

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
総括研究報告書

建設工事における安全衛生の確保のための

設計段階の措置の確立に向けた研究

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
研究分担者	高橋弘樹	（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	堀智仁	（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
研究協力者	佐藤嘉彦	（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

本研究では、肌落ち、土砂崩壊、転倒、倒壊、爆発災害を取り上げ、災害事例分析を通じて、トンネル建設工事、法面保護工事、地盤改良工事、ビル新築工事、構造物建築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した。

また、施工の合理化・効率化だけでなく、BIM/CIMにおいて安全衛生の情報も管理できるよう、BIM/CIM図面上にリスクポイントを記載し、一覧表として直ちにリスク情報を管理できるような方法も開発した。

本研究の成果として、各工事の各種災害について、本質的安全設計方策を含めて再発防止対策を提案することができ、これらの本質的安全設計方策は、企画、基本計画、基本設計、実施設計等の企画・設計段階で考慮する必要があることから、本研究で開発したリスクポイントをBIM/CIMのプロジェクトファイル上に配置することで、任意のリスク情報を一貫して管理することが可能となると考えている。

研究分担者

① 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  
研究推進・国際センター長

② 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

③ 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

④ 高橋弘樹

（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

⑤ 堀智仁

（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

研究協力者

⑥ 佐藤嘉彦

（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

⑦ 豊澤康男

東京都市大学総合研究所（一般社団法人仮設工業会）  
客員教授（会長）

## A. 研究目的

本研究では、肌落ち、土砂崩壊、転倒、倒壊、爆発災害を取り上げ、災害事例分析を通じて、トンネル建設工事、法面保護工事、地盤改良工事、ビル新築工事、構造物建築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。

また、施工の合理化・効率化だけでなく、BIM/CIM において安全衛生の情報も管理できるよう、BIM/CIM 図面上にリスクポイントを記載し、一覧表として直ちにリスク情報を管理できるようにすることを目的とする。

## B. 研究方法

本研究では、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。

また、国内外で BIM/CIM ソフトウェアとして最も利用者の多い Autodesk Revit を採用し、その中の部品（ファミリ）として、リスクポイントを新たに作成する。リスクポイントは Revit の図面上で任意の位置に配置できるように作成し、リスクの種類、リ

スクの大きさ、考慮すべきフェーズ、対策等を属性情報として登録可能なように作成する。また、配置した全てのリスクポイントの属性情報は、一覧表として直ちに出力できる仕様とする。

## C. 研究結果

各工事の各種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。以下に工事毎にそれを示す。

### C-1. トンネル建設工事における肌落ち災害防止対策

- ・ハザード/リスクの除去：帯水層、断層破砕帯等を避けた路線計画、完全な機械化の推進（TBM、SENS、シールド機等の採用）等
- ・ハザード/リスクの変更：適切な掘削方式（機械掘削等）、掘削断面積の縮小（ベンチの設置）、補助工法等
- ・工学的対策：鏡吹付け、鏡ボルト、浮石落とし、水抜き・探り削孔等
- ・管理的対策：切羽への立入禁止措置、切羽監視責任者の配置、切羽変状計測等
- ・個人用保護具：設備的防護対策（バルーン、マット、ネット等）、個人用保護具（亀の子）等

### C-2. 法面保護工事における土砂崩壊災害防止対策

- ・ハザード/リスクの除去：洞門の採用、ルート変更等
- ・ハザード/リスクの変更：風化度合の確認調査（地盤調査、サーモグラフィー等）
- ・工学的対策：土砂化した岩盤の処理（セメ

ント改良、薬液注入等）、小割しないで行える対策（法枠工、グラウンドアンカー工等）

- ・管理的対策：作業手順、施工計画、モニタリングによる前兆把握、連絡体制等
- ・個人用保護具：墜落防護（2丁掛け、ハーネス等）

#### C-3. 地盤改良工事における転倒災害防止対策

- ・ハザード/リスクの除去：基礎工用機械を利用しない工法を選択等
- ・ハザード/リスクの変更：リーダー長の短い（安定性の高い）機種を選定（危険エリアの限定）等
- ・工学的対策：地盤調査による地耐力の把握、セメント安定処理、砕石の敷設、敷鉄板の敷設等
- ・管理的対策：適切な施工計画の作成とそれに準じた作業の実施、転倒危険エリアへの立入禁止措置等
- ・個人用保護具：現状対策はない（個人用保護具では防ぎきれない）

#### C-4. ビル新築工事における倒壊災害防止対策

- ・ハザード/リスクの除去：高所作業をしない、床スラブ上で作業を行わない等
- ・ハザード/リスクの変更：床スラブの打設を地面で実施、プレキャスト部材の使用、施工のシステム化・プレハブ化等
- ・工学的対策：想定される荷重に対する型枠支保工の強度の確保（支柱の増強、筋交い、控えの設置）等
- ・管理的対策：適切な施工計画書の作成と計画書に準じた作業の実施、作業主任者の配置、床スラブ落下範囲の立入禁止措置等

- ・個人用保護具：適切な墜落制止用器具の使用等

#### C-5. 構造物建築工事における爆発災害防止対策

- ・ハザード/リスクの除去：用地の変更（埋立地を避ける）等
- ・ハザード/リスクの変更：埋立地の構造を準好気性へ改善等
- ・工学的対策：可燃性ガス引抜管の設置、強制換気設備の設置、ガス抜き孔・通気口の設置、ガス検知器・警報装置の設置、防爆構造の電気機器の使用等
- ・管理的対策：火気使用の厳密な管理等の着火源発現防止対策、責任者の設置及びガス測定結果に基づく作業開始・中止、工事関係者への教育周知、現場内作業者の詳細把握、緊急時体制の作成等
- ・個人用保護具：爆発に対する対策はない（個人用保護具では防ぎきれない）

