

建設産業におけるヒューマンエラー対策に関する研究

建設省 白川 和司¹
財団法人建設経済研究所 兜山 博之²
佐藤工業株式会社 ○高木 元也³

By Kazushi SHIRAKAWA, Hiroyuki KABUTOYAMA, Motoya TAKAGI

建設産業におけるこれからの安全対策は、規制を中心とした基本的な安全対策は堅持しつつも、関係者一人ひとりが決められたことを義務的に行うだけではなく、自ら進んで安全対策に取り組めるような「自立的な安全対策」を進めるような方向が求められている。

そのためには、建設工事に携わる全ての関係者が自立的に安全対策を進められるような誘導的な施策や環境整備が必要となってくるが、中でも、公衆災害・労働災害の発生に深く介在しているにも関わらず、建設産業において十分に検討されてこなかったヒューマンエラーについての調査検討が重要な要素であると考えられる。

事故は一つの要因で起こることはほとんどなく、いくつかの要因がつながっているが、その中でもヒューマンエラーが介在するケースが多く、直接的な事故原因の対策だけにとどまらず、その背後に隠れた様々な原因の対策が求められる。ヒューマンエラー対策としては、エラーの原因が人間の特性・本質に関わるかどうかを見極めた上で、対策を講じることが効果的である。

ヒューマンエラーの分析手法は、客観的なデータによる把握が困難なヒューマンファクターを明らかにするために、一つ一つの事象事例を調査し、事故の直接の原因からその背後に潜む原因まで様々な原因を探っていくことが必要である。

【キーワード】 ヒューマンエラー、ヒューマンファクター、安全、公衆災害、労働災害

1. はじめに

わが国の建設産業において、公衆災害・労働災害の発生率は他産業に比べ高い水準にあり、建設現場の安全確保は重要課題の一つとなっている。

これまでの建設工事の安全対策は、安全設備などの整備のほか、労働安全衛生法等の法的規制の強化や各種技術基準の整備などを主体として行われてきた。その結果、労働災害の発生状況は、昭和36年以降、長期的には減少傾向にあるが、近年、頭打ちの傾向がみられる。

このため、今後は、規制を中心とした基本的な安全対策は堅持しつつも、関係者一人ひとりが、決め

られたことを義務的に行うだけではなく、自ら進んで安全対策に取り組めるような「自立的な安全対策」を進めるような方向が求められている。

そのためには、建設工事に携わる全ての関係者が自立的に安全対策を進められるような誘導的な施策や環境整備が必要となってくるが、中でも、公衆災害・労働災害の発生に深く介在しているにも関わらず、これまで建設産業において十分に検討されてこなかったヒューマンエラーの調査検討が重要な要素であると考えられる。

本稿では事故の構造、建設業におけるヒューマンエラー防止対策の現状、安全対策上の課題等を踏まえた上で、ヒューマンエラー分析の考え方を整理し、ヒューマンエラー分析手法（案）の骨子を示す。

1 建設経済局建設課 03-3580-4311
2 (財)建設経済研究所 03-3433-5011
3 佐藤総合研究所 03-3661-9555

なお、本稿は（財）建設経済研究所が建設省から委託を受けた「建設産業における総合的な安全確保に係る調査検討業務」（平成8年3月）、および「建設産業におけるヒューマンエラーに関する安全確保に係る調査検討業務」（平成9年3月）に基づいている。

2. 事故の構造

国際民間航空機関である I C A O (International Civil Aviation Organization) の「事故防止マニュアル」には、「大事故は一つの要因のみで起こることは少なく、いくつもの事象が鎖（チェーン）のようにつながったときに起こるものである。事故を防止するにはどれか一つの鎖の輪を断ち切ればよい。」と示されている（図1）。事故が起こるまでを時系列的にみると、いくつもの判断のポイントがあり、その都度適切と思って選択肢を選んでいった結果、ある点で不可避点に達し事故になると理解できる。

このように、事故は一つの要因で発生することはほとんどなく、いくつもの要因がつながって、その結果事故にいたる。

通常、事故原因の究明は、事故の当事者の行為のみに着目して終わってしまうことが多いが、それでは直接的な事故原因（事故当事者の行為等）への対策を施すのみにとどまり、必ずしも本質的な事故の発生原因への対策になり得ない恐れがある。当事者だけに焦点をあてるのではなく、その背後に隠れている事故原因を究明することが求められる。

