOOM、YouTube)

— 目 次 —

| 番号 | 表題 | 頁 |
|----|--|----|
| ① | <p style="text-align: center;">『栗平川湛水池周辺整備工事における安全確保を目的とした、無人化施工の活用について』</p> <p style="text-align: right;">山村 登</p> <p style="text-align: center;">(栗平川湛水池周辺整備工事 株式会社 中和コンストラクション)</p> | 1 |
| ② | <p style="text-align: center;">『淀川水系一の谷 通常砂防事業の施工計画について』</p> <p style="text-align: right;">森山 正隆</p> <p style="text-align: center;">(淀川水系一の谷(恩智川)砂防堰堤工事(R2)その2工事 三大建設株式会社)</p> | 5 |
| ③ | <p style="text-align: center;">『赤谷3号砂防堰堤工事における無人化施工の活用実績について』</p> <p style="text-align: right;">松本 健太郎</p> <p style="text-align: center;">(赤谷3号砂防堰堤工事 鹿島建設株式会社)</p> | 9 |
| ④ | <p style="text-align: center;">『天上川水系座福ヶ原第二堰堤工事の安全対策について』</p> <p style="text-align: right;">松本 匡平</p> <p style="text-align: center;">(天上川水系座福ヶ原第二堰堤工事 株式会社松本組)</p> | 13 |
| ⑤ | <p style="text-align: center;">『那智川平野川他流域整備工事における安全対策と地域貢献について』</p> <p style="text-align: right;">竹谷 健治</p> <p style="text-align: center;">(那智川平野川他流域整備工事 井筒建設株式会社)</p> | 17 |
| ⑥ | <p style="text-align: center;">『住宅地に接する斜面对策工における安全対策について』</p> <p style="text-align: right;">岬 誠一</p> <p style="text-align: center;">(住吉山手地区2工区斜面对策工事 ライト工業株式会社)</p> | 21 |
| ⑦ | <p style="text-align: center;">『滝川補助通常砂防工事のICTを活用した安全対策について』</p> <p style="text-align: right;">西関 和彦</p> <p style="text-align: center;">(滝川補助通常砂防工事 山甚建設株式会社)</p> | 25 |
| ⑧ | <p style="text-align: center;">『大池見山東堰堤工事における安全対策について』</p> <p style="text-align: right;">田口 研一</p> <p style="text-align: center;">(大池見山東堰堤工事 りんかい日産建設株式会社)</p> | 29 |

(株)中和コンストラクション 栗平川湛水池周辺整備工事
(工期:令和2年3月19日～令和3年3月31日)



現場代理人 ○山村 登
監理技術者 増井 俊夫

キーワード: 土砂崩壊災害防止、墜落転落災害防止、危険箇所の見える化

1. はじめに

当工事は、平成23年9月に発生した台風12号(紀伊半島大水害)による被害があった奈良県吉野郡十津川村の栗平地区(図-1)における土砂崩壊災害復旧関連工事となる。台風12号では、8月31日～9月4日の5日間で1,358mmもの総降雨量が観測(風屋)され、この記録的豪雨により深層崩壊や土石流が群発し、奈良県・和歌山県内の5か所で天然ダムが形成された。



図-1 施工現場位置図

栗平地区も栗平川左岸で深層崩壊が発生した。発生当時、幅:600m、高さ:450m、長さ:650m、崩壊土砂量:2,384万m³にのぼる崩壊土砂が河道を閉塞し天然ダムを形成したが、その後の洪水により天然ダムが決壊、崩壊土砂の多くが土石流として流下し現在に至っている。(写真-1) 河道流域は大規模な浸食を受け、急峻かつオーバーハング状態になっている箇所が随所に点在し、さらにはクラックが発生している箇所も存在している。このような崩壊斜面の山頂から不安定土砂を掘削し、湛水池へ土砂運搬を行うことが当工事の主な工事内容である。(写真-2,3,4)



写真-1 栗平地区被災状況

上記に加え現場全域で断続的に小規模な地山崩壊も発生し、地山崩壊や重機の転落等の可能性が高い場所での土砂崩壊災害や墜落転落災害の防止が重要課題であった。これらの課題に対して実施した安全対策を報告する。



写真-2 施工前(オーバーハング・浸食)



写真-3 クラック発生状況



写真-4 山頂付近(崖錐層)

2. 工事概要

- 砂防土工:1式【掘削工:21,900m³、掘削工(ICT活用):214,900m³】
- 土砂運搬工:1式【法面整形(盛土部):15,700m²、法面整形(切土部)(ICT活用):15,000m²】
- 場内整備工:1式【場内移設工:1式】
- 仮設工:1式

3. 地すべり・崩壊地域での安全対策

3.1 無人化施工による災害防止策

高低差 60m以上の山頂から掘削した土砂を湛水池へ運搬する施工範囲内では、オーバーハング状態やクラックが発生した状況下での作業となり、崩壊による重機の墜落転落災害や土砂崩壊災害の危険が伴う環境であった。

この為、遅滞無い作業の遂行と作業員の安全確保の両立を目指して、安全な遠隔地から建設機械を操作する無人化施工の利用を検討した。無人化施工は、無人化施工機械(1.4m³級バックホウ2台、10t級不整地運搬車3台)、無線操作機、現場視認用の映像伝送装置などを中心に構成した。(図-2,写真-6,7,8,9,10,11)

写真-6 重機に搭載したカメラの状況

360度俯瞰カメラ

前方固定カメラ

写真-7 屋外 360度俯瞰カメラ

写真-8 遠隔操作室

写真-9 操縦席(運転席型)

写真-10 遠隔操作状況

写真-11 ICT MG 用タブレット

図-2 遠隔操作システムネットワーク

3.2 無人化施工における生産性向上に向けた取組み

過去の当現場での無人化施工の実績を基に実証と検討を重ね、オペレータの安全を確保しながら重機の遠隔操作が確実に迅速に実施できるか、以下の4項目について検証した上で無人化施工を行った。

3.2.1 遠隔操作通信ネットワークの伝送遅延状況確認

遠隔操作室と作業現場には最大 60m の高低差があり、通信遅延が発生して重機操作に支障が生じることが想定されたため、無線の親機を遠隔操作室へ、子機を作業現場へ設置して検証を行った。その結果、約 0.02 秒の遅延は発生したが重機操作に支障ないことが判明した。(図-3) また、遠隔操作室と作業現場の間にある掘削対象の地山により通信の隔絶が予想されたため、無人化施工機械を中継拠点として通信伝送できるシステムも用いた。



3.2.2 操作環境(操作レバー)の影響

過去に実施した無人化施工時は、ジョイスティック型の操作レバー(写真-12)で操作をしており、オペレータが慣れている搭乗操作と異なるため操作性の低下を招くと考えた。

そこで、通常の搭乗操作の環境に近付けられる運転席型の操作レバー(写真-13)を使用する操作環境を構築することで、オペレータの不快感を除去し操作性の確保ができた。

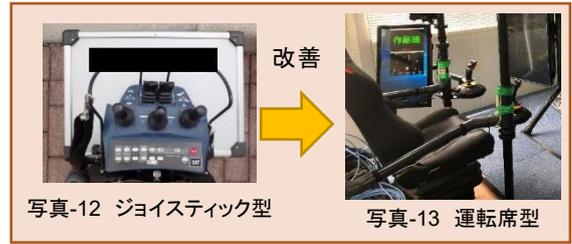


写真-12 ジョイスティック型

写真-13 運転席型

3.2.3 無人化施工時の定量的な施工効率の把握

無人化施工において最も基本的な作業である、バックホウと不整地運搬車による掘削・積込・運搬・排土作業を行う際の「走行時・旋回時・掘削積込時それぞれの効率性・正確性・安全性」についてオペレータへのトレーニングを利用し、施工効率の検証を行った。

オペレータ 3 人が約 1 ヶ月間、遠隔操作式のバックホウと不整地運搬車とを組合わせて「土砂掘削→旋回(90°)→土砂積込→走行(往路)→登坂→旋回(180°)→後退→走行(復路)→降坂→走行→後退→排土」の作業を実施し、これらの作業にかかるサイクルタイムの計測を行った。(図-4)



図-4 施工効率の検証

その結果、重機への搭乗操作時 454 秒に対し遠隔操作時 597 秒と、約 1.3 倍のサイクルタイムがかかり、施工効率が約 75%まで低下した。本結果の検証により、遠隔操作用モニタの映像表示位置によって視野が狭くなることで効率低下の大きな要因であることが判明した。

3.2.4 遠隔操作の映像環境による影響確認

俯瞰カメラ用の映像モニタとして「4K 解像度 27 インチ 3 台(写真-14 上側)」を、車体前方カメラ用の映像モニタとして「4K 解像度 43 インチ 3 台(写真-14 下側)」を、リモートコックピット内から現場の視覚情報を得るための設備としてオペレータへ呈示した。

当初、車体前方カメラを設置した際は漠然とした方向と高さにかメラを取付けていた。トレーニングを重ねる中でオペレータの視野角および車体前方カメラの位置による操作の違和感が施工効率低下の要因ではないかと考えられたため、視野角を 110 度に一致させ、撮影側レンズを約 15 度～20 度下向ヘチルトした。また、オペレータ各人毎の視認範囲が異なるため、オペレータ毎・機械毎に座席位置、角度の微調整を行った。さらに、奥行き感を得ることに對して、映像モニタ自体に 2m を示すラインテープを貼ることで奥行き感の感覚が得られるように工夫した。これらの対策により操作感覚が向上した。

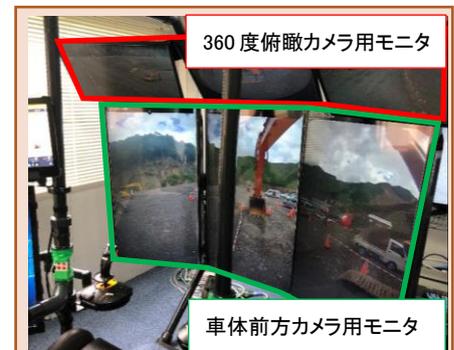


写真-14 映像モニタ構成

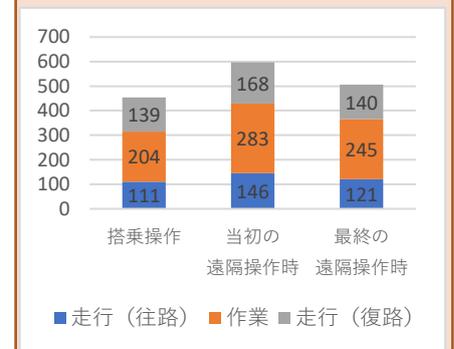


図-5 施工効率の検証結果

施工効率については、これらの視覚変更や映像位置の調整による相乗効果もあり、当初の遠隔操作時からサイクルタイムが約 15% (597 秒→506 秒) 向上し、搭乗操作と比較しても施工効率が約 90%にまで向上する結果が得られた。(図-5)

3.3 無人化施工の活用結果について

3.3.1 全体的な結果について

現在実装可能な技術の組み合わせによって、複数台の遠隔操作重機による施工を実現できることが確認できた。今回、ICT 機器を搭載した無人化施工機械での遠隔 ICT 施工を行うことにより安全性は確保できた。

また、従来の搭乗操作での ICT 施工と比べると施工効率は掘削作業で約 85%、法面整形作業で約 67%となった。(図-6)

一般的に無人化施工の施工効率は 60%~80%程度と言われている中、掘削作業においては有効な結果を得ることができたと評価する。しかし、法面整形作業においてはまだ不十分な結果となった。

