

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肌落ち災害事例の分析

研究代表者 吉川直孝 （独）労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・上席研究員
研究分担者 平岡伸隆 （独）労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・主任研究員
研究分担者 大幢勝利 （独）労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・センター長

研究要旨

本分担研究では、トンネル建設工事における肌落ち災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、トンネル建設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、国内外の行政機関等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、トンネル建設工事の肌落ち災害に対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、トンネル建設工事における肌落ち災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、トンネル建設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。

B. 研究方法

本分担研究では、国内外の行政機関等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、それら进行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. 肌落ち災害の概要^{1), 2)}

肌落ち災害の事例として、ここではトンネル建設工事中の地表面陥没を取り上げる^{1), 2)}。実際の災害事例としては肌落ちには分類されない、より広範囲な崩落となったが、その起点は、キーブロックの抜け落ち、つまり肌落ちを起点としているため、ここでは肌落ち災害事例として取り扱う。

同災害では幸いにも作業員、周辺住民、通行人ともに被災はなかった。事故発生が早朝であったことと、施工者が約1ヶ月前に避難訓練を実施していたことが効を奏した。避難訓練は作業員の退避だけでなく、地表面陥没を想定して、

トンネル上部の道路の通行規制をかけるまでを含んでいた。

本災害事例を簡潔に説明する。同建設プロジェクトにおいて、企画・調査・設計段階で、発注者および設計者は、未固結帯水砂層および難透水性風化岩層の存在を把握していた。そのため、難透水性風化岩層を掘削しないよう、トンネルの断面が難透水性風化岩層にかからないよう、トンネルの半円形断面を半楕円形とし、天井の低い扁平な形状とした。

次に、施工段階において、施工者は、より小さなトンネル断面の先進導坑を掘削した。その際、トンネルの天井部分を支えるため先受け工と呼ばれるフォアパイリングを施し、またトンネルの掘削面に対して吹付けコンクリートやボルトを打設し、トンネル側面にもサイドパイルを打設する等の対策を施していた。その後、先進導坑のトンネル断面を拡幅していく工程に進んだ。

しかしながら、災害発生時、難透水性風化岩層の位置が想定よりもトンネル断面に近く、また難透水性風化岩層の層厚も薄かった。そのため、拡幅断面を掘削している時に、難透水性風化岩層から肌落ち（小規模な岩塊が落下すること）があり、未固結帯水砂層の土水圧により掘削面が崩落、その崩落が連続的に地表面にまでおよび、地表面陥没という結果となった。

C-2. 肌落ち災害の「危険源から危害に至るプロセス」に関する分析

ここで、機械分野の「安全学」では広く用いられる「危険源から危害に至るプロセス」のフロー図（図1参照）を用いて、本事例の危険源、危険状態、危険事象等を詳細に検討する。同フロー図は世界的に共通の考え型である^{3), 4)}。同図から、危険源と人が接触する可能性のある場

合に危険状態となり、対策の不足等があれば、危険事象の発生に繋がり、回避を失敗すると、傷害や健康障害といった危害が発生することになる。同フロー図の各項目に対して考えられる対策や対策の実施者を加えると、再発防止について明確な回答が得られる。

同フロー図を同災害に当てはめると図1のようになる。同図は著者らの見解である。危険源はここでは未固結帯水砂層を考える。また、人とは作業員である。一方、周辺住民や通行人まで考えを広げると、トンネル自体が彼らにとっては危険源である。なぜなら、通行人らが通る地面の下に空洞を掘っているからである。位置エネルギーを考えると、その空洞が潰れてしまえば、通行人らはその空洞に落下することになる。未固結帯水砂層と作業員が曝露するような危険状態とは、難透水性風化岩層を隔てて未固結帯水砂層がトンネル上部に位置している状態である。対策の不足等としては、難透水性風化岩層の位置、層厚が想定とは異なることが挙げられる。このため、切羽上部（難透水性風化岩層）からの肌落ちという危険事象が発生し、水を含んだ流砂、崩落となった。施工者の迅速な判断により作業員、周辺住民、通行人ともに被災はなく、人への傷害および健康障害は回避できたが、地表面陥没により道路、管路等は損傷し、財産および環境への損害（危害）が発生してしまった。

C-3. 同種災害におけるリスク低減措置の優先順位

次に、考えられる対策について示す。機械安全の分野ではスリーステップメソッドとあって、本質的安全設計方策、安全防護、使用上の情報の提供の3つに分類している。このスリーステップメソッドは厚生労働省の掲げるリスクアセ

スメントの手順のうち、リスクの低減措置の優先順位（図2参照）と関係があり、図2の設計や計画の段階における措置が本質的安全設計方策に、工学的対策が安全防護に、使用上の情報の提供が管理的対策及び個人用保護具に対応すると考えられる。厳密には、使用上の情報の提供とは、機械設備の設計・製造者が安全管理に必要な情報を提供することを意味するものであるが、本分担研究では、これを管理的対策に含めることとする。

