

総括研究報告書（吉川直孝、平岡伸隆、大幢勝利、伊藤和也、高橋弘樹、堀智仁、佐藤嘉彦、高橋明子、豊澤康男）

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

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	高橋明子	（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

令和2年度の研究要旨を以下に示す。

本研究では、①国内外の行政及び研究分野の動向についての調査、②国内の建設工事現場において実施された設計段階の安全衛生に関する措置の事例収集、③設計段階（施工前段階）からの安全衛生確保について、既に行政がガイドラインで示している分野（工事種）での事例研究、を3つの柱として実施することで、国内の建設工事において、活用できる設計段階の安全衛生対策をまとめる。

第1の柱の研究としては、国内外の公的機関の資料、国際的な学術論文、ヒアリング等を通して調査した。その結果、英国及び独国の行政では、設計段階から安全衛生を考慮し、それをBIMに取り入れていることが分かった。特に、英国では、BIMの安全衛生への利活用について、英国安全衛生庁が公的な資料を公開し普及に努めており、独国でも独国連邦運輸デジタルインフラ省がBIM4INFRA2020ハンドブックとして公的な資料を公開し、BIMの安全衛生への利活用を含めた形で、BIMの普及に努めていた。

第2の柱の研究としては、設計段階の措置の具体例を抽出できるようなヒアリング調査票を作成し、同調査票を国内の建設工事における発注者、設計者、施工者に配布し、ヒアリング調査を行った。

第3の柱の研究としては、設計段階又は施工計画段階からの安全対策をまとめている「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（厚生労働省）」について、

現場での取組について調査した。

令和3年度の研究要旨を以下に示す。

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。

令和4年度の研究要旨を以下に示す。

本研究では、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を体系的にまとめた。また、具体の試みとして、急傾斜地崩壊防止工事を取り上げ、設計段階からのリスク低減措置を検討した。これらの結果から、発注者、設計者及び施工者が行うことが望ましい取組として、以下の事項を提言した。

- ・設計図書等に、施工性、経済性、耐久性、維持管理、環境保全、美観等の要件を記載することに加えて、労働安全衛生の要件を追記すること。
- ・「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」、「BIM/CIM（Building Information Modeling / Construction Information Modeling）」、「DR（デザインレビュー）」、「FL（フロントローディング）会議」等を積極的に利用すること。
- ・発注者、設計者、施工者等の関係者が協力し、基本設計の段階から、実施設計、施工計画、施工、維持管理、補修、解体等の各段階において想定されるハザード又はリスクを列挙し、リスク登録表等に記載すること。
- ・発注者、設計者、施工者等の関係者が協力し、設計段階において、合理的に実施可能な範囲内で、想定される全てのリスクを除去又は低減すること。除去又は低減できないリスクについては、リスク登録表等を利用し後工程に適切に伝達すること。
- ・建設プロジェクト終了後、各段階におけるリスク登録表等を整理し、将来の建設プロジェクトのチェックリストとすること。なお、建設工事の種類ごとに整理すること。

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 高橋明子

（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

⑧ 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

令和2年度では、以下の3つの目的に従い研究を実施した。分担研究1では、建設工事における設計段階からの安全衛生対策の配慮として、日本の行政等の動向、海外の行政等の動向（英国、独国等）、研究分野の動向等を調査し取りまとめることを目的とする。特に、**BIM/CIM**の安全衛生への利活用についても動向を調査することを目的とする。分担研究2では、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関して、国内の好事例を収集し、取りまとめることを目的としている。分担研究3では、設計段階又は施工計画段階からの具体的な取り組みに関する事例研究として、「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（以下、『斜面ガイドライン』という。）」を適用して各種点検を行い、高精度傾斜計を用いて施工中の動態観測を実施し、斜面ガイドラインの点検が持つ意味と必要情報の関係等について明らかにすることを目的とする。