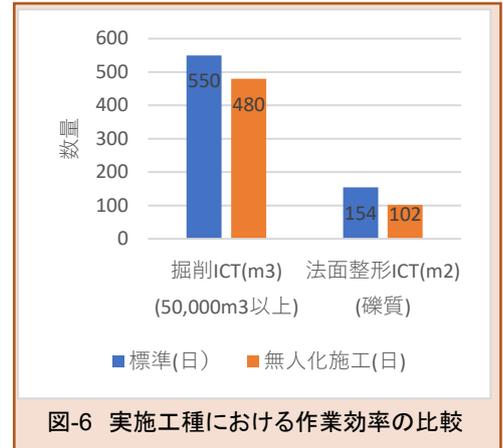


図-6 実施工種における作業効率の比較

3.3.2 施工に関する結果について

今回の工事で得られた施工に関する結果を以下に列挙する。

- ① 搭乗操作と異なり、遠隔操作室という同一空間に複数のオペレータが同席して遠隔操作をすることで、オペレータ同士で操縦ノウハウを共有でき、操作技術が向上しやすくなる。
- ② 不整地運搬車の走行時やすれ違い時、相互の間隔が映像モニタでは分かり難く、慎重な操作が必要となり施工効率が落ちた。そのため、無人化施工エリアの区分、走行経路の確保、重機運行計画を策定すると共に、カメラ越しでも視認性の高い大型カラーコーンの採用や路肩への白線ラインの明示により施工効率が向上した。
- ③ 熟練者は1ヶ月間で作業時間を平均約 18%短縮できた。一方、未熟練者は日毎に作業効率が向上し、1ヶ月間で作業時間を平均約 30%短縮できた。従来の搭乗操作に慣れていない場合でも、ICT 機器を利用することで未熟練者の方が熟練者より高い効果が出ることが分かった。未熟練者の施工効率が早期に向上するため、無人化施工においても ICT 機器を利用することで生産性や運用性を向上させることができた。(図-7)

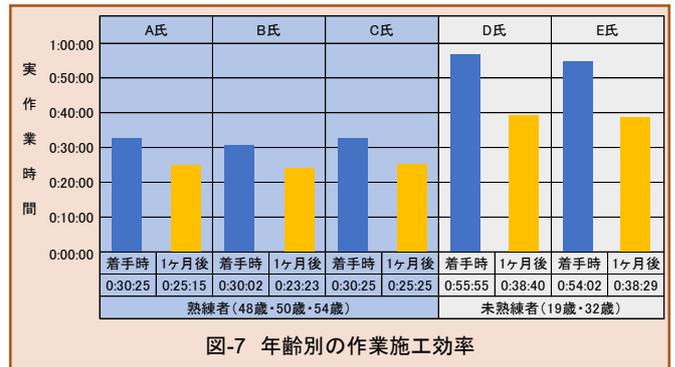


図-7 年齢別の作業施工効率

- ④ 現場に合わせて既存装置を用いることで無人化施工を実現できることは確認できたが、作業途中、耐震性・耐久性・耐環境性等の部品の品質低下がみられた。この課題解消のためには建機メーカーと施工会社が協力して配線部の防水対策、取り付け金具の強化、耐震構造によるユニット化等を開発していく必要があると考える。

3.3.3 映像環境に関する結果について

3.2.1 で述べたように、現状の無線システムでは現場に併せて都度構築が必要となる。今後の課題としては、汎用性のある通信機器等の開発を積極的に進めるには、継続的な無人化施工工事の実施が必要である。

4. まとめ

今回無人化施工を活用し、オーバーハングやクラックなど危険箇所での重機の墜落転落災害や土砂崩壊災害を起こす事なく掘削作業を進めることができた。また、改善に向けた検討を行うとともに、熟練オペレータ不足の状況を踏まえた未熟練オペレータを対象とした「従来と違う運用条件」に着眼し、働き方改革を進めることで、オペレータの採用と早期戦力化に繋がり、作業の効率化も期待できる。本工事は、これから最盛期に入る。現場ではヒューマンエラーによるミスが大災害に繋がるので、日々の安全管理を徹底し、無事故・無災害で完工するよう努めて参ります。

よどがわすいけい 淀川水系 一の谷 つうじょうさぼうじぎょう 通常砂防事業の施工計画について

三大建設株式会社
淀川水系 一の谷（恩智川）砂防堰堤工事（R2）その2
（工期：令和2年7月～令和4年12月）
現場代理人 ○森山 正隆



キーワード 「土砂災害防止」「クレーン災害防止」「環境保全」

1. はじめに

大阪府八尾市にある一の谷は、保全対象に人家65戸や要配慮者利用施設などを含む、土砂災害特別警戒区域を擁する溪流である（図1）。生駒山系の西側斜面は急峻な地形であり、本溪流も非常に急峻かつ狭小な流路の形状となっている。また、本溪流沿いは高安古墳群が存在するなど施工や工事用の資器材の運搬に際し、非常に注意を払う必要がある。



図1. 箇所図

本稿においては、このような現場条件の下、安全性や環境保全の観点から、本工事において特に留意している点について報告を行う。

2. 事業の概要

一の谷通常砂防事業は、平成20年度から事業に着手しており、上流の2号堰堤が平成29年度に概成し、下流の1号堰堤が平成29年度より施工中である（写真1）。1号堰堤は堤長39.0m、堤高13.0mの部分透過型堰堤となっており、弊社が受注した本工事（以下、本工事）では、砂防土工の一部、本堤工及び前庭保護工を施工することとなっている。現地は前述のとおり、非常に急峻かつ狭小な溪流であり（写真2, 3）、かつ周辺には6世紀ごろの古墳時代後期の古墳群である高安古墳群となっていることから、工事用進入路の設置や大型重機の搬入が困難な状況である。



写真1. 現地空中写真

そのため、本工事の施工にあたっては、先行の2号堰堤工事と同様に、大型モノレール及びタワークレーンを用いた施工としている。



写真2. 溪流の状況（下流から）



写真3. 溪流の状況（上流から）

3. 現場における安全対策について

3.1 モノレールの引継ぎについて

本工事では、発注段階から前回工事において設置されたモノレール軌道及び作業ヤードを引き継ぎ使用することとなっている（写真 4, 5）。本工事における本格的な運転に先立ち、レールなどの設備に異常がないか入念な試運転を行い、状態を確認してから本工事に着手している。また、少なくとも一か月に一度は設備の点検を行い、必要に応じて補修等を行っている。

設置されたモノレール軌道は、史跡等の周辺環境への影響を最小限にとどめる目的から、ほぼ溪床に沿うように設置されていた。そのため、出水期における現場対策として、降雨時における現場パトロールの実施に加え、降雨終了後には、モノレール軌道の足場部に土砂等が堆積し、溪流を阻害していない事を確認し、堆積が確認された場合には速やかに除却する計画とした。



写真 4. モノレール軌道



写真 5. 作業ヤード

3.2 タワークレーンの設置について

前述のとおり、本工事の現場には大型重機の進入が不可能であるため、本堤部のコンクリート打設等にタワークレーンを用いるが、その設置についても通常の設置方法をとることができない。そのため、本工事においては、① 小型のジブクレーン（作業半径 4～12m、定格荷重 1.1t）を手作業で設置、（写真 6-1）② ①を用いて低床ジブクレーン（作業半径 10m、定格荷重 3.5t）を設置、（写真 6-2）③ ②を用いてタワークレーン（作業半径 30m、定格荷重 1.1t）を設置することとした（写真 6-3、6-4）。各クレーンの部材の運搬には 3.1 のモノレールを用いたが、クレーンの部材（ジブや基礎部分等）については本工事の中でも比較的大型の運搬物であることから、周辺の構造物やモノレール軌道及び作業ヤード等への接触などが発生しないように分解し慎重に運搬した。

また、①や②においては写真 5 にある作業ヤードに設置する必要があるが、現地の状況から限られたスペースにて部材の搬入や設置を行う必要があることから、作業員と部材との接触防止や作業員の作業ヤードからの転落防止には特に注意して作業を行った。併せて、現場には吹き流しを設置し作業中は常に風速に留意し、一定の風速となった場合には作業を中断することとした。

3.3 本堤部築造について

3.2にて設置したタワークレーンにて本堤のコンクリートを打設する（写真7）。タワークレーンは有資格者にて操作し定格荷重の遵守や玉掛工具類の点検を行い施工している。山間部での作業となるので木などの障害物が多く、介錯ロープ等により荷ブレがないように慎重に操作することとしている。

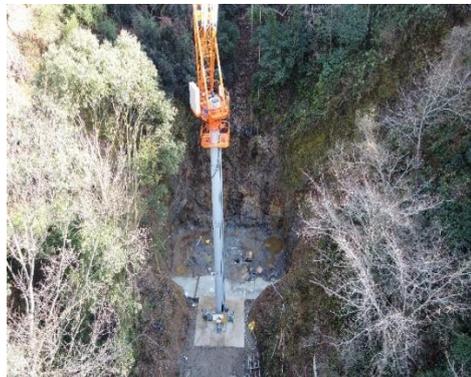


写真 6-1. ①小型ジブクレーン設置状況



写真 6-2. ②低床ジブクレーン設置状況



写真 6-3. ③タワークレーン設置状況



写真 6-4. ③タワークレーン設置状況



写真 7. コンクリート打設作業

3.4 砂防土工における発破作業について

本工事の砂防土工の一部では、現地に搬入可能な重機では掘削が不可能な岩質の掘削が含まれていることから、発破作業が必要である。そのため、火薬庫の設置や火薬類取扱いに関する法令の遵守、発破作業時における周辺への立入禁止措置や飛散防止措置、及び発破後の点検や安全確認などについて、発破指揮者の指示のもと確実に行うこととしている。

4. 作業員の健康管理について

不快な労働環境や作業員の心身の疲労は、現場作業における些細なミスにつながることが多い。特に、本工事は工期がおおむね2年半と長期になることから、現場事務所や作業員休憩所の設置などによって労働環境の改善や作業員の心身の疲労回復を図ると共に、4週8休工事を徹底するための作業工程とし、作業途中においても適宜工程の確認・改善を図りながら工事の進捗に努めていく。また、簡易水栓トイレの設置や、工事用車両のアイドリングストップなどによって周辺環境や自然環境へ配慮も徹底する（写真8）。



写真8. 現場内に掲げた工事安全スローガン



写真9. 朝礼時等の新型コロナウイルス感染症対策状況

また、作業員の新型コロナウイルス感染症対策として、作業前の朝礼時の検温や体調確認の実施（写真9）、現場事務所や作業員休憩所へのアルコール消毒液の設置などを行い、新型コロナウイルス感染症の蔓延によって作業工程に支障が生じないように注意していく。

5. さいごに

本工事は、土石流の危険性があり、急峻かつ狭小であることから、出水期における現場での施工の休止はもちろんのこと、非出水期においても常に天候には気を使い、安全かつ効率的な作業を心掛けていきたい。また、工事資器材のモノレールでの運搬や砂防土工時の発破作業など、経験値の少ない作業であり、より一層の緊張感を持ちながら、現場内外で事故が発生しないよう作業を進めていく。

また、常に作業環境の改善に努め、新型コロナウイルス感染症に限らず、作業員の健康状態には特に注意しながら安全に努めていく。

さいごに、本工事の必要性・重要性について理解いただき、ご協力をいただいている地元の方々、また、八尾土木事務所の職員の方々や関係者の皆様に感謝を申し上げますと共に、引き続き安全・安心な工事を進めていくことを誓い、本稿を締めくくる。

あかだに ごうさぼうえんていこうじ むじんかせこう かつようじっせき
赤谷3号砂防堰堤工事における無人化施工の活用実績について

鹿島建設株式会社 赤谷3号砂防堰堤工事
(工期：令和2年2月1日～令和4年3月15日)



監理技術者 ○松本健太郎 まつもとけんたろう

【キーワード】 『深層崩壊』 『河道閉塞対策工事』 『無人化施工』 『ICT活用施工』 『技術提案・交渉方式』

1. はじめに

平成23年9月の台風12号による降雨は、紀伊半島の広い範囲で総降水量が1,000mmを超え、記録的な大雨となり各地で甚大な被害をもたらした。この大雨の影響により、赤谷地区（奈良県五條市大塔町清水：図-1参照）では、深層崩壊が発生し、1,138万 m^3 の崩壊土砂が河道を閉塞し、大規模な湛水池（天然ダム）が形成された（写真-1・2参照）。

赤谷地区では、発災直後より越流侵食の防止を目的とした仮排水路を整備する緊急対策工事が実施され、現在は、河道閉塞土砂の侵食防止を図るための砂防堰堤等の整備が進められている（図-2参照）。