まず1つ目の本質的安全設計を考えると、路線計画の段階において、未固結帯水砂層および難透水性風化岩層からトンネルを遠ざける対策が最優先で考えられるべきことである。これは図3に示す「空間分離」に該当する。

機械分野では、本質的安全設計を図3のようにわかりやすく概念的に示している³⁾。同図から、危険源に伴う危険区域（例えば、建設機械の稼動範囲）と人の存在区域が接触する領域に「危険状態」が発生する。このような危険状態を回避するには、以下の4つの方法がある。

- (a) 空間分離：例えば、人と建設機械を空間的に完全に分離すること。
- (b) 危険源除去：例えば、建設機械を使用しない工法を採用すること。
- (c) 人の排除：例えば、作業員を一切、現場に立ち入らせず、リモートコントロールにより建設機械を遠隔操作すること。ただし、建設機械が故障し現場に立ち入る必要がある場合には、別途、リスク低減措置を図る必要がある。
- (d) 危険源弱体化（エネルギー低減）：例えば、建設機械の運動エネルギー、位置エネルギーを低減させ、接触したとしても作業員に危害を加えられないエネルギーとすること。

また、未固結帯水砂層を地表面から地盤改良すること、地下水位低下工法を実施すること、遮水工法を実施すること等も重要である。未固結帯水砂層を地盤改良または地下水位を低下させることにより、水の運動エネルギーおよび位置エネルギーが低減するため、これは図3の「危険源弱体化」に該当すると考える。同対策は、発注者が、道路の交通規制を実施できるよう関係機関と調整する必要がある。また、地表面からの地盤改良を発注の仕様書等に盛り込む必要がある。そのようにすれば、施工者は同対策を実施することが可能となる。

2つ目の安全防護について、地表面からの詳細な地盤調査が挙げられる。これも上述したように道路の交通規制が必要な事項であり、発注者が関係機関と調整し、仕様書等に盛り込み、設計者（または調査者）が実施する必要がある。また、先受け工、鏡吹付け、鏡ボルト等の工学的対策も挙げられるが、これらについて施工者は実施していた。さらに、切羽からの切羽前方の地盤改良も考えられるが、地表面からの地盤改良と比較すると、その効果は下がる。

3つ目の使用上の情報の提供（管理的対策）については、点検管理、作業員の教育、緊急事態マニュアル整備、現場の避難訓練が挙げられ、施工者はいずれも実施していた。特に避難訓練については前述したように特筆すべき効果を得た。作業員の教育については、近年、外国人労働者も建設現場で見られるようになってきていることから、行政としても教育機関を充実させる等の施策を打ち出していく必要性を感じる。

このように図1のフロー図、考えられる対策、対策の実施者を概観すると、上流の段階、特に企画・調査・設計段階において、信頼性の高い対策を実施できることがわかる。つまり、地下水を多く含んだ地層を避けた路線計画（空間分

離）、予め地下水位を下げる（危険源弱体化）等の対策を実施することができれば、トンネルの上部に地下水を多く含んだ地層が位置することなく、危険源に人が暴露する危険状態、続いて起こる危険事象の発生を避けることができた可能性がある。

D. 考察

本節では、トンネル建設工事中の肌落ち（落盤）のハザードを例にとり、図4の各項目に対応する対策を具体的に考えてみる⁶⁾。図4はリスク低減措置の優先順位を示しており、上から①物理的にハザード/リスクを除去（Elimination）、②ハザード/リスクの変更（Substitution）、③工学的対策（Engineering Controls）、④管理的対策（Administrative Controls）、⑤個人用保護具（Personal Protective Equipment）である。国内では前述した図2のように厚生労働省も同様にリスク低減措置の優先順位として採用しており、①と②が「設計や計画の段階における措置」に該当すると考えられる。また、海外でも米国において労働安全衛生総合研究所が採用⁷⁾しており、国際的にも認められている。

まず①物理的にハザード/リスクを除去（Elimination）では、そのリスク低減措置として、以下の対策が挙げられる。

1) 帯水層、断層破碎帯等を避けた路線計画

潜在的な亀裂が多い断層破碎帯を通る路線計画においては、穿孔、発破といった施工中のサイクルの中で、切羽の亀裂を進展・拡大させてしまい、場合によっては亀裂が閉合し肌落ちの発生確率を上げてしまう可能性がある。また、前述した災害事例にも代表されるように、トンネル上部に難透水性風化岩層を隔てて地下水を多量に含んだ未固結帯水砂層等がある場合、施