令和3年度では、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。

令和4年度では、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を体系

的にまとめ、設計段階の措置の確立に向け提言することを目的とする。

また、具体の試みとして、急傾斜地崩壊防止工事を取り上げ、設計段階からのリスク低減措置を検討することを目的とする。

B. 研究方法

令和2年度では、上記した目的を達成するため、以下の3つの研究方法を採用した。分担研究1では、国内外の行政機関等のホームページから有用な公的資料をダウンロードし、それらを翻訳又は分析する方法で、国内外の動向を調査した。また、**Impact Factor**（インパクトファクター）を有する国際的な学術論文集から、**BIM/CIM**を安全衛生に活用している論文を収集し、それらの要点を取りまとめた。分担研究2では、設計段階の措置の具体例を抽出できるようなヒアリング調査票を作成し、同調査票を国内の建設工事における発注者、設計者、施工者に配布し、ヒアリング調査を行った。ヒアリング調査票は、合計11個の質問から成り、発注者・設計者・施工者と3通りの調査票を作成した。なお、全ての質問は各者で同様の内容として、同じ様な内容について、それぞれ立場の異なる視点から回答が得られるように工夫した。分担研究3では、設計段階又は施工計画段階からの具体的な取り組みに関する事例研究として、実現場への斜面ガイドラインの適用と動態観測を行う方法を採用した。斜面ガイドラインを適用して各種点検を行い、高精度傾斜計を用いて施工中の動態観測を実施し、斜面ガイドラインの点検が持つ意味と必要情報の関係等について調査した。

令和3年度では、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。

令和4年度では、これまで本研究課題として実施してきた研究成果^{1)~5)}に加えて、これまで著者らが発表してきた既往研究^{6)~11)}も含めて、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を体系的にまとめる方法を採用した。

また、具体的な事例として、急傾斜地崩壊防止工事を取り上げ、「斜面ガイドライン」と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」）との比較検討を行っ

た。さらに、急傾斜地崩壊防止工事における一般型枠工と残存型枠工について、安全性、施工性、経済性等の観点から施工方法を比較した。

C. 研究結果

令和2年度では、3つの分担研究について、それぞれの研究結果を以下に示す。

令和2年度の分担研究1の研究結果を以下に示す。

日本の行政の動向として、国土交通省では、地質・地盤リスクについて、発注者が設計者に発注する際の仕様として、「土木設計業務等共通仕様書」¹²⁾ = 「BIM/CIM 活用業務実施要領」¹³⁾ → 「BIM/CIM 活用ガイドライン（案）」¹⁴⁾ → 「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン」¹⁵⁾ という流れが明確にできており、設計段階から地質・地盤リスクを配慮できるような社会的な枠組みを構築していた。

次に、海外の動向として、英国では、英国安全衛生庁が、「Improving Health and Safety Outcomes in Construction, Making the Case for Building Information Modelling (BIM)」¹⁶⁾（建設における安全衛生の向上、BIMの導入について）という資料を公開し、BIMの安全衛生への利活用に関して、その利点と具体例を公的な資料として公開していた。その中で、BIMは、設計段階において安全衛生のリスクの除去又は低減において重要な役割を担うことができると主張している。つまり、企画・設計段階において、バーチャルな環境下でプロジェクトを視覚化すること、各関係者の作業をモデルに組み込めること、各関係者間のコミュニケーションを向上させること、施工開始

前に設計者がリスクを除去又は低減することを可能にすること、施工リスクの早期の特定を可能にすること、リスクを除去できない場合には施工者に事前準備を促し適切なマネジメントを導入できること、BIMに時間次元を追加して4D化できること、施工プロセスをリハーサルでき潜在的なリスクを特定できること等を挙げている。

また、独国では、独国連邦運輸デジタルインフラ省（BMVI；Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur）が2015年に発表したステップバイステップ計画「デジタル計画と建設」では、2020年までに計画されるすべての新しいプロジェクトにBIMレベルIを適用することを目的として、独国連邦運輸デジタルインフラ省（BMVI）の管轄内でBIMを段階的に導入するための道筋を示している。このような動きの中、2016年10月、独国連邦運輸デジタルインフラ庁（BMVI）はBIM4INFRA2020ワーキンググループに2年間のBIMステップ計画の実施に関する重要な条件を作成するよう依頼した。このうち、BIMのユースケースに関する適切なガイダンスとサンプルの提供では、企画から設計、施工、運用までの段階を通じて、BIMの使用に対する具体的なアプローチをBIM4INFRA2020ハンドブックとして公表している。このハンドブックは、様々なBIMユースケースを説明しており、実際の建設プロジェクトでの使用を想定したものである。BIM4INFRA2020ハンドブックはPart1～10まで用意されている。このうち、「Part6:最も重要なBIMユースケースの標準仕様」¹⁷⁾では、労働安全衛生について、設計段階にて検討することとなっており、BIMの使用例を設計段階における「労働安全

衛生：設計とテスト（AWF8）」として示している。また、従来からの規制によるHOAIと建設プロジェクトの各段階におけるBIM利用との関係から、労働安全衛生は設計段階のうち、LP3（コスト計算を含むデザインプランニング）、LP5（実装計画）に検討する事項であることがわかった。

国際的な研究の動向としては、BIMと関連するツールを使用し建設活動における労働安全を理論的又は実務的に向上させようとする原著論文は、2010～2019年までで合計86件にのぼり、年々比例的に増加している¹⁸⁾。そのうち、米国の論文数が最も多く、次いで、中国、韓国と続く。ヨーロッパの中では、英国、仏国、独国が多い。シンガポールもそれらに次ぐ論文数を見せている。日本からは1件の論文があり、足場の自動設計、計画、描画についてである。

