

VRを活用したのり面ロープ高所作業教育の実施について

横尾 良一¹

一般社団法人 全国特定法面保護協会 ライト工業(株)中国統括支店 技術部.

建設業界のみならず日本全体で人手不足は顕在化している。インフラ老朽化対策などで事業量が増加するなか、特に法面工のような専門工事については熟練した技能労働者が欠かせない。このような背景の中、工事の技術は進化しており、多種多様化している。このため、安全に事業を推進していくためには、個々の業種の特성에応じた安全教育が欠かせない。当提案は、災害のリスクを排除したのり面ロープ高所作業を行うため、デジタル技術を活用して、効果的に安全教育を実施することである。

キーワード：のり面、ロープ高所作業、安全教育、VR

1. のり面ロープ高所作業を行うには

ビルの外装清掃やのり面保護工事などで行われるロープ高所作業で、身体を保持するロープの結び目がほどけたり、ロープが切れたりすることなどによって墜落する労働災害が発生していることを受け、平成28年(2016年)1月1日にロープ高所作業に関する労働安全衛生規則の改正が施行された。

この法改正では、ロープ高所作業を実施するにあたり、1.ライフラインの設置、2.メインロープ等の強度等、3.調査及び記録、4.作業計画、5.作業指揮者、6.安全帯・保護帽、7.作業開始前点検、8.その他（悪天候の作業の禁止等）が規定された。また、労働者をロープ高所作業に関する業務に就かせるときは、学科教育3時間、実技教育3時間をかけて安全のための特別教育を行う必要がある。

2. ロープ高所作業(ブランコ作業)教育のあらまし

ロープ作業を行わなければならない条件を下記に記す。

- (1) 労働安全衛生規則525条において40度以上の斜坑については労働者の墜落による危険を防止するための設備を設けなければならない
- (2) 労働安全規則518条における墜落には、勾配が40度以上の斜面上を墜落することが含まれる旨の解釈が示されている
- (3) 以上の2点を踏まえ、ブランコ作業の範囲としては、鉛直にロープを吊るして行う作業と、勾配が40度以上の斜面上からロープを吊るして行う作業としている

3. 法面作業を行うためには

法面作業を行うにあたり法面工の定義を公共工事設計労務単価表の記載事項を基に紹介する。

(1) 法面工の定義

法面工事について相当程度の技能および高度の肉体的条件を有し、主として次に掲げる作業について主体的業務を行うもの。

- (a) モルタルコンクリート吹付機または種子吹付機の運転
- (b) 高所・急勾配法面における、ピックハンマ、ブレーカによる法面整形または金網・鉄筋張り作業
- (c) モルタルコンクリート吹付け、種子吹付け等の法面仕上げ

(2) 法面工の役割—日常との比較

平坦な場所で作業する事と、斜面で作業をする事は全く条件が異なる。

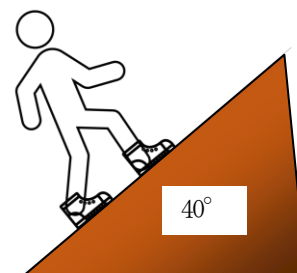


図-1 法面の歩行



図-2 自転車を引く人

図-2にあるように、道路に対して横断面が平坦であれば、縦断方向に勾配があっても自転車等を引いて進むことができる。ところが、図-1のような斜面になると歩いて進むことも困難となる。ロープ等の補助が無くても地面の条件によって、斜面の角度が45度であれば登ることは可能であるが、そもそも転倒や滑落の危険がある。とりわけ、作業を行うにあたっては斜面上で身体を保持して安全に作業することは不可能である。