工中にトンネル上部の難透水性風化岩層を掘削してしまい、より上部の帯水砂層の水圧と土圧に耐え切れなくなり、切羽から肌落ちが発生、続いて切羽崩落、地表面陥没といった事象に繋がる可能性もある。そのため、未固結帯水砂層、難透水性風化岩層を避けた路線計画を考慮すべきである。さらに、被圧地下水層がある場合には、同層と空間的にトンネルが繋がってしまうと突発湧水となる場合もあるため、被圧地下水層が路線計画上にある場合にはできる限りそれを避けた路線計画とすべきである。

このようなリスク低減措置は、発注者に権限がある事項であることから、発注者が経済性、施工性、利便性、環境保全等と安全衛生を同じレベルで比較検討し、適切な路線計画を策定する必要がある。また、そのような社会的な枠組み作りが求められる。

2) 機械化の推進

近年、採用数が減少しているが、TBM (Tunnel Boring Machine) を適用した工法も安全衛生の面からは有用である。同工法により、切羽と作業員を空間的に分離できる。また、新しい工法として SENS⁸⁾の採用も積極的に取り入れるべきと考える。SENS とは、密閉型シールド (Shield) により掘削および切羽の安定を図り、並行して1次覆工となる場所打ちコンクリートライニング (ECL) によりトンネルを支保し、NATM のように地山が本来もっている強さを利用するように一次覆工の安定を計測により確認した後、漏水処理工と力学的機能を負荷させない2次覆工を施工 (NATM) してトンネルを完成させる工法 (System) であり、それぞれの頭文字から「SENS」と呼ばれている⁸⁾。

- ・ Shield Tunneling Method (シールド工法)
- ・ Extruded Concrete Lining (ECL 工法)
- ・ New Austrian Tunneling Method (NATM)

・ System

さらに、シールドマシンを適用できる地山であれば、シールド工法の採用も考えられる。

次に、2つ目の②ハザード/リスクの変更 (Substitution) では、そのリスク低減措置として、以下の対策が挙げられる。

3) 適切な掘削方式の選定

発破掘削方式では、地山条件によっては、地山を必要以上に緩めてしまうこともあるため、機械掘削方式を採用することの検討が望まれる。その場合には、機械掘削により生じる遊離珪酸を含む粉塵の最適な換気方式も合わせて検討する必要がある。

4) 掘削断面積の縮小 (ベンチの設置等)

近年、掘削工法としての全断面工法又は補助ベンチ付き全断面工法が採用する機会が増えてきた。切羽面においては、切羽の高さが高くなればなるほど、切羽面中央の押し出し変位は大きくなるのが容易に想像される。土木学会が発行するトンネル標準示方書では、全断面工法は、掘削断面積が「60m²以上ではきわめて安定した地山でなければ適用は困難」とされている⁹⁾。したがって、できる限り切羽面の高さを低く、また掘削断面積を小さくするような措置が、肌落ち災害防止対策として有効である。切羽の高さが低くなれば、岩石の落下距離を小さくできるだけでなく、掘削断面積が小さければ、落ちることのできる最大の岩石自体の大きさも小さいものとなる。

また、全断面工法又は補助ベンチ付き全断面工法を採用し、大型のドリル・ジャンボ等の建設機械を導入していた場合、地山が柔らかくなり切羽の安定が保てなくなった時には、ベンチカット工法に直ぐに段取り替えが困難である。このため、全断面工法又は補助ベンチ付き全断面工法を採用する際には、設計段階から詳細な

地質調査を実施し、トンネル延長全てにおいて切羽の安定が確実に確保できること又は補助工法等により切羽の安定を確保することが必要不可欠である。

6) 補助工法の採用

前述したように、切羽の安定が保てない場合には、天端の補強、鏡面の補強、脚部の補強、地下水位対策、地山補強といった補助工法を積極的に採用すべきである。

3つ目の③工学的対策（Engineering Controls）では、肌落ち災害防止対策に特化した形として、鏡吹付け、鏡ボルト、浮石落とし、さぐり削孔等を挙げた。

4つ目の④管理的対策（Administrative Controls）として、切羽への立入禁止措置、切羽監視責任者の専任、切羽変状計測等を挙げた。特に、切羽は、いつ不安定な岩塊が落ちてくるかわからない場所であり、肌落ちに加えて切羽もハザードであるという意識を持ち、切羽に作業員を立ち入らせる事を原則的に禁止すべきである。しかしながら、現実的には、装薬作業、支保工建込作業、ロックボルト挿入作業等、作業員が立ち入らざるを得ない状況もあるため、前述したように、機械化を推進することが望まれる。

最後に、⑤個人用保護具（Personal Protective Equipment）では、設備的防護対策（バルーン、マット、ネット等）、個人用保護具を列挙した。

再度、図4を全体的に俯瞰すると、特に、①物理的なハザード/リスクの除去（Elimination）及び②ハザード/リスクの変更（Substitution）において、発注者に権限があることが多く、また建設プロジェクトの初期の段階（基本計画、基本（概略）設計等）から検討しなければならない事項（路線計画、工法の選定等）が多いことがわかる。また、掘削断面積、掘削方式、補