このような国際的な研究のうち、Cortés-Pérez et al. (2020)¹⁹⁾は、BIM/CIMソフトであるAutoDeskのRevitプラットフォームを利用し、Dynamoスクリプトからリスクレベルを色分けで表示し、リスク低減措置をRevit上に実装できるようにしている。

令和2年度の分担研究2の研究結果について以下に示す。

発注者、設計者、施工者の3者に対する計11項目から成る質問票の回答を概観すると、設計段階からの安全衛生確保のための措置に対して賛成する意見が多かった。なお、それをどのように現在の社会的な枠組みの中に当てはめるか、ということについては、現在の状況で、以下の事項が挙げられた。

- BIM/CIMの活用
- 施工予定者技術協議方式（ECI方式）の活

用

・発注者、設計者、施工者による3者会議
また、安全衛生を経済性、施工性、環境保全等と同等に評価できる指標が欲しいといった要望があった。さらに、ある一定レベルの安全衛生を担保したこと条件に、経済性、施工性、環境保全等の検討に進むというような枠組を要望する声もあった。

令和2年度の分担研究3の研究結果について以下に示す。

斜面ガイドラインは、目視等による点検を根拠に「調査・設計施工段階別点検表」、「日常点検表」及び「変状時点検表」を作成する。今回の観測対象現場にて、調査者、設計者及び施工者の立場になり、着手前から掘削完了まで斜面ガイドラインの適用を試みた。なお、この点検表の適用・使用単位は「地層ごと」と「幅約20m」を目安とした。表-1に当現場への適用した各段階点検表を示す。掘削作業前の点検までの段階では、樹木植生などによる点検障害がなかったため記載内容に変更はない。しかし、掘削が進行することで新たな地質が出現したり、湧水による崩壊の危険が生じたりといった地山の異常が生じたため、斜面ガイドラインに従い「日常点検」から「変状時点検表」を作成し、「異常時対応シート」作成により情報共有を行った。最終的なトラブル解決は、発注者、設計者及び施工者を含めた三者協議で迅速に決定した。以下にそれぞれの点検表について詳細を示す。

a) 調査・設計段階点検

工事区間の山側斜面には連続した滑落崖があり馬蹄形を呈する。地形判読では明らかな「地すべり地形」であるが、地質調査報告書では今回の被災について、地すべり土

塊の活動はなく、その一部が崩壊したものとされている。しかし、工事箇所の外郭には休眠中の地すべりが存在することから、今回の主体工事である山側のり面工事は大きな地質リスクを有していることは明らかである。また、滑落崖には表層がオーバーハングしており、かつての地すべり滑動によるブロック積擁壁に縦方向のサイドクラックが生じている。

一方、表層部の地質は、滑落崖直下の緩い崩積土層と崖面には岩組織を残留する脆く亀裂の多い強風化頁岩が露頭する。

地下水については、ボーリング調査によるとGL-4.0m付近に水頭を持つ地下水が存在するとされているほか、工事箇所の端部に常時湧水が見られた。地すべり頭部のより上方の残斜面は、杉林で一定勾配のなだらかな斜面を呈し、過去の地山変動を示す段差や杉の根曲がりはない。

b) 施工計画～掘削作業前段階点検

掘削斜面の植生は、繁茂状態ではなかったため、丁張り起工測量の際の伐採で新たな確認事項はなかった。そのため調査・設計段階での点検と同様であった。

c) 日常点検表

点検区間1, 3においては、通常の日視による日常点検を行い施工トラブルはなかった。計器を設置した点検区間1の測点15.92測線では、詳細は後述するが、施工段階や降雨などの気象状態の変化に微少な変形は生じており、掘削や斜面安定工法による目視点検では認められない地山挙動が把握できた。一方、点検区間2測点32.00付近で一次掘削を行った際に湧水が発生した。湧水箇所周辺は、強風化によって粘土化が激しい頁岩（風化の速い岩とする；新たな事実の

