

令和4年度 全国砂防関係工事安全施工管理技術研究発表 優秀論文

冷水斜面对策他工事における 安全対策について

松塚建設株式会社 冷水斜面对策他工事 現場代理人・監理技術者 今西 裕昭

いまにし ひろあき

今西 裕昭

1. はじめに

当工事は平成23年9月の台風12号の記録的な大雨により、甚大な被害があった奈良県吉野郡天川村の冷水地区における災害復旧関連工事であり、大規模斜面崩壊部の安定化を図るための斜面对策工事である（図－1、写真－1）。

施工箇所は急峻狭隘かつ長大な法面での作業となり、施工方法や作業員の人数、使用機器が限定されることから、作業員の安全を確保しつつ、省人力化を図り生産性向上につなげる必要があった。また、風化したもろい砂礫から成る地質のため、土砂崩壊災害に対する安全性の確保も課題と

なった。

これらの問題を踏まえ、工事従事者の安全を確保すべく、当作業所で実施した安全対策と活動について報告する。

2. 工事概要

工事の概要を以下に示す（工期：令和3年6月30日～令和4年3月10日）。

・砂防土工

法面整形工 1,230 m²

・法面工

植生工 650 m²

法枠工 1,233 m²



図－1 全体概要図



写真－1 施工状況

- 鉄筋挿入工 548 本
- ・ 山腹水路工
 - 山腹集水路・排水路工 72 m
- ・ 地下水排除工
 - 集排水ボーリング工 1,140 m
- ・ 仮設工
 - モノレール工 1 式

3. 急峻な地形での安全対策

施工箇所の東側は施工済みであったが、施工箇所及び西側斜面は崩壊当時のままの姿で、災害から 10 年の歳月が経過しているものの、いつ崩落や落石があってもおかしくない状態であった（写真－2）。作業従事者は付近で稼働する重機の音や作業に集中するあまり、落石等の危険に気が付きにくく、落石の直撃による重大災害が起こり得る状態であった。また、日々使用する作業通路となる箇所は斜面上や崩壊斜面の前を通過する必要があるため、急峻な地形での安全対策が重要となった。



写真－2 施工前状況

(1) 土砂崩壊対策

施工前に崩壊斜面上部の法肩付近の 2 箇所に土砂崩れ検知・警報装置であるスーパーサッチャーを設置した。また、下部の安全な箇所に斜面監視員を配置して、目視により作業中の斜面の異常を常に監視した（写真－3）。

土砂崩れ検知・警報装置と斜面監視員の二重の対策を行うことで、土砂崩壊対策を万全に行うことができ、現場従事者に対しても危険箇所での作業であるということを周知することができた。

(2) 落石防護対策

崩壊斜面からの崩落や落石及び法面工施工時の法面整形等による落石に対して、土堰堤と仮設落石防止柵の設置を行った。土堰堤は高さ 2 m 程度で崩壊斜面の法尻に設置し、落石時のポケットとなるようにした。また仮設落石防止柵は土堰堤の作業通路側に設置し、万一、落石がポケットを飛び越えても作業通路に転がらないようにした（写真－4）。

ここでも土堰堤と落石防止柵の二重の対策を行うことで、全ての落石を防護することができた。



写真－4 落石対策



写真－3 土砂崩壊対策

(3) 仮設備の充実

急峻な地形では作業通路や材料置場を確保することが容易ではないが、災害のリスクを低下させるためには非常に重要である。そのため現場内には、自在階段を用いた昇降階段や既設法面を利用した作業通路を確保した。また、作業箇所上部と下部にはそれぞれ材料置場を確保した。さらに現場は山間部に位置するため、夕刻や天気の悪い日には薄暗くなることから、照明を確保した。各々の設備により、転落・墜落災害や転倒災害の防止はもちろんのこと、緊急時には安全通路や避難場所としても有効利用することが可能となった（写真－5～8）。



写真－5 各種仮設備

(4) 現場の見える化・見える化

日々の安全確認と台風等による緊急時の安全確認のため、Webカメラを設置した。緊急時には現地に行かずとも状況確認を速やかに行うことができ、深夜や早朝、遠隔箇所からも現場の状況確認を安全に行うことができた。また、このカメラは監視カメラという観点ではなく、現場従事者を見守るカメラという位置付けで、見られているということから不安全行動による災害を防止する意味でも大きな役割を果たした。

さらに、当現場は現場見学会の積極的な受け入れを行った。地元の小中学生や地域住民の方々、他事務所の方々等、外部の方に現場を『見える化』することで、作業従事者の安全意識の高揚と不安全行動の防止に有効であった（写真－9～11）。



写真－7 昇降設備と材料置場



写真－6 作業通路



写真－8 照明設備



写真－9 小中学生現場見学会



写真－10 地元見学会



写真－11 他事務所現場見学

また、地域住民の方々から災害前の現場の状況を教えてもらうことができ、そこから得た災害時の状況や湧水箇所等の有益な情報は、現場点検箇所の整合性を確認すること等に活かすことができた。

