

建設作業における安全管理向上に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 24～平 26

担当チーム：先端技術チーム

研究担当者：藤野 健一、茂木 正晴、
山口 崇

【要旨】

建設現場では、建設機械に関連した接触や転倒、作業員の墜落、架空線損傷などの事故が発生しており、対策として安全教育の徹底や施工者への注意喚起、安全設備・機器を中心とした対応が進められている。

しかし、工事現場では、未だに工事事故が発生しており、工事事故発生に伴う工事中断や遅延・様々なペナルティ・工事コストの増大などのリスク負担が強えられることから、工事事故原因に対応した効果的な安全対策技術の開発・研究が求められている。

土木研究所では、工事事故の低減を目的に、これまで発生した工事事故事例を調査し、事故発生要因の抽出・分類を行い、科学的な分析を視野に入れた事故防止対策の研究を進めた。

本報告では、これまでに国土交通省で発生した工事事故事例及び労働局における全国都道府県工事事故事例に基づく工事事故の実態を整理し、工事事故対策のための分析手法を述べるものである。

キーワード：安全、事故解析、FTA、ETA、m-SHEL

1. はじめに

これまでの工事事故対策は、発生した工事事故の原因を中心とした注意喚起及び工事看板などによる再発防止策が図られている。しかし、工事事故の件数は大幅に減少せず横ばいを傾向となっている。

現在の安全対策としては、KY 活動等による安全対策が現場・事業所毎に取り組まれている。建設現場では、建設機械に関連した接触や転倒、作業員の墜落、架空線損傷などの事故が発生しており、対策として安全教育の徹底や施工者への注意喚起、安全設備・機器を中心とした対応が進められている。

しかし、工事現場では、未だに工事事故が発生しており、工事事故発生に伴う工事中断や遅延・様々なペナルティ・工事コストの増大などのリスク負担が強えられることから、工事事故原因に対応した効果的な安全対策技術の開発・研究が求められている。

本研究では、工事事故事例を分析し、工事事故の発生要因の詳細を導き出した。また、具体的な対応策を提案するために、宇宙・航空・鉄道・プラント等の他分野で用いられ事故の再発防止に役立っている代表的な分析手法として ETA（事象木解析：Event Tree Analysis）、m-SHEL による科学的な分析手法を用いて工事事故事象に応じた効果的な事故分析手法の考え方を整理した。

2. 工事事故の実態

2. 1 事故原因となる代表因子の整理

事故原因となる代表因子は、事故発生時においては何らかの機械が使用されているケースが大半を占めており、その中でショベル類、作業用車両、クレーン、ダンプトラック、規制車といった建設機械及び建設機械を除く車両類、ケーブル等ライフライン、その他の機材・機器といった因子を整理した。

2. 2 事故発生時の状況整理

接触、切断、破損、移動、作業中、転倒、倒し、追突、転落などが抽出されており、その中でもキーワードの上位ランクとして「機械との接触事故」が抽出された。ショベル系では、移動若しくは旋回中の接触事故、車両系では、接触・転倒・打撃・転落・轢かれなどの事故が整理された。

また、事故の程度に関しては、人身（打撲、骨折、擦り切り傷）、物損（切断、破損、転倒）、通行規制等が挙げられている。具体的には、車両系では人身事故が多く、ショベル系では、物損事故が多いといった傾向が整理できた。

死亡事故の集計結果を表-1 に示す。表は、工事現場での職能と死亡事故の直接原因の関係を示している。表のとおり、作業員が墜落することによる死亡

事故事例が最も多い。墜落には、説明用語として「転落」などを含み、高所の仮設足場から転落する場合、また転倒しそうなになった重機から転落(飛び降り)する場合が含まれる。事故原因中「はねられる」は、車両あるいは重機と激しく「接触」することによって、被災者がはねとばされて死亡に至ったケースである。

表-1 死亡事故集計結果

	接触							下敷き	転倒	墜落	埋もれ	おぼれ	爆発//火災	合計
	はさまれ	はねられ	ひきだまれ	巻き込まれ	衝突	激突	下敷き							
オペレータ	19	0	2	1	0	5	19	2	25	1	0			74
とび工	0	0	0	0	0	1	1	0	14	0	0			16
運転員	6	0	1	1	3		0	0	1					12
作業員	20	11	27	8	1	51	37	4	81	19	5	1		265
交通整理員	2	12	6	0	0		0	0	0					20
管理者	4	0	1	2	0		0	0	1					8
合計	51	23	37	12	4	57	57	6	122	20	5	1		395