例えば、「クレーンが倒れる」という事故であれば、その直接的な事故原因としては「吊荷の重量オーバー」、「オペレータの操作ミス」、「悪天候により地盤がゆるんでいた」等が考えられる（図2）。そして、この直接的な事故原因の背後にある原因について、例えば「吊荷の重量オーバー」がもたらされた原因としては、「予定していた機械が入らなかった」、「わずかな重量オーバーなので大丈夫だと判断した」等が考えられ、「オペレータの操作ミス」を引き起こした原因には、「オペレータの経験不足」、「操作を間違いやすい操

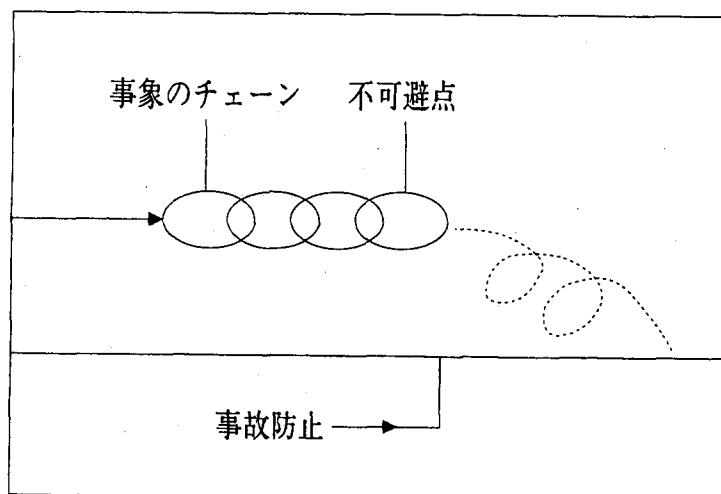
作レバーの配置」などが考えられる。

このような事故の直接的な原因の背後にある様々な原因を究明していく場合、ヒューマンエラー、ヒューマンファクターの概念を導入して事故を捉える必要がある。

ヒューマンエラー、ヒューマンファクターの学術的な定義付けは何人かの専門家によってなされているが、これらは一般的な定義が多く、建設工事に適用できるかどうかは検討を要する。本稿では、これらの定義づけはせず、単に人間の特性・本質をヒューマンファクターとし、ヒューマンファクターによる人間のミスを経験不足とする。

ヒューマンエラー、ヒューマンファクターの概念を導入するということは、人間がミスをするのは、人間の特性・本質を踏まえるとやむを得ない部分があり、このやむを得ない部分で起きた人間のミスに対する対策は、効果に限界があることを認識することである。他の対策を模索することにつながる。