出現)であり、降雨後に湧水量の増加に伴い小崩壊が発生した。粘土化した頁岩の吸水による軟弱化も激しく、さらに上部への後退性崩壊も予想され、今後の施工が不可能になったため「変状時点検表」を使い推移を記録した。規模が小さいため作業員の安全確保には問題は無かったが、今後の進展によっては、規模の拡大により補修工の難易度が高くなるので着目する必要性があり「変状時点検表」による監視の重要性を認識することができた。

d) 変状時点検表

施工に障害となる湧水の発生後、予定より5日間の休工遅延が生じた。現場での応急対策の検討や発注者・設計者への連絡及び三者会議の日程の調整などで時間を要することもあるが、予期せぬ現象が工事工程へ影響し、土砂崩壊災害の発生にも発展してしまう恐れがあった。斜面ガイドラインに従った点検では、湧水をトラブル発生まで予想できなかった。しかし、湧水発生後の崩壊が小さなうちに予測・予防できた点では、点検項目で「湧水」を負のキーワードと認識していた点にある。

地質リスクマネジメントの視点では、この予期せぬ湧水を水抜きボーリングで「リスク対応」することとした。さらに、既往の地すべり地形の存在を考慮すると、調査・設計段階点検で他地点における湧水の実態を水平展開して全体の「リスク分析～評価」に発展・思考することは技術者として必要な要件である。

令和3年度の研究結果を以下に示す。

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。

「トンネル建設工事における肌落ち災害防止対策」として、以下に列挙する。

- ・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

「法面保護工事における土砂崩壊災害防止対策」として、以下に列挙する。

- ・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）

「地盤改良工事における転倒災害防止対策」として、以下に列挙する。

- ・ハザード/リスクの除去：基礎工事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）

「ビル新築工事における倒壊災害防止対策」として、以下に列挙する。

・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

「構造物建築工事における爆発災害防止対策」として、以下に列挙する。

・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）

これらの結果は、令和4年度において、各工事の各災害防止対策に係るチェックリストの作成に活用した。

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。

令和4年度の研究結果を以下に示す。

日本の製造業と建設業の10万人当たりの死亡者数（死亡率＝死亡者数／就業者数×100,000）を比較すると、製造業に比べ、建設業の死亡率が高いことがわかった。また、英国、シンガポール、独国等の建設業の死亡率とも比較すると、日本の死亡率が高いことも明らかとなった。このため、製造業の労働安全衛生に対する考え方、また海外の建設業の取り組みについて主に調査した。

製造業の労働安全衛生の考え方は、機械安全分野の安全衛生の考え方に基づいていることから、機械安全分野のハザード、リスク、危害、安全、許容可能なリスク等の定義、リスクアセスメントを概観した。機械安全分野では、「本質的安全設計」、「安全防護」、「使用上の情報の提供」というスリーステ

ップメソッドにより、リスクを除去又は低減させていた。

日本の建設業では、労働安全衛生法の労使関係上、施工中の労働安全衛生の主な役割と責務は施工者にある。そのため、建設業において「本質的安全設計」を考慮することは困難な場合もある。「本質的安全設計」が図られるような社会的な枠組みが必要であるとの考えのもと、英国、シンガポール、独国等を主に調査した。

英国では、(a)発注者、設計者及び施工者の役割と責務の規定、(b)建設プロジェクトの体制（ECIの採用等）、(c)教育機関の充実、がアドバンテージとして挙げられた。

シンガポールでは、基本設計、実施設計、施工前等の各段階が終了した後、デザインレビューを実施し、想定される全てのハザード及びリスクをリスク登録表に記載する取り組みを行政施策として打ち出していた。

独国では、行政機関から BIM4INFRA ハンドブックを公表し、設計段階において、BIMを用いて労働安全衛生のテストを実施することを紹介していた。

令和3年度の災害事例分析から、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整理した結果を用いて、各工事における各災害防止対策に係るチェックリストを設計段階と施工段階に分けてまとめた。このように、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」）による整理から、「本質的安全設計」に係る対策を設計段階のチェックリストとし、「安全防護」及び「使用上の情報の提供」に係る対策を施工段階のチェックリストとすることで、簡単にチェックリストを整理できることを示し

た。

次に、急傾斜地崩壊防止工事における「斜面ガイドライン」と「スリーステップメソッド」との比較検討から、発注者は設計者及び施工者へリスクを移転するのではなく、「共通仕様書」又は「特記仕様書」に斜面ガイドラインの適用を明記することが重要であることが明らかとなった。

また、残存型枠工を採用した場合、型枠内で作業をすることにより背面の土砂が崩壊した場合には裏型枠が簡易的な土留めとなり、直接的な被災を免れる可能性があることが利点である。また、擁壁と背後地山の掘削面の間は、型枠と足場が不要となるため、幅を狭くすることができ、斜面切土範囲を少なくすること、掘削勾配を緩くすることができる利点がある。