3. 事故分析

3. 1 FA 解析

本報告では、事故事例として最も多い「接触」を代表事例とした。

3. 1. 1 事故トップ事象の整理

建設工事での「死亡事故」は、事故の形態によってその原因、事象の内容が異なり、「死亡事故」の実態としての「転落事故」、「衝突事故」、「轢かれ事故」、などの事象設定が必要と考えられる。事象の論理関係は、全て「OR」である。(図-1)

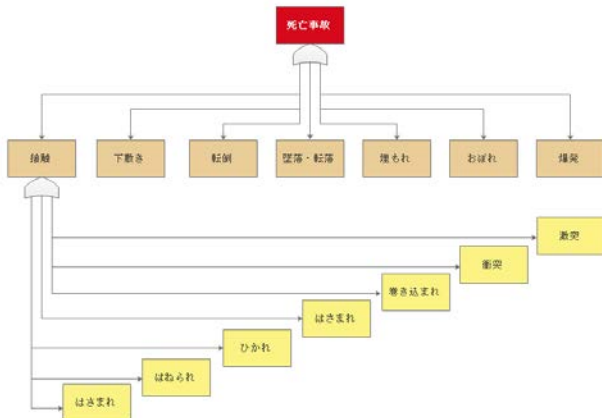


図-1 事故トップ事象

3. 2. 2 事故事象の発生要因

接触事故の発生状況、原因として取り上げられている用語の出現頻度をヒストグラムで示す。接触事故は、図-2 に示すように移動体が被災者に衝突する事象であるから、車両や建設機械のように「移動する」物を対象として発生する。このため、頻度とし

ては「車両」が最も多く、また発生の状況としては、運転中に発生するものと推定される。ショベル、クレーンなどでは、移動中あるいは旋回中に発生する可能性が挙げられる。

少なくとも「重量物」が移動して、身体と衝突すれば「接触事故」が発生することになる。この場合の事故の原因としては、以下が考えられる。

A. 移動体の移動方向に人がいること。

- ・人が移動体の移動に気づかないケース。
- ・避けることが出来ないケース。

B. 人がいる方向に移動すること。

- ・オペレータが人の存在に気がつかないケース。
- ・オペレータが気づいても、移動体を停止させることができないケース。

C. 移動体の移動経路内に人が立ち入ること。

- ・オペレータは、一度移動経路を確認し、安全と解釈しているケース。
- ・人が移動体の存在を確認せず、経路に進出したケース。

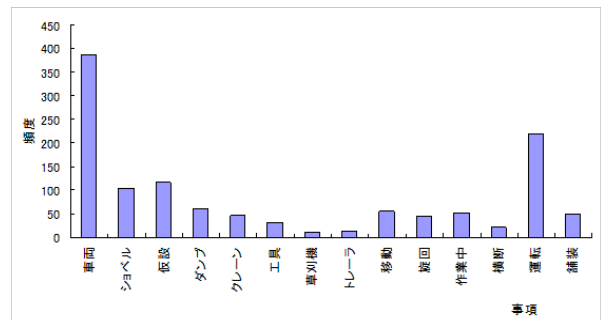


図-2 接触事故に関わる用語の出現頻度

3. 2 FT 図の作成

3. 2. 1 事故事例概要

道路上の標示の貼付工事において、被災者ら2名で作業していたところ、作業場所から約55m離れた坂道(作業場所に向かって下り)に被災者らが作業場向きに駐車させた工事用車両が、動き出して坂道を下ってきた。作業員2名で車両の正面から止めようとしたが止められず、その際、被災者がその車両に轢かれた。

3. 2. 2 FT 解析

図-3~5は、接触事故についてFT図化したものである。車両の問題と被災者の行動の問題はANDゲートで結合される。この事故は、図-3に示すように車両が動き出さないか、人が車両の前に行かなければ発生しなかった事故だからである。