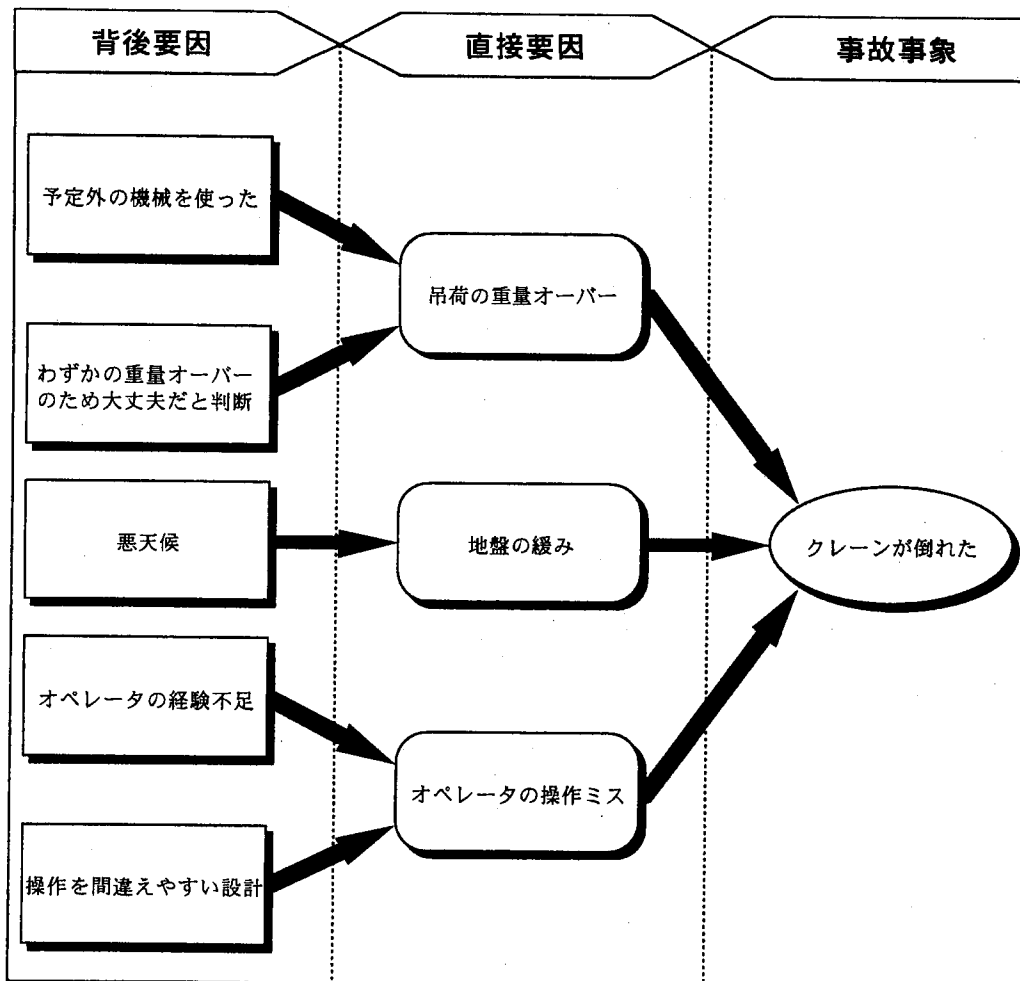
先ほどの例でみれば、ヒューマンエラーである「オペレータの操作ミス」の再発防止策としては、「オペレータへの安全教育」、「オペレーションに関する講習会」等が考えられるが、これらの対策は一定の効果はあるものの、効果には限界がある。オペレータが何故操作ミスをしたのかを追及した結果、「オペレータの経験不足」が原因であったとしても、経験不足の者が操作しなければならない実情があるのならば、経験不足の者が操作をしても事故が発生しにくいような対策を検討することが必要に



（出典：全日空「ヒューマンファクターズへの実践的アプローチ」）

図1 事象のオペレーション

図2 事故の直接要因と背後要因（例）



なってくる。

建設業の重大災害をみてみても、墜落災害の代表的な対策である「安全帯の使用」、重機関連災害での「作業半径内立入禁止の徹底」等は、これらの事故が発生した場合、必ず対策の一つに掲げられるが、墜落災害、重機関連災害は減少する傾向をみせず、繰り返し発生しつづけている。これからの安全対策は、ヒューマンエラー、ヒューマンファクターの観点から、現段階では実現性は低いかもしれないが、作業員が安全帯を使用しないこと、あるいは作業員が重機の作業半径内に立入りをすることを前提とした対策も検討していく必要がある。

3. ヒューマンエラー対策への取り組み

建設産業におけるこれまでの事故防止対策は、設備面に関する対策が多くとられてきた。大きな成果

をあげた対策が数多くある。

例えば、その1つに「感電災害」対策がある。建設業労働災害防止協会（以下、建災防という）によれば、感電災害は、活線や漏電箇所接触到することが原因となるため、その部分をカバーするなど設備的な対応を図ることによって災害発生件数が減少し、国際的に見ても日本の感電災害は非常に少なくなったとのことである。

これは、効果的なヒューマンエラー対策の例であるといえる。つまり、活線や漏電箇所接触到する可能性がある限り、「うっかり触ってしまう」というヒューマンエラーはなくなり、事故は繰り返される。しかし、このような対策により「うっかりしてても触らない」ようになれば、この点でヒューマンエラーが発生することはなくなってしまう。

