

厚生労働科学研究費補助金  
分担研究報告書

建設工事における安全衛生の確保のための設計段階の措置に係る

法面保護改修工事中の土砂崩壊災害事例の分析

研究分担者 伊藤和也 東京都市大学建築都市デザイン学部都市工学科・教授

研究協力者 豊澤康男 東京都市大学総合研究所・客員教授

(一般社団法人仮設工業会・会長)

研究要旨

本分担研究では、モルタル保護工改修工事中の土砂崩壊災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、法面保護工の維持補修工事における設計段階からの適切な安全衛生対策を抽出することを目的とする。そのため、国内の行政研究機関のホームページから、公開されている災害事例に関する有用な公的資料をダウンロードし、それらを分析した。分析に当たっては、機械安全分野で国際的に認められている「危険源から危害に至るプロセス」図を用いて災害事例を分析し、危険源、危険状態、対策の不足等を抽出した。また、機械安全分野のスリーステップメソッド（本質的安全設計、安全防護、使用上の情報の提供）を用いて、「危険源から危害に至るプロセス」の上流から各安全衛生対策を提案した。さらに、各対策を実行する上で権限のある者を対策の実施者として明確化した。

このような分析結果から、法面保護工の維持補修工事における土砂崩壊災害に関する安全衛生対策として、本質的安全設計を含めたリスク低減措置を優先順位毎に提案した。

## A. 研究目的

本分担研究では、法面保護工の維持補修工事における土砂崩壊災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、法面保護工の維持補修工事における設計段階からの適切な安全衛生対策の抽出を目的とする。

## B. 研究方法

本分担研究では、国内の行政研究機関のホームページから、公開されている災害事例に関する有用な公的資料をダウンロードし、それらを分析する方法とした。分析に当たっては、機械安全分野で国際的に認められている「危険源から危害に至るプロセス」図を用いて災害事例を分析し、危険源、危険状態、対策の不足等を抽出した。また、機械安全分野のスリーステップメソッド（本質的安全設計、安全防護、使用上の情報の提供）を用いて、「危険源から危害に至るプロセス」の上流から各安全衛生対策を提案した。さらに、各対策を実行する上で権限のある者を対策の実施者として明確化した。

## C. 研究結果

### C-1. 法面保護工の維持補修工事中の土砂崩壊災害の概要<sup>1)</sup>

鉄道敷脇地山の崩壊防止のため施工されたコンクリート吹付け面が老朽化したため、それを張り替える工事を行っていたところ、吹付け面のほぼ全面が崩壊し、作業員 7 名が被災した(内訳；休業見込み 30 日：2 名、休業見込み 20 日：1 名、休業見込み 3 日：4 名)。

既設吹付け面を剥がすため、被災日 22 日前からピックハンマー（小型の削岩機）を使用し、既設吹付け面を小割り（50cm×50cm 程

度の正方形に切れ目を入れ、ラスが出現する程度)をしていた。災害発生前日までの間に吹付け面施工範囲の約 75%の小割り作業が終了していた。災害発生当日においては、前日までの作業に引き続いて午前 8:50 から当該作業を開始した。午前 9:00 頃になり、突然前日まで小割りを済ませた上方と推測される辺りから吹付け面と同時に吹付け面の裏側に存在した土砂が崩れ落ち、その後、ラス網がつながっていたため吹付け面のほぼ全面が崩壊し、作業員 7 名も崩壊面とともに滑落した。なお、被災者 7 名の内 3 名は、崩壊直後に親綱が破断してそのまま落下した。残りの 4 名は崩落後も一時親綱にぶら下がった状態になったが、親綱を緊結していた落石防護柵が崩落により抜け落ちるおそれがあったため、自らロリップを外し、崩落斜面を滑り降りて避難した。その際、1 名が後から崩落してきた土砂を被り、腰まで埋まる形となった。崩壊状況を写真 1 に示す。