機かけ事故



図-3 トップ事象

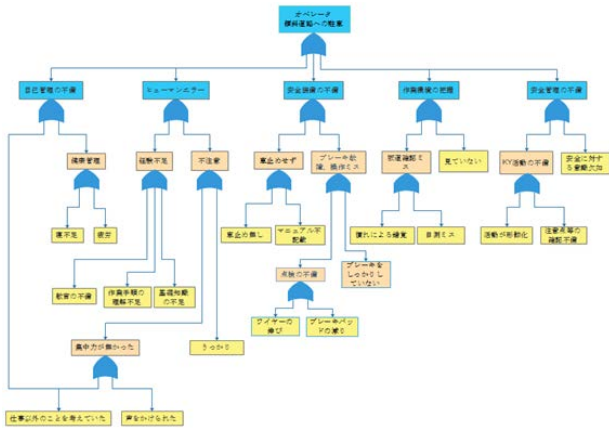


図-4 オペレータに関する FT 図

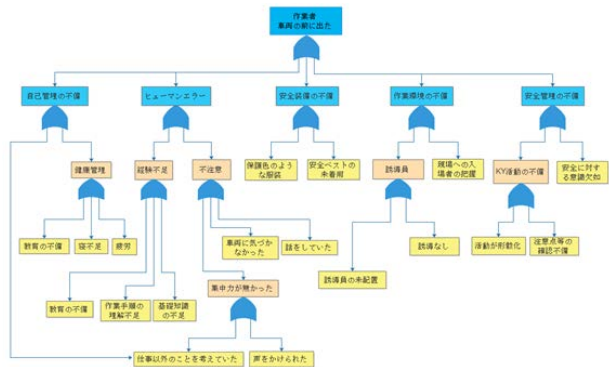


図-5 人（作業員）に関する FT 図

3. 2. 2 生起確率の推定

(1) 個別事象の生起確率の設定

表-13 生起確率の推定

	確率の予想	稼働日数	推定確率
日常点検ミス	1回/1年	250日	1/250
定期点検ミス	1回/10年	250日	1/2500
ブレーキ故障	1回/5年	250日	1/1250
ブレーキ操作ミス	1回/1月	250日	1/250
ブレーキ確認ミス	1回/1月	250日	1/250
マニュアルを見ていない	2回/1年	250日	1/125
坂道の確認ミス	1回/1年	250日	1/250
車両の前に出る	1回/5年	250日	1/750

個別事象の生起確率を表のように推定すると、事故の生起確率が推定される。表での値は、例えば1年に250日稼働する機械に対して1年に1回程度発生する事象であるとすれば、1日に発生する確率は1/250というような計算である。この考えをもとに、トップ事象の生起確率を求めると、1日当たりの発生確率となり、年間当たりの発生件数を推定する場

合には、年間稼働日数と同様の事例となる工事の年間発生件数を乗じることになる。

(2) トップ事象の確率推定

傾斜地(坂道)に駐車して、車両が動き出すケースでは、ブレーキが作動しないことと、車止めをしなかったことが積結合となっている。つまり、補助ブレーキが正常に作動していれば、極端な坂道で無い限り車両の動きだしはなく、またブレーキが正常で無かったとしても、車止めをしていれば、車両の動き出しは回避されたと考えられるからである。おおよその推定生起確率は、このトップ事象の場合、0.16件/10万件と推定される。

3. 3 ETAの実施

図-1は、接触事故のETAの一例である。各段階においてミスがなければ、事故を未然に回避することは可能であるものと考えられる。また、致命的な事故が発生するまでに幾つかの発生要因事象が連結され、事故が発生した結果であることも読み取ることができ、各段階での確認行為や安全への意識によって事故を回避することができると思われる。

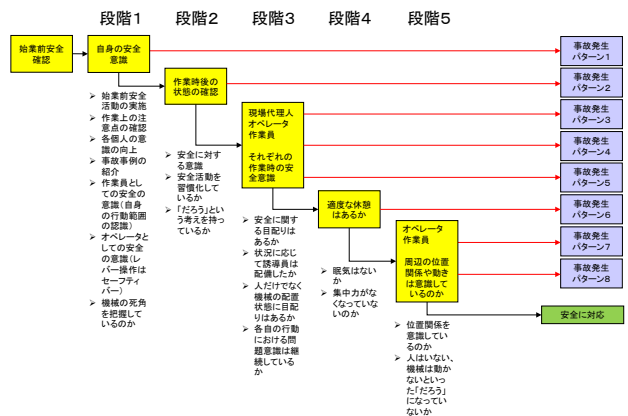


図-6 接触事故に関するETAの一例

4. 工事事務防止対策について

事故の発生規模には大小あるが、受発注者間との連携を含むm-SHEL分析によって事故防止対策が充実するものと考えられる。

このm-SHELによる分析は、発生した工事事務に対してS(教育・訓練方式・規則・手順・情報の要素)、H(使用する機械・装置・設備・施設の要素)、E(温度・湿度・照明・空間・雰囲気等社会的環境の要素)、L(監督・作業員の要素)といった各要素に分解・分析し、さらに、m(現場管理方式・安全に関する哲学の不備・不足)の実態を明らかにす

ることによって、事故発生の原因が体系的に整理でき、今後の工事事務防止策が提案できるものと考えられる。

また、この m-SHEL による分析手法を現場で取り入れることによって、各要素の連鎖・並列的な要因との関連から工事事務の発生を予め予測することも可能と考えられる。

