

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

設計段階の措置の確立に向けた提言

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、これまで著者らが発表してきた既往研究に加えて、令和2年度から令和4年度までの本研究課題として実施してきた研究成果を取りまとめ、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。本分担研究の結果から、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は、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。

A. 研究目的

本分担研究では、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、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。

B. 研究方法

本研究では、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。

C. 研究結果

C-1. 労働災害統計について

C-1-1. 国内の建設現場の災害統計について

2020年1月から12月までの1年間に、建設業における死亡者数は258人にも上る。死亡者数に数えられるその1人には、両親、配偶者、子供がいる可能性もある。そのように考えると、災害は、突然、家族と会う手段を絶つため、統計では図りきれない、統計の3倍、4倍、5倍以上の人々に影響を与えうる。特に、2020年の全産業の死亡者数は802人であり、建設業の占める割合はその32%にも及ぶ。他の産業の中では、建設業が最も死亡者数の割合が多く、一度災害が発生すると、重篤な被害を出す産業の一つである。このような死亡者数も数十年前、半世紀前から比べると劇的に改善されている。国内の全産業、製造業、建設業における死亡者数の推移を図-1.1に示す^{1),2)}。死亡者数については、建設業労働災害防止協会が毎年発行する建設業安全衛生年鑑¹²⁾や厚生労働省の「災害統計」¹³⁾を参照した。

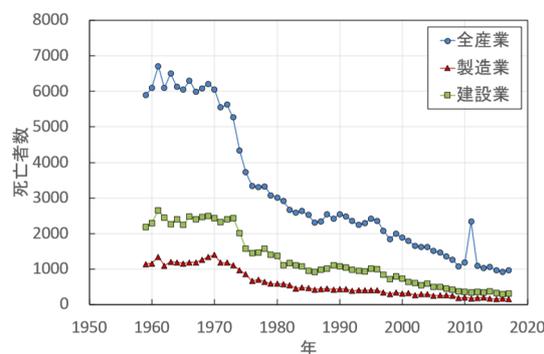


図-1.1 全産業、製造業、建設業の死亡者数の推移^{1),2)}

1960年代、全産業の死亡者数は、年間約6000人に上る。建設業は年間2500人前後、製造業も年間約1000人に上り、各産業の1年間の死亡者数は非常に多い状況であった。そのような中、1972年に労働安全衛生法(昭和47年法律第57号)が施行されると、全産業において、年間6000人を超えた死亡災害が、法施行後十年足らずで年間3000人以下に半減していることがわかる。また、建設業においても年間1500人以下、製造業においても年間500人程度に半減していることがわかる。このように法律の制定により、労働災害を減少させることができると推察される。なお、死亡者数という絶対値表記の場合、各産業に従事している就業者数の母数が異なるため、各産業における危険性のようものを単純に比較ができない。そこで、全産業、製造業、建設業における10万人当たりの死亡者数(死亡率)の推移を図-1.2に示す。10万人当たりの死亡者数は、各産業の死亡者数をその産業に従事している就業者数で除すことにより算出した。日本で各産業に従事している就業者数は、独立行政法人労働政策研究・研修機構が公表してい

る産業別就業者数¹⁴⁾を参照し、その元データは総務省の「労働力調査」である¹⁵⁾。

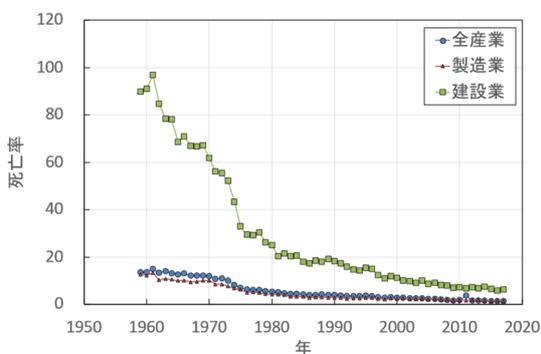


図-1.2 全産業、製造業、建設業の死亡率の推移^{1),2)}

同図を見ると、1960年代、全産業の死亡率は、製造業の死亡率よりも若干多く、就業者10万人当たりの死亡者が10人強であることがわかる。一方、建設業の死亡率は90を超えている年もある。全産業、製造業の9倍近くになる。このように、建設業の作業は潜在的に危険を伴うことが良く理解できる。1960年代以降、建設業の死亡率は急激に低下したが、未だ、製造業との差は大きい。

近年の死亡率を見ると、2016年においては、国内の全産業における就業者(6465人)10万人当たりの死亡者数(928人)は1.44であり、製造業における就業者(1045万人)10万人当たりの死亡者数(177人)は1.69である。一方、建設業における就業者(495万人)10万人当たりの死亡者数(294人)は5.94である。様々に条件が異なるため、単純な比較はできないが、1960年代に比べると差は縮まっているものの、未だに建設業の方がより危険性の大きいことがわかる。一方で、日本の製造業と全産業の死亡率はそれほど相違ないこともわかる。

この原因としては、機械安全分野で発展・普及した安全学の考え方が、建設業には未だ浸透していないことにも起因しているような印象がある。また、製造業では地上での作業が多いこと、人工的に作製した動力機械等に対して使用者の安全を考えるため動力機械等を制御しやすいという状況、動力機械等と使用者の動作領域をバリケード等で完全に分離しやすい(分離の原則)といった状況等があるように推察される。

一方、建設業では、製造業に比べて高所で作業する機会が著しく多いことに加えて、建設機械等と作業員が共に作業することが多く、作業時間の遅延、非効率化等の理由により建設機械と作業員とを空間的又は時間的に分離することに対して敬遠されることが多いように思われる。また、建設業では斜面、地盤、地山等を対象とする工事が多く、地質、地盤等の不確実性が大きいことが挙げられる。自然を相手とする工事のため、その日の天候にも自然地盤は影響を受ける。このように、製造業に比べて不確実性が大きく、ハザードも日々変化し、それに呼応してリスクも変動するため、建設業の安全管理は一筋縄にはいかない状況があると考えられる。

ここで、建設業のうち、トンネル建設工事の死亡災害についても触れる。

災害の統計を分析する際、事故の型(災害の種類)、起因物で分類する場合がある。ここでは、建設業労働災害防止協会の分類する「災害の種類」別にトンネル建設工事中の災害の種類を概観する。平成12年(2000年)~21年(2009年)までのトンネル建設工事中の死亡者数は84名に上り、その死亡者数の内訳を災害の種類別に示すと図-1.3のと

おりである¹⁶⁾。

トンネル建設工事の死亡者数(災害の種類別)

(平成12年から21年までのトンネル建設工事中の死亡者84名の内訳)

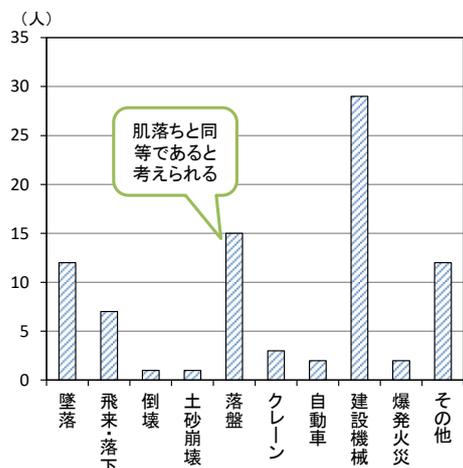


図-1.3 トンネル建設工事の死亡者数(災害の種類別)¹⁶⁾

「墜落」、「飛来・落下」、「倒壊」・・・と災害の種類に分類される中で、最も多い災害は、「建設機械」による災害である。次いで、「落盤」、「墜落」による災害が順に多くなっている。建設機械による災害が多いのは、トンネル坑内に限られたスペースにも関わらず、作業員と建設機械が共同で作業を実施することが多いことが原因として考えられる。次いで多い落盤(肌落ち)災害はトンネル建設工事に特有の災害である。特に、掘削面(切羽)から岩石が落ち、それが作業員に当たり、骨折や場合によっては亡くなるケースもある。落盤(肌落ち)災害が発生した時の作業内容の内訳を図-1.4に示す。同図から、支保工建込(鋼製のアーチ状のH鋼をトンネル周面に設置する)作業や装薬(トンネルを掘削するため掘削面に爆薬等を装填する)作業といった、作業員が

切羽に近づかなければならない作業中に岩石が落ちてきて被災している状況が想像される。

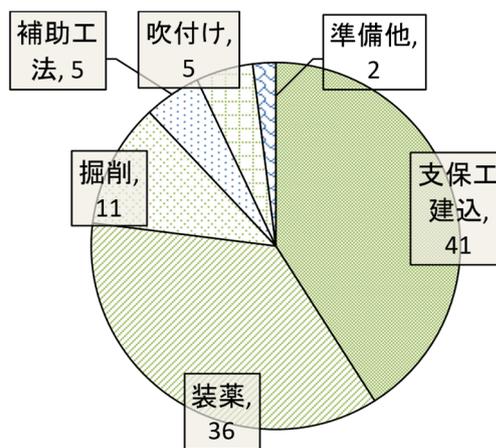


図-1.4 トンネル建設工事の落盤(肌落ち)災害時の作業内容¹⁶⁾

このように、工事の種類(工種)によっても、ハザード、リスクともにガラリと変わる。建設業の安全管理の難しさがわかる。

C-1-2. 海外の建設現場の災害統計について

日本の状況をより客観的に理解するため、海外の災害統計について調査した⁷⁾。2016年における全産業および建設業における死亡率を他国と比較すると、図-1.5および図-1.6のとおりである。

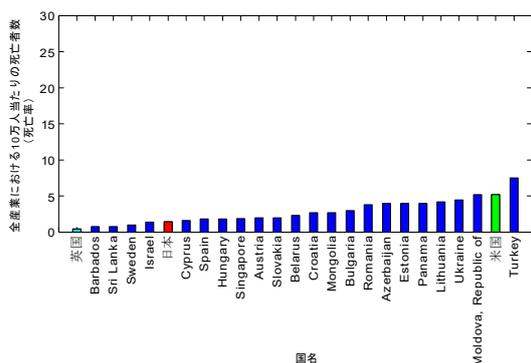


図-1.5 全産業における10万人当たりの死亡者数（死亡率）の国際比較⁷⁾

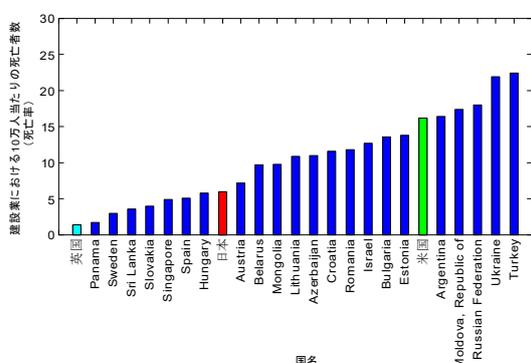


図-1.6 建設業における10万人当たりの死亡者数（死亡率）の国際比較⁷⁾

英国の死亡率¹⁷⁾及び日本の死亡率^{12), 13), 15)}以外については International Labour Organization (ILO)の統計データである Safety and health at work - Fatal occupational injuries per 100,000 workers by economic activity を引用した¹⁸⁾。全産業および建設業ともに英国の死亡率が他国よりも低いことがわかる。また、日本は米国よりも死亡率が低いこともわかる。また、世界的に見ても、全産業に比べ、建設業の死亡率が著しく高い傾向にあることもわかる。

次に、建設業における10万人当たりの死亡者数（死亡率）の各国の推移を図-1.7に

示す¹⁹⁾。同図から日本、英国、シンガポール、米国、ドイツ、スウェーデン、スペインと限られた国のデータであるが、日本はそれらの国に比べて大きく優れているとは言えず、平均的な値に推移している。未だ日本の建設業の労働安全衛生も向上できる余地がある。

安全の成績が良い国に着目すると、英国の死亡率が最も低い水準であることがわかる。また、スウェーデン、ドイツの死亡率も次いで低い水準である。さらに、近年、成績を上げているのが、シンガポールである。2001～2005年までは日本よりも著しく高い死亡率であったにもかかわらず、2006年以降は日本と同等となり、2014年以降は日本よりも成績が良い。後述するが、行政施策による業界団体への強い働きかけとそれに応じた業界団体の活動がある。

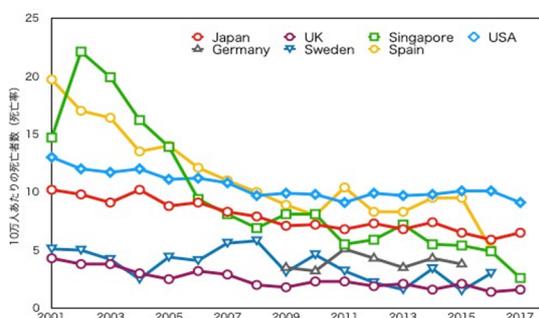


図-1.7 建設業における10万人当たりの死亡者数（死亡率）の各国の推移¹⁹⁾

ここでは、英国と日本の死亡率の差異を具体的に見ていく。日本の場合、「自動車等による災害」を統計に含めるが、「一人親方等」による災害を統計に含めていない。一方、英国の場合、自動車等による災害を統計に含めていないが、一人親方等による災害を統計に含めている。このような統計上の相

違があり厳密に比較が難しいが、両国の建設業の災害統計をより厳密に比較するような取り組みもなされている²⁰⁾。このように、統計的な差異をできる限り除去すると、2016年における日本の建設業における死亡率は5.1であり、英国のそれは2.4になる。既往の研究^{20), 11)}によると、建設投資額等で見ても、英国の死亡率が低いという結果になっている。これらが正しいとすると、日本と英国の建設業の死亡率は2倍程度の開きがあるようである。一方、全産業、製造業については厳密な比較はできないが、日本の全産業における死亡率は1.4であり、英国のそれは0.43になる。また、日本と英国の建設業の差(5.1-2.4)は、日本と英国の全産業の差(1.4-0.43)よりも大きい傾向にある。

本項で見てきたように、様々な条件の相違はあるものの、日本の製造業の安全の成績が、建設業のそれよりも良好であることから、次項以降では機械安全分野の安全学の考え方を建設分野にも適用することを考える。その際、機械安全分野において定義されているハザード、リスク、安全等について概説し、リスク低減措置としての本質的安全設計が重要なことを示す。また、本質的安全設計を社会的なシステムに取り入れている英国、シンガポール等の事例も紹介する。英国、シンガポール等の成績の良い理由が見えてくる。さらには、日本の建設業のさらなる安全向上のため、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。

C-2. 一般的なリスクアセスメントについて

機械安全における JIS Z 8051 : 2015 (ISO/IEC Guide 51 : 2014)²¹⁾においては、ハザード、リスク、危害、安全、許容可能なリスク等が定義されている。ハザードは「危害の潜在的な源」と定義され、単に危険源ともいう。危害とは、「人への傷害若しくは健康障害、又は財産及び環境への損害」と定義されている。そして、リスクとは、「危害の発生確率及びその危害の度合いの組合せ」と定義されている。なお、リスクが発生したとしても直ちにそのリスクが顕在化するわけではなく、安全衛生対策の不備等があるのはじめてリスクが顕在化し、人、財産及び環境に危害が発生し災害に至ることとなる。