砂防堰堤の施工期間中も、崩壊斜面は崩落を繰り返し、現在も斜面に不安定な土砂が堆積している。特に、平成26年8月の台風11号では、430mmの連続雨量を記録し、76万 m^3 の土砂崩壊が発生し、写真-3に示すように大量の越流水が2号砂防堰堤を流下するなど非常に危険な状態であった。

そこで、大規模崩落斜面直下での砂防堰堤構築となる今回の工事は、技術提案・交渉方式（ECI方式）で技術協力・施工タイプの対象工事であることから、施工時の避難の迅速性を第一に考え、出水期間中（6月15日～10月31日）における無人化施工の採用が決定している。

工事着手前に実施した技術協力業務において、今年度（令和2年）の出水期は、無人化施工で掘削工の施工を行い、来年度（令和3年）の出水期は、無人化・自動化施工で砂防堰堤工の施工を行う予定である。

本稿では、今年度実施した土工事における無人化施工の活用実績とその他の安全対策について報告する。



図-1 現場位置図



写真-1 河道閉塞状況



写真-2 崩落斜面状況

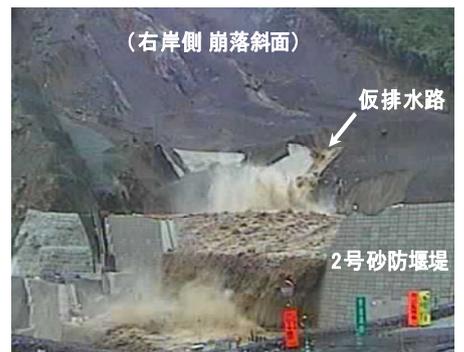


写真-3 越流状況(平成26年台風11号)



図-2 全体概要図

範囲に移動する複数の重機が円滑に操作可能な設定とした。また、固定カメラの映像データ通信には、大容量かつ高速データ通信が可能な 25GHz 帯小電力無線を採用し、100m 間隔に拠点間通信用無線を設置することで、遠隔操作においても映像データが遅延なく通信可能な設定とした（図-6 参照）。

これらの無人化設備を出水期前に先行設置し、無人化施工した結果、土砂崩壊による二次災害を防止し、安全に施工を進めることができた。出来形管理については、ICT 技術を活用することで、砂防土工の出来形値を国交省規格値の 80%以下に収めることができた。また、バックホウや不整地運搬車、移動カメラ車等の重機が同時に複数台稼働したが、無線通信等のトラブルもなく、技術協力業務にて計画していた施工数量を達成することができた。



図-5 無人化施工設備配置図

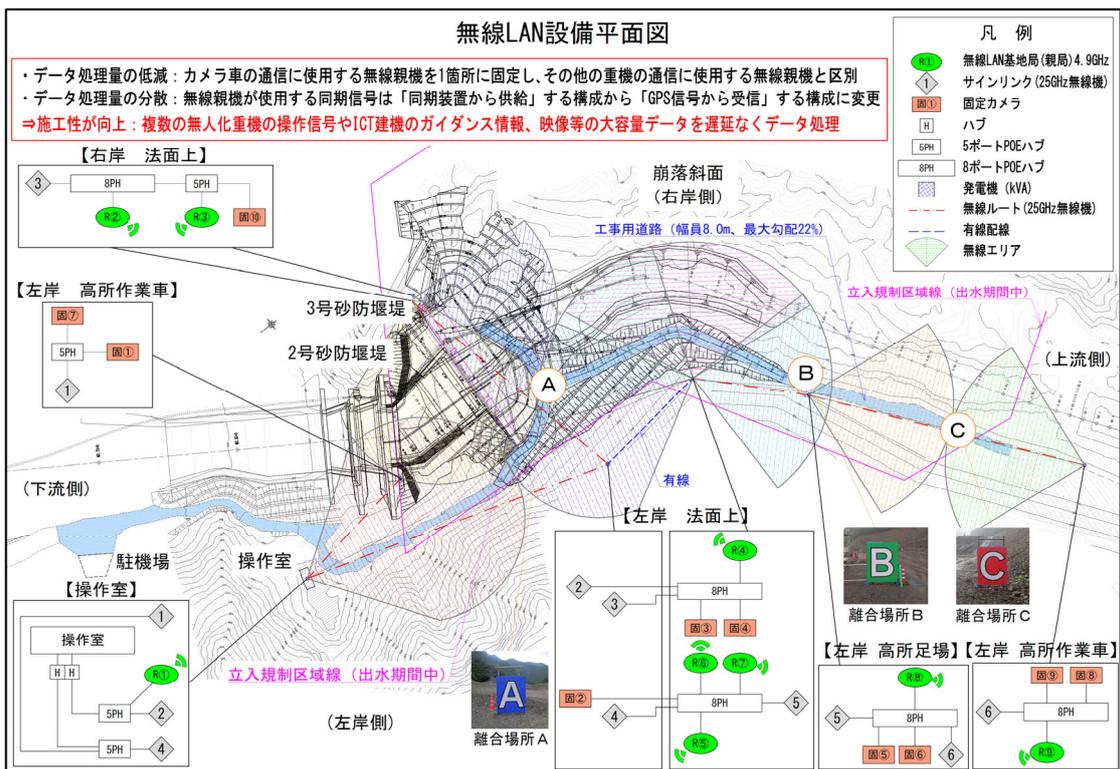


図-6 無線 LAN 設備配置平面図

4. その他の安全対策について

赤谷地区では、崩落斜面に地盤伸縮計や杭式傾斜計等の斜面観測機器や3号堰堤施工箇所の上流に雨量計、ダム湖に水位計が設置されており、これらの計測値を一元管理するために、警報伝送システムを構築した(図-7 参照)。具体的には、図-8に示す作業中止基準に従い、計測値に異常があれば、警報器やパトライトで現場の作業員に注意喚起すると同時に、職員及び職長の携帯電話に警報メールが届くシステムとなっており、メール確認後、直ちに作業員全員に避難命令を発信し、所定の避難場所へ避難するルールとしている。

その他にも、台風発生時には、現場への入場が大変危険であるため、本工事では現場点検表を作成し、点検結果や被災状況、復旧計画を国土交通省関係部署へ迅速に報告するとともに、関連工事関係者へも連絡し、各工事関係者の作業再開について調整を行っている(図-9 参照)。

これらの対策の結果、隣接工区を含めて、安全に施工を進めることができた。

5. おわりに

平成23年9月16日から着手した赤谷地区の河道閉塞対策工事は、梅雨や台風がもたらす豪雨により、越流侵食や深層崩壊斜面に堆積している不安定土砂の大規模な再崩落及び大量の泥土の流入等、非常に厳しい施工条件下での対策工事となっている。この難工事に対し、国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所と連携を密に図ることにより、これまで無事故で対策工事を進めることができています。

本工事では、大規模崩落斜面直下での砂防堰堤構築となることから、今年度の出水期間中(6月15日~10月31日)の掘削工に無人化施工を採用し、安全に施工することができた。来年度は、砂防堰堤工に無人化・自動化施工を採用する計画であるため、今年度の実績を踏まえて、施工計画を立案しているところである。

最後に、今日まで技術的指導および資材の提供を頂いた近畿地方整備局、一般財団法人砂防・地すべり技術センター関係各位、ならびに過酷な条件下で、協力して頂いている関係会社各位に、この場を借りて厚く感謝の意を表したい。

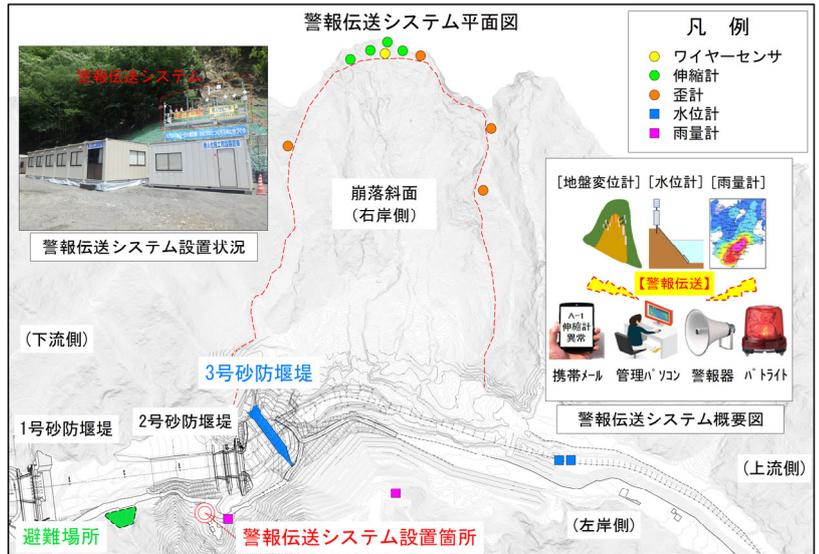


図-7 警報伝送システム概要図

| | | |
|--|---|---|
| レベル1 通常監視 | ・ 日常点検(ダム湖の水位・湧水状況・堆積土の亀裂状況) ・ 伸縮計・杭式傾斜計(崩壊検知センサ)のデータ確認(作業開始前) | |
| レベル2 作業注意 | ・ 「大雨注意報」を発令した場合 ・ 時間雨量が5mm以上を連続3時間観測 ・ 地盤伸縮計の移動量が10mm/日以上を観測 ・ 地中伸縮計の移動量が10mm/日以上を観測 | ・ バイブ計の変動量が240マイクロストロイ/日以上を観測 ・ 杭式傾斜計(崩壊検知センサ)が9°/日を観測 ・ 杭式傾斜計(崩壊検知センサ)が1.5°/hを観測 |
| | 【連続雨量・地盤伸縮計・地中伸縮計による警報メールが届いた場合、携帯・無線・パトライトにて注意喚起】 | |
| レベル3 作業中止 | ・ 「大雨警報」を発令した場合 ・ 連続雨量が100mmを観測 ・ 時間雨量が10mmを観測 ・ 震度4以上の地震発生した場合 ・ 濃霧等で崩落斜面の確認ができない場合 | ・ 地盤(地中)伸縮計の移動量が25mm/日または2mm/h以上を観測 ・ バイブ計の変動量が40マイクロストロイ/時以上を観測 ・ 複数の杭式傾斜計(崩壊検知センサ)が3.0°/hを観測 ・ 複数の杭式傾斜計(崩壊検知センサ)が累計30°を観測 ・ ワイヤセンサの切断 |
| | 【作業再開目安】 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ① 亀裂箇所、② 湧水箇所 ③ 亀裂箇所、④ 地盤伸縮計・地中伸縮計の数値による中止の場合 ⑤ 伸縮計の移動量および現場点検で異常が無いこと ⑥ ① 拡大崩壊ブロックの亀裂、斜面内に新たな亀裂の発生 ⑦ ③ 監視装置の動作確認 | |
| 【連続雨量100mm以上で、観測機器による作業中止基準に達している場合もしくは崩壊地内で大量の土砂移動が発生した場合】 | | 【杭式傾斜計の数値による中止の場合】 |
| ① 雨が止んだ後も数日間は作業を中止し、地盤(地中)伸縮計が変位増加前の平均日変位量(2週間平均)まで低下していること | | ① 堆積土 |
| ② ただし、上記により再開した場合でも、地盤(地中)伸縮計の変位が平均日変位量(2週間平均)から急激に変位速度が上昇した場合は、作業注意基準に達しなくても作業注意と同レベルの監視体制とする | | ② 亀裂箇所、岩盤崩落 ③ 監視装置の動作確認 【濃霧等による中止の場合】 ・ 崩落斜面が目視で確認できること |