D. 考察

令和2年度では、3つの分担研究について、それぞれの考察を以下に示す。

令和2年度の分担研究1の考察を以下に示す。

国土交通省では、設計業務の発注時に、「土木設計業務等共通仕様書」¹²⁾、「BIM/CIM活用業務実施要領」¹³⁾及び「発注者におけるBIM/CIM実施要領（案）」を適用又は参照することとしている。そのうち、「土木設計業務等共通仕様書」¹²⁾では、「第1211条 設計業務の成果」として、主に施工性、経済性、耐久性、維持管理に関する事、美観、環境等の要件を記載することを規定していた。このうち、環境については、「第1212条 環境配慮の条件」として、環境省が管轄する法律、ガイドライン等を根拠条文として1つの条文が設けられていた。

厚生労働大臣、国土交通大臣、内閣総理大臣署名で制定された「建設工事従事者の安全及び健康の確保の推進に関する法律（平成28年12月法律第111号）」の第3条第2項の在り方について、今後、海外の好事例も含め検討する必要があると考えられる。

その際、「BIM/CIM活用業務実施要領」¹³⁾に「BIM/CIMを活用した検討等の具体的な内容」として記載のある「リスクに関するシミュレーション（地質、騒音、浸水等）」を拡大し、施工中のリスクに関するシミュレーションを含めることも考えられる。

さらに、施工中のリスクに関するシミュレーションにおいては、「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン」¹⁵⁾を参考として、例えば、建設業において最も死亡者数の多い墜落・転落災害に対するリスクを取り上げ、設計段階において考慮できる墜落・転落災害防止対策を取りまとめることも考えられる。

このようにすれば、まずは墜落・転落災害防止対策から、設計段階に考慮されるようになり、その効果が確認されれば、他の災害リスクについても順次拡大するといったことも考えられる。

設計段階において考慮できる墜落・転落災害防止対策としては、例えば、高所作業の排除、プレハブ工法の採用（本質的安全設計）、開口部等への手すりの設置、墜落制止用器具を設置するフック等の設置（工学的対策）等が考えられる。

具体的には、海外の事例を挙げ、BIMのソフトウェア上にリスクを色分けして表示し、ガードレールを設ける等のリスク低減措置をソフトウェア上に実装している事例を紹介した。

このように、BIM/CIMを設計段階からの安全衛生の向上に有効に活用していることがわかった。

令和2年度の分担研究2の考察を以下に示す。

発注者、設計者及び施工者とヒアリング調査をしてきた中で、三者とも設計段階からリスクの除去・低減を考慮し、設計段階からリスク低減措置を施すことに賛成であった。また、明確な社会的な枠組がないものの、会社単位、プロジェクト単位で設計段階からリスクの除去・低減を実施するような取組があった。なお、この時のリスクは、構造物が完成後の供用中や維持管理中に発生しうるリスクを除去・低減させることが主目的であった。労働安全衛生の向上は、副次的に得られた効果であった。

しかしながら、発注者、設計者および施工者ともに、設計段階からリスク低減措置を施すことに賛成で、その効果も認められていることから、本研究では、経済性、施工性、環境保全等とともに安全衛生に配慮した設計を推奨することを提案する。

例えば、機械安全の国際規格であるISO/IEC Guide 51：2014（JIS Z 8051：2015）²⁰⁾では、リスクを「危害の発生確率及びその危害の度合いの組合せ。」とし、許容可能なリスクを「現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル」と定義している。また、安全とは、「許容不可能なリスクがないこと。」と定義されている。このように、設計段階で想定される施工時のリスクが、許容不可能なリスクレベルにある時、設計段階においてリスク低減措置を実施し、許容可能なリスクレベルにまで下げることも考え

られる。

発注者のヒアリング調査結果から、『構造物 100 年の間に想定されるリスクについては全て考慮するよう求められている。例えば、地震等、100 年以内に起こる可能性のある事象については設計に考慮する。100 年以上のスパンの事象については、構造物が破壊されるのではなく、損傷をできる限り抑制するような冗長性を持たせた壊れ方をするような設計を考える。』とある。つまり、現状において、自然災害である地震等を考慮した設計を実施しているという回答が得られている。

従って、自然災害と同様、現在の建設業における死亡率（リスクレベル）よりも高いリスクについては、設計段階でそれらを除去又は低減することが求められる。

このように設計段階から想定されるリスクを除去又は低減するような社会的な枠組が構築されれば、「BIM/CIM」の活用、「設計段階から施工者が関与する方式（ECI 方式）」の採用、三者の合同連絡会議の開催等、設計段階から労働安全衛生対策を図る方法を有効に活用することができる。

令和 2 年度の分担研究 3 の考察を以下に示す。

斜面ガイドラインによる一連の事業工程に連動した点検表は、作業進捗に従い、地山の微地形や地質性状など不明だった箇所が明らかになる。そのため、最上流の調査設計時点においては不明確であった地山の挙動は、リスクとして考える必要がある。一般に地質リスクマネジメントの多くは調査設計から施工段階に向かって、より合理的かつ総合的にも経済性を追求することを念頭において実施されるものである。これは、施工