### C-2. 法面保護工の維持補修工事中の土砂崩壊災害における「危険源から危害に至るプロセス」に関する分析

#### C-2-1 危険源からの危害に至るプロセス

法面保護工の維持補修工事中の土砂崩壊災害における「危険源から危害に至るプロセス」を図 1 に示す。以下、それぞれの過程について示す。

（危険源，人，暴露）

本災害の危険源は、劣化したモルタル吹付、風化岩盤、モルタル吹付裏の土砂化した地山、急な勾配の 4 つである。人は作業員に加えて鉄道の乗客であり、暴露状態として、土砂化した背面地山を有するモルタル

吹付法面の撤去作業を行っていた。具体的には小割作業（50cm×50cm程度の正方形に切れ目を入れ、ラスが出現させて、撤去しやすくする作業）の実施である。

（対策の不足）

土砂化した背面地山を有する法面保護工を撤去する際に実施した小割作業の作業手順が下からの実施であった。土砂化した背面地山からは相応の土圧が法面保護工に掛かっているが、小割作業を行うことによって土圧に対する抵抗力が失われてしまった。

（危険事象の発生）

災害事例としては、土砂化した背面地山（風化土砂）の土圧に耐えられずにモルタル吹付面が崩落した。また、小割したモルタルの剥落や滑落、風化土砂の崩壊等も発生したことが、危険事象の発生だと考えられる。

（回避の成功と失敗）

法面作業中の労働者が崩壊に巻き込まれて7名怪我をした。崩壊時に電車が通過していれば土砂流出による列車の脱線や転覆なども考えられる。回避に成功していれば、作業員は怪我をすることはなかった。状況にもよるが上流側での対策が十分であれば土砂崩壊もなかったと思われるが、上流側での対策が無ければ、土砂崩壊の回避は困難であり、経済的・物理的な損失は免れることはできない。

#### C-2-2 考えられる対策と対策の実施者

（本質的安全設計）

本質的安全設計（ハザード／リスクの除去）（ハザード／リスクの変更）に関する対策としては、①洞門等の別の対策、②ルート変更、③風化度合の確認調査（地盤調査・サーモグラフィ等）が考えられる。本質的安

全設計に関する対策実施者は発注者が一義的に検討することが必要である。上流での対策には相応の費用が発生することが容易に想像されるため、災害が発生した場合に生じる経済的・物理的・社会的なリスクなどの様々なリスクを考えて決定する必要がある。必ずしも費用が第一とすることが無いように幅広く考える必要がある。

（安全防護）

安全防護（工学的対策）としては、①土砂化した岩盤の処理（固結化（セメント改良・薬液注入等））、②小割しないでできる対策の検討（法枠工・グラウンドアンカー工）が考えられる。これらの対策の実施者は、発注者・施工者が中心となる。工学的対策としての選択肢は幅広いいため、概略の目標は発注者が示し、詳細な工法選択は施工者が提案して、発注者が認める形が理想系だと考えられる。

（使用上の情報の提供）

使用上の情報の提供（管理的対策）（個人用保護具）としては、①作業手順・施工計画、②動態観測による前兆把握・連絡体制、③墜落防護（2丁掛け、ハーネス）が考えられる。管理的対策としては①、②が該当し、個人用保護具としては③が該当する。これらの対策の実施者としては、①については施工者・設計者が検討するものである。また、②は斜面崩壊による労働災害防止に関するガイドラインが該当し、施工者・作業員が確認して、何か問題があれば発注者を含めて対策を検討する必要がある。③は作業員の墜落防止のための適切な墜落制止用器具の使用が考えられる。この対策の実施者は、墜落制止用器具を使用するように指示する元請業者と、工事現場で実際に作業をする施工者・作業