一方で、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。許容不可能なリスクの反意語として「許容可能なリスク」も定義されており、「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」と定義されている。

ここで、重要な点は、建設プロジェクトを「安全」に進めるためには、想定される全てのリスクに対して「許容可能なリスク」レベルにまで、それらのリスクを除去又は低減させる必要があり、その「許容可能なリスク」は“現在の社会の価値観”や“与えられた状況下”で変化するということである。

例えば、「黒部の太陽（<https://www.kumagaigumi.co.jp/kurobe/index.html>）」の時代に許容されていたリスクが、今の世の中で許容されるか、というとそうではなくなっている。わかりやすい例が、電動ファン付きマスクである。

「黒部の太陽」の時代にはトンネル坑内に入坑するときに、ともすればマスクを付け

なくとも入坑できていた。2023年現在では、それは許容されない。少なくとも粉じんが発生すると想定される作業に従事する場合は、粉じん障害防止規則に示された機能を有する電動ファン付きマスクを装着することが求められる。このように、個人用保護具をとってみても、“現在の社会の価値観”が大きく変化しており、一昔前に比べると「許容可能なリスク」レベルがより厳しく安全側に移行していることがわかる。労働者にとっては、より衛生的、より安全な環境下で働くことが求められる状況になってきていると捉えることもできる。

一方、“与えられた状況下”について、ある溝掘削工事における水道管の交換作業を想像してみる。水道管は地下に埋設されていることが多く、およそ1~3m程度の箇所に埋設されていることが多い。古い水道管と新しい水道管を交換するため、交換したい水道管の周囲に溝を掘削する必要がある。ドラグ・ショベル等で溝を掘削した後は、「土止め先行工法に関するガイドライン」により土止め支保工等を設置してから、作業員が溝の中に侵入することが求められる。溝の側面に対して土止め支保工を設置していない場合に、溝が崩壊する場合があります、この現象を土砂崩壊というが、その時、作業員が崩壊した土砂に巻き込まれて埋まった場合を考える。工事現場の職長が救急車を呼び、レスキュー隊が作業員を救出しようとする。そこでの許容可能なリスクは通常時と比べてどうか。通常時のように、新たに土止め支保工等を設置することが求められるか。本来ならそういったことも必要である。しかしながら、レスキュー隊は、救出できる命のために、少なからず通常時よりも大き

なりリスクを許容しなければならない場合もあると想像される。それが“与えられた状況下”の一つの例と考えられる。

このように、「許容可能なリスク」レベルは、その時代と置かれている状況によって変化し、“現在の社会の価値観”や“与えられた状況下”は定量的に示すことが非常に難しい。著者は工学の出身であるため、定量的に示すことを試みるが、定量的に示せば、そこに馴染まない社会の価値観や現場の状況を否定してしまうこととなる。このように定量的に示せない尺度を入れた理由は、ある価値観や状況が除外されないよう、時代とともに変化する価値観や状況を肯定するためと考えている。

「許容不可能なリスク領域」、「許容可能なリスク領域」、「広く受け入れられるリスク領域」を図-2.1のように概念的に示す。リスクの大きさを逆三角形の幅で示している。

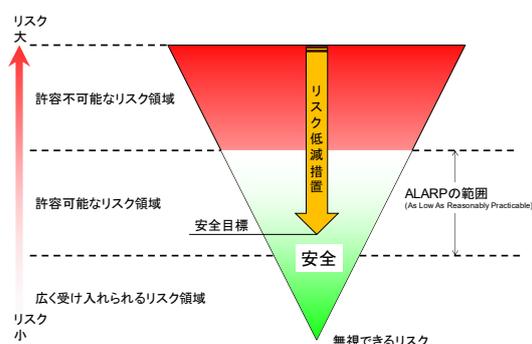


図-2.1 リスクの大きさと許容可能なリスク領域と許容不可能なリスク領域との関係^{22), 23)}に一部加筆

機械安全における JIS Z 8051 : 2015 (ISO/IEC Guide 51 : 2014)²¹⁾の定義に従うと、許容可能なリスク領域以下が「安全」と定義される。

ここで、注意すべきこととして、「安全」と定義されるリスクレベルであってもリスクが0ではない。リスクを0にすることは現実的には著しく困難であり、非現実的な資金と時間を費やす必要がある。そのため、英国の安全衛生庁（Health and Safety Executive）では、合理的に実行可能な範囲でできる限りリスクを低減させるという考え方「ALARP; As Low As Reasonably Practicable」を適用している²⁴⁾。

リスクアセスメントとは、特定された各ハザードに対して、リスクを見積り、リスク低減措置内容を検討し、それらのリスク低減措置を実施することである²⁵⁾。単純に考えると、図-2.1に示すように、各リスクに対して、そのリスクが許容不可能なリスク領域にあるのであれば、そのリスクを許容可能なリスク領域にまで下げるということである。安全目標を立て、その安全目標までリスクを下げることを考える場合もある。

リスクを除去又は低減させる手順を図-2.2に示す。

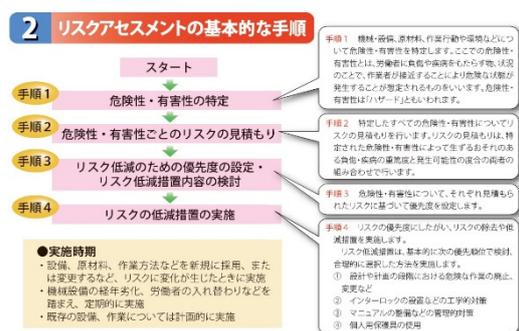


図-2.2 リスクアセスメントの基本的な手順²⁵⁾

手順1として、危険性・有害性（ハザード）を特定する。次に、手順2として、ハザード

ごとにリスク（の大きさ）を見積もる。続いて、手順3として、リスク低減措置内容を検討する。最後に、手順4として、リスク低減措置を実施する。海外では、リスクアセスメントといった場合には、手順2又は手順3までとすることもあるが、ここでは厚生労働省の定義に従い、リスク低減措置の実施までを含めてリスクアセスメントとする。

これら手順のうち、リスク低減措置には、優先順位が決められており、図-2.3に示すとおりである²⁵⁾。

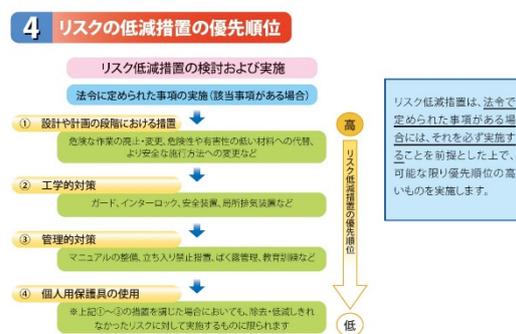


図-2.3 リスク低減措置の優先順位²⁵⁾

法令に定められた事項の実施は当然のこととして、最初に検討しなければならない事項は、「①設計や計画の段階における措置」である。次に、「②工学的対策」、「③管理的対策」、「④個人用保護具」と続く。「①設計や計画の段階における措置」を検討せず、直ちに「②工学的対策」を検討することは避けるべきである。経済性、利便性、施工性、環境保全等と「①設計や計画の段階における措置」の安全衛生を比較検討し、①を合理的に実行することが困難な場合のみ、②以下にリスク低減措置を委ねる。

海外にも同様の図があり、図-2.4に示す。

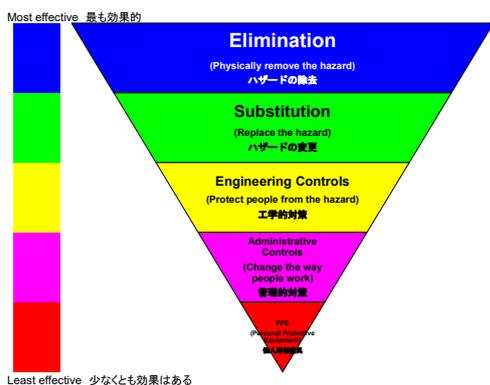


図-2.4 Hierarchy of Controls (階層的制御)²⁶⁾

Hierarchy of Controls²⁶⁾と呼称し、階層的制御と和訳したが、リスクの大きさを示す図-2.1と同様、逆三角形で描かれていることは興味深い。同図は、安全対策の効果の度合を逆三角形の幅で表現している。つまり、「ハザードの除去」が最も効果的であり、次いで、「ハザードの変更」となる。それらよりも低位の対策として、「工学的対策」、「管理的対策」、「個人用保護具」が位置付けられている。日本の図-2.3と比較すると、「①設計や計画の段階における措置」=「ハザードの除去」+「ハザードの変更」と理解できる。「①設計や計画の段階における措置」は、危険な作業の廃止・変更、危険性や有害性の低い材料への代替、より安全な施工法への変更等である。「①設計や計画の段階における措置」をわかりやすく図化すると、機械安全分野における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)のうち、本質的安全設計として図-2.5のように示されている²⁷⁾。

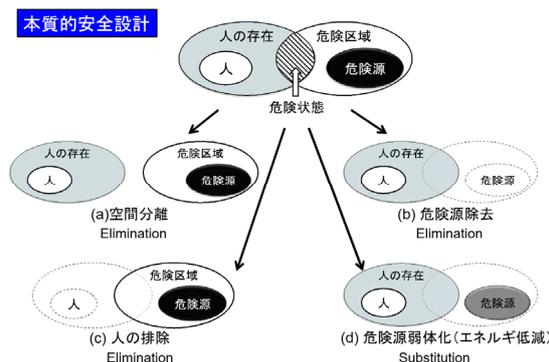


図-2.5 本質的安全設計方策²⁷⁾

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(例えば、作業員の動線)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、作業員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及び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ないエネルギーとすること。

C-3. 建設業のリスクアセスメントの実態

C-3-1. 日本の建設業におけるリスクアセスメントの実態

日本の建設業の特徴として、以下の項目が挙げられる。

- ・発注者、設計者、施工者の関係.
- ・施工を受注した元方事業者には、店社と建設作業所（現場）がある.
- ・建設作業所（現場）には元方事業者だけでなく、元方事業者が一部業務を委託した関係請負人があり、元方事業者の統括管理のもと、施工が進められる.
- ・建設作業所（現場）の安全衛生管理において、店社の役割がある.
- ・単品生産である。（有期事業である。）
- ・屋外型の産業である.
- ・発注段階、設計段階におけるリスクアセスメントが不明確.
- ・リスクアセスメントは主に施工者が実施している.

契約方式の選択が可能となるよう、多様な入札契約方式を体系的に整理し、その導入・活用を図ることを目的として、「公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン」²⁸⁾を策定している。国土交通省は、同ガイドラインの中で様々な契約方式のうち、主なものを図-3.1に整理している。

	調査・計画	概略設計	予備設計	詳細設計	施工	維持管理
工事の調達を詳細設計が完了した段階で行う(工事の施工のみを発注する方式)	調査・計画/設計者				設計の調達 工事の調達	
工事の調達を予備設計段階で行う(設計・施工一括発注方式)	調査・計画/設計者					
工事の調達を詳細設計段階で行う(詳細設計付工事発注方式)	調査・計画/設計者					
工事調達に加え施工者による設計段階での技術協力を調達する(ECI方式)	調査・計画/設計者					
工事調達に加えて施工者による維持管理業務を調達する(維持管理付工事発注方式)	調査・計画/設計者					

図-3.1 事業段階と調達範囲の例²⁸⁾

建設業では、国、都道府県、地方公共団体、道路・鉄道・電気・ガス・水道等の民間企業、ディベロッパー等が主な発注者になる。また、設計コンサルタント、設計事務所等が設計者にあたる。さらに、総合建設会社（general contractor、ゼネコン）等が施工者にあたる。設計・施工一括発注方式という契約方式の場合、ゼネコンが設計を実施することもある。

発注から施工までの流れとして、発注者から設計業務が設計者に委託され、設計業務が終了後、施工業務が施工者に発注されるという流れが一般的である。このような契約方式を設計・施工分離発注方式という。最近では、この方式の他にも様々な契約方式が提案されており、一部を挙げると、設計・施工一括発注方式、詳細設計付工事発注方式、ECI (Early Contractor Involvement) 方式、維持管理付工事発注方式等がある²⁸⁾。

国土交通省は、発注者による適切な入札

例えば、工事の施工のみを発注する方式（設計・施工分離発注方式）では、調査・計画、概略設計、予備設計、詳細設計までを調査・計画/設計者が担当し、施工から施工者が担当するという方式である。一方、設計・施工一括発注方式では、予備設計の途中までを設計者が、それ以降は施工者が担当する。また、ECI方式では、設計者が詳細設計まで主担当するが、予備設計又は詳細設計から施工者も加わり、施工も見据えた合理的な設計・施工を実現する。

このように、いずれの契約方式においても、発注者、設計者、施工者の3つのパーティーが存在し、3者のそれぞれの取り組みによって、建設プロジェクトが遂行される。現在の建設業の特徴として、リスクアセスメントは設計時というよりもむしろ施工時に実施していることが多いことが挙げられ、図-3.2もそのような状況を反映して、設計が終了し、発注者から施工者の店社に発注

がなされた状況を示している。

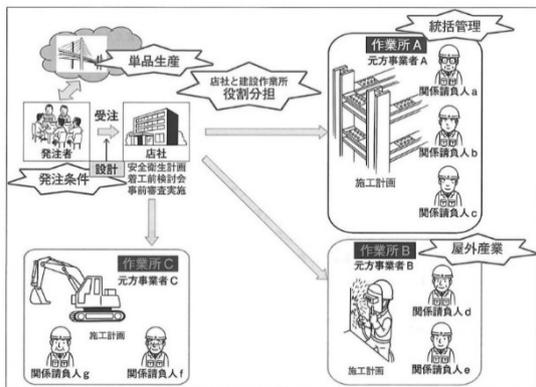


図-3.2 建設業の特徴²⁹⁾

施工者(元方事業者)の店社では安全衛生計画、着工前検討会、事前審査等を実施した後、各作業所にて実際の施工を開始する。各作業所では、元方事業者が一部業務を委託した関係請負人もあり、元方事業者の統括管理のもと、元方事業者が関係請負人とともに施工を進めていくこととなる。