これまで建設産業におけるヒューマンエラー、

ヒューマンファクターの調査研究は、建設省、日本建設業団体連合会（以下、日建連という）、建災防などで行われてきた。

例えば、日建連の建設工業労務研究会では会員会社から報告された150件の災害事例を、表1に示す9つの要因に分類しているが、これによれば要因2の「危険軽視等」が51%と最も高く、これに要因1の「無知・未経験等」と要因3の「近道本能等」をあわせると全体の80%以上を占める（表2）。

この結果を受けて、同研究会では、建設現場で優先的に手を打つべきは要因1、2、3の対策であるとし、それに応じた対策事例集を作成している。

また、電力産業、航空産業、運輸業など、事故が発生すると直ちに大災害に発展する可能性の高い産業では、かなり以前から、ヒューマンエラー、ヒューマンファクターに関する調査研究が様々な形で行われてきており、そのデータ収集・分析方法などについては建設産業として学ぶべき点は多いと思われる。

4. 建設工事における安全対策上の課題

建設工事の安全対策を検討する場合、建設生産方式が、「単品受注生産である」、「作業環境・内容が日々変化する」、「多くの工事業者が混在して作業を行う場合がある」、「日雇いで労働者を雇用する場合がある」等、他産業の生産方式と

比べて大きな違いがあり、このため、以下のような安全対策上の課題がある。

①設備的な対策には限界がある

自動車産業や石油化学産業等では、一定の作業環境で定められた範囲の作業を行うため、設備的な安全対策を比較的容易に行うことができるが、建設業では単品受注生産であるということと、作業環境が日々変化するということからこのような対策には限界がある。

②シミュレータ教育が難しい

一定の操作を習熟させるにはシミュレータによる教育は有効であり、石油化学産業ではプラント運転に、航空産業では飛行訓練に利用している。しかし、建設業では単品受注生産であり、生産物、生産場所も同じことはなく、シミュレータ教育はなじみ

表1 人的欠陥に基づくヒューマンエラーの分類

要因1	無知、未経験、経験不足、教育不足等
要因2	危険軽視、慣れ、悪習慣、安易、集団欠陥等
要因3	近道本能、省略本能、能率本能
要因4	場面行動本能（お母さん型）
要因5	緊急時の驚愕反応状態、パニック状態
要因6	錯覚（外的原因の錯覚、内的原因の錯覚）
要因7	中高年の機能低下
要因8	疾病、疲労、体質、酒酔いその他有機溶剤等による急性中毒等
要因9	単調反復動作による意識レベル低下

（出典：「安全スタッフ資料版'92 No.98」労働新聞社）

表2 ヒューマンエラー分類による評価集計表

	要因								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
事例評価点	19.8	76.6	28.7	3.6	2.0	5.6	4.6	1.1	8
構成比（%）	13.2	51.1	19.1	2.4	1.3	3.8	3.1	0.7	5.3

（出典：日本建設業団体連合会 建設工業労務研究会 資料）

にくい。

③マニュアル化が難しい

各産業において、安全管理のためのマニュアルが作られているが、建設業では、②と同様の理由により、マニュアル化が困難な場合が多い。

④継続的な教育が難しい

自動車産業などの製造業と比べ日雇い労働者を抱える建設業では、作業員に対し継続的な安全教育ができていく面がある。

⑤標準的な教育が難しい

雇用期間が比較的短いこと、多種の専門工事業者が混在することから、建設業の現場の就業者は労働者の均質性という面から考えると、他産業に比べ非常にばらつきが大きく、標準的な教育を実施しても十分な効果が期待できない。

5. ヒューマンエラー分析の考え方

先に述べたとおり、事故には直接的な原因とその背後に潜む原因がある。背後に潜む原因を何段階もさかのぼって抽出・分析することによって、様々な事故に共通する原因が見つかるはずである。

例えば、クレーンが現場内のくぼみを乗り越えられずに転倒した事例では、転倒した直接の原因の一つが、「オペレータの操作ミス」であったとして、その原因の背後には、オペレータが「これくらいのくぼみなら乗り越えられると思っていた」ということがあったとすると、これは「危険に対する認識の不足」が原因であるといえることができる。また、墜落災害の事例で、直接の原因が「安全帯をしていなかった」として、何故、安全帯を使用しなかったのかを追及した結果、被災者が「これくらいの高さなら大丈夫と思っていた」と認識していたとすると、これも「危険に対する認識の不足」であるといえる。