者になると考えられる。

### C-3. 同種災害におけるリスク低減措置の優先順位

（ハザード／リスクの除去）

法面保護工の維持補修工事中の土砂崩壊災害の同種災害におけるリスク低減措置の優先順位を図2に示す。リスク低減措置を検討する上で最も優先順位の高いハザード／リスクの除去として考えられるのは、洞門等の設置など別の対策をすることやルート変更である。ロック・シェッドといった洞門等の設置によって崩壊土砂からハード的に鉄道を守ることが可能となる。また、地すべり地に鉄道を開通する場合には、外力に抵抗するハード的な対策が難しい場合があり、その際にはルート変更によってそれらのリスクを解消することが可能となる。土木工事は建築工事と異なり点ではなく面的・線的に構築する必要がある。特に事業計画時に自然災害が発生することがないルートを計画することが、維持補修のフェーズまで影響してくるので、特に重要である。

（ハザード／リスクの変更等）

ハザード／リスクの変更等として、ハザード／リスクを正確に把握する必要がある。そのため、風化度合の確認調査を実施することが必要である。具体的には、直接的に斜面をボーリング調査や、サーモグラフィーによる調査等が考えられる。

（工学的対策）

工学的対策としては、風化土砂の再固結化と別の対策方法の適用が考えられる。土砂化した風化岩盤の処理方法として、セメント改良や薬液注入工法を利用した再固結化がある。また、老朽化した法面保護工を残

存させて対策できる別の方法として、法枠工やグラウンドアンカー工などの実施が考えられる。原則論として法面保護工は岩盤にモルタルを吹き付けるため、抗土圧構造物ではない。しかし、岩盤が雨水浸透や寒暖差によって風化が促進されて土砂化することで、法面保護工に土圧が作用している状態となっている。つまり、設計当初に検討されていない土圧が作用している法面保護工を対策しているという意識をもって対策を行う必要がある。なお、近年では法枠工でも老朽化の問題が生じており、コンクリートの剥落等の問題が報告されている。

（管理的対策）

管理的対策としては、①作業手順・施工計画、②動態観測による前兆把握・連絡体制が考えられる。①については施工の利便性ではなく安全性に配慮した作業手順や施工計画を行うことで災害を防止できる。本災害事例では小割作業を土圧が最も高いと想像される法面下部から実施しており、土砂崩壊の原因となった。土圧が低い法面上部から小割作業をして風化土砂も同時に除去するような作業手順としていけば災害は発生していない。また、②は斜面崩壊による労働災害防止に関するガイドラインがそれに該当する。施工者・作業者が斜面の変状等を確認して、何か問題があれば発注者を含めて対策を検討する仕組みが必要である。

（個人用保護具）

個人用保護具を用いた対策としては、適切な墜落制止用器具の使用が考えられる。墜落制止器具を適切に使用することで、法面保護工が剥落や土砂崩壊が発生しても、作業員が地面に墜落することを阻止できるものと考えられる。ただし、過去には崩壊土

砂に巻き込まれて死亡するような災害も発生しており、完全な対策とは言えない点に注意が必要である。

#### D. 考察

災害を防止するためには、危険源と人とが暴露しないようにすることが最も効果があると考えられる。本報で示したような線路脇の法面の維持補修工事中の土砂崩壊災害では、風化によって土砂化した岩盤斜面を法面保護工が抑えている状態のところを撤去する作業を行うということが大きなリスクであるため、洞門のようなハード的な対策で崩落しても被害が及ばないようにすることが災害防止に最も効果があると考えられる。また、災害発生頻度が高ければ、そのリスクを除去するためにルート変更することも選択肢の一つとして考えられる。ただし、これらの上流側の対策は、計画段階での精度が要求される。

維持補修工事の除去が困難な場合は、工学的対策として、土砂化した風化岩盤の再固結化や小割作業を行わないで実施可能な対策工の選定が考えられる。管理的対策として、作業手順・施工計画に加えて斜面崩壊による労働災害防止に関するガイドラインのような動態観測による前兆現象の把握や連絡体制の確保が災害防止には有効である。