3. 3. 1 m-SHEL による分析

1) m : Management (組織の管理方式・安全哲学の要素)

受発注者全体の安全管理体制が整理されていなかった点が大きな問題といえる。

特に社内としての安全管理体制がなされていない点にも問題があると考えられる。

また、行政機関においても、安全管理が整備されていなかった点や、現場管理及び指導がない点も考えられる。

現場状況の把握・安全に関する意識が形骸化されていたものと考えられ、防止対策としては、安全管理体制を充実させるとともに形骸化を防止させるために定期的な内部・外部監査を実施することが必要である。

2) S : Software (教育・訓練方式・規則・手順・情報の要素)

作業員に関して、作業のための教育や訓練も行われず、十分な知識もなく作業に必要な手順のみの提示であった点が問題と考えられる。

また、作業経験が豊富になる中で作業手順が形骸化してしまい安全確認行為が取られなかったことが考えられる。

したがって、防止対策としては、定期的な手順等に関する技術教育の実施と確認とともに安全教育の徹底が必要である。

3) H : Hardware (機械・装置・設備・施設の要素)

適切な監視ができておらず、作業に伴う足場の設置状況に関する情報が不足していたことに問題があったと考えられる。独自の判断により仮設等の設置・撤去が進められ、事故発生理由が特定できないことも問題だと考えられる。

したがって、防止対策としては、監視カメラや検知センサ等の充実が必要である。

4) E : Environment (温度・湿度・照明・空間・雰囲気等社会的環境の要素)

屋外に設置されている仮設足場での作業は、風雨にさらされていることや夏冬時の温度・湿度の影響

を受ける。そのため、そこで作業員は、環境による何らかの影響を受けやすいものと考えられる。

したがって、防止対策としては、風雨、夏・冬期での作業に考慮した空間整備が必要である。

5) L : Liveware (管理者・作業員の要素)

管理者は、作業工程について、不正であることを知りながら継続的に作業を進めていた点や不正作業の改善などのリスク回避に関する検討を怠っていた点に問題があるものと考えられる。

また、不正な作業に関するリスクを承知していたならば、安全管理に関する対応策（監視・監督）や教育の対処・徹底をしていなかった点にも問題がある。

作業員は、不安全行動に疑問を持たず作業を進めていた点や事前の教育のないまま作業を進めていた点（可能性）に問題があるものと考えられる。

したがって、防止対策としては、日常的な不正を防止するために安全管理を徹底するとともに専門的知識の他にモラル教育の徹底が必要である。（何が常識なのか?といったあたりまえのことだが、重要である）

4. まとめ

本報告では、FTA, ETA により工事事務発生までの行動について解析を行った。その結果として発生要因が「何々だろう・未確認」といった連鎖によって発生していることが整理でき、工事事務が偶然ではなく起こるべくして発生していることが確認できた。

また、工事事務発生要因については、工事事務発生に際して作業にあたっている人によるヒューマン・エラーが主たる要因と判断されがちであるが、m-SHEL モデルによる各要素について問題点を整理することによって、作業員を含む関係者に原因があることを分析でき、かつ、工事管理体制に対する積極的な活動や各要素の連鎖・並列的な要因との関連により事故発生が予測・防止できることがわかった。

今後は、分析事例を増やすことによって研究成果を充実させ、工事事務分析手法の提案を図り、工事事務対応策に役立てるものとしたい。

参考文献

- 1) 村田厚生、「ヒューマン・エラーの科学 失敗とうまくつきあう法」、日刊工業新聞社、2008)
- 2) 橋本邦衛、「安全人間工学」、中央労働災害防止協会 2004

A STUDY ON SAFETY MANAGEMENT IMPROVEMENT IN THE CONSTRUCTION WORKS

Budged : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2012-2014

Research Team : Construction Technology Research

Department (Advanced Technology

Research Team)

Author : FUJINO Kenichi

MOTEKI Masaharu

YAMAGUCHI Takashi

Abstract : By the construction, a collision and a fall accident and a crash and an overhead wire damage accident occur. As measures, safety education and attention awakening are pushed forward.

However, a construction accident still occurs. Therefore burdens such as interruption and a delay of the construction or the increase of various penalties and construction cost are forced to.

Therefore, development, the study of the effective safety measures technology corresponding to the construction accident cause is required.

PWRI investigated a construction accident example for the purpose of the reduction of the construction accident.

In addition, PWRI classified accident outbreak factors from a construction accident example and pushed forward the study of accident prevention measures by scientific analysis.

In this report, PWRI classified the construction accident actual situation that occurred so far. And PWRI speak the analysis technique about the preventive measures against construction accidents.

Key words : rotary snow removers, automatic steering