リスクアセスメントの具体例を図-3.3に示す。

危険有害事象の特定(予想される事象)	発生頻度	発生場所	発生状況	リスク軽減措置(危険性・有害性の防止対策)	評価
1 足場から墜落	10 ²	5 ¹	5 ¹	・手すり・ネット等による墜落防止設備を設ける ・設置できない場合、安全帯も使用する	元方 関係
2 工具・資材の落下	10 ²	5 ¹	10 ¹	・落下防止ネット及びネットを設置する	元方 関係
3 足場板の破損	10 ²	14 ¹	5 ¹	・作業前に、足場板の点検を実施する ・腐食箇所は足場板の取替を実施する	元方 関係
4 足場板の傾斜	10 ²	14 ¹	5 ¹	・足場板の傾斜を修正する	関係
5 足場板の隙間から押降・滑落	10 ²	12 ¹	4 ¹	・押降防止を確保して押降を防止する ・作業開始前には足場板に足入を厳禁	元方 関係
6 上下作業による落下物の衝突	10 ²	14 ¹	5 ¹	・作業開始前に足場の取替を実施する	元方 関係
7 土留の転倒	10 ²	14 ¹	5 ¹	・作業開始前に足場の取替を実施する	元方 関係

危険性又は有害性に曝する人	作業名
危険性又は有害性に起因する物	足場、足場板、押降防止、落下ネット、工具
使用する保護具	防護帽、防護手袋、安全帯、安全靴
必要な資格	足場組立て等作業主任者
関係法令	労働安全衛生規則(足場)

図-3.3 リスクアセスメントの具体例³⁰⁾

同図に示すように、過去の災害事例、災害統計等からハザードを特定し、各ハザードについて、重篤度、可能性の度合を算定し、リスクの見積りを行う。リスクの見積りから優先度を決定し、各リスクについて、リスク低減措置を記載し実行する。同図に示すように簡単な絵があると作業員にとっても一目でわかりやすくなる。リスクアセスメントに係る書類は出来る限りわかりやすく簡潔にすべきである。書類作成に手間と時間をかけ、本来実施すべきリスク低減措置が疎かになっては本末転倒である。日本ではこのように精緻なリスクアセスメントが推奨され、施工計画段階及び施工段階のリスクアセスメントとして良く整理されている。

一方、図-3.3に示す対策は、「工学的対策」、「管理的対策」、「個人用保護具」の使用が主であることがわかる。つまり、図-2.3に示す「①設計や計画の段階における措置」及び図-2.4に示す「ハザードの除去」及び「ハザードの変更」が実行しにくい状況にある。例えば、足場作業であれば、墜落・転落のリスクがあるが、高所作業の時間を減らすためにプレハブ工法を採用する、高所作業を地上での作業に変更する、といった対策を立案し難いことが課題として挙げられる。加えて、施工者が施工の業務を請け負った段階では、ある程度のリスクがすでに固まってしまっているという現状も課題として挙げられる。

このような状況を改善するためには、調査・計画段階や設計段階における発注者及び設計者の協力が必要不可欠である。現在、建設業では、まず発注者が設計者に設計業務の成果物(設計業務成果概要書、設計計算

書等、設計図面、数量計算書、概算工事費、施工計画書、現地踏査結果等）の作成を発注する。設計者から設計業務の成果物が発注者に提出された後、発注者はそれらに基づき設計図書等を作成し施工を発注し、受注した施工者が施工を実施するという流れである。このときの設計図書においては、経済性、施工性、耐久性、環境保全等の評価がなされるが、その評価の枠組みの中に（労働）安全衛生の評価項目がない状況である³¹⁾。

「土木設計業務等共通仕様書」³¹⁾は、設計業務等に係る契約の適正な履行の確保を図るためのものである。同仕様書において、第1211条に設計業務の成果の内容が以下のとおり規定されている。

第1211条 設計業務の成果

成果の内容については、次の各号についてとりまとめるものとする。

（1）設計業務成果概要書

設計業務成果概要書は、設計業務の条件、特に考慮した事項、コントロールポイント、検討内容、施工性、経済性、耐久性、維持管理に関すること、美観、環境等の要件を的確に解説し取りまとめるものとする。

（2）設計計算書等

計算項目は、この共通仕様書及び特記仕様書によるものとする。

（3）設計図面

設計図面は、特記仕様書に示す方法により作成するものとする。

（4）数量計算書

数量計算書は、「土木工事数量算出要領（案）」（国土交通省・最新版）により行うものとし、算出した結果は、「土木工事数

量算出要領数量集計表（案）」（国土交通省・最新版）に基づき工種別、区間別に取りまとめるものとする。ただし、概略設計及び予備設計については、特記仕様書に定めのある場合を除き、一般図等に基づいて概略数量を算出するものとする。

（5）概算工事費

受注者は、概算工事費を算定する場合には、調査職員と協議した単価と、前号ただし書きに従って算出した概略数量をもとに算定するものとする。

（6）施工計画書

1）施工計画書は、工事施工に当たって必要な次の事項の基本的内容を記載するものとする。

（イ）計画工程表 （ロ）使用機械 （ハ）施工方法 （ニ）施工管理 （ホ）仮設備計画 （ヘ）特記事項その他

2）特殊な構造あるいは特殊な工法を採用したときは、施工上留意すべき点を特記事項として記載するものとする。

（7）現地踏査結果

受注者は、現地踏査を実施した場合には、現地の状況を示す写真と共にその結果を取りまとめることとする。

このように、設計業務成果概要書には、主に施工性、経済性、耐久性、維持管理に関すること、美観、環境等の要件を記載することを規定しているが、（労働）安全衛生の項目がない状況である。

著者の考えとしては、発注者が作成する設計図書等、設計者が作成する設計業務の成果物の項目に（労働）安全衛生の項目を追加すべきと考える。特に「①設計や計画の段階における措置」に対して権限を有する発

注者や設計者が経済性、施工性、耐久性、環境保全等と（労働）安全衛生を同じ枠組みで考慮するような社会的な背景が必要と考えている。

現在の日本の労働安全衛生マネジメントの状況を製造業と建設業を比較しながら、概念的に整理したものを図-3.4 に示す。



図-3.4 製造業と建設業の労働安全衛生マネジメントの状況を示した概念図⁷⁾

製造業において、例えば、大きな自動車会社を想像すると、同じ会社の中に、経営トップ、自動車の設計者、自動車の製造者がいる。もし仮に、製造ラインで災害が発生した場合、被災者が所属する事業場のトップ、つまりここでいう自動車会社の経営トップもその責務を問われ、経営トップは自らの問題として、製造ラインの労働安全衛生をマネジメントしなければならないという意識が生まれる。

一方、建設業の場合、自動車会社と異なり、自動車会社の経営トップに当たる発注者（国、道路・鉄道会社、都道府県、市町村、ディベロッパー等）と、自動車会社の設計者に当たる設計コンサルタントや設計事務所の設計者と、製造者に当たる施工者（元方事業者、協力会社等）は、それぞれ異なる組織（事業場）であることが多い。もし仮に、施工現場で協力会社の作業員が被災したとす

ると、その作業員が所属する協力会社のトップ、また施工現場の安全衛生管理責任を担う元方事業者もその責務を問われる。しかしながら、労働安全衛生法の体系上、発注者や設計者にその責務が及ぶことは非常に稀である。なぜなら、基本的には、労働安全衛生法は労働者と使用者の関係を謳っているからである。

ここで、発注者、設計者に全ての労働安全衛生の責務を負担することを要求している訳ではない。ここでの主張は、発注者及び設計者も施工中のリスクを除去又は低減させるため「①設計や計画の段階における措置」を考慮することが望ましいということである。

具体的には、どのような形で「①設計や計画の段階における措置」を考慮したら良いか、次の項では海外の好事例を取り上げる。

C-3-2. 英国の建設業におけるリスクアセスメントの実態

前述したように、英国の建設業における安全衛生の成績を鑑み、英国における取り組みを調査してきた結果、英国の利点は以下の3点に集約されると考えている⁷⁾。

- (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
- (c) 教育機関の充実

まず、(a)発注者、設計者、施工者の役割と責務の規定について、英国では、1994年に Construction (Design and Management) Regulation¹¹⁾（以下、「CDM」という。）を発出し、2度（2007年および2015年）の改正を経て、現在では CDM2015 として、施工者だけでなく、発注者及び設計者の役割と

責務を規定している。以下にその抜粋の日本語訳を示す⁸⁾から抜粋。

<p>第2部 発注者の責務 プロジェクトの管理に関する発注者の責務 4. (1) <u>発注者は、プロジェクトの管理に関して、十分な工期や資金を割り当てるなど、適切な取決めを設定しなければならない。</u> (2) <u>適切な取決め</u>とは、以下の事項が確実に行われるものをいう。 (a) <u>当該プロジェクトの影響を受ける者の安全衛生に危険を及ぼすことなく、合理的に実行可能な範囲で建設工事を実施できること、及び</u> (b) 別紙2により義務付けられる設備が、建設工事を行う者に対して提供されること。 (3) 発注者は、当該プロジェクトの全期間にわたって当該取決めを管理し見直ししなければならない。 (4) 発注者は、当該プロジェクトに関して指名した設計者及び請負業者又は指名することを検討している設計者及び請負業者全てに対して建設前の情報を可能な限り速やかに提供しなければならない。 (5) 発注者は、以下の事項を保証しなければならない。 (a) 建設段階の開始前に、請負業者が1社の場合には請負業者に、そうではない場合には元請業者に建設段階計画書を作成させること、及び (b) <u>主設計者は、当該プロジェクトの</u></p>
--

<p><u>ために安全衛生ファイルを作成</u>する。当該安全衛生ファイルについては、以下の事項に従うものとする。 (中略) (6) 発注者は、以下の事項を保証するために合理的な措置を講じなければならない。 (中略) (7) 発注者は、建築物に対する自己の権利を処分する場合、当該建築物に関する発注者の権利を取得する者に対して安全衛生ファイルを提供し、当該者に当該ファイルの性質及び目的を認識させることにより上記第5項第b号(iii)に規定される義務を遵守する。 (以下、略)</p>
<p>第3部 安全衛生に関する義務及び役割 (中略) 設計者の義務 9. (1) 設計者は、発注者が本規則に基づき自己が負う義務について認識していると納得するまでプロジェクトに関連する作業を開始してはならない。 (2) <u>設計者は、設計図の作成又は修正時に、以下に該当する者の衛生又は安全に対する予測可能な危険を合理的に可能な限り排除するよう、一般予防原則及び建設前の情報を考慮に入れなければならない。</u> (a) <u>建設工事を実施する者又は建設工事の影響を免れない者</u> (b) <u>建築物のメンテナンス又は清掃を行う者、又は</u> (c) <u>作業場として設計された建築物を使用する者</u></p>

(3) 上記の危険を排除することが不可能な場合には、設計者は、合理的に可能な限り、以下の行為を行わなければならない。

(a) その後の設計過程において当該危険を低減させるか又はそれが不可能な場合には当該危険を管理するよう措置を講じること

(b) 当該危険のに関する情報を元請設計者に提供すること、及び

(c) しかるべき情報を安全衛生ファイルに確実に記載すること

(4) 設計者は、発注者、他の設計者及び請負業者が本規則に基づく義務を遵守できるように十分に支援するために建築物の設計図、建設又はメンテナンスに関する十分な情報を提供するようあらゆる合理的な措置を講じなければならない。

(以下、略)

このように、発注者の責務は、主な事項として十分な工期や資金の割り当てることである。CDM2015において、発注者及び設計者に対して全ての安全衛生の責務を負担するようには謳っていない。

CDM2015 は以下のように簡潔にまとめられる。

- ・発注者の役割と責務：建設プロジェクトに係る適切な経費および工期の提供
- ・設計者の役割と責務：建設プロジェクトに係る予測可能なリスクを出来る限り除去、残留リスクの情報共有
- ・施工者の役割と責務：施工における残留リスクを合理的に実施可能な範囲内で除去または低減

次に、(b)建設プロジェクトの体制について、英国の発注者が作成した建設プロジェ

クトのフロー図を図-3.5 に示す。ここで、PD とは Principal Designer の略であり、主設計者と訳している。PC とは Principal Contractor の略であり、元方事業者（施工者）である。

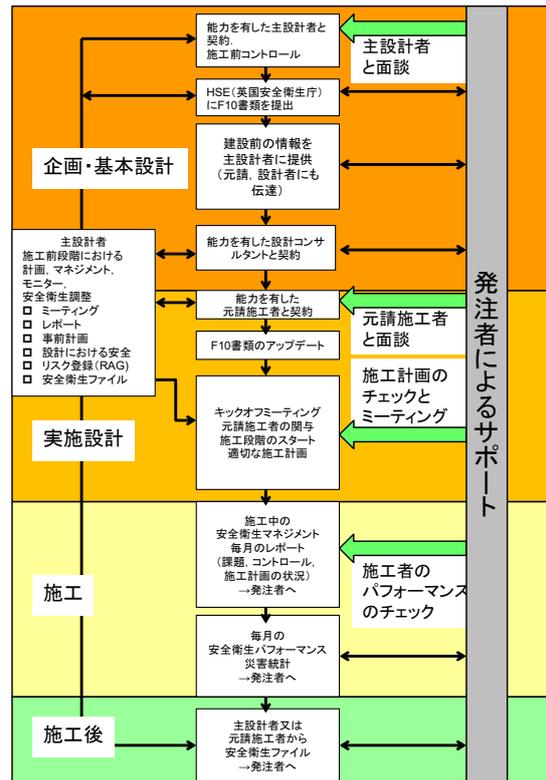


図-3.5 英国の発注者が作成した建設プロジェクトのフロー図⁸⁾

同図を見ると、企画・基本設計の段階において、発注者が主設計者と契約し、主設計者に対して、設計における安全の配慮、リスク登録、安全衛生ファイルの作成等を実施させている。また、企画・基本設計が終了し、実施設計に移る段階から元請（施工者）と契約し、安全衛生を含めた適切な施工計画の策定に繋げている。施工中も施工者にリスクアセスメントの状況、災害統計等を報告させている。建設プロジェクトの全段階を

通じて、発注者が設計者及び施工者とのミーティングを開催し、安全衛生ファイルのチェック、レポートによる報告確認等、発注者自らが積極的に安全衛生を含めた建設マネジメントをしていることがわかる。

(c) 教育機関の充実について、英国では、Industrial Training Act 1964 に基づき、Construction Industry Training Board (建設業訓練委員会) が創設され、各種の専門学校が併設されている。このような専門学校を卒業し、試験に合格すると、建設従事者は CSCS (Construction Skills Certification Scheme) カードと呼ばれる建設技能証明書 (資格) を獲得できる。同 CSCS カードは 3～5 年の有効期限があり、技能者は資格の更新が求められる。また、同 CSCS カードは様々なグレード (Skilled Worker、Manager 等) があり、更新時に、より高位の技能者にも挑戦できる仕組みとなっている。さらには、CSCS カードが建設従事者の技能を証明するものとなっており、同等以上の技能を有していない場合には、その本人がリスクと見なされ、建設工事現場への立ち入りが許可されないとのことである。つまり、ある一定レベルの建設技能者のみに施工に従事させているような状況である。