これらの対策を講じても、危険な事象が発生してしまった場合に、自分の身を守るための最終手段として、個人用保護具である墜落制止用器具の適切な使用が考えられる。

#### E. 結論

災害を防止するためには、危険源と人と

が暴露しないようにすることが最も効果があると考えられる。本報で示したような線路脇の法面の維持補修工事中の土砂崩壊災害では、風化によって土砂化した岩盤斜面を法面保護工が抑えている状態のところを撤去する作業を行うということが大きなリスクであるため、洞門のようなハード的な対策で崩落しても被害が及ばないようにすることが災害防止に最も効果があると考えられる。また、災害発生頻度が高ければ、そのリスクを除去するためにルート変更することも選択肢の一つとして考えられる。ただし、これらの上流側の対策は、計画段階での精度が要求される。

ハザード／リスクの除去が困難な場合は、工学的対策として、土砂化した風化岩盤の再固結化や小割作業を行わないで実施可能な対策工の選定が考えられる。管理的対策として、作業手順・施工計画に加えて斜面崩壊による労働災害防止に関するガイドラインのような動態観測による前兆現象の把握や連絡体制の確保が災害防止には有効である。

これらの対策を講じても、危険な事象が発生してしまった場合に、自分の身を守るための最終手段として、個人用保護具である墜落制止用器具の適切な使用が考えられる。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

該当なし

##### 2. 学会発表

- 1) 豊澤康男, 大幢勝利, 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤和也 : SAFETY II や DX などの最近の建設労働安全の課題につ

いて、安全問題討論会'21 資料集, 安全問題研究委員会, CD-ROM, 2021.

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

H. 引用文献

- 1) 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所：モルタル法面改修工事中の土砂崩壊災害，災害調査報告書，2015 年度ホームページ公開，  
[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/pdf/saigai\\_houkoku\\_2015\\_03.pdf#zoom=100](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/pdf/saigai_houkoku_2015_03.pdf#zoom=100)（2022/01/02 閲覧）