時の仮設地山掘削作業の安全性確保の観点からも合理的な手法といえる。したがって、「調査・設計施工段階点検表」を利用して、リスク抽出を行い、そのリスクを分析・評価して対応を策定することが現在の事業者つまり施工者の責務となる。しかし、リスクの分析～対応については、本来は事業者のみでは策定できないため、発注者を含めた調査・設計段階での地質リスクマネジメントが必須となる。今後の土木事業では「地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン」と「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」が融合した「意識と体制」を構築したリスクコミュニケーションが必要である。

令和 3 年度の考察を以下に示す。

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

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²¹⁾、²²⁾に謳われている安全衛生ファイルやリスク登録表に位置付けることが可能と考えている。

令和4年度の考察を以下に示す。

機械安全分野における「本質的安全設計」を社会的な枠組みの中に取り入れるためには、これまで施工性、経済性、耐久性、維持管理、環境保全、美観等の要件を記載してきた設計図書等に、労働安全衛生の要件を追記することが望ましい。また、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ては、「FL（フロントローディング）会議」、「DR（デザインレビュー）」、「設計段階から施工者が関与する方

式（ECI方式）」及び「BIM/CIM」がキーワードとして考えている。これらのツールを利用し、発注、設計段階から想定されるハザード又はリスクをリスク登録表等に記載し、合理的に実施可能な範囲内で、想定される全てのリスクを除去又は低減することが重要である。除去又は低減できないリスクについては、リスク登録表等を利用し後工程に適切に伝達する必要がある。さらに、建設プロジェクト終了後、各段階におけるリスク登録表等を整理し、将来の建設プロジェクトのチェックリストとすることが望まれる。なお、建設工事の種類ごとに整理することが望ましい。

E. 結論

令和2年度の結論を以下に示す。

令和2年度の分担研究1～3を概観すると、すでに我が国においても、設計段階から考慮する（している）労働安全衛生に係るリスクがあることがわかる。

具体的には、国土交通省の各地方整備局が設計業務を発注する際に参考とする「BIM/CIM活用業務実施要領」¹³⁾に「BIM/CIMを活用した検討等の具体的な内容」として「リスクに関するシミュレーション（地質、騒音、浸水等）」が明記されている。その詳細としては、「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン」に、発注者、設計者、施工者等の関係者の連携によるリスクマネジメントとして記載されていた。

今後は、このような動きを拡大し、建設業において最もリスクの高い墜落・転落災害に対するリスクにも適用していくことが望まれる。

そのためには、ヒアリング調査からも好事例として情報提供のあった「BIM/CIM」の活用、「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」の採用、発注者、設計者及び施工者の合同連絡会議の開催等を適宜実施し、設計段階から安全衛生への配慮を推進していくことが望まれる。

また、設計段階又は施工計画段階からの安全衛生への配慮の1つの具体的な事例として、斜面ガイドラインを挙げ、リスクコミュニケーションの重要性を指摘した。

令和3年度の結論を以下に示す。

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。

令和4年度の結論を以下に示す。

令和2年度～4年度までの研究結果から、発注者、設計者及び施工者が行うことが望ましい取組として、以下の事項を提言する。

1. 発注者による取組

- ・設計図書等に、施工性、経済性、耐久性、維持管理、環境保全、美観等の要件を記載することに加えて、労働安全衛生の要件を追記すること。
- ・「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」、「BIM/CIM」、「DR（デザインレビュー）」、「FL（フロントローディング）会議」等を積極的に利用すること。
- ・設計者、施工者等と協力し、基本設計の段階から、実施設計、施工計画、施工、維持管理、補修、解体等の各段階において想定されるハザード又はリスクを列挙し、リスク登録表等に記載すること。
- ・設計者、施工者等と協力し、設計段階において、合理的に実施可能な範囲内で、想定される全てのリスクを除去又は低減すること。除去又は低減できないリスクについては、リスク登録表等を利用し後工程に適切に伝達すること。
- ・建設プロジェクト終了後、各段階におけるリスク登録表等を整理し、将来の建設プロジェクトのチェックリストとすること。なお、工種ごとに整理すること。

2. 設計者による取組

- ・設計業務の成果物等に、施工性、経済

性、耐久性、維持管理、環境保全、美観等の要件を記載することに加えて、労働安全衛生の要件を追記すること。

・「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」、「BIM/CIM」、「DR（デザインレビュー）」、「FL（フロントローディング）会議」等を積極的に利用すること。