このように、直接的な事故原因の背後に潜む原因を抽出・分析することにより、新しい事故対策の方向が見えるようになってくる。これらの分析方法としては、以下の2つが考えられる。

①長期にわたり事故が起きていない建設業者の調査

総合工事業者や専門工事業者の中には長い間事故を起こしていない会社がある。そういった会社がどのような安全管理を行っているかを調査し、長期間事故が発生しない原因を究明する。この調査により、企業の安全ポリシー、安全管理の推進体制等を把握することができる。また、事故の未然防止に役立つ調査結果が期待できる。

②事故の原因究明調査

何故その事故が起こったのか、その原因を究明する調査である。事故の原因となったエラーが起こった原因を突き止め、それに対する対策を検討することになる。その場合、次の2つの方法が考えられる。

a)客観的データからの分析

天候や事故発生時間帯などの事故状況や、被災者の経験年数などの被災者特性のように客観的に把握可能なデータを収集・分析し、事故の発生に影響を及ぼす諸要因を抽出する。

b)人的要因の分析

事故の直接の原因からその背後にある原因をさかのぼって抽出するような原因分析が必要である。

分析手法としては、東京大学の國島教授が提唱している「事故の追跡調査」、フランスのラスムッセンらが提唱（わが国では早稲田大学の黒田教授が提唱）している「バリエーション・ツリー法」、（財）電力中央研究所ヒューマンファクター研究センターが開発した「J-HPES（Japanese version of Human Performance Enhancement System）」などがある。いずれも、「客観的なデータでは把握が困難なヒューマンファクターを明らかにするためには、一つ一つの事故事例に深く踏み込んだ分析を行う必要がある、その方法としては、事故発生時点からさかのぼって原因を探っていくことが効果的である」としている。

この場合、前項の「客観的データからの分析」では十分とはいえず、ヒアリング等による現地実態調査が必要になる。

また、背後に潜む原因の抽出にあたっては、そのレベルは概ね次の4段階に分けることができる。

イ) 現場レベル

事故が発生した当該現場の中での要因である。現場で作業する人、使用している機械、現場の安全管理体制、その他の現場環境などに関連する要因である。事故の直接原因はこのレベルに存在する。

ロ) 企業レベル

企業の安全管理の姿勢とそれに基づく全社的な安全管理体制は、現場の安全管理に影響を及ぼすと考えられる。また、工事内容からみて低い工事価格で受注した工事は、現場の資金は不足し、安全関係の費用にシワ寄せがいく場合がある。このように、一現場を越えた、一企業としての体制や意志決定のうち、イ) の現場レベルの要因に影響を与えるものを企業レベルの要因とする。

ハ) 工事発注レベル

工期の不足からくる現場担当者のあせり等が事故の原因となり得ることが指摘されている。また、ロ) で述べたように、実行予算が非常に厳しい工事などでは安全性に問題がある場合もある。また、工期短縮やコストダウンに対する発注者の過度な要求は、企業間に過当な競争を誘発する。このように建設工事に対する発注者の姿勢や意志表示などのうち、イ) の現場レベル、ロ) の企業レベルの要因に対して影響を与えるものを工事発注レベルの要因とする。

ニ) 社会レベル

不景気のときには、受注競争が激しくなり、その結果、工事価格が低くなる。一方、好景気には、工事が集中し、工期不足や作業員不足が起こる場合がある。このようにその時々为社会・経済の状況のうち、イ) の現場レベルからハ) 発注者レベルまでの要因に対して影響を与えるものを社会レベルの要因とする。

ここで問題となるのは、どこまで原因追究を行うかである。深くさかのぼっていけば、様々な要因を明らかにすることはできる。例えば工期が短すぎることや、建設業の重層構造に起因する問題点など、事故には非常に広い範囲の事象が関係してくることが指摘されている。

社会的な要因までさかのぼっても実効的な対策を打つことは困難である一方、社会レベルの問題に対して何らかの対策が打ち出せれば、それは抜本的な安全対策になる可能性もある。