日本では、様々な資格がありますが、資格に有効期限がないものが多く (一部は有効期限がある)、無資格者であっても建設工事現場で資格を要しない作業に従事できる。つまり、英国の考え方からすると、建設工事現場にリスクが点在している状況となる。

次に、英国における「①設計や計画の段階における措置」の取り組みを示す。例えば、ビル施工時のハザード又はリスクの設計図面への記載例を図-3.6 に示す。

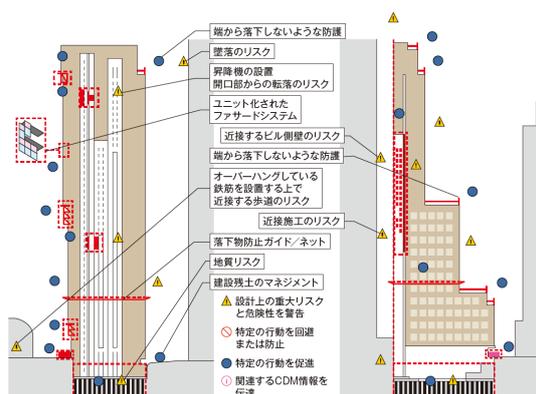


図-3.6 ビルディング施工時のリスク等の設計図面への記載²⁾

同図のように、施工時又はメンテナンス時のハザード又はリスク、推奨対策等を設計図面へ直接的に記載している。ハザード又はリスクを黄色の三角形にビックリマークとして示し、推奨対策を青色の丸印として示し、一目で情報がわかるよう工夫している。設計図面上に記載されるハザード又はリスクとしては、墜落のリスク、開口部からの転落のリスク、地質リスク、近接施工のリスク、落下物のリスク、メンテナンス時の高所作業のリスク等が記載されている。推奨対策としては、建物端部の防護、ユニット化、落下物防止ガイド/ネット、建設残土マネジメント等が記載されている。

また、BIM/CIM (Building Information Modeling/Construction Information Modeling) を利用し、図-3.7 に示すように BIM/CIM の図面上にハザード又はリスクを配置する例もある。同図は BIMsafe という民間企業が作成したものであり、安全衛生管理と 3D モデリングにおいて 60 年以上の経験を持つ Callsafe Services と Cassidy Forsythe のコラボレーションによるものである³²⁾。

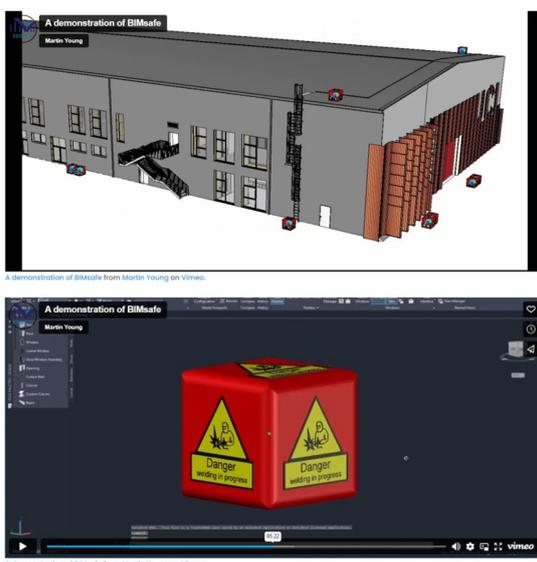
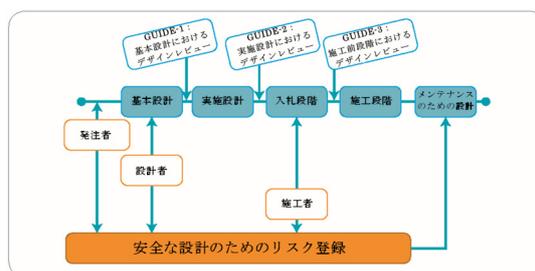


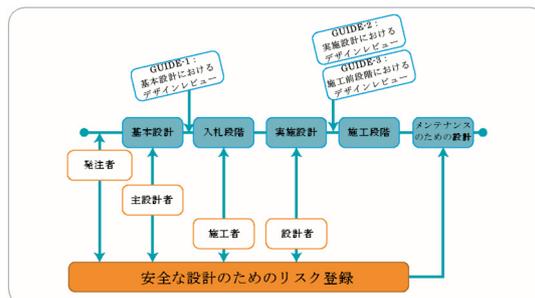
図-3.7 BIM/CIM を利用し図面上にハザード又はリスクを配置する例

C-3-3. シンガポールの建設業におけるリスクアセスメントの実態

次に、シンガポールの「①設計や計画の段階における措置」の事例を取り上げる。シンガポールでは、基本設計、実施設計の各段階においてデザインレビューを実施し、施工、供用、維持管理、補修、解体中の安全衛生を含めて、発注者、設計者、安全設計専門家（Design for Safety Professionals）等がリスク登録を行う。Workplace Safety and Health Guidelines、Design for Safety³³⁾（労働安全衛生ガイドライン、安全のための設計）には、建設プロジェクトの各段階（基本設計、実施設計、施工入札、施工、維持管理）において、デザインレビューをしながらリスク登録を実施することと示されている（図-3.8 参照）。



(a) 設計・施工分離発注方式に関するリスク登録のプロセス



(b) 設計・施工一括発注方式に関するリスク登録のプロセス

図-3.8 建設プロジェクトの各段階（基本設計、実施設計、施工入札、施工、維持管理）において、デザインレビューをしながらリスク登録を実施する

基本設計が終了した段階で GUIDE-1 と呼ばれるデザインレビュー及びリスク登録、実施設計が終了した段階で GUIDE-2 と呼ばれるデザインレビュー及びリスク登録、施工入札段階において GUIDE-3 と呼ばれる施工前デザインレビュー及びリスク登録を実施する。GUIDE の意味は表-3.1 のとおりである。

表-3.1 Workplace Safety and Health Guidelines、Design for Safety（労働安全衛生ガイドライン、安全のための設計）におけるGUIDEの意味⁸⁾

ステップ1	G:	Group together a review team consisting of main stakeholders 主要な関係者で構成されるレビューチームを結成する。
ステップ2	U:	Understand the full design concept by looking at the drawings and calculations, or have designers elaborate on the design. 図面や見積もりに目を通し全体の設計コンセプトを理解、もしくは設計に関して設計者に詳しい説明を求める。
ステップ3	I:	Identify risks that arise as a result of the design or construction method. The risks should be recorded and analysed to see if they can be eliminated by changing the design. 設計もしくは施工法の結果として発生するリスクを特定する。設計を変更することによってリスクが排除できるかどうかを判断するため、リスクは記録され分析されなければならない。
ステップ4	D:	Design around the risks identified to eliminate or to mitigate the risks. リスクを排除もしくは低減するよう、特定されたリスクに対応する設計を行う。
ステップ5	E:	Enter all the information including information on vital design change that would affect safety and health or remaining risks to be mitigated into the DfS Register. 安全衛生や低減されるべき残留リスクに影響を及ぼし得る不可欠な設計変更に関する情報を含む全ての情報をDfS登録に入力する。

つまり、以下のような流れでデザインレビューを実施することとされている。

- ・ステップ1：主要な関係者で構成されるレビューチームを結成する。
- ・ステップ2：図面や見積もりに目を通し全体の設計コンセプトを理解、又は設計に関して設計者に詳しい説明を求める。
- ・ステップ3：設計又は施工法の結果として発生するリスクを特定する。設計を変更することによってリスクが除去できるかどうかを判断するため、リスクは記録され分析されなければならない。
- ・ステップ4：リスクを除去又は低減するよう、特定されたリスクに対応する設計を行う。
- ・ステップ5：安全衛生や低減されるべき残留リスクに影響を及ぼし得る不可欠な設計変更に関する情報を含む全ての情報をリスク登録表に入力する。

リスク登録表とは、表-3.2のようなリスク登録表を作成し、建設プロジェクトの各

段階で全てのリスクを追加していくことも示されています。

表-3.2 リスク登録表⁸⁾

リスク登録表の例										
プロジェクト名称										
会社名:										
検討内容:						実施担当者:				
デザインレビュー実施日:										
次回レビュー日程:										
手順/場所:										
番号	設計配慮	リスク	ハザード	リスクアセスメント	設計からハザードを除去できるか?	リスク低減措置	残留リスクレベル	さらなる検証の必要性	対応担当者	
				重篤度 可能性 リスクレベル			重篤度 可能性 リスクレベル			

リスク登録表には、設計配慮 (design consideration)、リスク (risks)、ハザード (hazards identified)、重篤度 (severity)、可能性 (likelihood)、リスクレベル (risk level)、設計からハザードを除去できるか? (can these hazards be designed out?)、リスク低減措置 (proposed control measures) 等が記載される。その他、様式によっては、risk owner (リスクの所属先)、action owner (対策実施者) 等が記載されることもある。

発注者と設計者が建設業の労働安全衛生に精通していない場合もあり、シンガポールでは、安全設計専門家 (Design for Safety Professionals) という資格を設けて、同専門家がデザインレビューミーティングの調整、発注者と設計者がリスク登録表を作成する支援等を行っている。また、シンガポールのガイドラインでは、チェックリストも用意されており、最低限登録すべき事項をリスクとして表-3.3のように示している。

表-3.3 基本設計のデザインレビューにおけるチェックリスト⁸⁾

検討事項	特定されたハザードの詳細
地質	<ul style="list-style-type: none"> 計画されたプロジェクト用地の地盤の特性は有資格者（QP）によって調査が行われたか？ 計画されたプロジェクトの近隣に基盤が浅い可能性のある建造物や構造物があるか？ 地下水は建設計画を実施すると低くなるか？ 建設計画に起因する地盤沈下が発生する可能性はないか？ 地盤沈下が最小限となるようにするための予防措置はあるか？
住民	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトが始まることによる住民への影響はないか？ プロジェクトが始まることによる交通への影響はないか？
サービス	<ul style="list-style-type: none"> 用地にはプロジェクトのために撤去あるいは移転することが必要な地下施設はないか？ あった場合にそれらの施設の撤去あるいは移転することが、雇用者や住民に対するハザードとなるか？
その他	<ul style="list-style-type: none"> 建設期間中に特別な手配が必要な特殊な要素はないか？ 施工法もしくは施工順序を今現在明確にすることができるか？ それらのハザードは今現在対処することができる施工法もしくは施工順序を伴うものか？ ファサードや屋上、壁面の緑化などのメンテナンス期間中に特別な手配を必要とする特殊な要素はないか？ 特定し除去できる予見可能なハザードはないか？

同表は基本設計が終了した後のデザインレビュー時にリスク登録するためのチェックリストであり、例えば、地質・地盤リスク、施工方法等に関連した項目が挙げられている。また、実施設計、施工前の各段階で登録されるべきリスクも表-3.4、表-3.5のように示されている。

表-3.4 実施設計のデザインレビューにおけるチェックリスト⁸⁾

検討事項	特定されたハザードの詳細
プレハブ工法	<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨構造物などの部材は、プレハブ式に加工し、地上で組み立てを行い、設置する場所に持ち上げることは可能か？ 鋼部材の切断は、発生する粉じんが削減されるよう管理された状態の下で現場から離れて行うことは可能か？ 現場での溶接は火災や燃焼リスクを低減するため最小限にすることは可能か？ プレハブ加工で取り付けたナットとボルトを接合部品として利用できるか？ 設計された吊り上げポイントをプレハブ加工部材に示し、その高さや重心を仮面とプレハブ加工部材に印すことは可能か？ プレハブ加工構造物を最終設置するまでの一定期間、一時的に吊り下げられなければならない場合、このことから生じるハザードを確実に取り除く手段はあるか？ 地面と垂直の鉄骨構造物の部材のジョイントはボルトの取り付けが地上で行えるように設計することが可能か？ 部材の接合箇所は組み立てを間違えるリスクを最小限にするよう設計することが可能か（例えば、接合箇所ごとに特有のボルトをレイアウトする）？ 図面に関して明確な指示を提供できるか？ 設計者は施工法としてプレハブ加工を決定する前に吊り上げクレーンを安全に設置することができるような用地の条件を検証することが可能か？
重量物の吊り上げ	<ul style="list-style-type: none"> 重量物の吊り上げに必要な作業工程と機材について検証する。これらの機材を留めおく場所を最終決定し非常線張ることは可能か？ 吊り上げ機材は地盤沈下や支えの崩れを最小限にできるような特別仕様の土台を必要とするか？ 重量物のシナリオを想定する。このシナリオは損害を最小限にするよう予防、制動がなされているか？
高所からの転落	<ul style="list-style-type: none"> 高所作業の必要性を排除できるか？ 例えば、安全なアクセス手段を提供できない場合は高所作業の必要性を排除する。 もろい屋根材を取り除くことができるか、もしくは屋根への代替のアクセスルート（例えば、作業の足場）を設計することができるか？ 常設のアクセス手段（例えば、階段）を早めに設置することで梯子や足場の利用を削減できるか？ エッジ保護やその他の要素は安全なアクセスや建設が可能となるよう設計、設置されているか？ 作業の足場を設置できない場合に救命索や安全ハーネスを配備するためのアンカーポイントを増やすことができるか？ 床面開口部がある場合、最小限にできるか？
仮設工事と順序	<ul style="list-style-type: none"> 臨時手段の代わりにそれよりも安全なアクセス手段を利用することは可能か？ 建設段階で利用できるような常設の階段や昇降機を先駆けて完成させることは可能か？ 設計は建設期間中の作業工程に影響を及ぼすものか？ 建設中に必要な仮設工事を早い段階で計画することは可能か？ 例えば、設計段階において空間的考慮を計算に入れるようにするために必要な仮設工事のタイプや位置を特定する。