助工法等の選定については、実施（詳細）設計の段階で考慮する事項であると考えられ、発注者だけでなく設計者の安全衛生に対する積極的な関与も重要であることがわかる。

設計・施工分割発注方式の場合、設計段階において、発注者及び設計者は、施工時の安全衛生に精通していない場合もある。そのため、トンネル建設工事における基本（概略）設計時のチェックリストを作成した⁶⁾。同チェックリストは、シンガポールの Workplace Safety and Health Guidelines Design for Safety¹⁰⁾を参考にしている。

また、NPO 法人臨床トンネル工学研究所のトンネル安全衛生小委員会では、参考文献2)~6)の考え方を参考に、トンネル建設工事における設計段階からの安全衛生措置に関する基本的なモデルを提案している。その中で、トンネル建設工事に特化した基本（概略）設計時のチェックリストを提示している。同チェックリストは、実際のトンネル建設プロジェクトの設計に係る設計コンサルタントの設計者が作成したものであり、より実務に近い内容になっている。

さらに、同小委員会では、トンネル建設工事におけるリスク登録表の例¹¹⁾も示している。

このように、設計・施工分割発注方式の場合、表1又は表2のチェックリストを参考に、設計段階から発注者と設計者がデザインレビュー会議等で、ハザード又はリスクを特定し、設計段階から対応できるものは対応していくことが望まれる。また、特定されたハザード又はリスクは漏れることなく表3のようなリスク登録表に記載し、次の建設プロジェクトの段階に適切に引き継ぐことが重要である。

E. 結論

本分担研究では、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」図を用いて肌落ち災害事例を分析し、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、トンネル建設工事の肌落ち災害に対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。同リスク低減措置の優先順位のうち、特に本質的安全設計方策に着目し、これをより一般化させ、基本（概略）設計時のハザード又はリスクのチェックリストを作成した。

このように、設計・施工分割発注方式の場合、チェックリストを参考に、設計段階から発注者と設計者がデザインレビュー会議等で、ハザード又はリスクを特定し、設計段階から対応できるものは対応していくことが望まれる。また、特定されたハザード又はリスクは漏れることなくリスク登録表に記載し、建設プロジェクトの次の段階に適切に引き継ぐことが重要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

- 1) 大嶋勝利, 高橋弘樹, 吉川直孝, 平岡伸隆: 建設業における安全衛生対策の海外の制度, 安全工学シンポジウム 2021, pp. 168-169, 2021.
- 2) 吉川直孝, 大嶋勝利, 平岡伸隆, 高橋弘樹: 建設業における設計段階からの安全衛生対策の好事例紹介, 安全工学シンポジウム

2021, pp. 158-161, 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) 福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会, 国立研究開発法人土木研究所: 福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会報告書, 平成 29 年 5 月, <https://www.pwri.go.jp/jpn/kentou-iinkai/pdf/houkokusyo.pdf> (2022 年 3 月 31 日閲覧)
- 2) 吉川直孝, 大嶋勝利, 豊澤康男, 平岡伸隆, 濱島京子, 清水尚憲: 機械分野の安全学から見た建設業における安全衛生の課題と今後の方針に関する提案, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.75, No.1, pp.1-11, 2019.
- 3) 濱島京子: 「災害防止の考え方」を伝える教育方法の考察—初学者にリスクアセスメントをどのように説明するか—, 労働安全衛生研究, Vol. 10, No. 1, pp. 25-31, 2017.
- 4) 向殿政男: 入門テキスト安全学, 東洋経済新報社, 228p., 2016.
- 5) 厚生労働省: 事例でわかる職場のリスクアセスメント, <https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/110405-1.pdf> (2022 年 3 月 31 日閲覧)
- 6) 吉川直孝, 大嶋勝利, 平岡伸隆, 濱島京子, 清水尚憲, 豊澤康男: トンネル建設工事にお

ける設計段階からの安全衛生対策の検討, 労働安全衛生研究, Vol.13, No.1, pp.79-84, 2020.

- 7) The National Institute for Occupational Safety and Health: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>, Centers for Disease Control and Prevention (2022年3月31日閲覧)
- 8) 長谷川正明, 野口守, 玉井達毅: SENS (シールドを用いた場所打ち支保システム) のコンクリート開発—北海道新幹線, 津軽蓬田トンネル—, コンクリート工学, Vol. 49, No. 1, pp. 106-109, 2011.
- 9) 公益社団法人土木学会編: 2016年制定 トンネル標準示方書[共通編]・同解説 / [山岳工法編]・同解説, 公益社団法人土木学会, 2016.
- 10) WSH Council: Workplace Safety and Health Guidelines Design for Safety, https://designforconstructionsafety.files.wordpress.com/2018/05/wsh_guidelines_design_for_safety1.pdf, 2016. (2019年11月5日閲覧)
- 11) NPO 法人臨床トンネル工学研究所 理事長 特別小委員会 トンネル安全衛生小委員会 : トンネル安全衛生小委員会 活動報告書 ～より安全なトンネル建設のために「再発防止」から「未然防止」への転換～, 106p., 2021.