図-8 作業中止基準

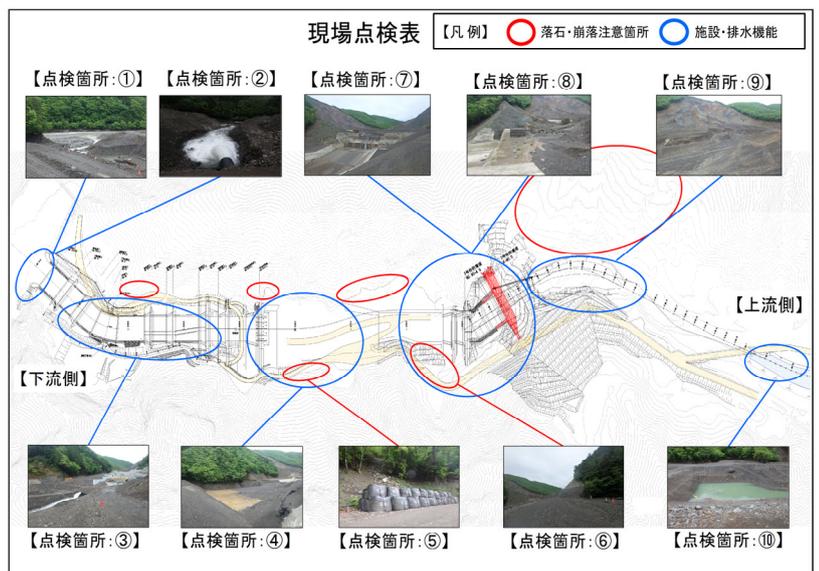


図-9 現場点検表

天上川水系座福ヶ原第二堰堤工事の安全対策について



株式会社 松本組 天上川水系座福ヶ原第二堰堤工事
(工期 平成 31 年 2 月 1 日～令和 2 年 8 月 31 日)

現場代理人 ○ 松本 圭平
監理技術者 木戸 啓介

【キーワード】ケーブルクレーン、省人化、ICT、三次元地形モデル、アシストスーツ(人口筋肉)

1. はじめに

本工事場所は、兵庫県神戸市東灘区岡本 6 丁目の二級河川天上川左岸視線(松尾谷)の上流域に位置(図-1)し、松尾谷地区の住宅からは 250m 程度の距離がある。東灘区岡本地先は狭隘な生活道路網であり、工事用車両等の進入が出来ない地域であった。沢への入り口は急峻な V 字谷で植生が繁茂し、第二堰堤サイトの視認は出来ない。施工位置の地質は、古第三紀に活動した六甲花崗岩(黒雲母花崗岩)である。

本工事の安全課題は、索道線下にある里道及び八幡谷ハイキング道を通行するハイカー等への公衆災害防止、索道設置時の送電線近接施工に伴う感電災害防止、さらに仮設工、作業土工及び本体堰堤構築時の ICT 技術を活用した省人化、反復作業における技能者の負担軽減を行った安全対策であり、これらについて以下に述べる。



凡例：
— 工事用道路 — 八幡谷ハイキング道
— 里道 — 索道 — 送電線 工事箇所

図-1 施工位置図

2. 工事概要

本工事は、天上川水系における本山町田辺地先において、土石流を補足し下流への流出を防ぐ事を目的とした透過型砂防ダムを新設する工事であった。主要工事内容を表-1に示す。

なお本工事は、令和 2 年 8 月 31 日に無事故・無災害で竣工した。

表-1 主要工事内容

| 工種 | 単位 | 数量 | 工種 | 単位 | 数量 |
|---------------|----------------|-------|--------------|----------------|-------|
| 砂防土工(残土処理工) | m ³ | 1,850 | 流路護岸工(かご工) | m | 168 |
| 作業土工(床掘) | m ³ | 2,890 | 鋼製堰堤工 | t | 33.3 |
| 作業土工(埋戻し) | m ³ | 1,000 | 鋼製堰堤付属物設置工 | 式 | 1 |
| コンクリート堰堤工 | m ³ | 2,153 | 仮設工(運搬索+打設索) | m | 430 |
| 間詰工(間詰コンクリート) | m ³ | 27 | (植栽復旧工) | 式 | 1 |
| 間詰擁壁工(かご工) | m | 145 | (舗装撤去復旧工) | m ² | 3,170 |



写真-1 工事着工後(伐採完了)



写真-2 工事完成

3. ICT を活用した索道設置

索道法線及び伐採範囲の選定のため、UAV を活用した地形調査を実施した。索道基地から施工エリアまでの区間(約 340m)において、障害となる高さの樹木の選定、送電線と索道(主索ワイヤーφ32 mm)における離隔距離の確認を行った(図-2)。関西電力との打ち合わせの結果、送電線から索道までの距離 9.8m 以上(索道の跳ね上がりを見込んだ離隔距離)が最低離隔であるとの見解を得た。当初架線設備工計画図(参考)の離隔は 5.1m であったことから見直し計画を行い、離隔 12.1m(図-3)を確保した上で作業効率を最大限に活かせる配置計画を考案した。運搬索道の法線を堰堤下流側に再計画し、横引き(ウィンチ)を併用することで打設索道の切り替えを容易にした。さらに尾根を通過する際のクリアランスを最小にしたことで、巻き上げ(下げ)高さも縮まり、相対的な運搬時間の短縮が可能となった。送電線との離隔確保により感電災害を未然に防止し、技術者の負担軽減、作業効率の向上に繋がった。さらには UAV(航空測量)を使用したことで測量業務や伐採木調査の省人化と、点群データにより送電線との離隔を正確に算出できた。

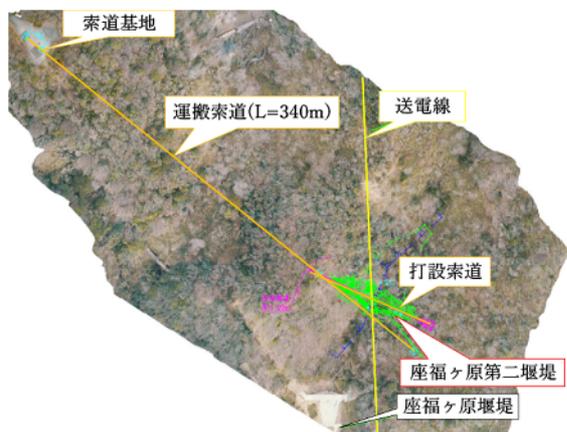


図-2 架線設備工計画図(オルソ画像)

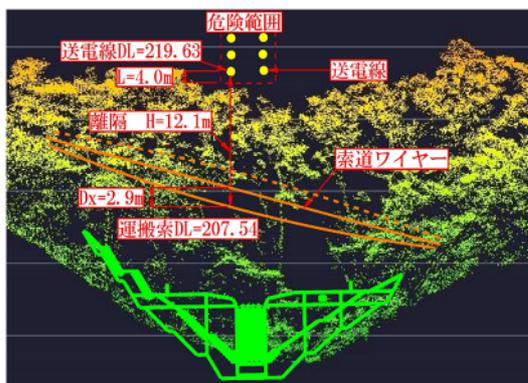


図-3 送電線との離隔確認図

4. ケーブルクレーンに関する創意工夫

本工事では、ケーブルクレーンでの揚重作業頻度が高いため、吊り荷落下やワイヤーの破断等の災害ケースが数多く考えられた。労働災害だけでなくハイカー等が利用する道(八幡谷ハイキング道、里道)があったため公衆災害の危険性もあった。災害発生時の重篤度は高い評価値となり、重大災害となる可能性は高い。それらのリスク低減対策における創意工夫を以下に述べる。

4.1 ウィンチ操作の安全性向上

ウィンチ操作者が玉掛け者及び合図者との有線での確認だけでは現状の把握が曖昧となり、人的要素や共同作業上の行為からヒューマンエラーが発生することが懸念された。堰堤右岸部に施工エリアを監視できる位置にウェブカメラを設置し(写真-3)、NTT 回線からモニターや携帯にリアルタイムの現場動画を視聴できたことで、索道運転における発生度の高いヒューマンエラーを未然に防止できた。また、運搬索道のウィンチには距離カウンターを設置(写真-4)、中間支柱通過距離や中継場までの目安となり、急なブレーキ操作による吊り荷の落下災害を防止できた。



写真-3 ウェブカメラモニタリング



写真-4 距離カウンター設置

4.2 索道設備の負担軽減

土砂運搬時、生コン打設時の積込み量が、計画のケーブルクレーン最大吊荷重(2.9t)以下となるようにダイナホール(荷重表示計)を使用し目安確認を行った(写真-5)。最大吊荷

重を超過しないよう事前に確認できたため、ワイヤー消耗に伴う交換時期の延伸やウィンチに及ぼす負担を軽減できた。



写真-5 ダイナホール使用

4.3 警戒音による吊り荷直下の注意喚起

ケーブルクレーン稼働時の音の特性として、横行動作時は主索にキャレージブロック回転部が主索と擦れるため、音波が大きく遠くにも察知しやすい。しかし巻下げ動作時はワイヤーの巻きを伸ばしローディングブロックの自重で下がるため、横行動作時と比較すると音波が極端に小さく人の耳に伝わりにくい。そういった危険要因を玉掛け警報機(写真-6)の警戒音(最大 90dB)により吊り荷接近の知らせを早めに察知し退避することができた。



写真-6 玉掛け警報機使用

4.4 索道設備の点検方法の工夫

索道設備のワイヤーや滑車等の点検は日々欠かすことのできない大事な業務となる。起終点間の設備の点検は地上にあるため目視や動作確認により容易にできるが、空中にある主索等のワイヤーの点検は高所作業を伴う危険な行為となる。無人のドローンを使用することでそれらの危険を回避でき、ワイヤーの異常(断線、摩耗、腐食、キック等)を容易に確認できた。

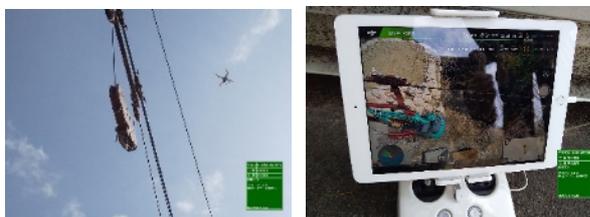


写真-7 ドローンによるワイヤー点検

4.5 ハイカーへの防護設備と注意喚起

索道線下には八幡谷ハイキング道と里道が交差しており(図-1)、ハイカーの通行も多い。そのため飛来落下による公衆災害を防止するため交差する索道直下に防護柵を設置した。さらに危険要因をハイカー等に認知して頂くため、上部警告注意板(トークナビ)を設置した(写真-8)。人感センサーの稼働により防護設備に接近すると、「砂防工事のため吊り荷が上空を通過しますので、ご注意ください」との音声案内を流し注意喚起を行った。



写真-8 防護柵とトークナビ設置

5. 三次元地形モデルを使用した設計照査

本工事では、地山掘削作業を建設機械(MGバックホウ)を用いて行った。床掘完了後に行った UAV 出来形測量の点群データから流路護岸工並びに間詰擁壁工におけるかご枠を 3D 地形モデルに重ね合わせ照査した結果(図-4)、現況地山からかご枠端部が突出し、かご枠背面の埋戻し土が雨水等で流出することが危惧された。当初設計のかご枠延長から端部を延長し、さらに堤軸方向にも延長させ地山と閉合させたことで未然に土砂崩壊の危険を回避することができた。



図-4 【左】三次元地形モデルかご枠

写真-9 【右】かご枠完成

6. 労働環境の改善

本工事は、安全性・作業効率の向上と、技能者や管理者の省人化の取組として、MGバックホウを活用した掘削作業や UAV を活用した三次元地形モデルによる設計・仮設検討など行ったことは前項で述べたとおりである。しかし、

主たる工種であるコンクリート堰堤工においては、技能者の人力作業が不可欠であり、その負担も大きい。そこで砂防工事の労働環境の改善の取組について以下に述べる。

6-1. 腰痛の発生要因¹⁾

腰痛の予防対策として人力のみによって取り扱う重量物の目安は、男性は体重の約40%以下、女性は男性の60%くらいが適当とされている。腰痛の発生に係る様々な要因には動作要因として作業姿勢、連続作業時間があり環境要因としては重さなどがある。さらに個人的要因としては性、年齢、体格、持病等があり、心理・社会的要因としては不安、ストレス人間関係等が存在する。