検討事項	特定されたハザードの詳細
仮設工事と順序	<ul style="list-style-type: none"> 施工者に留意を促す必要のある建設にかかわる特別な検討事項はないか？ 施工順序が、追加的支柱を必要とするような何か不安定な仮設の作業足場を生み出すことはないか？ 仮設構造物や仮設構造物の腐食や劣化が予防できるよう設計に適切な安全要素を組み込むことは可能か？
レイアウト	<ul style="list-style-type: none"> 建設段階における敷地内や敷地周辺の車の流れ、歩行者、機材などに起因して発生する事故を防げるようレイアウトを最適化することができるか？ 仮設構造物となつてからの敷地内や敷地周辺の車の流れ、歩行者、機材を考慮する。 レイアウトは事故を防ぐために最適化することが可能か？ 特定の部材、機材、車両および人の流れのダイアグラムを示す必要があるか？
閉鎖空間	<ul style="list-style-type: none"> 設計によつて恒久的もしくは一時的段階における閉鎖空間が生み出されていないか？ 閉鎖空間を設計から取り除くことができるか？ 必要不可欠な機材や制御装置を閉鎖空間から取り除くことによつて閉鎖空間に立ち入る必要性を最小化することは可能か？
メンテナンスのためのアクセス	<ul style="list-style-type: none"> 安全およびメンテナンス作業員やメンテナンス作業を実施するのに必要な道具および機材の効率的な動線を考慮してアクセス手段が提供されているか？ 定期的なメンテナンスが必要なエリアに対して、常設の安全なアクセス手段を作業員に提供することによつて、臨時のアクセス手段（例えば、足場や当座しのぎの梯子など）を排除することができるか？ 設計において、高所で行う必要があるメンテナンス作業のために、常設の安全ロープ、アンカーポイントや昇降ポイントが構造物に採り入れられているか？ メンテナンスの頻度が低く済む耐久性の高い材料（例えば、定期的な塗り直しが必要な軟鋼部材に対して、粉末塗装されたアルミ部材）が使用されているか？ メンテナンス作業を地上層で安全かつ生産的に実施することは可能か？例えば、空機を地上層に設置すること、照明器具を高く高さで設置することである。 設計はメンテナンス作業を実施する作業員の安全性と効率を低下させる、低い頭上空間を生み出していないか？ 設計はメンテナンス作業員がダクトや床下空間に入る必要性を最小限にしているか？ 設計は定期点検やメンテナンスにおいて隔壁や被覆物、棒などの解体の必要性を最小限にしているか？ 設計は建造物のメンテナンスもしくは作業中に、車両（例えば、クレーン車、移動式クレーン車）が安全かつ効率的に作業できるような十分なスペースを設けているか？ 設計は機械・電気（M&E）室内およびM&E機材の周辺に、機材の点検、メンテナンス、修理、交換のための十分な作業空間を設けているか？ 設計はいくつかの階層にわたつて壁面緑化システムが施されている場合、各階にメンテナンス用アクセスを設けているか？

検討事項	特定されたハザードの詳細
緊急避難ルート	<ul style="list-style-type: none"> 仮設工事、本設工事の段階での緊急避難ルートは最短で最も直線的であるか？ 多数の人たちの避難に備え、緊急避難ルートに沿って照明、方向標示、警告、非常用電源が適切に配備されているか？
健康被害	<ul style="list-style-type: none"> 有害性の低い材料を利用できるか（例えば、非溶剤もしくは難燃性の接着剤や水性塗料）？ 重大な火災リスクを生む可能性がある材料を取り除くことができるか？ 有害な環境、気体物質、粉じん、騒音、振動を発生させる工程を回避することはできるか？このような工程には、含有されるアスベストの拡散、煙塵やコンクリートに埋め込まれたチューブの切断、地面への杭打ち工事、コンクリート削り、手作業での地下道の掘削、ガス切断、鉛含有塗料やカドミウムで塗装されたエリアの研磨が例に挙げられる。
天候	<ul style="list-style-type: none"> 現場に洪水が発生する可能性はないか？もしそうであるならば、仮設工事および本設工事ではハザードをどのように最小化できるか？ 現場に落雷が発生する可能性はないか？もしそうであるならば、仮設工事および本設工事ではハザードをどのように最小化できるか？ 現場にいる作業員の安全衛生に影響を及ぼす可能性のある有害な気象条件はないか？ 極端な気温や湿度が機器の使用に及ぼす影響はどのようなものか？
その他	<ul style="list-style-type: none"> 他に取り組みが必要な主要なハザードは存在するか？ 将来的な解体に備え、プレテンション方式もしくはポストテンション方式のケーブルなどの頑丈な蓄積エネルギー供給源を図面を明瞭にし、機軸しておくことはできるか？ 建造物もしくは構築物を大幅に変えることになった改造について留意を促すことができるか？ 入居済み建造物内の既存のユーティリティの中断を避けることができるか？

表-3.5 施工前におけるデザインレビュー時のチェックリスト⁸⁾

検討事項	特定されたハザードの詳細
仮設工事と順序	<ul style="list-style-type: none"> 臨時手段よりも安全なアクセス手段を利用することは可能か？ 起り得る倒壊や地盤移動について早期警告情報を提供するモニター装置を設置することは可能か？ 建設段階で利用できる常設の階段や昇降機を先駆けて完成させることは可能か？ 設計は建設期間中の作業工程に影響を及ぼすものか？ 建設中に必要な仮設工事を早い段階で計画することは可能か？ 例えば、設計段階において空間的考慮を計算に入れるようにするために必要な仮設工事のタイプや位置を特定する。 施工者に留意を促す必要がある建設にかかわる特別な検討事項はないか？ 建設順序が追加的の支柱を必要とするような不安定な段階を作り出すことはないか？ 恒久構築物や仮設構築物の過負荷や倒壊が予防できるように設計に適切な安全要素を組み込むことは可能か？ 掘削中に基底の隆起や配管がある可能性はないか？ 掘削計画に起因する地盤沈下は発生しないか？ 機器を監視する適切なスケジュールは組まれているか？ 仮設工事の除去作業中に近隣の構築物に影響を及ぼすことはないか？ そのような悪影響を低減もしくは最小化する代替案もしくは手段はないか？
専門家による設計	<ul style="list-style-type: none"> 専門家による設計要素に関して施工者が検証すべき安全上の懸念はないか？ このような懸念を低減するために代替となる安全な作業慣行を用いることはできないか？
天候	<ul style="list-style-type: none"> 現場に洪水が発生する可能性はないか？もしそうであるならば、仮設工事および本設工事ではハザードをどのように最小化できるか？ 現場に落雷が発生する可能性はないか？もしそうであるならば、仮設工事および本設工事ではハザードをどのように最小化できるか？ 現場にいる作業員の安全衛生に影響を及ぼす可能性のある有害な気象条件はないか？ 極端な気温や湿度が機器の使用に及ぼす影響はどのようなものか？
その他	<ul style="list-style-type: none"> 手引き-1および手引き-2で特定されたリスクおよびハザードは取り組みが行われ低減されたか？

シンガポールにおける安全設計専門家 (Design for Safety Professionals) となる者は次のような資格を備えていなくては

ならないとされている。

- 建設業界での安全衛生問題における相応の実績と経験。
- 専門家機関、業界団体、もしくは法定機関により実施される安全設計専門課程（旧 DfS コーディネータ課程）を受講し、審査に合格、もしくは同等の資格を取得していること。また、上記資格の候補者は次のいずれかをも満たしていなければならないとされています。
- 登録専門技術者 (PE) もしくは資格認定証を持つ建築士であること。
- 構造物の建設の設計（設計業務への従事、図面作成を含め設計における最小限 5 年の経験）および監督において 10 年以上の相応の経験を有していること。
- 専門技術者委員会（Professional Engineers Board (PEB)）もしくは建築士委員会（Board of Architects (BOA)）に資格登録されており、シンガポール測量士および鑑定士協会（Singapore Institute of Surveyors and Valuers (SISV)）ならびシンガポール・プロジェクトマネージャー協会 (SPM) の建設関連の資格登録があること。

C-3-4. 独国の建設業におけるリスクアセスメントの実態

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) の受入れ

内で BIM を段階的に導入するための道筋を示している。

「デジタル計画と建設」において、2020 年までに連邦政府のインフラプロジェクトの標準として、デジタルプランニングとデジタルコンストラクションが採用される予定とのことである。ここでの中心的な要素は、BIM の使用である。デジタル構造物モデルに基づいて、構造物のライフサイクルに必要な全てのデータ（企画、設計、施工から運用まで）を収集して交換し、参加者間でさらに処理することとある。

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。以下のような内容である。

- ・ BIM 導入のための達成可能なレベルのパフォーマンスの開発
- ・パイロットプロジェクトに伴い、パイロットフェーズを拡張する
- ・法的問題の調査と将来の契約設計のための提言の準備
- ・ 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
- ・インフラストラクチャ領域の統一データ構造の要件の特定、統一されたデータベース概念の開発、BIM ライブラリ
- ・情報・広報

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。以下の BIM4INFRA2020 ハンドブックが Part1～10 まで用意されている。

- ・ Part1: 基本と BIM の完全なプロセス
- ・ Part2: クライアント情報要件（AIA）のガイドとサンプル
- ・ Part3: BIM 解決計画(BAP)のガイドとサンプル
- ・ Part4: サービス記述のガイド
- ・ Part5: モデル特別契約条件 BIM(BIM-BVB)
- ・ **Part6: 最も重要な BIM ユースケースの標準仕様**
- ・ Part7: マニュアル BIM スペシャリストモデルと精緻化度
- ・ Part8: ニュートラルデータ交換一覧
- ・ Part9: 業界基盤クラス(IFC)とのデータ交換
- ・ Part10: BIM 環境におけるテクノロジー用語集

このうち、「Part6: 最も重要な BIM ユースケースの標準仕様」34) について内容を概観する。

同標準仕様では、表-3.6 に示すように、建設プロジェクトの流れと BIM のユースケース（AWF1～20）の関係を示している。

表-3.6 建設プロジェクトの流れと BIM のユースケース (AWF1~20) の関係 ³⁴⁾

No	適用例	設計 契約の締結 実施									運用方法
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
既存状態の確認											
AWF 1	既存状態の確認										
設計											
AWF 2	設計バリエーションの調査										
AWF 3	可視化										
AWF 4	設計計算及び検証										
AWF 5	専門家との調整										
AWF 6	設計進捗状況の管理										
AWF 7	設計図・承認図の作成										
AWF 8	労働安全衛生：設計とテスト										
AWF 10	コスト見積もりとコスト計算										
承認											
AWF 9	設計の承認										
発注											
AWF 11	数量表、入札案内、契約の締結										
施工計画と施工											
AWF 12	施工のスケジューリング										
AWF 13	物流計画										
AWF 14	施工計画書の作成										
AWF 15	工事進捗管理										
AWF 16	設計変更管理										
AWF 17	施工の請求										
AWF 18	欠陥管理										
AWF 19	書類作成										
供用											
AWF 20	供用や維持管理に活用										

既存状態の確認（建設予定地の地形、地質の確認等）、設計、承認、（施工の）発注、施工計画と施工、供用という流れであり、各段階においてそれぞれ細分化された項目毎に BIM の適用例を示している。ここで、労働安全衛生は、表-3.6 の「設計」段階のうち、「AWF8 労働安全衛生：設計とテスト」の箇所に位置付けられていることがわかる。つまり、労働安全衛生への配慮は、設計段階にても検討することとなっている。

次に、前述した「Part6:最も重要な BIM ユースケースの標準仕様」に話を戻すと、設計段階における労働安全衛生についての BIM の使用例を同標準仕様の中で AWF8 として示しており、その定義は、安全衛生に関連する側面（安全装置、制限区域、避難経路、操作手順等）を BIM モデルで表現し、必要に応じて一時的な施工条件や施設の一時的な影響を 4D モデルとして表現するとある。ま

た、施工中に必要な措置の監視と管理、モデルを使った必要な修正の記録とある。利点としては、安全衛生に関連する側面のコミュニケーションの向上、視覚的にサポートされたモデルから安全衛生対策のための要件を導き出すことによる品質向上、施工中のプロセス及び健康に係るリスクの低減、モバイル技術を用いて竣工検査等を構造化して記録し文書化の向上と情報共有の促進、等々を挙げている。

ユースケースとしては、制限区域、手すり、避難経路等を 4D の BIM モデルに追加すること、安全衛生コーディネーターの検査への利用等を挙げている。実践例として、図-3.9 に示すように、施工現場の手すりの設置等の安全に関連する側面を BIM モデルにより表現している例が挙げられている。

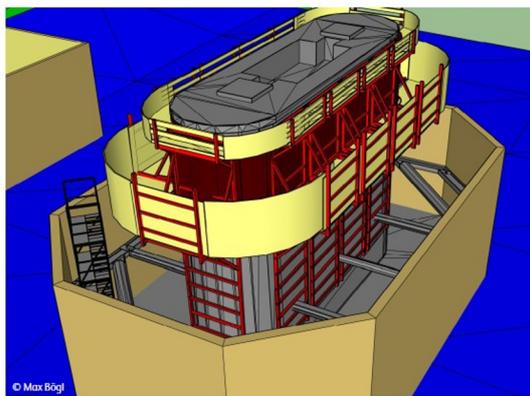


図-3.9 施工現場の手摺の設置等の安全に関連する側面を BIM モデルにより表現している例 ³⁴⁾

以上、整理すると、独国では、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、BIM4INFRA2020 ハンドブックの中で、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、コスト計算を含むデザインプランニングや実装計画に検討する事項であることがわかった。

C-3-5. 米国の建設業における Prevention through Design (PtD) の考え方

フロントローディング (front-loading) という言葉が建設業界に登場したのは、2000年代(2000～2010年)の半ば頃からとのことである³⁵⁾。フロントローディングとは、一般的には「設計初期の段階に負荷(ローディング)をかけることで、後々の負担を軽減すること」を言う。計画、設計の段階で、施工の安全性や供用時の利便性・安全性などをしっかりと検討し対応することによって、施工者やメンテナンス業者にとっても安全性の向上し、オーナーである施主にとっても資産価値が向上するなど多くのメリットがあるのがフロントローディングである。

世界的にみると、前述したように、ヨーロッパでは安全衛生に関してもフロントローディングが進められているが、米国ではほぼ同じ概念で、「Prevention through Design (PtD)」(設計段階における安全対策)という考え方を普及させようとしている。設計段階において、施設設備の建設、製造、使用、保守、廃棄に関連した危険とリスクを最小限にすることが目的である。そのために、設計段階から適切にリスクを除去又は低減を考えるということである。米国における安全に及ぼす影響とコスト等の関係を図-3.10に概念図として示す。

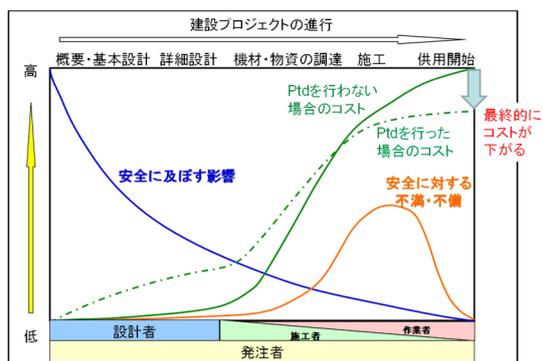


図-3.10 米国における Prevention through Design (PtD) の考え方^{36), 37), 4)}

同図は、オレゴン州立大学の Gambatese 教授が示したもので、同図の横軸は、建設プロジェクトの進行を示している。図の縦軸はそれぞれの曲線の高低を示している。まず、同図中の「安全に及ぼす影響」を見ると、「概要・基本設計」の段階において最も大きいことを示している。一方、「コスト」を見ると、「機材・物資の調達」から上昇し始め、「施工」で急激に増加する。また、「施工」の段階に入ると、施工の安全衛生対策のための「資金に対する不満・不備」が増大することがわかる。PtDでは、「安全に及ぼす影響」の大きい計画・設計の段階から、できる限りのリスクを排除し、また施工の効率化等も設計から考慮することによって、結果的にはトータルコストを今までよりも低く抑えようという考え方である。