6. ヒューマンエラーの分析手法(案)の提示

ヒューマンエラーに起因する事故分析を行う方法としては、以下の手順を踏むことが有効であると考えられる。

- イ) 事故の発生時点から順次さかのぼる方法をとる。
- ロ) その事故に関連する様々な作業、作業員個人の判断、実際の行動、現場の安全管理体制などの要因を細かく抽出する。
- ハ) 要因相互の関連を図式化して時系列に整理することによって、事故に潜む背後要因を抽出する。
- ニ) 直接要因だけでなく、背後要因に対しても再発防止対策を検討する。

ここでは、(財)電力中央研究所が開発したヒューマンエラー分析手法であるJ-H P E Sをベースに、建設業の実態に合うよう、事故事例を当てはめることなどにより、分析手順・内容等の追加・修正を行い、建設産業におけるヒューマンエラーの分析手法(案)の構築を試みた。分析手順を以下に示す。

①事象関連図の作成

まず、直接の被災者を含む関係者について、その災害に関する事実を調査し、事実関係を整理する。

次に、個々の事実を現場監督員、現場作業員ごとに時系列で、ツリー状に整理する。これを事象関連図という(図3)。また、それぞれの事実について相互に関連するものはその旨図示する。

②原因関連図の作成

分析の対象とする行為(発生事故等)から順次時間をさかのぼる方式で、災害を引き起こした原因を追及し、原因関連図を作成する(図4)。すなわち、分析対象行為→直接要因→間接要因→潜在要因の順で要因を整理していくことになる。この場合、