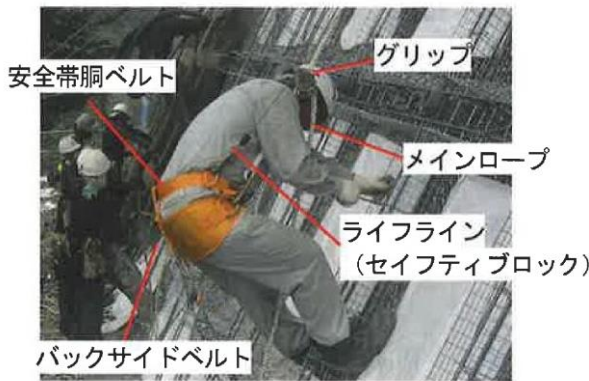


写真-1 ロープ作業の例

(3) ロープ高所作業計画書

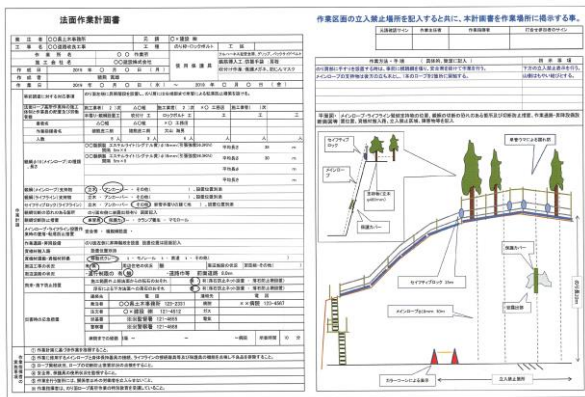


図-3 法面作業計画書¹⁾

図-3は法面作業を実施するにあたり、事前の調査結果

を基に作成する法面作業計画書である。

記載内容は、

- ① 作業方法及び手順
- ② 作業体制とそれに伴う作業員の配置と人数
- ③ メインロープ及びライフラインの種類及び強度並びに支持物(立木・アンカーバー等)
 - ・ロープの種類や強度、長さ
 - ・緊結する立木の位置と直径
 - ・アンカーバー打設位置と地盤の硬軟
- ④ 作業箇所への入場経路と安全防護柵などの位置や範囲
- ⑤ ロープが構造物や地山(斜面)と接触・摩耗する等により切断することを防止するための措置とその箇所
- ⑥ 物体の飛来・落下を防止するための作業場下部の立入禁止区域の設定
- ⑦ 労働災害が発生した場合の応急の措置
 - ・災害原因となった設備や関連する作業等の中止
 - ・人命救助
 - ・関係機関への報告
- ⑧ 緊急時連絡系統図

以上の8項目について計画書を作成し、関係者に周知する必要がある。

(4) ロープ高所作業の現状

最新の法面工の現状は、施設の老朽化に伴い、維持補修・更新工事の割合が多くなっている

- 1) 法面工事における維持・更新工事の課題・問題点
 - ① 供用中の道路沿線工事が多く、必要に応じて公衆災害(交通、飛来・落下、騒音)への対策を講じる必要がある
 - ② 新設の改良工事と異なり、法面単体で発注されることが多く、必要な設計変更や工期変更が困難
 - ③ 急な斜面が多く、小段が少ない



写真-2 法面更新工事の現場写真

2) 維持更新工事の現地調査例

実際の計画された工事についての現地踏査の例を示す。

写真-3にあるように道路を供用している中、既設法面工が写真-4のモルタル・コンクリート部の浮きや剥落を除去して更新する工事である。



写真-3 法面更新工事の作業環境



写真-4 既設法面工の状況

作業環境は写真-3のように歩道がある片側1車線の道路改良工事となっており、一般車両や歩行者の安全な通行帯の確保が不可欠となっていて、法面工事において労働災害防止とともに第三者の安全確保を講じなければならない。このような場所でロープ高所作業を実施するにあたっては、湧水の有無や剥落・剥離の状況、法面上部の立木の状況（用地の確認）、作業に必要なアンカーバーの長さ・本数、ロープの強度・本数・長さ、ロープの擦れ防止方法、転落防止の設備、昇降階段の規模、位置などを計画して作業を進めていかなければならない。

以上のような事例からもわかるように、法面工の更新工事は新設工事に較べて難易度が高くなっており、事前の的確な調査や業務関係者の経験や予測、技能労働者の高い技術力が求められる。

昨今の人手不足は顕著であり、法面工事従事者においては経験豊富な技能労働者の引退や若手入職者が少ないことから継続的な教育や技術の継承をいかに実践していくかが喫緊の課題である。

工事現場において、職長や世話役への過度な負担が増えることにより、やる気の低下、質の低下が懸念される。

4. 安全なロープ高所作業へ

座学だけではないVRによる体験型の安全教育の提案

(1) デジタル技術を用いた安全教育を行うメリット

- ① 特別教育を実施するにあたり、従来は、高さ2 m以上の疑似法面や施工現場が必要であったが、不用となる
- ② 現実では体験できないような危険な状況や緊急事態などを体験できる
- ③ 講師の技量に因らず統一した教育ができる
- ④ 何度でも復元できる

(2) デジタルによる安全教育のデメリット

- ① 初期投資にコストがかかる
- ② 1人にかかる所要時間がある程度かかる(30分程度)
- ③ 10畳程度の屋内空間が必要

VRを活用した安全教育には目的に応じたソフトの開発が必要であり、専門知識や社会的要請、倫理を十分理解した技術者が携わることが求められる。

(3) VR技術を安全分野へ取り入れるメリット

360度映像が存在する事で、ユーザー自らが「見渡す」という能動的なアクションが生まれ、座学や平面映像での受動的な学習よりも、「記憶に残りやすい」「複雑な内容でも理解しやすい」というメリットが提唱されている。また、高精細でCG、かつインタラクティブな表現が可能な「リアルタイムCG」で作成する事で、より能動的なアクションが必要とされ、高い定着力が実現可能となる。



写真-5 安全訓練の実施状況

加えて、ヘッドアップディスプレイにより両目をヘッドフォンで耳を覆う事で、周囲の無関係な情報が遮断され、集中力の維持にも効果が期待できる。



写真-6 ノートPC



写真-7 ヘッドフォン付きヘッドアップディスプレイ



写真-8 コントローラー

【VRによる安全教育の主な効果】

- 1) 能動的な体験ができる
- 2) 没入感のある体験ができる=集中しやすい
- 3) 自ら体験できる実践的なアプローチ=覚えやすい、記憶の定着
- 4) リスクなく教育が受けられる(高所作業など)
- 5) 教える人の主観によるバイアスがかかりにくい