PtDは全く新しい概念ではなく、従来から考慮されてきた場合もある。例えば、建物に予めフルハーネスのフックをかける治具や手摺りを設けておくことも一つのPtDである。その他、足場設置のための壁つなぎ用の穴を外壁に予め設置しておくこと、作業を

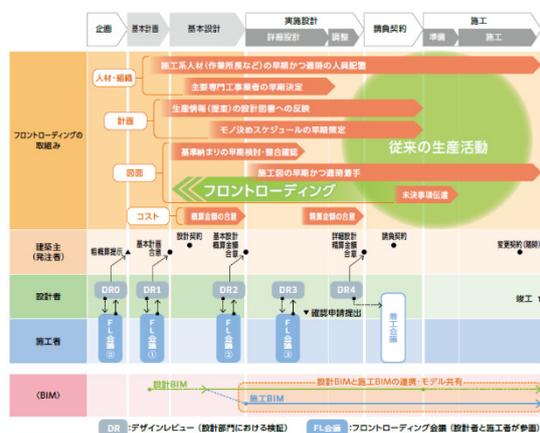
ユニット化することにより、単一作業は同じ安全衛生対策を繰り返せば対応できるといったような方法も PtD である。すなわち、PtD とは、施工時の安全衛生レベルを向上させるために、設計段階から考えようというコンセプトである。

D. 考察

本節では、建設業の理想的なリスクアセスメントについて考察する。これまで、リスク低減措置の優先順位から「①設計や計画の段階における措置」、機械安全分野におけるリスク低減措置である「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）」、海外のリスクアセスメントの実態等を記述してきた。その中で、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挙げられると考えている。以下、それらについて順に記載する。

日本では、フロントローディングについて、（一社）日本建設業連合会の「フロントローディングの手引き 2019」³⁸⁾ という資料にわかりやすくまとめられており参考になる。同資料によると、文献調査や有識者へのヒアリングを通じて、以下のような新たな定義付けをしている。つまり、「プロジェクトの早い段階で建築主のニーズをとりこみ、設計段階から建築主・設計者・施工者が三位一体でモノ決め（合意形成）を進め、後工程の手持ち・手戻りや手直しを減らすことにより、全体の業務量を削減し、適正な品質・コスト・工期をつくり込むこと」としている。

また、同資料では、フロントローディングの先進事例をフロー図として図-4.1 のように示している。



※このフロー図はフロントローディングの理想型の一例を示しています。建物用途などをはじめとした個々のプロジェクト特性により、取組み内容や時期はそれぞれオーダーメイドすればよいと考えます。
 ※DR(デザインレビュー)とFL会議(フロントローディング会議)
 フロントローディングの推進には、設計者と施工者の連携が不可欠です。プロジェクトの設計段階の各ステップで、DRとFL会議のサイクルを繰り返しながら、設計内容やコスト、工期などについて、建築主との合意を形成していくことがフロントローディングを成功させるためには求められます。

図-4.1 フロントローディングの流れ（概略フロー図）³⁸⁾

同図の横軸に企画、基本計画、基本設計、実施設計、請負契約、施工という建設プロジェクトの流れを示し、従来は主に実施設計後半から始まっていた生産活動を、より上流（front）の企画・設計段階につくり込み（loading）をしようという流れがよくわかる。また、DR（デザインレビュー）、FL（フロントローディング）会議を通じて、設計段階から施工者が関与することもわかる。さらに、BIM/CIM というツールを合わせて活用する場合もあることがわかる。これはあくまで一つの事例であり、全てがこの通りである必要はなく、プロジェクトの特性に応じてフレキシブルな運用を図れば良いとも記述されている。

このような資料が発行された経緯には、国が設置した「建設業の働き方改革に関する

る協議会」の関係省庁連絡会議が「建設工事における適正な工期設定等のためのガイドライン」³⁹⁾を策定し、その中で、生産性向上の具体的施策の1つとして、「設計等プロジェクトの初期段階において、受発注者間で施工等に関する検討を集中的に行い、生産性向上の取組を強化することができるよう、フロントローディング(ETC方式の活用等)の積極的な活用」と明記したこともあるようである。

そこで、フロントローディングに労働安全衛生も適切に取り込むことを考える。前述したように、フロントローディングの後半部分に、「・・・後工程の手持ち・手戻りや手直しを減らすことにより、全体の業務量を削減し、適正な品質・コスト・工期をつくり込むこと」とあるため、もし仮に、施工中に作業員が健康を害す、ケガをする、又は、亡くなった場合、生産性を担う作業員が一時に、場合によっては永久的に欠けるため、生産性や工期に影響してくる。また、事故や災害の影響で、工程の手戻り、手直し、事故処理の対応で全体の業務量を増加させてしまい、結局のところ、コスト・工期を増大・延長させてしまうことになる。これは建築主としてもデメリットとなるため、施工中の労働安全衛生も建築主のニーズの一つであるとも言える。

つまり、フロントローディングの定義によると、前半部分の「プロジェクトの早い段階で建築主のニーズをとりこみ、設計段階から建築主・設計者・施工者が三位一体でモノ決め（合意形成）を進め、・・・」という箇所、設計段階から建築主・設計者・施工者が三位一体で労働安全衛生を考えることも理に適っているということもできる。

ここで、労働安全衛生におけるリスク低減措置の例を挙げる。前年度の本研究課題において「危険源から危害に至るプロセス」図を用いた災害分析により明らかになったリスク低減措置の優先順位をまとめたものである。

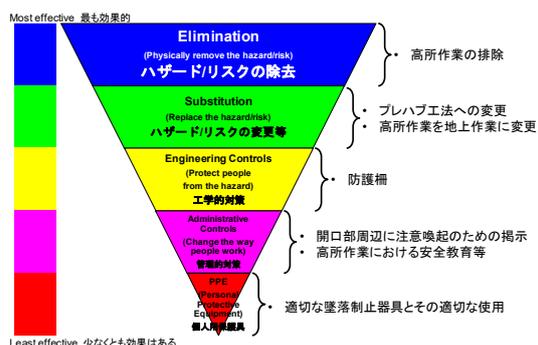


図-4.2 墜落・転落災害防止対策のリスク低減措置の優先順位の例

墜落・転落災害防止対策に係るリスク低減措置の一例を図-4.2のように考えると、「①設計や計画の段階における措置」（「ハザードの除去」及び「ハザードの変更」）においては、「高所作業の排除」、「プレハブ工法への変更」、「高所作業を地上作業に変更」等、こちらも同様に、企画・設計段階で議論しなければ決められない事項が多く見受けられる。

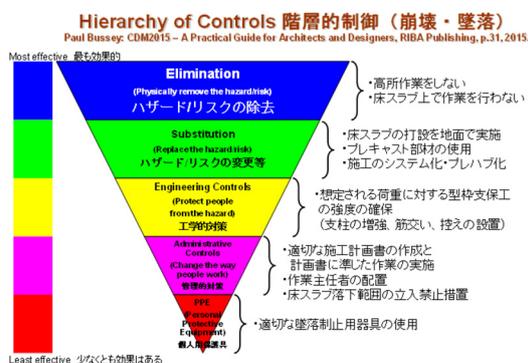


図-4.3 型枠支保工の倒壊災害の同種災害

におけるリスク低減措置の優先順位

また、実際に発生した型枠支保工の倒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-4.3にまとめた。「高所作業をしない」、「床スラブ上で作業を行わない」、「施工のシステム化・プレハブ化」等、こちらも同様に、企画・設計段階で議論しなければ決められない事項が多く見受けられる。

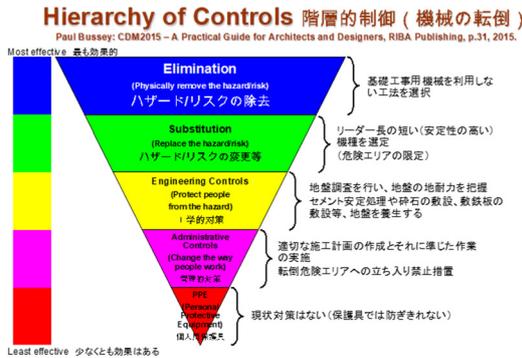


図-4.4 基礎工事用機械の転倒災害の同種災害におけるリスク低減措置の優先順位

次に、実際に発生した基礎工事用機械の転倒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-4.4にまとめた。「基礎工事用機械を利用しない工法を選択」について、企画・設計段階で議論しなければ決められない事項である。

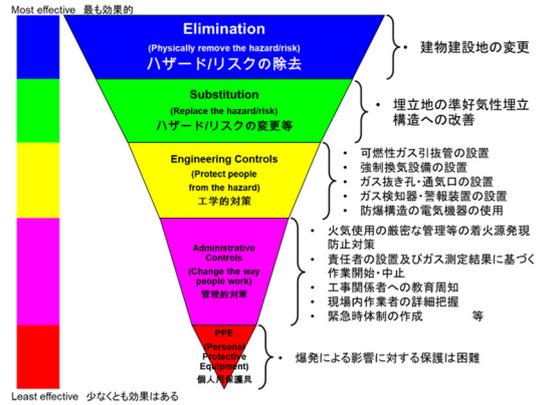


図-4.5 建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害の同種災害におけるリスク低減措置の優先順位

さらに、建設地からの可燃性ガス発生による爆発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-4.5にまとめた。「建物建設地の変更」、「埋立地の準好気性埋立構造への改善」等、こちらも同様に、企画・設計段階で議論しなければ決められない事項が多く見受けられる。

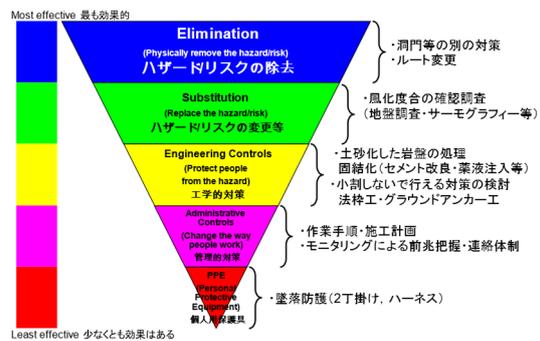


図-4.6 法面保護工事における土砂崩壊災害の同種災害に係るリスク低減措置の優先順位

法面保護工事における土砂崩壊災害の同種災害に係るリスク低減措置の優先順位を図-4.6に示す。同災害を例にとると、「①

設計や計画の段階における措置」（「ハザードの除去」及び「ハザードの変更」）の具体においては、「洞門等の別の対策」、「ルート変更」等であり、企画・設計段階で議論しなければ決められない事項がある。

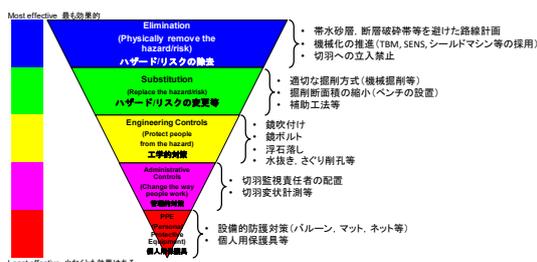


図-4.7 肌落ち災害防止対策のリスク低減措置の優先順位 6) に加筆

最後に、トンネル建設工事における肌落ち災害防止対策に係るリスク低減措置の一例を図-4.7に示す。肌落ち災害とは、トンネルの掘削の最先端である切羽において、掘削面から岩石が落下し、作業員に当たって重傷を負ってしまうことである。場合によっては死に至ることもある。同災害を例にとると、「①設計や計画の段階における措置」（「ハザードの除去」及び「ハザードの変更」）の具体においては、「路線計画」、「機械化の推進」、「掘削方式」、「補助工法」等であり、企画・設計段階で議論しなければ決められない事項が多く見受けられる。

このように、厚生労働省が当初から掲げていたリスクアセスメントにおけるリスク低減措置によると、「①設計や計画の段階における措置」（「ハザードの除去」及び「ハザードの変更」）を優先的に考えるべきであり、これらは企画・設計段階で議論しなければ決められない事項が多くあることがわかる。つまり、リスク低減措置、言い換えると、

大きな枠組みでは労働安全衛生は、フロントローディングととても相性が良いことがわかる。

次に、具体的にフロントローディングに労働安全衛生を組み込むには、図-4.1に示すように、「DR（デザインレビュー）」、「FL（フロントローディング）会議」又は「BIM/CIM」の中で、「適正な品質・コスト・工期」に加えて、「安全衛生」もつくり込むことを検討することが望ましい。（一社）日本建設業連合会のフロントローディングの定義³⁵⁾に加筆すると、「プロジェクトの早い段階で建築主のニーズをとりこみ、設計段階から建築主・設計者・施工者が三位一体でモノ決め（合意形成）を進め、後工程の手持ち・手戻りや手直しを減らすことにより、全体の業務量を削減し、適正な品質・コスト・工期・安全衛生をつくり込むこと」となる。

「適正な品質・コスト・工期」だけでなく、「安全衛生」についても、プロジェクトの特性に応じて、「DR（デザインレビュー）」、「FL（フロントローディング）会議」、「BIM/CIM」のうち、最適な方法を選択し、フレキシブルな運用を図れば良いと考える。

これらの方法を用いた労働安全衛生の取組について以下に示す。前述したように、シンガポールでは、「Workplace Safety and Health Guidelines Design for Safety」³³⁾を発出し、同ガイドラインの中で、基本設計、実施設計、施工前と各段階においてデザインレビューを実施し、発注者と設計者がリスク登録表に全ての想定されたリスクを列挙することを求めている。例えば、基本設計が終了した段階で、発注者と設計者がデザインレビューのためのミーティングを開催

し、同ミーティングの中で、基本設計において想定されるリスクを列挙し、リスク登録表に全てのリスクを記載する。これを図-4.1に当てはめて考えると、「DR0」・「DR1」・「DR2」・「DR3」・「DR4」及びそれに関連した「FL 会議 0」・「FL 会議 1」・「FL 会議 2」・「FL 会議 3」を通して、建築主（発注者）・設計者・施工者が三位一体で、想定されるリスクを列挙し、設計段階で除去・低減できるリスクについては除去・低減し、残留リスクについては次の段階にリスク情報を共有（合意形成）して進めれば良いと考えられる。

このとき、施工者が設計段階に関与できない設計・施工分離発注方式では、発注者と設計者が建設業の労働安全衛生に精通していない場合もあるため、シンガポールでは、安全設計専門家という資格を設け、同専門家が DR（デザインレビュー）会議の調整、発注者と設計者がリスク登録表を作成する支援等を行っている。また、前述したように、シンガポールのガイドラインでは、チェックリストも用意されており、最低限こういった事項をリスクとして登録すべきか示されている。プロジェクトの特性に応じてフレキシブルにチェックリストを作成しても良いと考える。