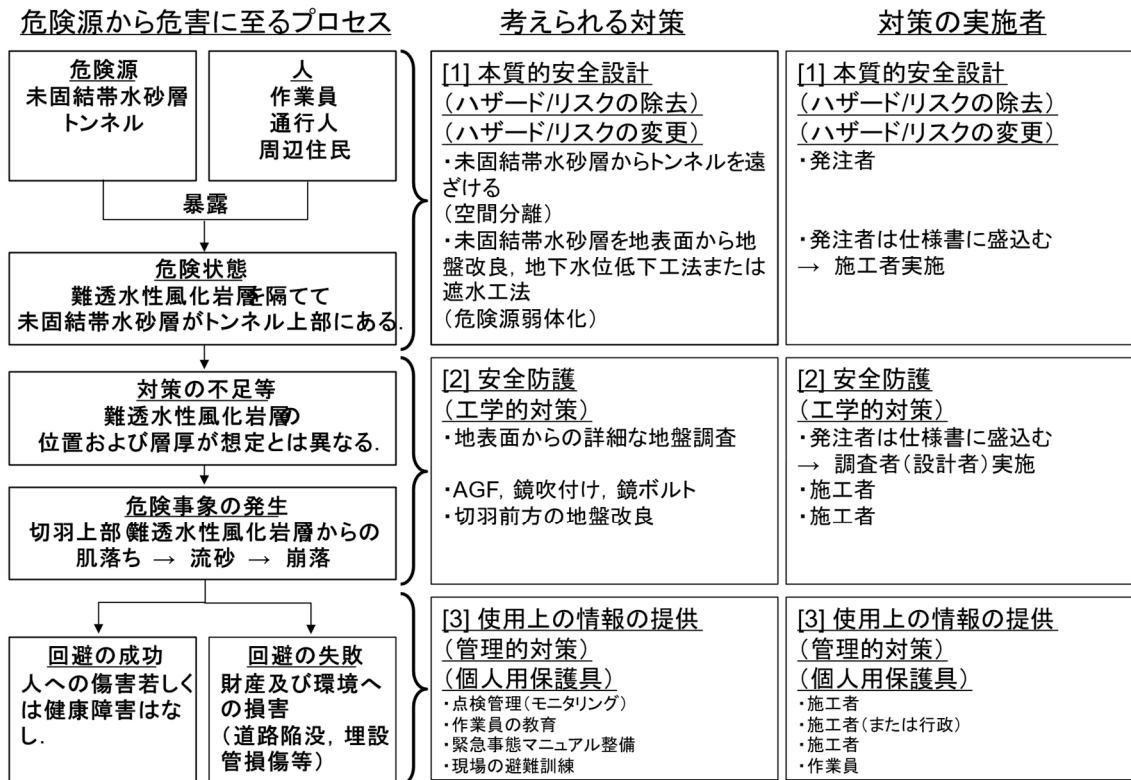


図1 肌落ち災害における「危険源から危害に至るプロセス」²⁾を一部修正

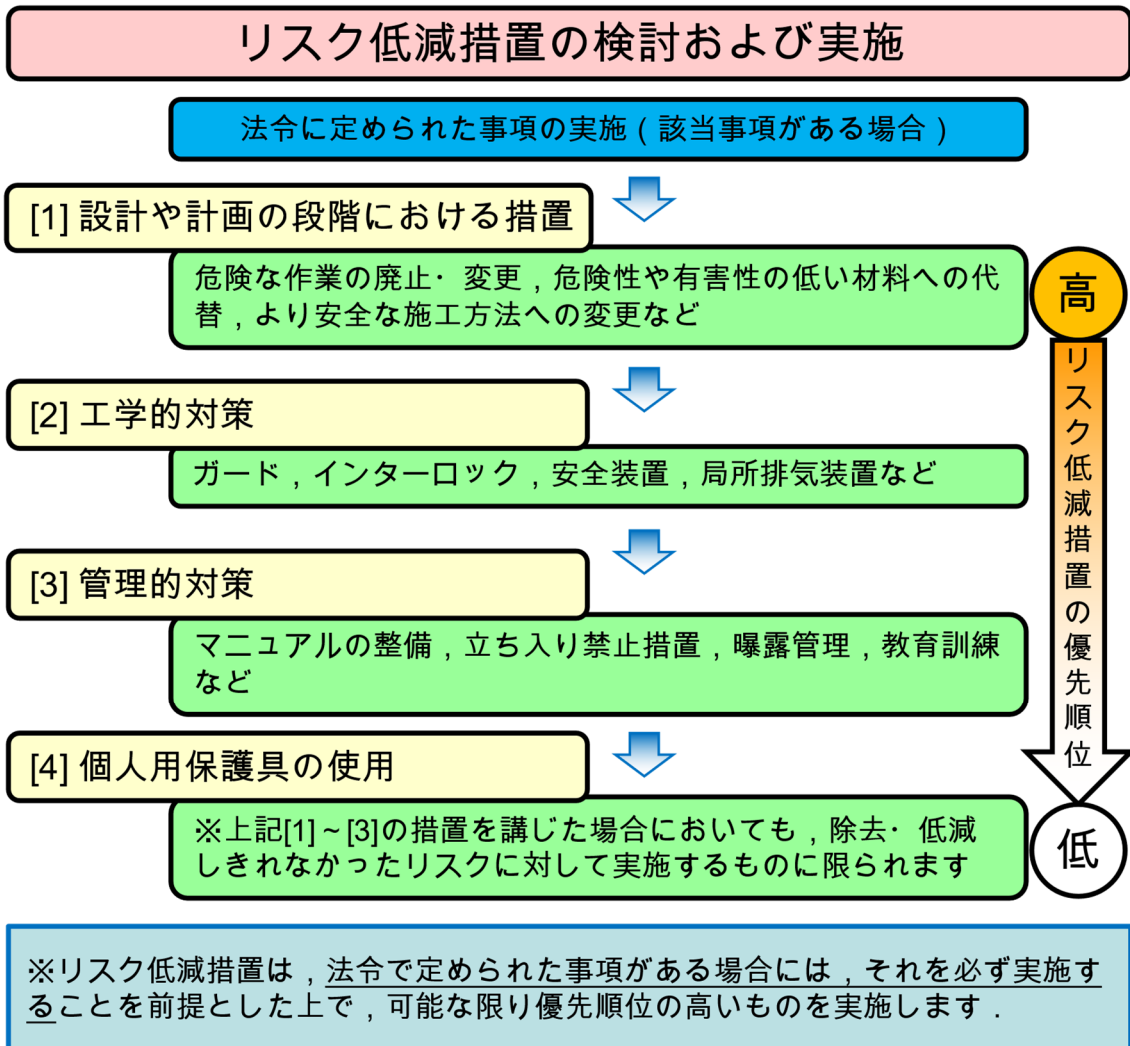


図2 リスクアセスメントの基本的な手順 ⁵⁾に一部加筆

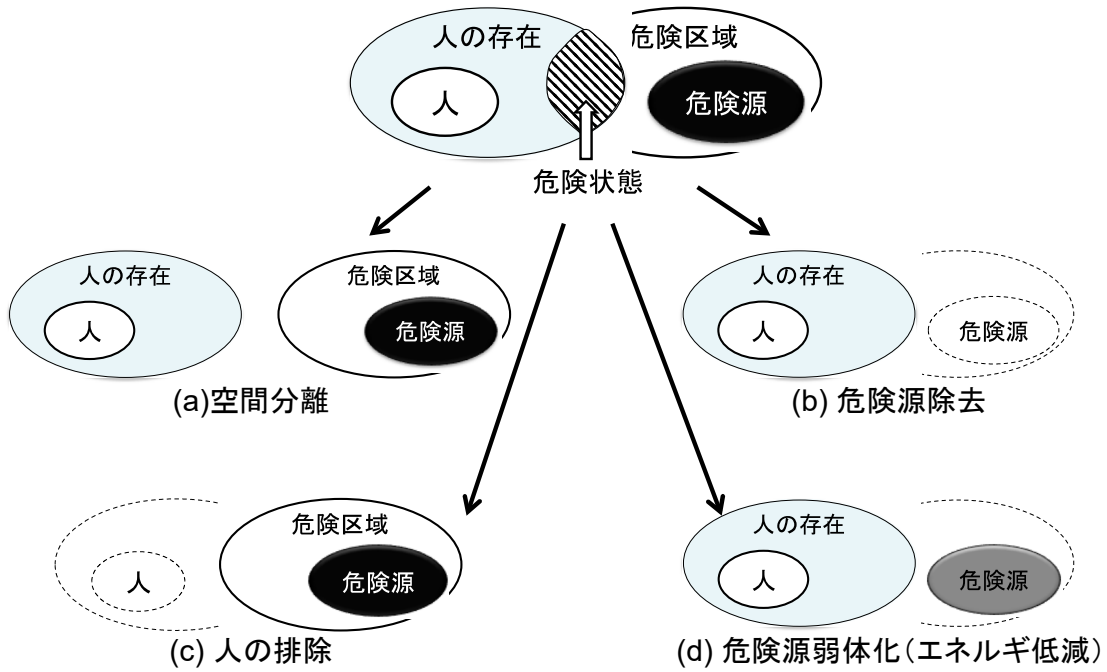


図3 本質的安全設計³⁾を基に作成

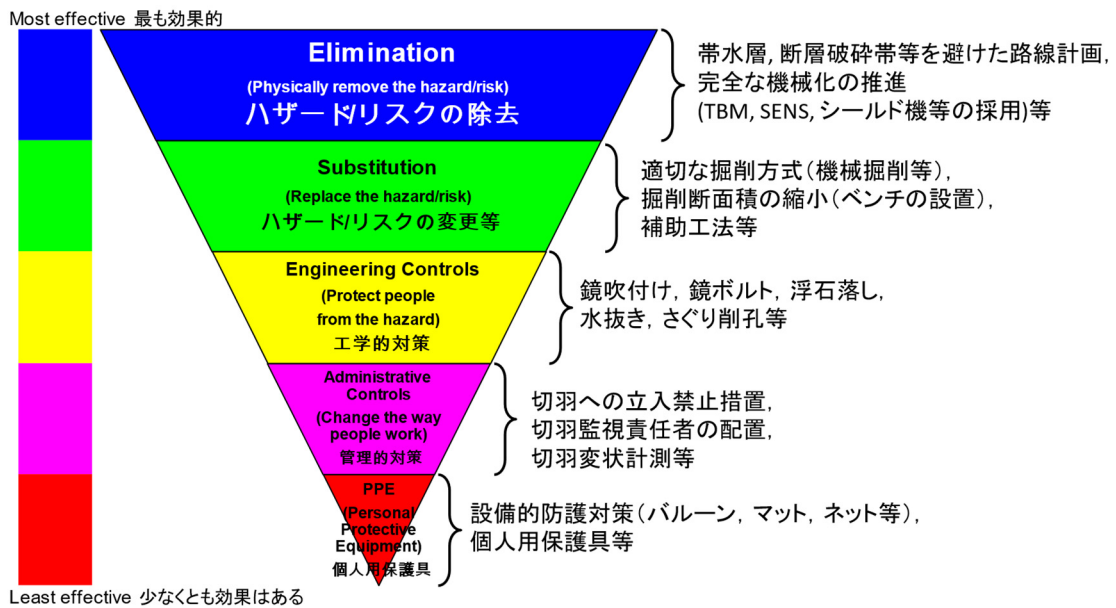


図4 肌落ち災害の同種災害におけるリスク低減措置の優先順位⁶⁾を一部修正

表1 基本（概略）設計の段階におけるハザード又はリスクのチェックリスト⁶⁾

検討事項		特定されたハザードの詳細
<p>用地 (路線) 地質</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 建設プロジェクト用地及び周辺の地質は十分に調査され、地下水位、被圧地下水、帯水層、難透水層、断層、破碎帯等の有無を詳細に把握できているか？ <input type="checkbox"/> 建設プロジェクトの用地（路線）を決定する上で、できる限り被圧地下水、帯水層、断層、破碎帯等を避けた（路線）計画とできているか？ <input type="checkbox"/> 建設プロジェクトの用地買収はすでに終了し、建設に必要な資機材の搬出入を含めて、十分な用地を確保できているか？ <input type="checkbox"/> 建設プロジェクト用地の周辺に浅い基礎の構造物があるか？ <input type="checkbox"/> 地下水面は建設プロジェクトを実行すると低下する可能性があるか？ <input type="checkbox"/> 建設プロジェクトに起因する地盤沈下、地表面陥没が発生する可能性はないか？ <input type="checkbox"/> 地盤沈下、地表面陥没が最小限となるようにするための措置はあるか？ 	
<p>住民</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 建設プロジェクトを実行する上で、周辺住民への影響（騒音、振動、井戸水の枯渇・汚染、基礎の傾斜等）はないか？ <input type="checkbox"/> それらがある場合、影響を最小にするような措置はあるか？ <input type="checkbox"/> 建設プロジェクトを実行する上で、交通（資機材の搬出入経路の交通渋滞等）への影響はないか？ <input type="checkbox"/> それらがある場合、影響を最小にするような措置はあるか？ 	
<p>サービス</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 建設プロジェクトの用地には、撤去又は移転の必要な地下埋設物（電気、ガス、上下水道管等）、地下構造物等はないか？ <input type="checkbox"/> それらがある場合、撤去又は移転することにより、所有者及び周辺住民に対するハザードとなるか？ <input type="checkbox"/> それらがある場合、地下埋設物、地下構造物等への影響を最小にするような措置はあるか？ 	
<p>その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 上述した項目に係わるハザード又はリスクを除去又は低減できるような施工方法又は施工手順となっているか？ <input type="checkbox"/> 建設プロジェクトの構造物のメンテナンス時に特別な措置を必要とする事項はないか？ <input type="checkbox"/> その他、予見可能なハザードはないか？ 	