6-2. アシストスーツ(人工筋肉)採用

本工事の堰堤構築に使用した残存型枠(プロテックピアス)は50kg程度あり、それを人力にて持ち上げる際の腰への負担はかなりのものになる。参考値として動作や姿勢による椎間板圧縮力を図-5に示す。

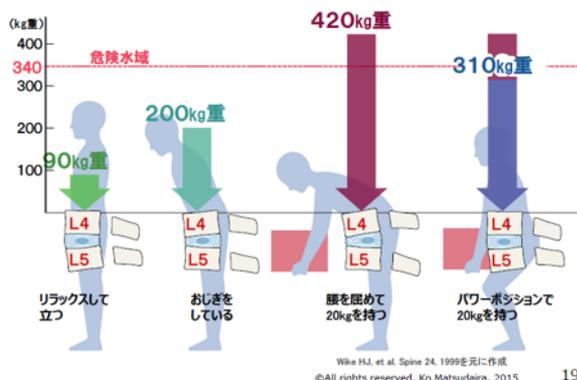


図-5 動作や姿勢による椎間板圧縮力¹⁾

本工事にて残存型枠を組立して頂いた技能者Kさんを例に挙げる。Kさんは体重75kgであった。6-1.よりKさんの人力による重量物の取り扱い目安は30kgとなる。そのため目安の約1.5倍以上となり、業務上疾病(災害性腰痛)の発生が危惧された。そこで製品名マッスルスーツエブリイ(株式会社イノフィス製)という空気圧を利用した人工筋肉が搭載された腰への負担をやわらげるアシストスーツを利用した。腰から下で行われる持ち上げ動作に要する重量の約25.5kgf分をアシストしてくれ、電力も不要なため屋外作業も安心して利用できた。そのため時間や使用場所を気にする必要もなく、取

り付けも簡単にでき、重量は3.8kgと非常に軽かったため、作業性も良好であった。さらにかご枠設置の割栗石詰め(15cm内外)作業時も同様に利用し施工した。この利用にあたって、経験の長い高齢な技能者ほど腰痛持ちの方が多い点や若年技能者においては筋力不足による作業配置換えなどの問題点が解消できた。連続作業時の腰への負担が軽減されたことで人力作業における労働環境の改善に繋がった。



写真-10 アシストスーツ使用

7. おわりに

本論文では、ケーブルクレーンの特性に着目しその作業に起因する安全対策、並びに建設業における労働人口減少・高齢化・若年対策に伴うICT等を活用した省人化と安全性確保の双方から取り組みを述べてきた。近年、進化し続けるICT導入による建設生産システム全体の生産性向上はまだこれからの課題でもある。その今持てる技術を最大限に発揮し、施工技術や安全技術の発展に寄与したいと考える。ただこれからも人の力なくして、安全・安心の施工や構築はできない。より働きやすい環境を創造し、改善することで冒頭に挙げた労働人口減少に伴う改善策も見いだせると確信している。この砂防事業に携わる関係者みなさんの経験と知恵、失敗談などを活かし創意工夫や地域貢献活動に尽力していきたいと考えております。

謝辞: 本工事施工に際して、六甲砂防事務所、東六甲出張所の皆様をはじめ、工事関係者の皆様にご指導、ご協力を頂きました。本紙面をお借りして御礼を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 厚生労働省 腰痛予防対策講習会テキスト
【陸上貨物輸送事業】

「那智川平野川他流域整備工事における安全対策と地域貢献について」

井筒建設株式会社 那智川平野川他流域整備工事
 (工期 令和2年4月1日～令和3年3月31日)



現場代理人 ○ 竹谷 健治
 監理技術者 やまもと よしのぶ
 山本 芳暢

キーワード 仮設工事用道路の安全確保、リスク低減、地域貢献

1. はじめに

本工事の施工場所は那智の滝を望む那智川水系の支流である平野川、樋口川、内の川にて施工された砂防堰堤本体の修景工事でありパネル式修景材（化粧石材 t = 70・85・100mm内外乱積み・割肌仕上げ）を堰堤前面に設置する工事です。
 那智川流域は那智大滝に代表される自然や旧跡、史跡、有形、無形の文化財が多くある信仰の地であり山岳霊場と参詣道には多くの観光客が訪れる場所となっています。
 これらの背景を踏まえて那智川流域の工事においては文化的景観保全が必要なため自然石を模した修景工事を行っています。
 ここでは本工事の安全対策と地域貢献について紹介します。



2. 工事概要

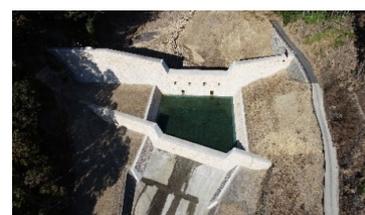
- | | | | |
|-------------|-----|-----------|-----|
| ・砂防堰堤修景工 | 1 式 | ・道路付属物復旧工 | 1 式 |
| ・砂防堰堤付属物設置工 | 1 式 | ・構造物撤去工 | 1 式 |
| ・排水構造物工 | 1 式 | ・仮設工 | 1 式 |



施工前 (平野川地区)



施工状況 (平野川地区)



完 成 (平野川地区)

3. リスク低減及び作業の省力化について

本工事の作業において作業員が精神的及び体力的に一番負担になるのがチップング作業です。常に「振動・粉塵・騒音」という過酷な環境下での作業となります。

又、本工事施工箇所付近には住家も多くあり振動・粉塵・騒音の発生を抑制する事並びに作業員の負担を軽減することがリスク低減につながると考え検討しました。



チップングハンマーの連続使用による振動障害（手指や腕にしびれなど、これらの影響が重なり生じてくるレイノー現象（蒼白発作）や騒音障害（騒音性難聴）、粉塵災害など心身共に作業員の健康を損ねる恐れがあること。

足場全体を重量ある防音シートにて囲うため、作業環境の明るさが遮られるばかりか無風状態となるため、夏場の作業は特に危険が予想されます。

作業環境だけでもこれらのリスクが懸念され、工程においても、かなりの労力を要するため施工期間も必然と長くなります。

工法を変更

そこで、作業員の安全を保ちながら、既設堰堤と新設コンクリートの接着性をチップング工法と同程度以上となるように工法及び使用材料の選定を行い、NETIS（新技術）に登録されている新旧コンクリート打継目工法「ジョインボンド工法」を採用し打継目処理を行いました。



ジョインボンド工法では、チップングハンマーによる激しい振動や騒音は飛躍的に抑えられ、作業員が直接粉塵を吸い込むことがなくなり、労働災害による健康リスク低減につながりました。

リシガンでジョインボンドを均一に塗布し接着性を高めていく作業は、作業環境の安全を確保するだけでなく、人力作業を軽減できたこと、防音シートも不要なので、明るさ・通気性も維持できます。懸念される周辺住民への被害も解消。

品質においてもチップング工法と比べて打継目の水密性が向上と、リスク低減対策だけでなく利点を大きく取り入れることが可能となりました。

チップング工法からジョインボンド工法へと変更した結果、作業員の精神的及び体力的な負担が軽減したことはもちろんですが、振動・粉塵・騒音の発生を抑制できチップング作業に伴うハツリ殻の発生がない為、周辺環境への負荷の低減が図れました。

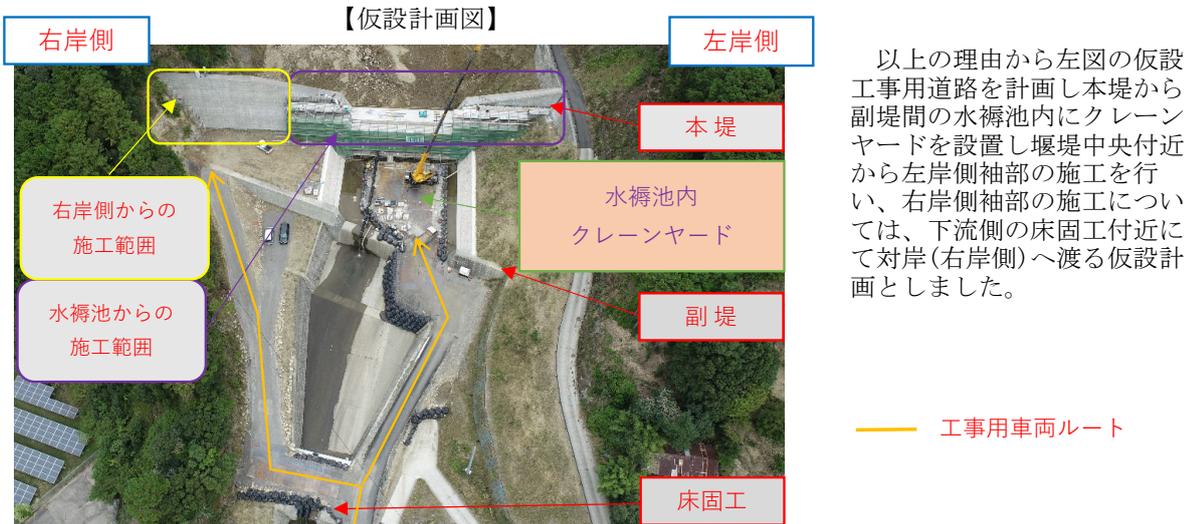
又、省力化及び工程の短縮につながり、工程にゆとりを持つことによってリスク低減を行いました。

4. 仮設工事用道路の安全確保について

各砂防堰堤は、主堤、副堤、護岸工、管理用道路ともに完成しており本堤の修景工事を施工するにあたり水叩き及び水褥池内に仮設工事用道路の設置が必要となり出水による土砂流出対策について検討しました。

4.1 平野川地区仮設道路計画

- ① 町道(中二ノ瀬線)から平野川出入り口にかけては、道路幅が狭く25tクレーン以上のクレーンについては進入が不可能で、当初仮設計画では、副堤までの仮設工事用道路計画しかなく25tクレーンでの作業半径では本堤修景工に係る作業が行えませんでした。



以上の理由から左図の仮設工事用道路を計画し本堤から副堤間の水褥池内にクレーンヤードを設置し堰堤中央付近から左岸側袖部の施工を行い、右岸側袖部の施工については、下流側の床固工付近にて対岸(右岸側)へ渡る仮設計画としました。

— 工事用車両ルート

- ② 水褥池内に大型土のうと土砂を用いてクレーンヤードを造成する為、出水時における土砂の流出及びクレーンアウトリガーの支持地盤の軟弱化等が懸念されました。



施工ヤードの外周に沿って大型土のうを2段積みで設置する際に防水シートを巻き込み盛土内部への水の浸入及び土砂の流出を阻止。そうすることで、施工ヤードの地盤の軟弱化を防ぎました。

さらに、クレーン作業において最も注意すべき安定性を保つため、施工ヤード全面に敷き鉄板を敷設することで、地耐力が弱くなっているところにおいても平坦で堅固な場所を実現、アウトリガー荷重が均等に分散できる為、クレーンの転倒等なく安全に施工ができました。

4.2 土砂流出防止対策及び濁水防止対策について

- ① 平野橋から那智川合流地点までの間で土砂流出防止対策及び濁水防止対策として環境配慮型濁水処理フィルター「バイオログフィルター」を設置し出水時の土砂流出や濁水の低減を図りました。

上流より撮影

下流より撮影



5. 工事のイメージアップ

5.1 建設業としての地域貢献

町道（中二ノ瀬線）については、JR那智駅～熊野那智大社までの古道散策ルートであるが、那智駅～大門坂まで約5km間にトイレが全くなかったため、古道を歩かれる方や地域住民の皆様にくつろいでいただけるよう仮設トイレと休憩所を設置。

トイレには熱中症対策や快適な空間づくりとして冷暖房も完備、更衣可能なスペースも確保。また木製のあずまやは雨や日光を防ぐ作りで所々に造花を飾り、誰もがやすらげる空間づくりを心がけました。

常に清潔を維持しているため利用者も日増しに多くなり、市野々区長や第三者からは「熊野古道を歩く人のために素晴らしい思いやりの行動」とお礼や喜びの言葉を多数いただき、地元紙にも称賛されました。