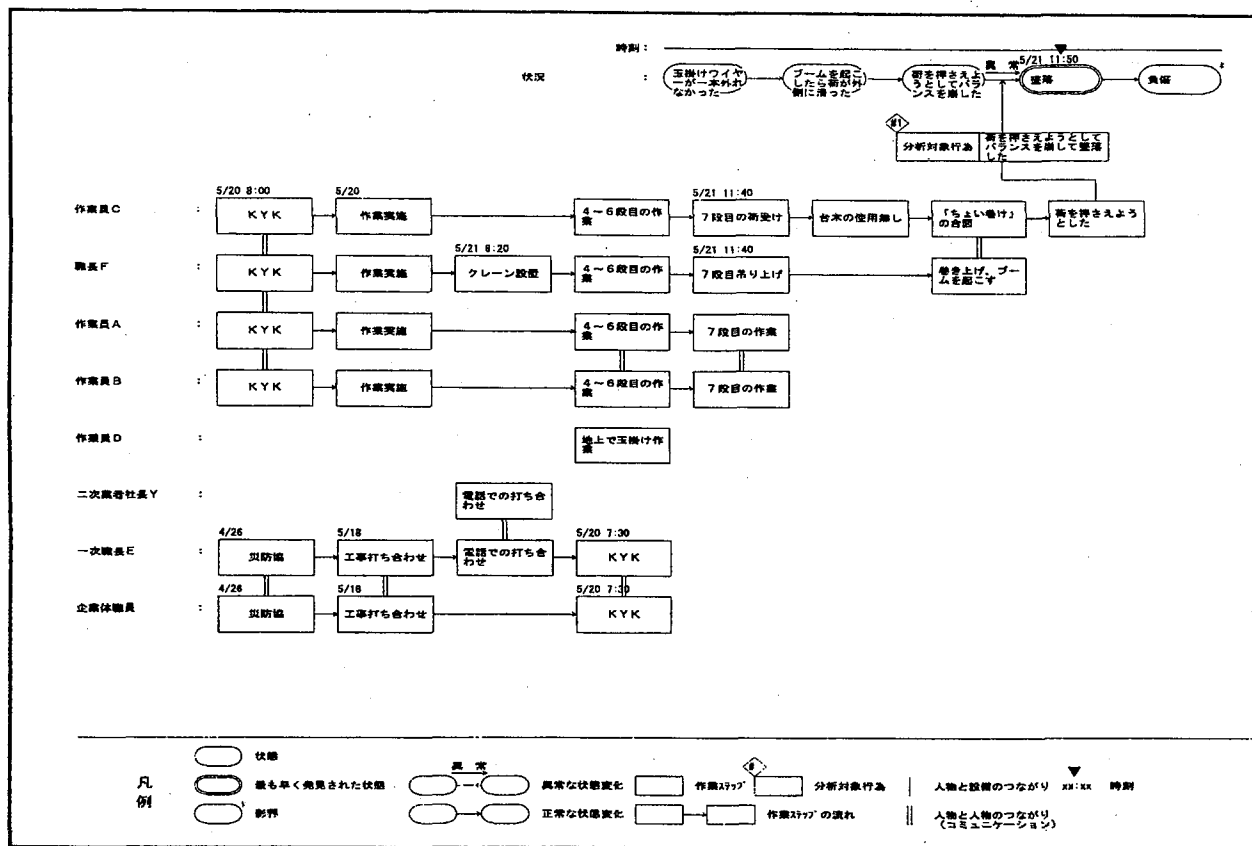


図3 事象関連図の例

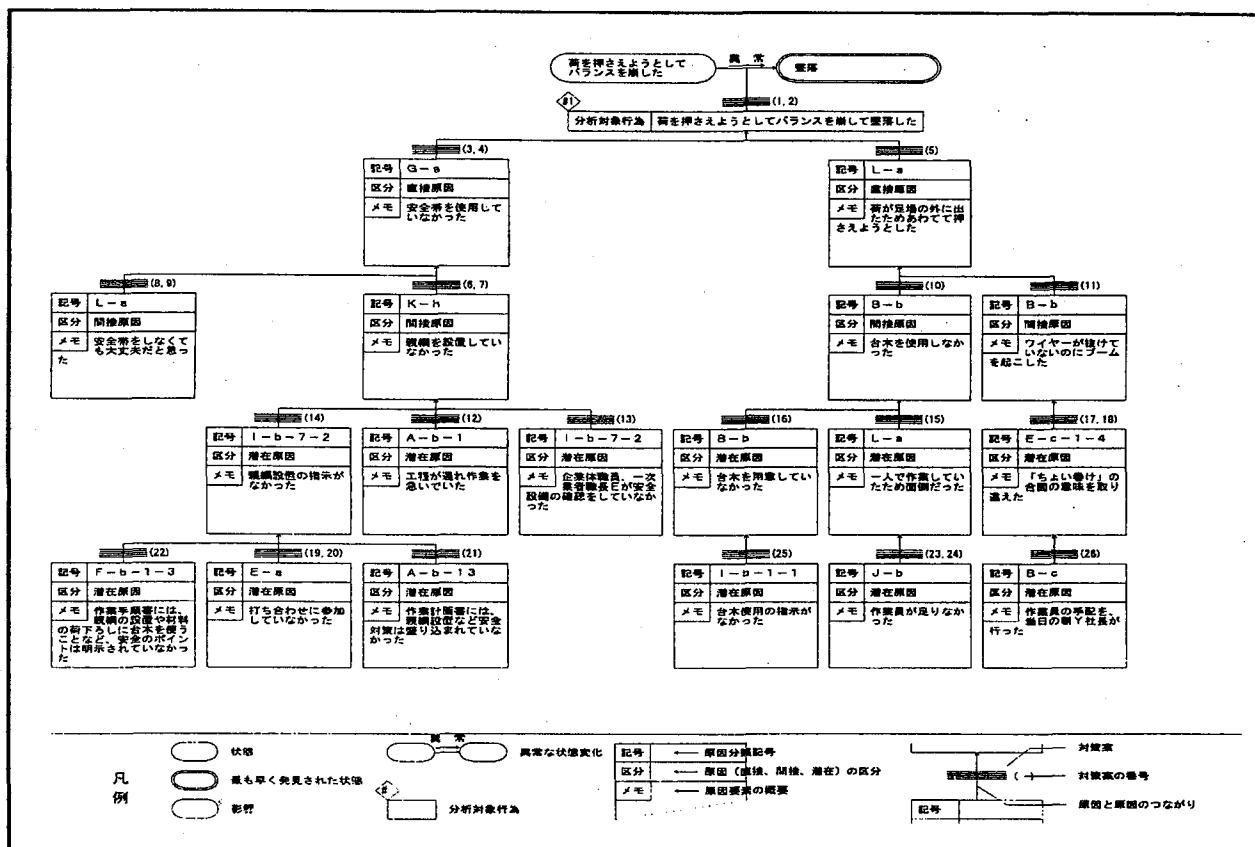


図4 原因関連図の例

当該作業にのみ着目するのではなく、作業所の安全管理体制や施工計画書などの管理的要因も対象とする。

③対策案提案表の作成

原因関連図を作成したら、個々の原因に対する対策案を検討して、優先順位を付けるなど対策案を評価した上で、総合的な対策案の検討・提案を行う（図5）。

7. むすび

建設産業におけるヒューマンエラーの分析・検討は、本研究を含め、まだ始まったばかりである。今後、本分析手法（案）を充実させ活用していくうえでは、多くの課題がある。例えば、具体的なデータ（事例）をどのようにして集めていくかといった問題や、本分析手法により得られる分析結果のデータベースのあり方を含めた建設産業における安全確保策の検討、ヒューマンエラーに対する具体的な対策

案の充実とその実践方策（教育、啓蒙等）などについても将来的に検討していかなければならないと考えられる。

いずれにしても、建設現場の安全確保は建設産業にとって重要課題の一つであり、今後も引き続き継続的な活動が望まれる。

【参考文献・論文】

1. ICAO「事故防止マニュアル」
2. [Takano.K, Sawayanagi.K, Kabetani.T] System for Analyzing and Evaluating Human-Related Nuclear Power Plants incidents.
- Development of Remedy-Oriented Analysis and Evaluation Procedure.
3. 建設業労働災害防止協会「建設業安全衛生年鑑」
4. 労働新聞社「安全スタッフ資料版92No.98」
5. 日本建設業団体連合会建設工業労務研究会資料

分析対象行為：#—1 荷を押さえようとしてバランスを崩して墜落した		
対策案のレベル	レベル別の対策案の記述	レベル別の対策案の効果