表2 NPO 法人臨床トンネル工学研究所 理事長特別小委員会 トンネル安全衛生小委員会が示した基本（概略）設計の段階におけるハザード又はリスクのチェックリスト¹⁾

分類	検討事項	特定されたハザードの詳細
地質	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> トンネル位置の地質調査が適切に行われ、全般的な地質が適切に評価されているか？ <input type="checkbox"/> 断層・破砕帯、褶曲・乱帯等の局所的な脆弱層の位置・幅・傾斜が適切に把握されているか？ <input type="checkbox"/> 地質調査において不明確な区間（調査の限界、想定困難等）の有無、及びその評価の確実性の程度等の情報が伝達されているか？ <input type="checkbox"/> 坑口部の地質が適切かつ十分に調査されているか？ <input type="checkbox"/> 坑口部および周辺地山の地滑りや斜面災害の有無・可能性が適切に評価されているか？ <input type="checkbox"/> 小土盛り部の地質が適切かつ十分に調査されているか？ <input type="checkbox"/> 地下水位、被圧地下水、帯水層、難透水層等が適切かつ十分に調査されているか？ <input type="checkbox"/> 未固結地山、膨張性地山、山はねが生じる地山等の特殊地山が想定される場合に、必要な調査・試験の実施および情報伝達がなされているか？ <input type="checkbox"/> 高い地熱、温泉、可燃性ガス発生等の可能性が確認されているか？ <input type="checkbox"/> 坑口付近における異常出水及びそれに伴う法面崩壊・損壊の可能性が検討されているか？ <input type="checkbox"/> 蛇紋石や角閃石等アスベストの有無に関して、必要な調査・試験の実施および情報伝達がなされているか？ 	
用地	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 掘進方向は上り勾配になっているか？ 否の場合、上り勾配とする余地は無いのか？ <input type="checkbox"/> 仮設ヤードの用地は、設備配置や車両運行等において安全が確保できる必要最小限の面積が確保されているか？ <input type="checkbox"/> 仮設ヤードの用地は、台風・地震等による災害を避けられる安全な場所であるか？ <input type="checkbox"/> 仮設ヤード内の工事用道路は安全な勾配と線形が確保できるか？ <input type="checkbox"/> 進入路は安全が確保できる幅員と勾配が確保できているか？ 	
設計	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 弾性波速度のみならず類似地山での施工実績等を総合的に判断した支保パターン選定となっているか？ <input type="checkbox"/> 支保パターンの選定における不確実性の評価がなされているか？ <input type="checkbox"/> 補助ベンチ付き全断面掘削工法の場合の切羽安定性は適切に評価されているか？ <input type="checkbox"/> ショート・ロングベンチ掘削工法でのベンチ長と機械編成、上下半盤の移動に関する安全性が評価されているか？ <input type="checkbox"/> 切羽に作業員が極力近づくことのないよう、爆薬遠隔装填機、エレクトラー付き吹付け機、ロックボルト打設専用機等の積極的な採用が検討されているか？ <input type="checkbox"/> 掘削時に多量湧水が予測される場合の排水計画、地質に応じた路盤の安定対策が検討されているか？ <input type="checkbox"/> 坑口のり面の地質状況に応じた安全な勾配となっているか？ <input type="checkbox"/> 早期閉合を採用する場合の切羽安定および施工の安全に対する配慮がなされているか？ <input type="checkbox"/> 掘削方式の選定において環境対策と掘削の確実性および工期の設定に合理性があるか？ <input type="checkbox"/> 加背割りが施工機械と適合しているか？ <input type="checkbox"/> 坑内において施工機械が安全に離合できるか？ <input type="checkbox"/> 坑内照明は安全に配慮した適切な照度が確保されているか？ <input type="checkbox"/> 支保工脚部地盤の地耐力は検討されているか？ 	

*本チェックリストでは線形計画の変更に係る事項は対象としない。

表3 トンネル建設工事におけるリスク登録表の例¹⁾

設計時 リスク登録表											
プロジェクト名称		〇〇トンネル新設工事			設計データ						
地質調査会社		〇〇調査会社			・〇〇トンネル地質調査報告書						
設計会社		〇〇コンサルタント			・〇〇道路予備設計報告書						
レビュー実施日		〇〇年〇〇月〇〇日 実施段階（初期 中期 最終）									
番号	設計上の課題	リスク	リスク アセスメント			設計対応策 (リスク低減策)	設計段階での 検討レベル	残存リスク		申し送り 伝達事項	報告書 該当箇所
			重大性	可能性	優先度			重大性	可能性		
例	No.〇〇～〇〇 多量湧水が想定さ れる	地山崩落	高	中	高	水抜きボーリング	設計済み	低	低		P.88 図面*/*
例		路盤の泥濘化	中	高	低	設計対応不可	未設計	中	高	施工時に考慮が必要	-
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

※リスクアセスメント、残存リスクについては高、中、低の3段階で記載する。