また、BIM/CIMのプロジェクトファイル上で上記したリスク及び対策に関する情報を一貫して管理するため、部品（ファミリ）としてリスクポイントを新たに開発した。リスクポイントは、様々な属性情報を有し、パラメトリックに形状、色、材料等を変化できる。

#### D. 考察

トンネル建設工事、法面保護工事、地盤改良工事、ビル新築工事、構造物建築工事の肌落ち、土砂崩壊、転倒、倒壊、爆発災害とかなり限定的ではあるが、同種工事の同種災害については、本質的安全設計方策を含めて再発防止対策を提案することができたと

考えている。これまでの取り組みでは、どうしても工学的対策以下が主な再発防止対策であったが、本質的安全設計方策まで言及できた意義は大きいと考えている。

これらの本質的安全設計方策は、企画、基本計画、基本設計、実施設計等の企画・設計段階で考慮する必要がある。そのためには、近年、建設プロジェクトのライフサイクルを通して、情報を一貫して管理するために着目されている BIM/CIM を有効に使うことが望まれる。

本研究では、任意の建設プロジェクトファイルに複数のリスクポイントを設置することが可能である。このように、設計段階において想定される全てのハザード/リスクをプロジェクトファイルに配置することで、設計から施工、施工から維持管理へとリスク情報が一貫して活用される仕組みを構築できたと考えている。

また、本研究にて開発したリスクポイントは、BIM/CIM の部品 (ファミリ) の特徴である属性情報 (リスクの種類、リスクの大きさ、対策等) に加えて、パラメトリックに大きさ、色、材料等を変化させることができる。当然ながら、基本設計、実施設計等の各段階で想定されるハザード/リスクが新に出現した場合には、その都度、リスクポイントを新たに配置できる。一方、除去又は許容可能なリスクレベルまで低減できたリスクについては、その旨、属性情報に記載し、色 (マテリアル) を黄色から緑色等に変更すれば良い。

さらに、BIM/CIM のプロジェクトファイルに配置した全てのリスクポイントのリスク情報は、いつ、どの段階においても直ちに一覧表として出力することができる。これ

は、英国やシンガポールの規則<sup>1), 2)</sup>に謳われているリスク登録表に位置付けることが可能と考えている。

## E. 結論

各工事の各種災害について、本質的安全設計方策を含めて再発防止対策を提案することができ、これらの本質的安全設計方策は、企画、基本計画、基本設計、実施設計等の企画・設計段階で考慮する必要がある。そのためには、近年、建設プロジェクトのライフサイクルを通して、情報を一貫して管理するために着目されている BIM/CIM を有効に使うことが望まれる。

そこで、BIM/CIM 図面上にリスクポイントを記載し、一覧表として直ちにリスク情報を管理できるような方法を開発した。具体的には、国内外で BIM/CIM ソフトウェアとして最も利用者の多い Autodesk Revit を採用し、その中の部品 (ファミリ) として、リスクポイントを新たに作成した。リスクポイントは BIM/CIM の図面上で任意の位置に配置でき、リスクの種類、リスクの大きさ、考慮すべきフェーズ、対策等を属性情報として登録可能である。また、配置した全てのリスクポイントの属性情報は、一覧表として直ちに出力することができる。さらに、部品 (ファミリ) として作成したリスクポイントは、Revit を用いている全ての建設プロジェクトにおいて利用可能である。

このように、新たに作成したリスクポイントという部品 (ファミリ) を使用して、設計段階からリスク情報を一貫して管理できる可能性が示唆された。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 柴田達哉, 伊藤和也, 杉山竜一: 斜面崩壊による労働災害の防止対策に関するガイドラインを用いた地質リスク抽出と実際の地山挙動, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol. 77, No. 1, pp. 1-13, 2021.

### 2. 学会発表

- 1) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男: 労働安全衛生の観点から見たフロントローディングへの期待(第1回), 仮設機材マンスリー, pp. 30-32, 2021.
- 2) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男: 労働安全衛生の観点から見たフロントローディングへの期待(第2回), 仮設機材マンスリー, pp. 21-24, 2021.
- 3) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男: 労働安全衛生の観点から見たフロントローディングへの期待(第3回), 仮設機材マンスリー, pp. 18-22, 2021.
- 4) 大幢勝利, 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.
- 5) 吉川直孝, 大幢勝利, 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.
- 6) 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.
- 7) 吉川直孝: 建設業における英国と日本の違いと今後について, 2021 年度第 1

回建設委員会, 一般社団法人セーフティグローバル推進機構, 令和 3 年 5 月 19 日.

- 8) 吉川直孝: 安全学から見た建設業における安全の課題と今後について, 現場生産性向上分科会, NEC 第二製造業ソリューション事業部ソリューション推進部, 令和 3 年 7 月 6 日.
- 9) 吉川直孝: Issues and future on occupational safety of construction industry in Japan (日本の建設業の労働安全に関する課題と今後の展望), Session K: Construction Engineering and OSH, VISION ZERO SUMMIT JAPAN 2022, May 2022.

## 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) Construction (Design and Management) Regulation, The National Archives, <https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2015/51/data.xht?view=snippet&wrap=true>. (2022 年 3 月 31 日閲覧)
- 2) WSH Council: Workplace Safety and Health Guidelines Design for Safety, [https://designforconstructionsafety.files.wordpress.com/2018/05/wsh\\_guidelines\\_design\\_for\\_safety1.pdf](https://designforconstructionsafety.files.wordpress.com/2018/05/wsh_guidelines_design_for_safety1.pdf), 2016. (2022 年 3 月 31 日閲覧)