本研究においても工種ごと又は災害防止対策ごとにチェックリストの作成を試みた。チェックリストの例を表-4.1～表-4.6に示す。これらのチェックリストは、図-4.2～図-4.7のリスク低減措置の優先順位の図から、本質的安全設計に該当する「ハザードの除去」及び「ハザードの変更」に係る対策を設計段階において考慮することが望ましい対策、それ以外を施工段階において考慮する

ことが望ましい対策としてまとめたものである。

表-4.1 墜落・転落災害防止対策に係るチェックリスト

分類	検討事項
設計段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高所作業の排除 ・ プレハブ工法への変更 ・ 高所作業を地上作業に変更
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 防護柵 ・ 開口部周辺に注意喚起のための掲示 ・ 高所作業における安全教育等 ・ 適切な墜落制止器具とその適切な使用

表-4.2 型枠支保工の倒壊災害の同種災害防止に係るチェックリスト

分類	検討事項
設計段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高所作業の排除 ・ 床スラブ上で作業を行わない ・ 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
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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） ・ 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 ・ 適切な墜落制止器具とその適切な使用

表-4.3 基礎工事用機械の転倒災害の同種災害防止に係るチェックリスト

分類	検討事項

設計段階	<ul style="list-style-type: none"> 基礎工事用機械を使用しない工法の選択 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）
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 地盤調査を行い、地盤の地耐力を把握 セメント安定処理や砕石の敷設、敷鉄板の敷設等、地盤を養生する 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

計段階	<ul style="list-style-type: none"> 洞門等の別の対策 風化度合の確認調査（地盤調査・サーモグラフィー等）
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 土砂化した岩盤の処理、固結化（セメント改良・薬液注入等） 小割しないで実施できる対策の検討（法枠工、グランドアンカー工等） 作業手順・施工計画の作成・周知 モニタリングによる前兆把握・緊急連絡体制 適切な墜落制止器具とその適切な使用

表-4.4 建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害の同種災害防止に係るチェックリスト

分類	検討事項
設計段階	<ul style="list-style-type: none"> 建物建設地の変更 埋立地の準好気性埋立構造への改善
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 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 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

表-4.5 法面保護工事における土砂崩壊災害の同種災害防止に係るチェックリスト

分類	検討事項
設計	<ul style="list-style-type: none"> ルート変更

表-4.6 トンネル建設工事の肌落ち災害の同種災害防止に係るチェックリスト

分類	検討事項
設計段階	<ul style="list-style-type: none"> 帯水層、断層破砕帯等を避けた路線計画 機械化の推進（TBM, SENS, シールド工法等の採用） 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
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> 浮石落とし 鏡吹付け 鏡ボルト 水抜きボーリング さぐり削孔 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 設備的防護対策（バルーン、マット、ネット等） 適切な保護具とその適切な使用

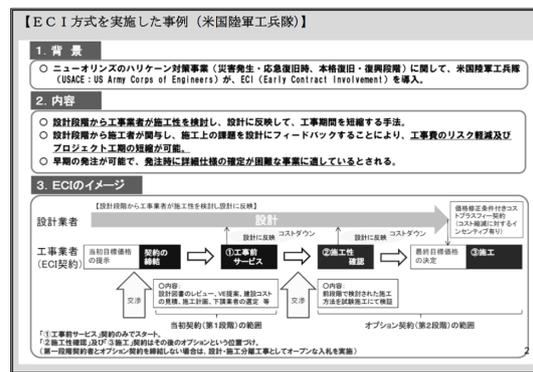
このように、各災害について「危険限から危害に至るプロセス」図を用いて分析し、本質的安全設計、安全防護、使用上の情報の提供と、機械安全分野のスリーステップメソッドに基づいた再発防止対策を立案してい

くことで、自ずと今後の同種災害防止に係るチェックリストを作成することができる。

このような設計段階からのリスク登録に係る行政施策は、シンガポールを発端としているわけではなく、英国のCDM、ヨーロッパ連合（European Union）の「Council Directive 92/57/EEC of 24 June 1992 on the implementation of minimum safety and health requirements at temporary or mobile construction sites」⁴⁰⁾に端を発している。

次に、「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」と労働安全衛生の関係について考察する。国土交通省では、平成26年6月4日に公布され、即日施行された「公共工事の品質確保の促進に関する法律の一部を改正する法律」（平成26年法律第56号）第14条の基本理念の実現に資するため、発注者による適切な入札契約方式の選択が可能となるよう、多様な入札契約方式を体系的に整理し、その導入・活用を図ることを目的として、「公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン」²⁸⁾を作成した。同ガイドラインにおいて、「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」は、「設計段階の技術協力実施期間中に施工の数量・仕様を確定した上で工事契約する方式である。（施工者は発注者が別途契約する設計業務への技術協力を実施）」としている。ECIは「Early Contractor Involvement」の略である。つまり、「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」とは、図-4.8に示すように、予備設計又は詳細設計、場合によっては概略設計と早期に施工予定者がプロジェクトに関与し、施工上の課題を設計にフィードバックし、施工段階における設計変

更をなるべく軽減させることを意図している。



出典）「発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会（第1回）」（平成25年11月国土交通省）

図-4.8 設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）（イメージ）²⁸⁾

近年、日本においてもECI方式を採用するプロジェクトが広がりを見せているが、現段階では、設計変更に伴う工事費増加リスクの低減、工期の短縮が主目的である。今後は労働安全衛生についても同様に考慮することで日本の建設プロジェクトの安全性も向上するものと考えている。

同図を見ると、予備設計等の段階から施工者が「施工性を考慮した工法提案等の技術協力を実施」とあり、表-3.3～表-3.5のデザインレビュー時のチェックリストとも関連するが、建築主（発注者）・設計者・施工者が三位一体で、リスクの大小に応じて適切な施工方法の在り方を議論し、合意形成してプロジェクトを進めることができる。

また、設計・施工分離発注方式においては、施工者が設計段階に関与できないため、設計段階のデザインレビュー時にリスクを想定することが難しいことが想像される。一

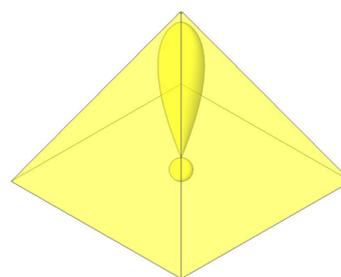
方、「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」では、図-4.1のとおり、施工者が「DR（デザインレビュー）」及び「FL（フロントローディング）会議」に参画できるため、施工者の視点からリスクを想定することが可能となる。施工者が労働安全衛生に係るリスクを早期に除去・低減するため、施工段階における設計変更が減り、手戻りがなくなり、建築主（発注者）と設計者としてもメリットがあると推察される。

最後に、BIM/CIMが挙げられる。BIMとは Building Information Modellingの略である。また、CIMとは Construction Information Modellingの略である。BIMとCIMは建築と土木の違いだけであり、国際的にはどちらもBIMとして区別していない。現在の設計はCAD（Computer-Aided Design；コンピュータの製図ソフトによる設計）を用いて行われることが多く、一般的には、2次元の正面図、立面図等から設計することが多い。一方、BIM/CIMは、3D（3次元）CADを用いて、3次元の立体的なモデルのまま設計を行う。つまり、3次元のモデルをそのまま3次元の仮想空間で構築するよう設計を行う。その立体モデルから、2次元の平面図、立面図、透視図等を出力できる。したがって、立体モデルで、窓を変更すれば、平面図も立面図も連動して自動的に変更される。また、立体モデルからは、面積、躯体量、部品数、部品長さ等の属性情報も出力できる。

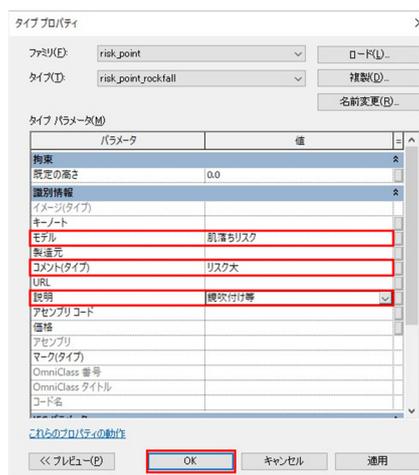
最近では、3次元のBIM/CIMに時間情報を加えて、4D（4次元）化することで、施工や竣工後の維持管理にも4DのBIM/CIMが活用されている事例もある。また、BIM/CIMによる立体モデルや透視図は、建築主（発注

者）、設計者、施工者等の中でコミュニケーション手段としても有効である。

BIM/CIMを利用すれば、立体モデルに直接リスクとその発生箇所を図示できるだけでなく、3次元又は4次元でのリスク情報の見える化が可能と考えられる。生産性向上や品質向上を意図した情報だけでなく、リスク情報もBIM/CIMの共通データ環境に明示し、発注者、設計者、施工者等の関係者間でリスク情報を共有していくことが重要と考えている。このため、BIM/CIMソフトウェア（Autodesk Revit®）上に、ファミリー（部品）として様々な建設プロジェクトにも共有可能なリスクポイントを図-4.9(a)のように作成した^{1), 41)}。



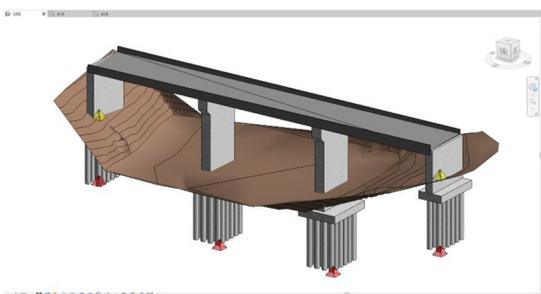
(a) リスクポイント



(b) 属性情報

図-4.9 Autodesk Revit®において作成したリスクポイントとその属性情報^{1), 41)}

同リスクポイントはファミリーファイルとして作成されており、任意のプロジェクトファイルにロード可能である。また、図-4.9(b)のように、リスクの種類、リスクの大きさ、リスク低減措置等を入力できるようになっており、リスクポイントの大きさ、カラーも変更できる。



(a) 橋梁の建設プロジェクトファイルにリスクポイントをロード⁴²⁾に加筆

＜一般モデル集計表＞			
A	B	C	D
モデル	コメント(タイプ)	説明	個数
地質・地盤リスク	リスク大	杭基礎を基盤岩に到達させる。	1
地質・地盤リスク	リスク大	杭基礎を基盤岩に到達させる。	1
地質・地盤リスク	リスク大	杭基礎を基盤岩に到達させる。	1
地質・地盤リスク	リスク大	杭基礎を基盤岩に到達させる。	1
地質・地盤リスク	リスク中	斜面防護工の検討。	1
地質・地盤リスク	リスク中	斜面防護工の検討。	1

(b) 全リスクポイントの属性情報の一括表示

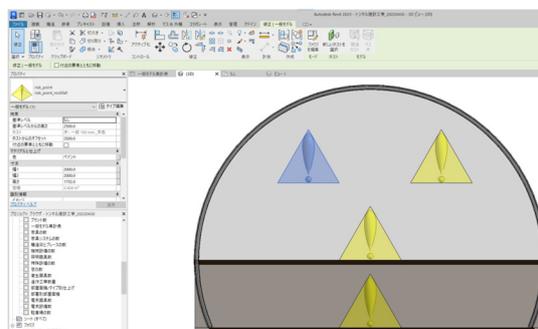
図-4.10 Autodesk Revit®において橋梁の基礎の地盤に設置したリスクポイントとリスクの一覧表⁴²⁾に加筆、1)

ここでは、リスクポイントの適用事例として、リスクポイントのファミリーファイルを Autodesk Revit®が提供しているトレーニング教材である橋梁の建設プロジェクトファイルにロードした。リスクポイントは図-4.10 (a)のとおり、合計6つ配置した。リスクポイントのリスクの種類は、地質・地盤リスクであり、リスクの大きさ、対策も属性情報に入力した。その後、集計表を作成す

ると、図-4.10 (b)のとおりである。配置した全てのリスクポイントの属性情報は、集計表として直ちに出力できる。

さらに、トンネル建設プロジェクト及び住宅建築プロジェクトにリスクポイントを設置した事例を図-4.11 及び図-4.12 に示す。

トンネル建設プロジェクトの事例では、肌落ち、粉塵暴露、重機との接触、地質・地盤に係るリスクを挙げた。また、住宅建築プロジェクトの事例では、墜落・転落リスクを挙げた。



リスク登録表						
A	B	C	D	E	F	G
モデル	コメント(タイプ)	面積	構造フェーズ	解体フェーズ	説明	個数
肌落しリスク	リスク大	2.42 m ²	フェーズ 1	なし	構造物外壁	1
粉塵暴露リスク	リスク中	2.42 m ²	フェーズ 1	なし	掘削(近気集塵機集塵方式)	1
重機との接触リスク	リスク大	2.42 m ²	フェーズ 1	なし	重機:人の空間-時間分離	1
地質・地盤リスク	リスク大	2.42 m ²	フェーズ 1	なし	地盤調査	1

図-4.11 トンネル建設プロジェクトにおけるリスクポイントとリスクの一覧表¹⁾

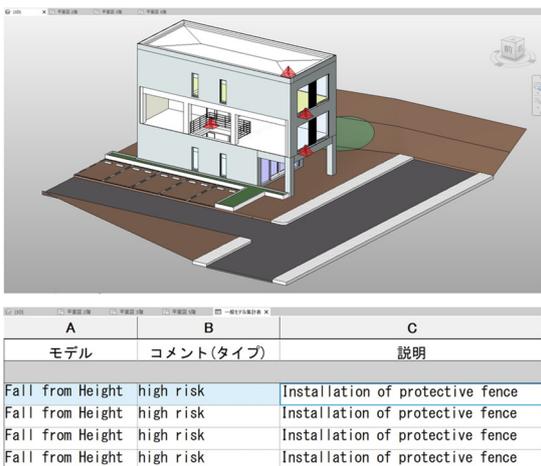


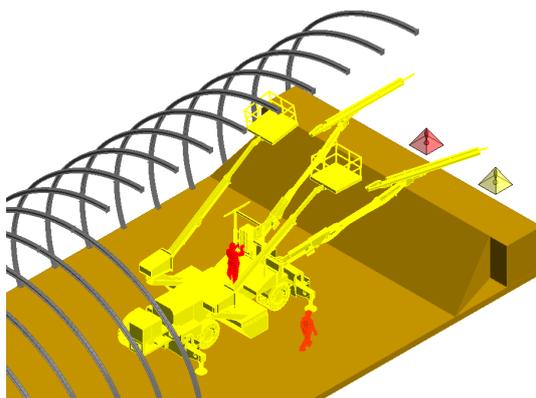
図-4.12 建築プロジェクトにおけるリスクポイントとリスクの一覧表⁴⁴⁾に
加筆