誰もが利用できる休憩所

トイレ室内の設備

熊野新聞掲載



休憩所 案内板

那智勝浦町は観光地のため、外国人観光客にも休憩所を利用しやすいように英語表示に加え、近年増加の韓国・中国人にも対応できるように**4カ国語表示**を行いました。

現場のことをわかりやすく伝えるイメージアップ看板は、第三者の目に触れやすい町道沿いの休憩所入口に設置することで多くの方の目に留まり、景観保全地区への理解及び工事の必要性を上手く伝えることが出来ました。

また掲示板でも「工事のお知らせ」を掲げ、その中に作業予定や工事車両の搬入・搬出経路を記載し、皆様にご理解・ご協力をお願いしています。これにより地域住民の皆様にご注意喚起を促すことが出来ました。

さらに工事を身近に感じていただけるよう、実際に現場で使用する石材を休憩所に展示したところ、直接手で触れられる方や説明書を眺められる方が増え、工事に対する理解と関心を深められる効果が得られたと思われま



イメージアップ看板



利用者

5.2 地域への活動

本工事を施工するうえで地元住民の皆様とのコミュニケーションづくりは不可欠で、側溝清掃や草刈りなど一斉清掃に参加しボランティア活動を実施。

区長より感謝状をいただき地域住民との良好な関係を築くことが出来ました。



6. まとめ

今般の建設業界は、働き方改革が世間一般に普及する中で作業員の高齢化、人員不足が問題となっています。若年層の入職が少なく29歳以下は全体の約1割ほどで、建設業における労働環境は他産業に比べて厳しく、若手が入職・定着しづらい状況となっています。

そういった中でいかに作業を安全化・省力化できるかが課題であり、また週休2日を可能とした現場が理想であり魅力と考えます。

地域社会や未来を担う子ども達に親しんでもらえるようなイメージアップを心がけながら3月の竣工まで残り少ない期間ですが、気を緩めることなく無事故・無災害で作業を完工したいと思います。

じゅうたくち せつするしゃめんたいさくこう あんぜんたいさく
住宅地に接する斜面对策工における安全対策について

ライト工業（株）西日本支社 住吉山手地区 2 工区斜面对策工事

（工期：令和 2 年 2 月～令和 3 年 3 月）

キーワード：遠隔臨場で効率化と感染症対策、ICTで省力化、安全意識向上策



現場代理人 高橋 弘一

監理技術者 ○ 岬 誠一

1. はじめに

当工事は、六甲山系グリーンベルト整備事業の斜面对策工事である。施工箇所は、神戸市東灘区住吉山手 9 丁目の住宅地に接する住吉山手地区と、神戸市灘区六甲山町一ヶ谷地先に位置する六甲ケーブル（全長 1,690.5m）に接した一ヶ谷地区に分れる。

住吉山手地区は、山手幹線より住吉川沿いを北上した住吉山手 9 丁目の最頂部に位置している。山林内は、広葉樹が分布し六甲花崗岩を基盤とする自然斜面で、下方には住宅地が広がる。小規模の滑落崖が多数見られ、地表部には転石も多い。起伏に富んだ山林内で不連続な勾配の斜面全体を広く移動しながら施工していく。

一ヶ谷地区は、六甲ケーブル下駅より約 150m 上方の軌道に接している。モノレールの基地となる仮設ヤードの出入口には、高羽道、油こぶしと呼ばれるハイキング道が隣接し、週末には多くのハイカーで賑わう。対象斜面は、平成 30 年 7 月豪雨により崩落した斜面の災害復旧工事で、斜面上部法肩付近には送電線の鉄塔が近接し、下方では六甲ケーブルが運行している。

2. 工事概要

工事内容：ワイヤー連結工 3,092m²、アンカー工（D19、L=2.0～3.5m）986 本、高強度ネット工 150m²、砂防土工（掘削）290m³、植生工 1,120m²、仮設工 1 式



凡例：■ 施工範囲 ■ 保全対象 ■ 仮設ヤード
— モノレール ■ 鉄塔

■ 図-1 施工位置図



■ 写真-1 住吉山手地区の施工状況



■ 写真-2 一ヶ谷地区の施工状況

3. 遠隔臨場で効率化と感染症対策

遠隔臨場を導入したのは、感染症拡大防止として「3つの密」を避けるためと、それによって業務効率が低下しないようにするためであった。また、住吉山手地区と一ヶ谷地区は市街地に近く、現場までの移動に時間がかかる。車での移動には山手幹線や県道 95 号線を利用するが、利用者も多く比較的通行量が多い環境である。遠隔臨場は、移動時間の短縮にも有効であるほか、発注者が斜面に行かなくても安全なところから立会をすることができる点にメリットがあると考えた。

3.1 V-CUBE コラボレーションの採用

遠隔臨場システムは、遠隔現場支援システム『V-CUBE コラボレーション』（NETIS:THK-180002-A）を採用した（建設現場の遠隔臨場に関する試行要領（案）：令和2年3月に準拠）。このシステムの採用の決め手は、映像品質が優れていただけでなく、ハンズフリーで映像が共有でき、音声指示で操作ができる機能が法面での取り扱いに向いていると考えたためである。

3.2 システム概要

システムは、発注者側（六甲砂防事務所 東六甲出張所）はノート PC とデータ通信端末、現場はウェアラブルカメラとデータ通信端末で構成される。遠隔臨場は、V-CUBE コラボレーションの専用アプリに発注者と受注者がログインして会議室に入室し、通信を開始する。動画撮影の開始と終了は、発注者側で操作する。システムの取り扱いは簡単であるが、操作方法について講習を受けてから導入した。

3.3 遠隔臨場

遠隔臨場は段階確認、材料確認、立会や社内検査で活用し、「3つの密」を避けながら業務効率が低下することなく現場運営できている。すべてを遠隔臨場で対応することはできないが、次のような効果もあった。①遠隔臨場では基本的に定刻で開始することが可能、②時間変更に対しても柔軟に対応が可能、③頻繁に行うような立会や材料確認等には有効である。

4. ICTで省力化

建設業界では ICT 技術が急速に発展しているが、法面工事の分野での発展は、土工分野や維持管理分野ほどではなく、今後の技術開発が期待される分野である。そのような



■ 表-1 映像と音声の仕様

| 項目 | | 建設現場の遠隔臨場に関する試行要領(案)：令和2年3月 | V-CUBE コラボレーション |
|----|----------|-----------------------------|---------------------|
| 撮影 | 映像 | 画素数 | フルHD 1920×1080 |
| | | フレームレート | 30fps |
| | 音声 | マイク | モノラル (1チャンネル以上) |
| | | スピーカー | モノラル (1チャンネル以上) |
| 配信 | 映像 音声 | 転送レート (VBR) | 平均9Mbps以上 10Mbps |

■ 図-2 移動経路図



■ 図-3 システムの概要図



■ 写真-3 遠隔臨場の実施状況

中でも当現場では新しい技術を積極的に活用し、施工管理業務の負担軽減に取り組んだ。

4.1 3D スキャナー（3次元計測技術）の活用

従来の法面工事における出来形測定は、巻尺を使用した測定で、施工管理者と作業員が斜面用の安全帯と安全ブロックを装着して、斜面の凹凸や位置を確認しながら斜面に沿って直接測定していた。本工事では出来形計測に3D スキャナーによる3次元計測技術を活用した。斜面での計測が容易になり、安全性が向上した。また、短時間で計測することができ施工管理業務の負担を大幅に軽減することができた。

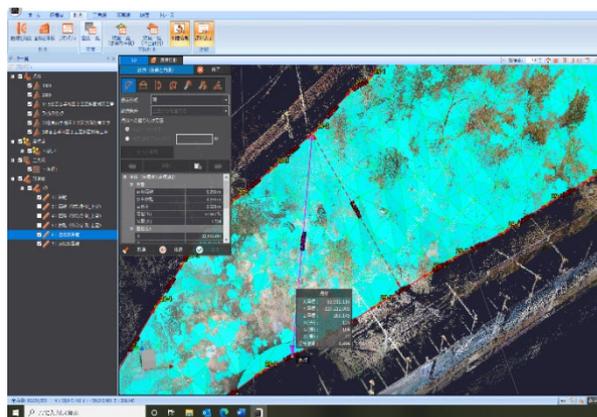


写真-4 住吉山手地区の点群データ

4.2 電子小黒板の活用

当工事では電子小黒板での写真管理を採用している。斜面用の作業用ベルトと安全ブロックを装着して施工管理を行う斜面对策工事では、黒板を持ちながら斜面を移動して写真撮影すると大きな負担となるし、当現場のように、写真撮影時に黒板が飛来落下すると住宅やその他の施設に損傷を与える危険性もある。その他、電子小黒板は事前に工種、測点、規格値や測定値等を入力し、専用アプリと連携させることで写真撮影時に出来形や品質の成果表を作成することができる。撮影した写真は所定のフォルダに自動で振り分けられ、写真整理が大幅に軽減された。

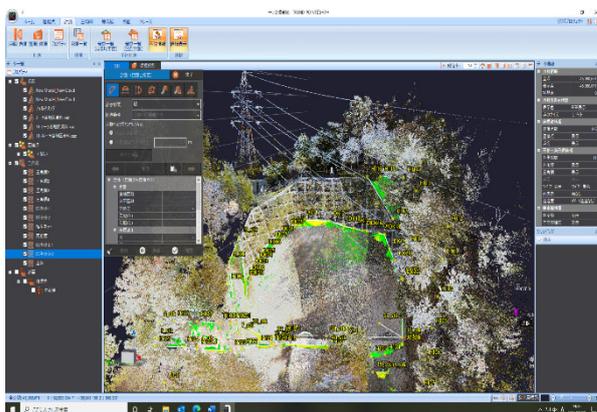


写真-5 一ヶ谷地区の点群データ

4.3 パトロール管理システムの活用

書面で行っていた店社パトロールの報告と指摘事項の是正報告は、現場と店社が速やかに情報共有し効率的に改善するため、パトロール管理システムを導入している。安全巡視員が現地で確認した作業状況や設備、施工管理状況の良好事項と指摘事項を現場で登録することで、現場と店社の全ての拠点で閲覧することができ、社内で情報共有を図ることができる。パトロールの結果、指摘事項があった場合の現場の対応は、指摘事項の是正後、スマートフォンで写真を撮影し、アプリに登録して完了する。効率的に是正報告ができ、店社では是正確認ができるため、安全性向上と省力化に繋がった。



写真-6 電子小黒板での撮影状況

5. 安全意識向上策

労働災害後に原因を分析すると、多くの場合にヒューマンエラーが確認され、その割合は8割以上と言われる。原因は作業員のうっかりミスと一括りにはでき



写真-7 パトロール管理システムの画面

ず、作業環境や設備、教育や安全活動等、複合的な要因である。このため、当工事ではヒューマンエラーによる労働災害を防止するために、単一的な安全活動ではなく、複数の安全活動を組合せ、作業員が高い安全意識と判断力を持って注意深く作業ができるように安全意識向上策に取り組んだ。

5.1 作業通路の整備と作業員動線とモノレールの分離

起伏に富んだ山林内を安全に移動するためには、作業通路の整備が重要である。簡易な手摺や親綱の付替えによる移動では、移動性が悪く作業能率の低下に伴い、安全意識が低下し近道省略行為に繋がる恐れがある。また、市街地に近い斜面对策工事では、資機材の運搬のため当現場のようにモノレールを設置するケースが多い。作業ヤードが狭くモノレールと人との距離も近いことから接触災害を防止する必要がある。作業動線とモノレール軌道を完全に分離するため、現場内には通路やステージ、昇降階段等を充実させた。モノレールの運行状況についても、無線式の警報機とパトライトを備え、モノレールの稼働を見える化し接触災害を防止した。

5.2 出前教育とパトロールの強化

安全意識を高めるためには、現場に入場した際の安全教育とパトロールの強化が重要と考えた。作業員が入場する際は、店社の安全担当者による出前教育を実施して安全意識向上に繋げた。安全巡視員による店社パトロールでは、予防・改善の指導を受けて速やかな是正に努めた。パトロール回数は、現在までの9ヵ月間で27回。繁忙の中、店社の協力を得て安全指導を強化した。また職長には、客観的に現場を見て、気付いてもらうために職長パトロールを月に2回実施し、持ち場の安全性を高めることと、作業員への指導に役立て、安全意識向上に繋げた。