4. ICT 等の最先端技術の有効活用

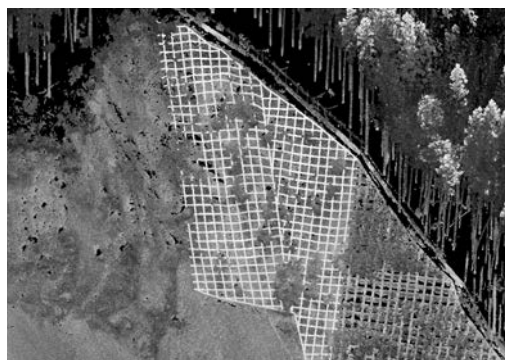
本現場は急峻狭隘かつ長大な法面での施工となるため、人海戦術による作業従事者の増員によって安全性が低下するばかりか、生産性も低下する恐れがあった。また、土木工事の現場では数々の機械化やプレキャスト製品の開発等により、生産性向上が叫ばれて久しいが、法面工事においてはまだまだ人力作業に頼っている状況である。そのため、法面工においても少人数で通常と同じ施工量を確保すべく、数々の最先端技術を用いて現場の施工及び施工管理を行った（写真－12）。



写真－12 施工箇所

(1) ICT 法面（法枠）の活用

施工前の起工測量及び法面整形完了後の現況測量に 3D スキャナーを用いた地形測量を行った。施工前の起工測量に 3D スキャナーを用いることで、現況地山の情報を入手し、不安定な浮石や岩塊の有無や位置、現況勾配等、法面整形前の危険要因の洗い出しに活用できた。また、法面整形完了後の現況測量にも 3D スキャナーを用いて、法枠工施工前の施工基面を入手し、そのデータを基に 3D モデルの作成を行った（図－2）。斜面勾配

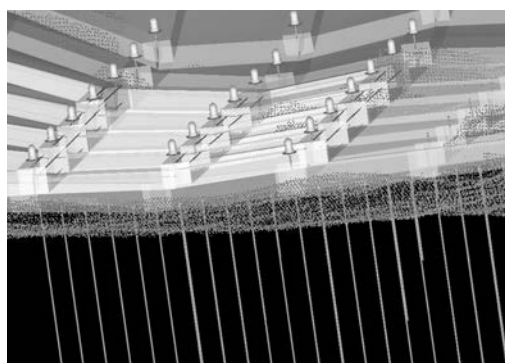


図－2 3D モデル

が 45 度を超える急斜面においても、ICT 法面を活用することで、人が立ち入らずとも正確な情報が入手でき、その情報を安全や施工に有効活用でき、安全性はもとより生産性向上にも役立った。

(2) CIM モデルの活用

前記 4-(1)記載の 3D モデル作成時に、法枠工の配筋や鉄筋挿入工の情報を加味した CIM モデルの作成を行った（図－3）。CIM モデルの活用は一般的には、「測量・調査、設計、施工、維持管理・更新の各段階において、一連の建設生産・管理システム全体の効率化・高度化を図ることを目的とする」となっている。当現場のような急峻狭隘かつ長大な法面では、CIM モデルを活用することで完成形の可視化が行え、現場従事者全員が同じイメージを共有することができた。また鉄筋の干渉や現場合わせといった現場作業での不具合及び工数を減らすことにより、安全性・生産性向上に大きく役立った。

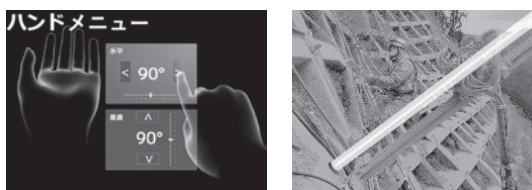


図－3 CIM モデル

(3) MR 技術の活用

鉄筋挿入工は法面の直交方向に施工する必要があるが、削孔機の据え付けは機械オペレーターが機械を操作し、手元作業員が削孔機を介錯しながらスラントや水糸を用いて行っているのが現状であり、削孔機の転倒や機械に挟まれる等の災害が多発している。そこで、当現場ではMR技術（MIXED REALITY：複合現実）を活用して、削孔機の据え付けを行った（写真－13）。

この技術は、削孔機にセットした削孔ロッドを表示された半透明の円柱形ホログラムに合わせることによって削孔機の据え付けを行う技術である。通常は削孔機を操作するオペレーターと手元作業員の2～3人で行っていた作業が、この技術を活用することにより、機械オペレーター1人で削孔機を正確に据え付けることが可能となった。危険作業の低減により、安全性の向上と省人力化が図れた。



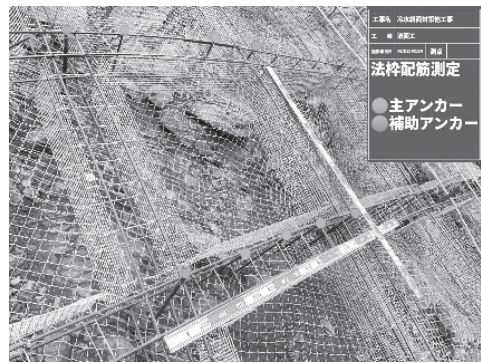
写真－13 MR 技術

(4) 各種施工管理技術の活用

法面工事では施工管理においても危険因子が多く存在し、そのような危険因子を排除すべく当現場ではさまざまな新しい技術の活用を行った。

工事写真の記録には電子小黒板を活用した。急峻な斜面上で黒板を持ちながら移動することは非常に危険で負担の大きい行為であったが、電子小黒板を用いて撮影を行うことで、危険リスクを低減することができ、安全性の向上と省人力化が図れた。