・発注者、施工者等と協力し、基本設計の段階から、実施設計、施工計画、施工、維持管理、補修、解体等の各段階において、想定されるハザード又はリスクを列挙し、リスク登録表等に記載すること。

・発注者、施工者等と協力し、設計段階において、合理的に実施可能な範囲内で、想定される全てのリスクを除去又は低減すること。除去又は低減できないリスクについては、リスク登録表等を利用し後工程に適切に伝達すること。

・建設プロジェクト終了後、各段階におけるリスク登録表等を整理し、将来の建設プロジェクトのチェックリストとすること。なお、工種ごとに整理すること。

3. 施工者による取組

・「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」、「BIM/CIM」、「DR（デザインレビュー）」、「FL（フロントローディング）会議」等を積極的に利用すること。

・設計段階に関与できる発注方式の場合、発注者、設計者等と協力し、設計業務の成果物等に、施工性、経済性、耐久性、維持管理、環境保全、美観等の要件を記載することに加えて、労働安全衛生の項目を追記すること。

・設計段階に関与できる発注方式の場合、発注者、設計者等と協力し、基本設計

の段階から、実施設計、施工計画、施工、維持管理、補修、解体等の各段階において、想定されるハザード又はリスクを列挙し、リスク登録表等に記載すること。

・設計段階に関与できる発注方式の場合、発注者、設計者等と協力し、設計段階において、合理的に実施可能な範囲内で、想定される全てのリスクを除去又は低減すること。除去又は低減できないリスクについては、リスク登録表等を利用し後工程に適切に伝達すること。

・建設プロジェクト終了後、各段階におけるリスク登録表等を整理し、将来の建設プロジェクトのチェックリストとすること。なお、建設工事の種類ごとに整理すること。

F. 研究発表

1. 論文発表

令和2年度

該当なし

令和3年度

- 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.

令和4年度

- 1) 吉川直孝, 平岡伸隆, 大幢勝利, 伊藤和也, 豊澤康男: 建設業における設計段階からの安全配慮に関する行政施策と地盤工学の果たす役割, 地盤工学会誌, Vol. 70, No.12, Ser.No. 779, pp.27-30, 2022.
- 2) 三原泰司, 清水尚憲, 吉川直孝: 建設

- 協調安全 実践!死亡事故ゼロ実現の
新手法, 第 2 章, 第 5 章, pp.29-38,
pp.113-151, 2022.
- 3) 伊藤和也, 柴田達哉, 吉川直孝, 平岡伸隆, 豊澤康男: 斜面崩壊による労働災害防止対策としての地盤リスクマネジメント—関係者間での地質・地盤リスクの情報共有ツールとしての点検表—, 基礎工 2023.2, pp.26-29, 2023.
 - 4) 柴田達哉, 伊藤和也, 吉川直孝, 平岡伸隆, 鈴木隆明: 残存型枠を利用した擁壁施工中の斜面崩壊による労働災害防止の有効性, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol. 78, No. 2, pp. I_81 - I_91, 2022.
2. 学会発表
- 令和 2 年度
- 1) 大嶋勝利, 吉川直孝, 高橋弘樹, 平岡伸隆: 欧州における建設業の労働安全衛生管理体制の調査—ドイツの制度, 第 53 回安全工学研究発表会, p.77-78, 2020.
 - 2) 吉川直孝, 大嶋勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男: 建設プロジェクトの安全情報の整理について, 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, p.28-29, 2020.
 - 3) 柴田達哉, 伊藤和也: 斜面崩壊による労働災害防止対策ガイドラインと実際の地山挙動, 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, p.144-147, 2020.
- 令和 3 年度
- 1) 吉川直孝, 大嶋勝利, 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, 大嶋勝利, 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, 大嶋勝利, 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.
 - 5) 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.
 - 6) 豊澤康男, 大嶋勝利, 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.
- 令和 4 年度
- 1) Naotaka Kikkawa, Nobutaka Hiraoka, Hiroki Takahashi, Katsutoshi Ohdo: Risk points for falls and other risks setting in

building information modelling from the design phase, International Conference on SlipsTrips and Falls Sendai 2022 (STF Sendai 2022), S1-3, 2022.