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、基本設計、実施設計等の各段階で想定されるハザード又はリスクが新たに出現した場合には、その都度、新たなリスクポイントを配置できる。一方、許容可能なリスクレベルまで低減又は除去できたリスクについては、その旨、属性情報に記載し、カラー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図-4.10 (b)、図-4.11、図-4.12に示すように、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、シンガポールのガイドライン³³⁾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。

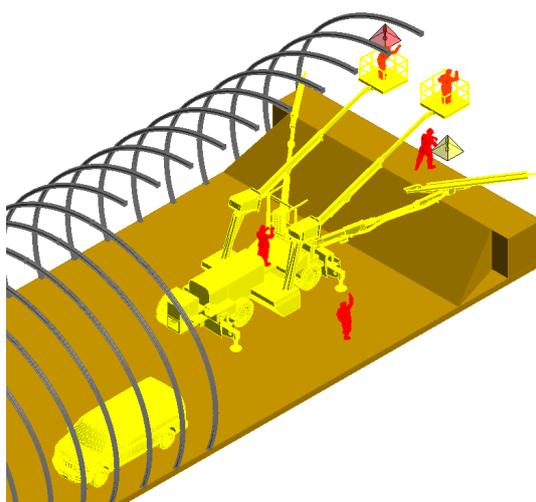
このように、設計段階からの安全配慮として、想定されるハザード又はリスクを抽

出し、建設プロジェクトに係る全ての関係者が共通のデータ環境において、リスク情報として共有し、より早期の段階でリスク低減措置を施すことが重要である。ハザード又はリスクは、専門知識を有した者でないと発見・抽出は困難である。今後もより安全な環境のもと建設プロジェクトを推進するために、技術者の果たす役割は大きい。

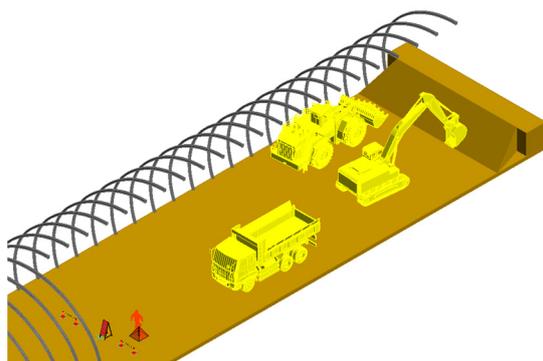
また、施工計画段階又は施工段階においても、施工過程も再現した4次元のBIM/CIMを作成すれば、完成後の設計図からは見えなかった施工途中のリスクが浮き彫りになる可能性がある。



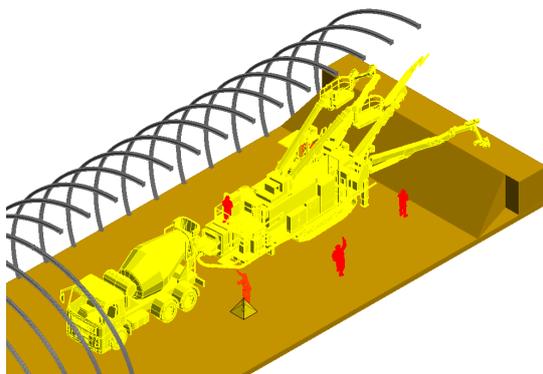
(a) 穿孔作業



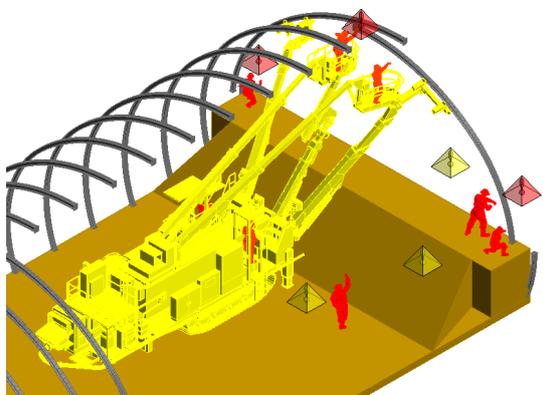
(b) 装薬作業



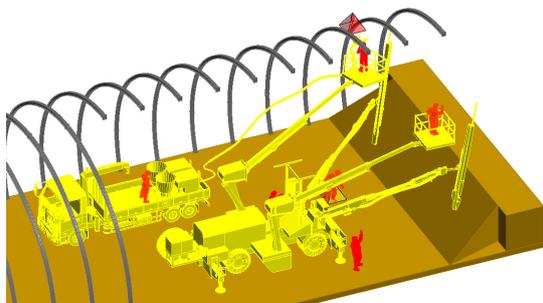
(c) ずり出し作業



(d) 吹付け作業



(e) 支保工建込作業



(f) ロックボルト打設作業

図-4.13 トンネル建設工事の施工過程も再現した4次元のBIM/CIMの例

トンネル建設工事の施工過程も再現した4次元のBIM/CIMの例を図-4.13に示す。穿孔、装薬、ずり出し、吹付け、支保工建込、ロックボルト打設作業の施工過程の中で想定されるハザード又はリスクをリスクポイントとしてBIM/CIM図面上に記載している。

例えば、支保工建込作業では、支保工建込込み中の肌落ちのリスク、金網設置時の肌落ちのリスク、補助ベンチからの墜落・転落リスクといったリスクが想定される。このように施工過程も再現した4次元のBIM/CIMを作成することで、施工過程のリスクも可視化でき、作業開始前のKY活動にも利用できると考えられる。特に、非定常の作業では、職長から作業員に至るまで全ての関係者が、頭の中に同じ施工過程の映像を思い浮かべながら施工に従事できることが重要と考えている。KY活動にて、予め仮想現実の中で施工を疑似体験し、それを共有しながら実際の施工に当たれば、各人が各々の役割、個々の動きを把握しつつ施工でき、より安全に作業を遂行できると推察される。

また、トンネル建設工事だけでなく、一般的なビル建築工事等において、例えば、2次元の設計図からは見えてこなかった施工途中の開口部の存在、プレハブ化を実施する上で部材の寸法が安全に施工可能な範囲内であるか否か、施工過程で設置するクレーン等の3次元的な動きの中で作業員がクレーン等の可動範囲に立ち入る可能性等々、高次元化することで、ハザードやリスクが可視化できることが大きいと考えられる。

さらに、図-4.1 に示すように、「DR（デザインレビュー）」及び「FL（フロントローディング）会議」において、3次元又は4次元のBIM/CIMの可視化により、施工者だけでなく建築主（発注者）と設計者がリスクを想定することが容易になり、それらのリスクを直接BIM/CIMに書き込むことで、情報の共有も容易になる。また、そのBIM/CIMデータを各段階に引き継ぎ、継続的にアップデートしていくことで、除去したリスク、低減したリスク、残留リスクも明確に情報共有でき、建設プロジェクトにおいて一元管理できると考えられる。これらの事項は図-4.14に示すように、すでに英国において規格化の動きも見られる⁴⁴⁾。

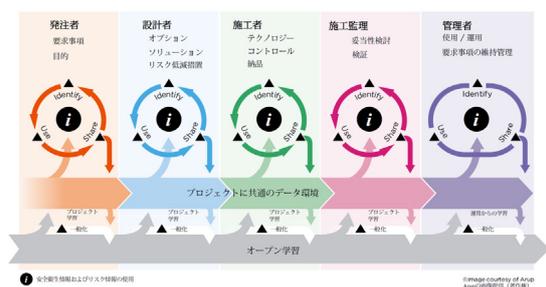


図-4.14 労働安全衛生情報の進行的発展（スパイラルアップ）⁴⁴⁾

E. 結論

このように、フロントローディングと労働安全衛生は非常に相性が良く、海外ではすでにそれらを規則化・規格化している国も見受けられる。日本においては、国土交通省が中心となり、「生産性向上の取組を強化することができるよう、フロントローディング（ECI方式の活用等）の積極的な活用」を謳っているため、生産性向上の取組を優先に、労働安全衛生も適切に取り入れるような行政施策が有効であると考えられる。

これらの取り組みを簡潔にまとめると、図-5.1のようなPDCAサイクルが望ましいと考えている。同図に示すように発注者、設計者、施工者がそれぞれのPDCAサイクルを回しながら、1つの建設プロジェクトにおいては、発注者・設計者・施工者がより大きなPDCAサイクルを回していく。そのためには、これまで述べてきた「DR（デザインレビュー）」、「FL（フロントローディング）会議」、「設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）」及び「BIM/CIM」が有効なツールになると考える。



図-5.1 建設業における理想的なリスクアセスメント

これらから、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は、以下の事項が考えられる。

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、建設工事の種類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、建設工事の種類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

- 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法, 第 2 章, 第 5 章, pp.29-38, pp.113-151, 2022.

2. 学会発表

- 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, <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法, 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 JNIOSH-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 JNIOSH-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) 建設業労働災害防止協会: 建設業安全衛生年鑑, 平成 16 年版~平成 29 年版, 建設業労働災害防止協会, 2004~2017.
- 13) 厚生労働省: 職場のあんぜんサイト, 労働 災 害 統 計 , <https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.html>. (2023 年 3 月 31 日閲覧)
- 14) 独立行政法人労働政策研究・研修機構、産 業 別 就 業 者 数 、 <https://www.jil.go.jp/kokunai/statistics/timeseries/html/g0204.html>. (2023 年 3 月 31 日閲覧)
- 15) 総務省統計局: 日本標準産業分類別就業 者 数 , http://www.stat.go.jp/data/roudou/longtime/03roudou.html#hyo_5. (2023 年 3 月 31 日閲覧)
- 16) 厚生労働省: 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの解説 (平成 30 年 1 月改正

- 版) , <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000191562.pptx>. (2023年3月31日閲覧)
- 17) Health and Safety Executive: Health and safety statistics, <https://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>. (2023年3月31日閲覧)
- 18) International Labour Organization (ILO): Safety and health at work, Fatal occupational injuries per 100,000 workers by economic activity, <https://ilostat.ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>. (2023年3月31日閲覧)
- 19) 平岡伸隆、吉川直孝、大幢勝利、豊澤康男：海外から見た日本の建設工事安全の課題、第54回地盤工学研究発表会、0004、A-01、pp.7-8、2019.
- 20) 中川良隆：日英国の建設労働安全マネジメントの比較研究、建設マネジメント研究論文集、Vol. 14, pp. 73-85, 2007.
- 21) JIS Z 8051 : 2015 (ISO/IEC Guide 51 : 2014) 安全側面-規格への導入指針, <https://kikakurui.com/z8/Z8051-2015-01.html>. (2023年3月31日閲覧)
- 22) 向殿政雄, 北野大, 菊池雅史, 小松原明哲, 山本俊哉, 松原健司: 安全学入門 安全の確立から安心へ, 研成社, 2009.
- 23) 向殿政男: 入門テキスト安全学, 東洋経済新報社, 228p., 2016.
- 24) Health and Safety Executive: ALARP "at a glance", <https://www.hse.gov.uk/enforce/expert/alarplance.htm>. (2023年3月31日閲覧)
- 25) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト, https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/10405-1_01.pdf. (2023年3月31日閲覧)
- 26) The National Institute for Occupational Safety and Health、<https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>、Centers for Disease Control and Prevention (2023年3月31日閲覧)
- 27) 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.
- 28) 国土交通省大臣官房技術調査課：公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン、<https://www.mlit.go.jp/tec/nyuusatsukuiyakugaido.html> (2022年10月14日閲覧)
- 29) 建設業労働災害防止協会：建設業のリスクアセスメント「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」に基づくリスクアセスメント建設業版マニュアルの解説、建設業労働災害防止協会、130p.、2010.
- 30) 建設業労働災害防止協会企画開発課：建設業におけるリスクアセスメントの手引き（建築編）—リスクアセスメント特定標準モデル（建築編）CD-ROM 付キー、建設業労働災害防止協会企画開発課、132p.、2007.
- 31) 国土交通省:土木設計業務等共通仕様書 (案),

- <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001477650.pdf>. (2023年3月31日閲覧)
- 32) BIMsafe: <https://bimsafe.co.uk/>. (2023年3月31日閲覧)
- 33) WSH Council: Workplace Safety and Health Guidelines Design for Safety, https://designforconstructionsafety.files.wordpress.com/2018/05/wsh_guidelines_design_for_safety1.pdf, 2016. (2023年3月31日閲覧)
- 34) BIM4INFRA2020: <https://bim4infra.de/handreichungen/>. (2023年3月31日閲覧)
- 35) 一般社団法人日本建設業連合会：フロントローディングの手引き 2019：https://www.nikkenren.com/publication/pdf.php?id=310&fi=682&pdf=front_loading_tebiki_2019.pdf, 2019. (2023年3月31日閲覧)
- 36) Gambatese, J.: “PtD Research: Why Implement Prevention through Design?,” Prevention through Design Workshop March 11 of 2020, Tempe, AZ, <https://ptd.engineering.asu.edu/wp-content/uploads/2020/04/Gambatese-PtD-2020-Keynote-Presentation.pdf>, 2020. (2023年3月31日閲覧)
- 37) Szymburski, R.T.: Construction Project Safety Planning, TAPPI Journal, 80(11), pp.69-74, 1997.
- 38) 一般社団法人日本建設業連合会：フロントローディングの手引き 2019（2019年7月）、https://www.nikkenren.com/publication/pdf.php?id=310&fi=682&pdf=front_loading_tebiki_2019.pdf. (2023年3月31日閲覧)
- 39) 国土交通省：建設工事における適正な工期設定等のためのガイドライン, https://www.mlit.go.jp/totikensangyo/const/totikensangyo_const_tk1_000156.html. (2023年3月31日閲覧)
- 40) Council Directive 92/57/EEC of 24 June 1992 on the implementation of minimum safety and health requirements at temporary or mobile construction sites (eighth individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC), <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/15>. (2023年3月31日閲覧)
- 41) 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.
- 42) Autodesk Revit トレーニング教材, <https://bim-design.com/infra/training/revit.htm>. (2023年3月31日閲覧)
- 43) 大塚商会：Autodesk Revit コース教材, Revit 建築基本操作, Revit 建築意匠設計, Revit 建築構造設計, <https://www.otsuka-shokai.co.jp/products/education/cad/autodeskrevitarchitecture/course/>. (2023年3月31日閲覧)
- 44) The British Standards Institution : PAS 1192-6:2018 Specification for

collaborative sharing and use of
structured Health and Safety
information using BIM 、
[https://bimsafe.co.uk/wp-
content/uploads/2020/06/PAS-1192-6-
2018-Specification-for-collaborative-
sharing-and-use-of-structured-Health-
and-Safety-information-using-
BIM.pdf](https://bimsafe.co.uk/wp-content/uploads/2020/06/PAS-1192-6-2018-Specification-for-collaborative-sharing-and-use-of-structured-Health-and-Safety-information-using-BIM.pdf). (2023 年 3 月 31 日閲覧)