6. おわりに

当工事は現在、住吉山手地区の施工を終え、一ヶ谷地区の完了に向けて鋭意施工中である。これまで紹介した「3. 遠隔臨場で効率化と感染症対策」、「4. ICTで省力化」については、施工管理業務における省力化の取組み、「5. 安全意識向上策」の取組みについては、現場に携わる全ての人が安全意識を高めるための取組みを紹介した。何れの取組みも負担を軽減し安全作業に繋げるための取組みであるが、今、現場で行われている業務には、まだまだ改善の余地がある。更に進化するためには、我々が現場で経験した一つひとつの試行錯誤の記録を、皆が発信し情報共有すべきである。

今後も新技術に対し皆がアンテナを高く上げ、積極的に活用し、知恵を絞って応用することと、一つひとつの試行錯誤を発信することが、施工と安全技術の発展に繋がると考える。最後になりましたが、当工事の施工に於いて実績が少なく新しい技術でも活用するように背中を押していただき、ご指導を賜りました発注関係者様をはじめ、関係各位の皆様には深く感謝すると共に今後ともご指導、ご鞭撻を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。



■ 写真-8 作業通路の整備と作業員動線とモノレールの分離状況



■ 写真-9 出前教育とパトロール実施状況

たきがわほじょつうじょうさぼうこうじ かつよう あんぜんたいさく 滝川補助通常砂防工事の ICT を活用した安全対策について

山碁建設株式会社 滝川補助通常砂防工事
(工期 令和元年 12 月 25 日～令和 3 年 9 月 24 日)



現場代理人兼監理技術者 ○西関和彦

キーワード ICT・3D化・創意工夫

1. まえがき

当工事は滋賀県大津市北部を流れ琵琶湖に注ぐ危険溪流「滝川」の砂防堰堤工事である。滝川は琵琶湖西岸の比良山系の麓に発し、北小松の集落を抜け琵琶湖に注ぐ急峻な溪流で、現場の上流には滋賀県下一の落差を誇る「楊梅の滝」がある。

滝川付近は大きな転石を含む風化花崗岩で構成され、大雨のたびに山の斜面が崩れ川に流れ出し、土砂の堆積を繰り返してきた。平成 25 年の台風 18 号の際には大雨特別警報が発令され、土砂・流木が川を堰き止め氾濫し、湖岸近くの国道 161 号が浸水し交通の大動脈を断ち切った。(写真 1)



写真 1 台風 18 号による被害 ※1

当工事中の令和 2 年 7 月には、夜明け頃に 3 時間で 100mm 程の集中豪雨で濁流が発生した。施工ヤード全体が土砂の流入流出により崩壊し、コンクリート打設前の型枠などに大きな被害を受けた。

このような厳しい自然条件のもと、台風や大雨による被害を避け、いかに迅速に安全第一で工事を完成させるかが課題となった。この課題に対して実践した ICT を活用した安全対策を以下に述べる。

2. 工事概要

当工事は既設の不透過型堰堤を嵩上げ、部分透過型堰堤に改良することにより、施設効果量を増大し、下流への被害軽減を図るための工事である。

砂防堰堤改良工 1 式 堤高 H=10m、堤長 L=104.5m (図 1)

砂防土工 掘削工 3,400m³

コンクリート構造物取壊し 421m³

コンクリート堰堤本体工 1,880m³

コンクリート垂直壁工 608m³

前庭保護工 196m³ 水叩工 410m³

鋼製堰堤工 14 t

仮排水路工 φ1000 150m

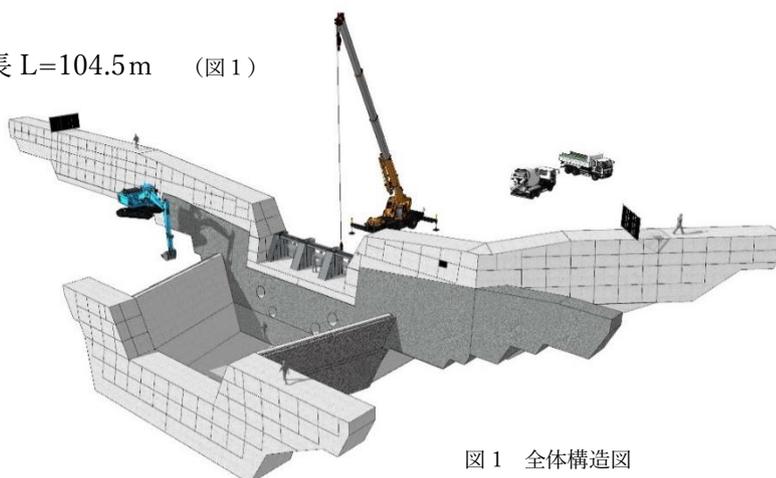


図 1 全体構造図

3. ネットワークカメラと夜間照明による安全確認

毎日の現場の安全を確認するためネットワークカメラと夜間照明を活用した。(写真2、3)

現場にネットワークカメラ3台を設置しスマートフォンと連動させた。このことにより、現場休止日の際も天候や水量など現場状況を確認できた。遠隔操作で照明を点灯させることで、深夜・早朝においても現場を確認できた。加えて、第三者の侵入など画像に動きを感知すると警告音を発報すると同時に録画し、スマートフォンに通知が来るシステムを導入した。何度か通知があり、音声スピーカーで退出を促し第三者の侵入事故を防止した。

大雨で被災した際も濁流とともにパイプが流れていく状況が記録されており、早朝の被災であったが状況を動画で確認し発注者に報告できた。(写真3)

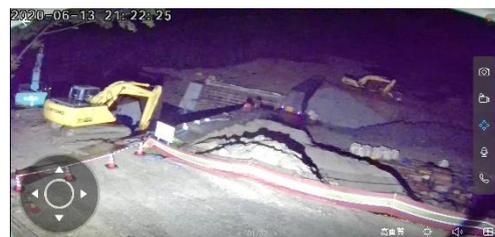


写真2 夜間カメラ映像



写真3 災害時カメラ映像

4. ICTを活用した安全で効率の良い現場

4.1 3Dモデルによる打合せ、安全教育、施工管理、地元説明会の実施

平面・立面の図面だけではイメージが難しい砂防堰堤の構造を3DCADでモデリング作成し使用した。

打合せ時にはドローン点群測量で作成した現場地形に実寸法で構造物・重機を配置し工程に沿ってシミュレーションを行った。特にクレーンの能力範囲を明示することにより、作業ヤードの作成、材料の仮置き位置など安全に配慮した的確な打合せができた。これにより、確実に施工できる工法、機械の選定が可能となり、余裕のある安全な作業ができた。(図2)

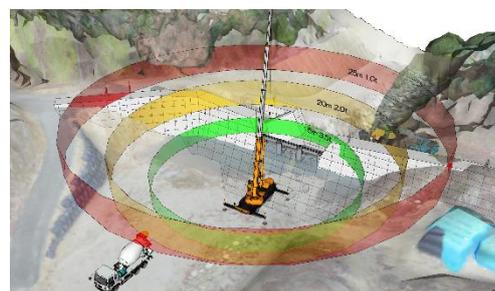


図2 3D作業打合せ

作業員全員が3D工程アニメーションを使用した結果、完成形や細部の取合いを確認できるようになった。今までは職長など図面を熟読した人しか理解できなかった構造や流れを全員で理解共有し、以前のように「やってみないと分からない」というような事は無くなった。(図3)

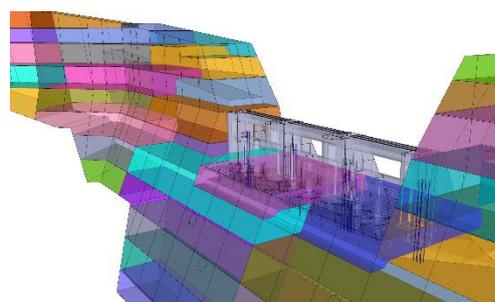


図3 3D作業説明

安全教育では現場の進捗状況と使用機械を組み合わせることにより、①危険箇所の発見、②高低差の確認、③重

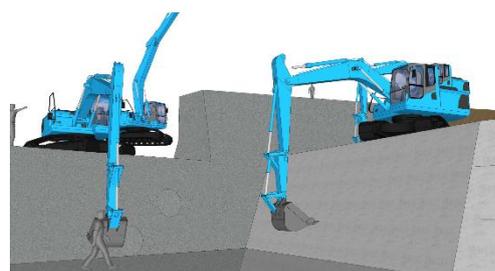


図4 3D安全訓練

機オペレーターの運転席視界からはどう見えているかなどを確認した。今作業している現場風景そのままにシミュレーションできることにより、現実味のある危険予知ができ安全意識の向上につながった。(図4)

地元説明会においても、①3D説明アニメーション、②過去の土石流、③砂防堰堤の役目の説明ビデオ、④現場周辺のドローン空撮映像をスクリーンに投影し工事内容に理解を得られる説明を心がけた。(写真4)



写真4 3D 地元説明会

4.2 レイアウトナビゲーターの活用

現在位置の横断形状をリアルタイムに生成・表示し、設計値との離れや標高差を常に画面で確認できるレイアウトナビゲーターを使用し施工した。従来は複数名で行っていた現場の測量や丁張設置、出来形の確認作業を一人で行うことができた。(写真5)

堰堤の残存型枠の丁張は、高所・端部での作業となり大変危険であった。しかし、レイアウトナビゲーターを使用することにより残存型枠の内側から高さや通りを確認し設置でき、危険な端部の丁張を設置することなく、安全迅速に施工する事ができた。

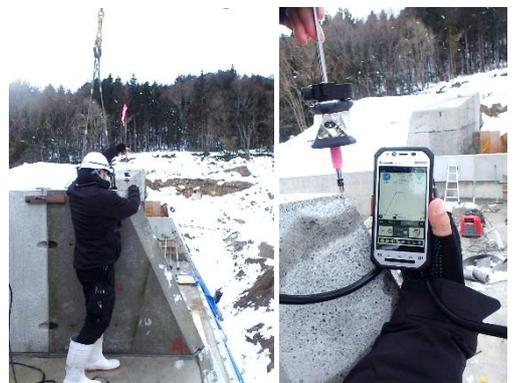


写真5 レイアウトナビゲーターの使用

4.3 マシンガイダンス重機の活用

TS、GNSS の計測技術を用いてバックホウのバケット刃先位置と設計値 3D との差異をモニターに映し出し操作をサポートするマシンガイダンスバックホウを活用した。(写真6)

丁張不要で掘削できるため、今まで急な斜面に丁張材料を運び上げ足場の悪い所で丁張を設置し、完成時には法面の上に取り残された丁張を引抜きに行く危険な作業から開放された。また、オペレーターにとってもモニターから常にガイドされることで、従来は丁張と丁張の間の面の掘削の際に法面を確認していた作業が無くなり、掘削スピードが向上した。それと同時に手元で指示をする作業員が不要になり、危険な掘削法面下での作業や重機との接触事故が無くなり安全性の向上も図れた。(写真7)
加えて、掘削時の出来形確認はノンプリズムトータルステーションを使用することで、効率化を図った。



写真6 マシンガイダンス重機



写真7 マシンガイダンス画面

4.4 ドローンの活用

事前測量でドローン空中写真を用いた三次元点群測量を行った。

従来は現地へ赴き各測点断面を測量していたが、今回は、ドローンにて上空から撮影した写真を解析、点群に変換し座標値を付け現況地形と設計図面の関係を照査した。その結果、急傾斜地などにも立ち入らず、安全で迅速な測量ができた。(図5)

施工中の進捗を上空から空撮し毎月の安全訓練に使用した。通常とは違う視点から実際に自分達が作業している様子を動画で見ることができ、安全に対する意識の高揚が図れた。(写真8)