また、法枠工の配筋状況の撮影においては、通常は現地にて磁石等のマーカーを鉄筋に配置し、撮影を行い、撮影後マーカーの回収を行うといった手順が必要であり、マーカーの落下といった危険が多くあった。専用アプリを使用し画面上で仮



写真－14 電子小黒板・配筋専用アプリ

想マーカーを設定することで、前述のような現場における作業が低減し、安全性の向上と省人力化につながった（写真－14）。

(5) 新技術の活用による安全性及び生産性の向上

法面工事においてははまだ人力作業に頼っている状況であることは、先に述べたとおりである。しかし、現状に満足してはいけないという思いから、施工時の安全性と生産性の向上を目的として、各種の新技術の活用を行った。施工前に法面工の作業従事者に今回の現場での問題点や改善点を聞き出したところ、最も多かった意見が腰痛対策と法面上での昇降に関するものであり、当現場では腰痛対策としてアシストスーツの活用と昇降時の身体的負担の軽減対策を行った。

① アシストスーツの活用

アシストスーツは作業時の体の動きに連動し、空気圧やモーターを利用して作業者の身体的負担を軽減する目的で開発されたものである。当現場では、空気を注入して使用するエアタイプとバッテリータイプの2通りを準備し、さまざまな作業にて使用した（写真－15～17）。以下に考察を述べる。

平地での材料の運搬や中腰での連続作業等には一定の効果を発揮し、人力作業の負担軽減に役立ったが、昇降時や斜面上での作業は脚を上げる動作と機能がうまく作動しない、またフルハーネス型の墜落制止用器具との相性が悪い、それらが今後の課題となった（表－1）。斜面でも効果の期



写真-15 アシストスーツ使用状況



写真-16 エアータ입



写真-17 バッテリー타입

表-1 アシストスーツの考察

作業場所	アシストスーツ			
	バッテリー타입		エアータ입	
	評価	理由	評価	理由
平地場所	◎	各作業において一定の効果があつた。特に資材運搬時に身体的負担が軽減され作業効率が向上した。	◎	各作業において一定の効果があつた。特に資材運搬時に身体的負担が軽減され作業効率が向上した。
昇降設備	○	昇降時に身体への負担が軽減される。当現場のように作業場までの距離がある現場では効果が期待できる。	×	脚を上げる動作を著しく圧迫されるため昇降には不向き。
斜面	×	脚を上げる高さがないと上手く機能が作動しないため使用に不向き。改善の余地がある。	×	脚を上げる動作を著しく圧迫されるため不向き。改善の余地がある。
総合評価	○	平地・昇降時では身体への負担が軽減され作業効率の向上になる。斜面作業においては作動しないので不向きであった。	△	平地での作業のみ効果がある。斜面・昇降時は脚を上げる動作で過剰に反応するため使用に不向きであった。

◎特に効果が期待できる ○効果が期待できる △効果がなし ×使用に不向き

待できるアシストスーツの開発が進むよう、これからもメーカーや法面業者と連携を図っていききたい。

② 法面作業昇降アシスト装置の活用

法面工事では通常ロープ高所作業と呼ばれる作業を行い、作業従事者が墜落制止用器具を装着し、親綱とライフラインを用いて法面上で昇降を行う。この昇降作業は身体的負担が大きく、墜落・

転落災害といった重大災害の大きな要因の一つとなっている。当現場では法面作業昇降アシスト装置である「法面ウォーカー」(NETIS登録:KT-200125-A)を配置した。この装置は人力のみで行っていた昇降作業をアシストする装置であり、電動ウインチにより巻き上げ・巻き下げを行うことで、法面の昇降作業を安全かつ効率的に行うことが可能となった(写真-18～20)。当現場のような急峻な斜面上での作業には非常に効果が大きく、



写真-18 法面ウォーカー



写真-19 昇降状況



写真-20 昇降状況

安全性はもとより施工性の向上にもつながった。

5. おわりに

砂防現場における法面工事は、作業の性質上どうしても手作業が多く存在し、平地での作業に比べて危険因子が多く、効率が悪いのが現状である。しかし、今回さまざまな技術を活用して思うことは、「安全性が向上すれば施工性・生産性も向上する」ということである。一朝一夕で進歩す

ることはないが、現場従事者及び関係者全員で知恵を絞り、従来からある技術と最先端の技術を組み合わせることで、現場に即した、より安全で施工性に優れた職場環境が構築できると考える（写真－21）。

最後に、発注者の皆さまをはじめ本原稿を作成するにあたりご指導いただいた関係者各位に深く感謝するとともに、今後もさらなる向上心を持って現場の安全性及び作業効率の改善を進めていきたい。



写真－21 作業所全員写真