レベル1	(1) 安全ネットを張っておく (2) 組上がった足場の周囲に手すりを付けておく	「分析対象行為」が発生しても、その影響を除去/緩和できる対策（漏洩事象再発防止対策）
レベル2	(3) 安全ネットを張っておく (4) 安全帯の使用を徹底する (5) 荷が外に出てしまった場合にどうするかという対策について事前に検討・教育しておく	「直接原因」が発生しても、「分析対象行為」の発生を防止/低減できる対策（漏洩/類似事象再発防止対策）
レベル3	(6) 網網の設置を徹底する (7) 網網が設置されているかの確認を作業準備段階で行う (8) 安全帯の使用を徹底する (9) 安全管理に対する教育を行う (10) 玉掛けを外す作業をする際には必ず台木を使用するよう規定する (11) プームを越えす際には、ワイヤーが外れているか再度確認する	「間接原因」が発生しても、「直接原因」の発生を防止/低減できる対策（漏洩/類似事象再発防止対策）
レベル4	(12) 工程をこまめにチェックして、必要に応じて柔軟に変更する (13) 安全設備の確認作業を施工サイクルに取り込む (14) 網網設置の指示を確実に行うよう文書に明示する (15) 必要な人員を確保する (16) 作業開始前に台木の有無を確認する (17) KYKなどで合図の確認を行う (18) 統一的な合図を定め、入場教育などで教育をする (19) メンバー全員が出席できる時間に打ち合わせを実施する (20) 打ち合わせに参加しなければ作業を行わない (21) 作業計画書に網網設置などの安全対策を明記する (22) 作業手順書に安全施工のポイントを示す (23) 必要な作業員を確保する (24) 必要な作業員が確保できない場合は、作業手順を変更するなどして無理な作業が発生しないようにする (25) 台木の使用指示を文書で明示するとともに、指示を徹底する (26) 作業員の手配は前日までに済ませておく (27) 作業手順書に安全施工のポイントを明示する	「潜在原因」が発生しても、「間接原因」の発生を防止/低減できる対策（「潜在原因」そのものを取り除くことができる対策案（一般H/E防止対策））

図5 対策案提案表の例