(4) 安全教育VR制作におけるポイント

従来の安全教育では、一度受講、視聴した内容を繰り返し学習する事はあまりない。よって、すぐにマンネリ化してしまう。課題として、一度の教育では記憶の定着は図れないことが挙げられる。

【安全教育VR制作におけるポイント】

- ① VRで高い学習効果を得るだけでなく、飽きがこないよう、クイズゲーム形式を採用する
- ② シチュエーションを4つ準備するだけでなく、それぞれに多めに設問を用意し、ランダムに出題されることで、同じ人間が何度受けても新しい発見があるようにする
- ③ 法面での高所作業を、安全に体験できるシチュエーションも用意する
- ④ 回答者の属性(年齢、性別、国籍等)を入力する画面を作成し、属性による回答傾向などを分析できるようにし、将来の安全教育にフィードバックできるようにする
- ⑤ クイズだけでなく、安全行動を怠るとどうなってしまうか、事故再現映像も盛り込む

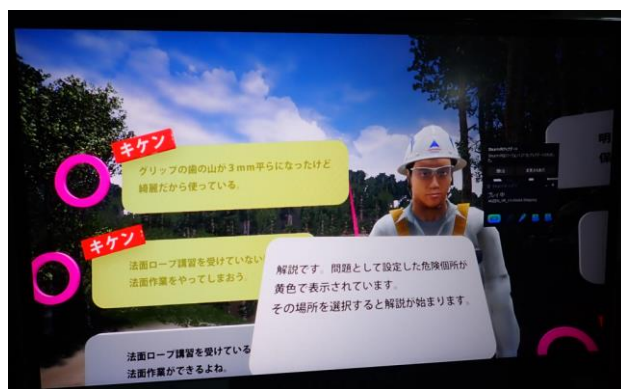


写真-9 安全訓練の実施画面

4. 今後期待されること

(1) 法面工の特徴と安全教育の課題

- ① 建設業の特徴は、現地屋外生産、受注一品生産、労働集約型生産であり、特に法面工においては人力による高所作業ということが挙げられる。
- ② 法面工事は、細部まで目視確認することができないため、人によって見た印象や結果が異なる。実際に作業をやってみると案外上手くできたり、逆に、出来ると思っていたことが計画通りに出来なかつたり想定外のことが次々と起こる。これは、作業に必要な情報量が不足していることにより起こる現象であると考えられる。
- ③ 座学のように講師からの通り一辺倒の教育ではマンネリ化し、記憶の定着が難しい。繰り返し教育の実施の必要性が高まっていると考えられる。

(2) 現場等実際に導入した効果

現在、この安全教育コンテンツは、現場管理者や技能労働者の教育をはじめ、工事現場の安全教育、現場見学会や地元説明会などに導入されており、法面工事を広く知ってもらうためのツールとして、概ね好評をいただいている。

(3) 安全管理活動の推進について

デジタル技術を活用することは、その実際の効果と併せて、その波及効果も計り知れない。特に法面工は、同じような作業が何日も続くことがよくあるので、その日の作業開始前の危険予知活動や安全衛生打合せによる注意すべきポイントが同じような内容になりがちである。VRによる3次元化したコンテンツを用いることは、普段感じることもない危険性を感じ取れたり、注意すべきポイントも意識的に変わっていくので、災害の予防には適している。

現場責任者は、現場を安全な状態に保つために、工事を開始する前や法面工事をを行う前の準備段階はもちろん、かつ施工中における計画、実施、確認、改善のPDCAを必ず実施する事が必要であり、その時の作業箇所、作業内容によって必要な対策が変化していくことを忘れてはならない。

【VR教育により期待される効果】

1. 従来の安全教育のような座学が多い教育より、記憶定着効果が高い
2. 作業従事者や管理者の危険感受性が向上する
3. 繰り返し教育が実施しやすい
4. コンテンツ内における事故の疑似体験・気づき教育の繰り返し等により基本的な法律やルールへの周知徹底を図り、災害防止活動を推進する
5. 従来、経験的な技術が重視されていたことが、VR技術を応用することにより現場でのトラブル回避、品質向上の大きな一助となることが期待される
6. ICTの活用による生産性や品質の向上にも3次元データや点群データを利用すれば、より現実的な課題にもあらかじめ安全に配慮した対策を講じることができる
7. 作業従事者だけでなく、現場見学会や地元説明会などで発注者や地元関係者等にのり面作業を疑似的に体験していただくことで、事業促進の理解が得られやすいことが挙げられる

労働災害の防止と安全な作業環境の構築、担い手を育成し、持続可能な業種としていくため、その一助としてVR技術によるロープ高所作業教育をご紹介させていただきました。今後も、ソフトのアップデートや機器の改良を重ね、安全安心な仕事となるよう努めていきたい。

5. 参考文献の引用とリスト

参考文献

- 1) (一社) 全国特定法面保護協会：のり面ロープ高所作業に係る特別教育テキスト。