また、大雨被災時は増水して人が近づけない箇所被害状況をドローンで撮影確認することができた。



図5 点群測量



写真8 現場上空ドローン空撮

5. 既設堰堤チッピング時の転落防止対策

既設堰堤を増打する工程では、増打するコンクリートとの接着性を良くするため表面を粗面に仕上げる必要があった。

本来は足場を組んでブレイカーやチッパーを使用し表面をチッピングする必要がある。リスクアセスメントを実施した結果、今回は既設堰堤の高さが10m程度あり横打ちのチッピングはブレイカーの取回しが大変で作業員が足場から墜落する恐れがあることが判明した。そのため、バックホウアタッチメント式のコンクリート切削機を使用することにした。その結果、足場の設置、撤去が無くなり安全かつ大幅な工程の短縮につながるとともに、騒音の低減にも効果があった。(写真9)



写真9 コンクリート切削機によるチッピング

6. まとめ

仕事は「段取り八分」というが安全対策も同じである。リスクアセスメントを推進し、危険性又は有害性の特定、リスクの見積り、リスクの低減措置としてICTを活用した安全対策を実施してきた。このことにより、安全はもとより生産性の向上も図れたことを自負している。

最後に、当工事にご協力を頂いた関係各位の皆様にご挨拶するとともに、今後も引き続きご指導いただきますようよろしくお願い致します。

※1 写真1 滋賀県大津土木事務所提供

りんかい日産建設株式会社 平成 29 年度 大池見山東堰堤工事
(工期 平成 29 年 2 月 27 日 ～ 令和 3 年 3 月 31 日)



○現場代理人 たくち けんいち 田口 研一
監理技術者 谷口 智弘

キーワード ICT の活用・保全対象の安全確保・点検・創意工夫

1. はじめに

本工事は、神戸市北区を流れる 1 級河川加古川の支流、山田川中流域の西側に位置する、流域面積 0.03 k m² の小溪流に砂防堰堤を新設する工事である。施工箇所は、住宅地である大池見山台地区に近接し、さらに下流域には神戸電鉄や重要幹線である県道 15 号線が通っている場所であり、平成 26 年 8 月には、土砂が流出して下流域に大きな被害を出している危険な溪流である (写真-1)。

今回の工事箇所は、急勾配であり、地質は風化した脆い花崗岩から成り、堰堤上流側 300m 付近には表層崩壊が発生している箇所もある。このため、本工事においては、工事関係者の移動時・作業時における転落・墜落事故や、土砂崩壊・流出による事故等が懸念された。

また、工事箇所は住宅地から直線距離で 100m ほどしか離れておらず、生活用道路では園児、小学生が道路脇で遊んでいる様子も見られた。一方、本工事に使用する索道は生活道路に並行して設置されていること、また、土砂の搬出、コンクリート運搬だけで約 2,000 台の大型工事車輛が通行することから、公衆災害についても重要な課題であった。

これらの課題に対して実施した、公衆災害防止対策、及び ICT を活用した工事関係者事故防止対策について報告する。



写真-1.周辺地図

2. 工事概要

| | | | | | | |
|-------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
| 砂防土工 | 1 式 | 作業土工 (土砂) | 4,180 m ³ | 作業土工 (軟岩) | 2,900 m ³ | |
| コンクリート堰堤本体工 | | 2,728 m ³ | コンクリート副堰堤工 | 995 m ³ | 垂直壁工 | 63 m ³ |
| コンクリート側壁工 (第一・第二) | 1 式 | | 水叩工 (第一・第二) | 1 式 | | |
| 鋼製堰堤工 | 1.2 t | 架線設備工 | 1 式 | 植生工 | 1 式 | |

3. 公衆災害防止対策

3.1 住宅地への土砂流出防止対策

大池見山台では、平成 26 年 8 月に発生した台風の影響により、対象溪流から土砂、流木が流出する被害が発生している（写真-2・写真-3）。その影響で、住宅地との境にある谷止めに大量の流木、土砂が堆積し、本来の機能を果たしていない状況で、大雨の際は、谷止めの横から越流して排水路に流れ込んでいた状況であった（写真-4・写真-5）。

平成 30 年 7 月には西日本を中心に広い範囲で記録的な雨量が観測され、大池見山台においても 7 月 4 日～7 月 8 日まで雨が降り続き、累計雨量が 642mm を記録した。その際も、対象溪流から枝葉等が大量に流出して大池見山台の排水路が閉塞し、土砂や枝葉が道路に溢れ出す被害が発生した（写真-6）。住民からも、今後大雨が降った場合更に大きな被害が発生する可能性があるという不安の声が上がっていた。



写真-2.平成 26 年 8 月被害状況



写真-3.平成 26 年 8 月被害状況



写真-4.着工時谷止め



写真-5.谷止め越流状況



写真-6.排水路土砂堆積状況

このような事態を踏まえ、工事期間中にも土砂流出被害が発生することが懸念されたため、以下の対策を実施することとした。

- ①索道で搬入した重機を谷止めまで移動させ、堆積物を除去することで機能を改善し、流出物発生を抑制した（写真-7・写真-8）。
- ②枝葉等の流出を抑制するため、対象溪流に 4 箇所の抜水装置を設置した（写真-9）。
- ③ダムサイトの下流に、大型土のうによる仮締め切り及び排水管を設置し、溪流が洗掘されることによる土砂の流出防止を図った（写真-10）。
- ④見山台排水路が閉塞されて堆積した土砂や流木を、高压洗浄車及びバキュームを使用して撤去した（写真-11）。



写真-7.堆積土砂撤去状況



写真-8.流木撤去状況



写真-9.抜水装置設置



写真-10.排水管布設完了



写真-11.排水路清掃状況



写真-12.感謝状 (大池見山台より)

3.2 索道設備の不備による災害対策

本工事の索道（運搬索）については、住宅地の生活道路に並行して走行している（写真-13）。索道設備の不備による災害が発生した場合、住宅地への二次災害が考えられるため、索道設備の管理方法について検討、対策を行った。

索道の使用ワイヤーロープは、主索、曳索、巻上げ索の構成となる。曳索については、ウインチ運転手の直接目視にて点検が可能であるが、主索及び巻上げ索については、高所であり目視による点検が困難である。

そこで、本工事では点検用ゴンドラを製作して索道に吊下げることで、主索・巻上げ索についても、直接目視による全線の点検を行うこととした。点検者については、1名では思い込み、見落とし等が考えられるため、2名での確認とした（写真-14・写真-15・写真-16）。

これらの対策により、主索及び巻上げ索についても、全線におけるワイヤーロープの劣化状態等を詳細に把握することができた。また、途中の支柱においては、ガイドの状態も目視にて確認することができた。



写真-13.大池見山台及び索道



写真-14.点検用ゴンドラ



写真-15.索道点検状況



写真-16.索道点検状況

3.3 ケーブルクレーン運転業務に係る実務講習

昨今、建設業界において技術者不足が問題となっている。砂防堰堤等の工事においても工事に必要なケーブルクレーンの運転業務に携わる技術者不足が問題となっており、砂防工事等の整備事業に支障が生じている。

この問題に対し、国土交通省、兵庫県が三田建設技術研修センターにケーブルクレーンの運転に特化した講習会の開催を要請したことから、センターと共同で講習会を開催する事となった。内容については、ケーブルクレーンの設置概要、安全対策などの座学を行い、堰堤工事現場では実際にケーブルクレーンを運転して、安全な操作方法を学習した。受講者の評判も上々で、貴重な体験ができたなど好評が得られた（写真-17.18.19）。

この講習を通して、少しでも担い手不足が解消され、工事の安全施工技術の向上に繋がっていくことを期待する。



写真-17.座学受講



写真-18.索道ケーブル実地



写真-19.索道ケーブル実地

3.4 工事車両運行管理による交通事故防止対策

大池見山台の生活用道路は、基盤の目のように区画割が施されている。各交差点には一時停止線が設けられておらず、一時停止することなく交差点に進入する車両も見受けられる。また、新築の家屋も増えており、園児、小学生が道路脇で遊んでいる様子も見られる。一方、本工事では、土砂の搬出、コンクリート運搬だけで約2,000台の大型工事車両が通行することとなる。これらの状況を踏まえ、工事車両による交通事故の防止対策を検討し、以下の対策を実施した。

①工事車両（大型）入場時間の設定

園児の送迎バス、学生の通学、通勤の時間帯の大型車両の入場を禁止とし、8時30分からの入場とした。

②危険予知マップの作成（図-1）

新規入場者には事前に「工事用車両運行ルート危険予知マップ」を送付し、住宅内における規則及び危険箇所を把握させた上で入場させた。

③速度計アプリの導入（写真-20・図-2）

住宅内の運行速度を20km/h以下とした。車輛外部からの速度計測では、走行速度を常時監視することは困難であるため、本工事では速度計アプリを契約し、リアルタイムの速度管理を行った。

運転手にアプリの入ったタブレットを携帯させ、走行速度が20km/h以上となった場合、警報音で運転手に警告を行うこととした。また、作業終了時にタブレットを回収し、記録データにて一日の運行状況を確認した。

速度計アプリを使用したことにより、運転手は安全速度を意識した運行ができていた。



図-1.危険予知マップ



写真-20.速度計アプリ導入



図-2.速度収集データ

4. ICT を活用した工事関係者事故防止対策

4.1 3D レーザースキャナーを使用した出来形管理による、転落・墜落事故及び崩壊事故防止対策

従来、堰堤工事における床掘りの出来形確認においては、ミニプリズム、スタッフ等を携帯し測定位置まで移動していたが、本工事の掘削部には急勾配や崩れ易い場所などがあり、転落・墜落事故や崩壊事故につながる危険性があった。

そのため、本工事における出来形確認は、3D レーザースキャナーにより行った。これにより、工事関係者が測定位置まで行く必要がなくなり、より安全な出来形管理を行うことができた。(写真-21)。なお、3D レーザースキャナーを使用した結果、測定時間が短縮され、解析結果についても床掘りの高さがヒートマップで表示されるため、一目で状況が把握でき、オペレータへの指示も的確に行うことができた。

4.2 傾斜計設置による、崩壊事故防止対策

堰堤上流側 300m 付近に存在する表層崩壊箇所から土砂が流出したい場合、工事関係者が被災する可能性が考えられた。

そのため、表層崩壊場所の直近に傾斜計を設置し、24 時間の監視体制を確立した。異常時には、作業員へはパトライト及び警報音で、職員、職長にはメールで通知を行うよう設定した(写真-22)。また、現場事務所のパソコンで現状の傾斜計の角度の確認を随時行い、日々の状況変化の把握に努めた。

4.3 LN-100 (自動追尾型測量器械) 及び快速ナビの使用による、転落・墜落防止対策

堰堤工事の測量では、急斜面に測量器械を据付しなければならない場合がある。LN-100 については、2 点以上の基準点が確認できれば後方交会により器械の位置を確認することができるため、平坦な場所を選定して測量業務を行う事ができた。また、自動追尾となっているため 360° プリズムミラーを使用すれば 1 人での測量業務が可能であり、本工事においても 1 人での測量業務を行った。なお、測量結果が手元のコントローラーにリアルタイムで表示されるため、素早く、正確な測量ができ、現地で掘削状況をオペレータと共有できた(写真-23)。



写真-21.3DL S 測定状況



写真-22.傾斜計設置状況



写真-23.測量状況

5. おわりに

近年の異常気象による各地での自然災害の発生により、砂防堰堤工事が一層注目されている。今回の工事は、保全対象が直近にあること、過去に土砂流出被害が発生していることから、特に住宅地への安全対策には事前対策を十分に行い着工した。

平成 29 年より着工し工事期間 3 年という長期の中で、台風・豪雨による住宅地への土砂の流出は、対策の効果もあり抑制することができた。工事においては、無事故で工事を進めることができています。竣工まで無事故、無災害で完工できるよう努力していく。また、定常化している大雨、台風等による災害が引続き懸念されるなか、工事に伴う事故、災害を起こさないよう地域とコミュニケーションを取りながら工事を進めることができた。

最後に、関係各位の皆様には、工事の調整等についてご協力いただき、心から感謝申し上げます。今後ともご指導賜りますようお願い申し上げます。