- 2) Naotaka Kikkawa: 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) , <https://japan.visionzerosummits.com/ja/japan-2022-jp/timetable-14a/>, Vision Zero Summit Japan 2022, 11-13 May 2022.
- 3) 吉川直孝, 平岡伸隆, 大幢勝利, 高橋弘樹: 設計段階からの安全配慮に関する BIM/CIM の活用例, 安全工学シンポジウム 2022, pp. 298 – 301, 2022.
- 4) 吉川直孝, 平岡伸隆, 大幢勝利, 高橋弘樹, 濱島京子: 機械安全分野のリスク低減措置の基本的な考え方から地盤工学の果たす役割について, 第 57 回地盤工学研究発表会, DS-6-05, 2022.
- 5) 吉川直孝: 建設工事における設計段階からの安全配慮に関する BIM/CIM の活用例, 安衛研ニュース(メールマガジン), No. 164 (2022-09-02), https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2022/164-column-1.html, 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) 吉川直孝, 平岡伸隆, 大幢勝利, 伊藤和也, 豊澤康男: 建設業における設計段階からの安全配慮に関する行政施策と地盤工学の果たす役割, 地盤工学会誌, Vol. 70, No.12, Ser.No. 779, pp.27-30, 2022.
- 2) 三原泰司, 清水尚憲, 吉川直孝: 建設協調安全 実践!死亡事故ゼロ実現の新技术, 第 2 章,第 5 章, pp.29-38, pp.113-151, 2022.
- 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 1 回) , 仮設機材マンスリー, pp. 30-32, 2021.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 吉川直孝, 大幢勝利, 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) 吉川直孝, 大幢勝利, 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.

- 8) 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: 平成 30 年度厚生労働省委託事業 建設工事の設計段階における労働災害防止対策の普及促進事業 報告書, <https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000521060.pdf>, <https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000521062.pdf>, <https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000521071.pdf>, 2019. (2023 年 3 月 31 日閲覧)
- 9) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 高橋弘樹, 日野泰道, 豊澤康男: 諸外国における建築物等の設計段階から考える安全衛生管理手法の調査. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49, pp.11-19, <https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No49-1-1.pdf#zoom=100>, 2019. (2023 年 3 月 31 日閲覧)
- 10) 大幢勝利, 吉川直孝, 高橋弘樹, 平岡伸隆, 豊澤康男: 諸外国における建設業の労働安全衛生の現状調査, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49, pp.21-26, <https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No49-1-2.pdf#zoom=100>, 2019. (2023 年 3 月 31 日閲覧)
- 11) 豊澤 康男, 大幢 勝利, 吉川 直孝: 日英比較に基づく建設工事の労働安全衛生マネジメント等の検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題) 特集号 (招待論文), Vol. 71, No. 2, pp. I_1-I_12, 2015.
- 12) 国土交通省: 土木設計業務等共通仕様書(案), <https://www.mlit.go.jp/common/001335815.pdf> (2021 年 3 月 1 日閲覧)
- 13) 国土交通省大臣官房技術調査課: BIM/CIM 活用業務実施要領, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001396296.pdf> (2021 年 3 月 1 日閲覧)
- 14) 国土交通省大臣官房技術調査課: BIM/CIM 活用ガイドライン (案) 第 1 編 共通編, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001395762.pdf> (2021 年 3 月 1 日閲覧)
- 15) 国土交通省大臣官房技術調査課, 国立研究開発法人土木研究所, 土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会: 土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン—関係者が ONE-TEAM でリスクに対応するために—, <https://www.pwri.go.jp/jpn/research/saisentan/tishitsu-jiban/pdf/georisk-guideline2020.pdf> (2021 年 3 月 1 日閲覧)
- 16) Health & Safety Executive: Improving Health and Safety Outcomes in Construction, Making the Case for Building Information Modelling (BIM), <https://www.hse.gov.uk/construction/lwit/assets/downloads/improving-health-and-safety-outcomes-in-construction.pdf> (2021 年 3 月 1 日閲覧)
- 17) BIM4INFRA2020: <https://bim4infra.de/handreichungen/> (2021 年 3 月 1 日閲覧)
- 18) Fargnoli, M. and Lombardi, M.:

- Building Information Modelling (BIM) to Enhance Occupational Safety in Construction Activities: Research Trends Emerging from One Decade of Studies, *buildings* 2020, 10, 98, doi:10.3390/buildings10060098, 23p., 2020.
- 19) Cortés-Pérez, J.P., Cortés-Pérez, A., Prieto-Muriela, P.: BIM-integrated management of occupational hazards in building construction and maintenance, *Automation in Construction* 113 (2020) 103115.
- 20) JIS Z 8051: 2004 (ISO/IEC Guide 51: 2014) 安全側面-規格への導入指針, <http://kikakurui.com/z8/Z8051-2015-01.html> (2021年3月1日閲覧)
- 21) 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)
- 22) WSH Council: Workplace Safety and Health Guidelines Design for Safety, https://designforconstructionsafety.files.wordpress.com/2018/05/wsh_guidelines_design_for_safety1.pdf, 2016. (2022年3月31日閲覧)