写真1 災害発生現場<sup>1)</sup>より

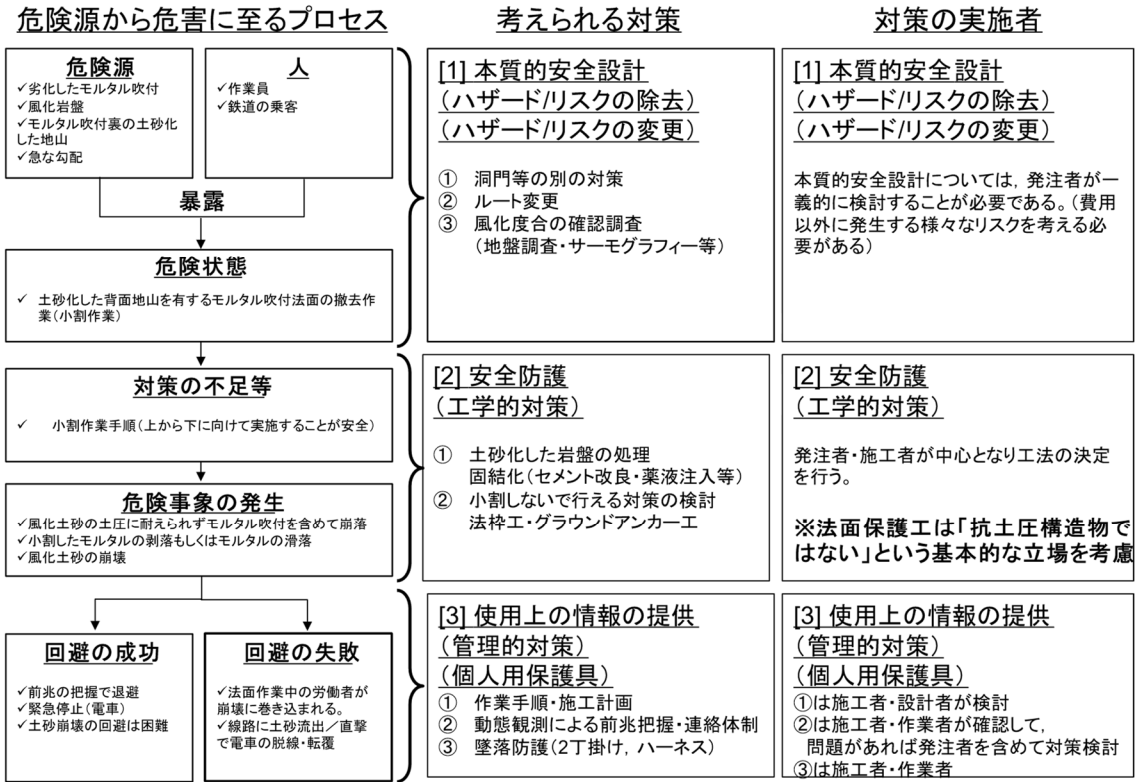


図1 法面保護工事における土砂崩壊災害における「危険源から危害に至るプロセス」



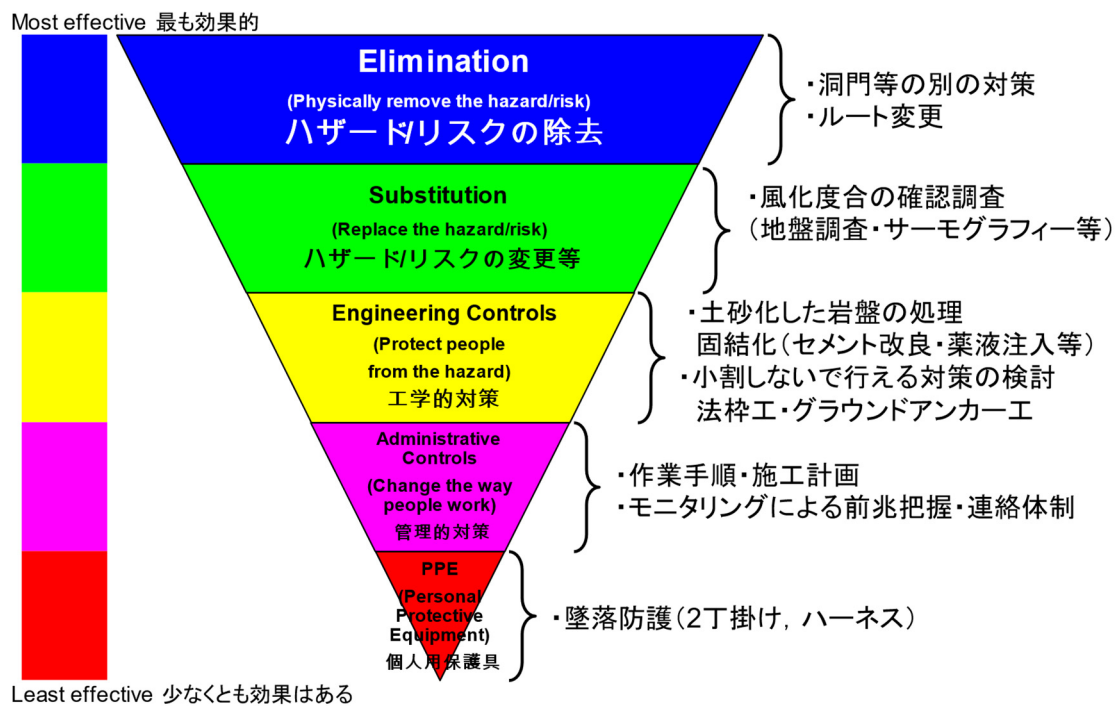


図2 法面保護工事における土砂崩壊災害の同種災害におけるリスク低減措置の優先順位