

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
設計段階の措置に係る建設機械転倒災害事例の分析

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

研究要旨

本分担研究では、建物基礎の解体工事における基礎工事用機械の転倒災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、地盤改良工事等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。そのため、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。

このような分析結果から、地盤改良工事の基礎工事用機械の転倒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。

A. 研究目的

本分担研究では、建物基礎の解体工事における基礎工事中用機械の転倒災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、地盤改良工事等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。

B. 研究方法

本分担研究では、国内外の行政機関等のホームページから、公開されている災害事例に関する有用な公的資料をダウンロードし、それらを分析する方法とした。分析に当たっては、機械安全分野で国際的に認められている「危険源から危害に至るプロセス」図を用いて災害事例を分析し、危険源、危険状態、対策の不足等を抽出した。また、機械安全分野のスリーステップメソッド（本質的安全設計、安全防護、使用上の情報の提供）を用いて、「危険源から危害に至るプロセス」の上流から各安全衛生対策を提案した。さらに、各対策を実行する上で権限のある者を対策の実施者として明確化した。

C. 研究結果

C-1. 基礎工事中用機械の転倒災害の概要

建物の基礎を解体工事中に基礎工事中用機械（くい抜機）が転倒した。本災害による労働者の被災はなかったが、近接する住宅に物的被害が生じた。本解体工事では、地中のPC杭を抜き取る作業を行っていたが、転倒はくい抜機の位置を変えるための移動中に発生した。災害発生時の地盤支持力を調査したところ、その値は載荷圧力に比べて著しく低いことがわかった。また、くい抜機が転倒した箇所には少なくとも76mm～139mm程度の沈下が認められた。基礎の解体に伴

って掘削と埋め戻しが繰り返される現場が軟弱となりやすいにもかかわらず十分な地盤養生をしていなかったために転倒災害が発生したことがわかった。図1に転倒した基礎工事中用機械の推定位置と状況を示す。

C-2. 基礎工事中用機械の転倒災害の「危険源から危害に至るプロセス」に関する分析

C-2-1 危険源からの危害に至るプロセス（危険源、人、暴露）

基礎工事中用機械の転倒災害における「危険源から危害に至るプロセス」を図2に示す。本研究の危険源は「基礎工事中用機械」である。人は「作業員」および「通行人」、「周辺住民」であり、暴露状態として、機械の転倒エリア内に家屋があったことである。

（対策の不足）

災害発生当日は、作業の打ち合わせの後、工事責任者と機械の運転者が現場内を踏査し、地盤の状態を確認した。当日のくい引き抜き作業の実施が決まり、機械の移動を開始した。しかし、移動開始から間もなく、機械は東方向へ転倒した。

転倒直前の機械の移動経路を図3に示す。機械は「1）」の位置に駐機されていた。この位置から右後方へカーブさせるように後退させたのち、前進した際に左前方側の履帯部分に沈下が生じ転倒した。図のように、機械が駐機されていた部分は敷鉄板が隙間なく敷設されていたが、転倒した付近の敷鉄板は図に示す通り、敷鉄板の間には隙間があることが確認された。このことから、地盤の地耐力を事前に把握していなかったことに加え、敷鉄板が適切に敷設されていなかったことも機械が転倒した一要因と考え

られる。

（危険事象の発生）

災害の発生後に実施した地盤調査の結果から、災害発生現場の地耐力は機械の接地圧よりも低いことがわかった。また、敷鉄板の敷設状況は「重ね敷き」ではなく「1枚敷き」であり、敷鉄板の間には隙間が確認された。このことから、災害発生現場の地耐力が低かったことや、敷鉄板の敷設が適切でなかったことなど、複数の要因が重なって、機械は転倒に至ったと考えられる。

（回避の成功と失敗）

基礎工事用機械が転倒し、災害の回避に失敗したため、当該ケースでは近接する住宅に物的被害が生じた。回避に成功していれば、住宅に物的被害が生じることはなかった。

C-2-2 考えられる対策と対策の実施者

（本質的安全設計）

本質的安全設計（ハザード／リスクの除去）（ハザード／リスクの変更）に関する対策としては、基礎工事用機械を使用しない工法を選定することや、不安定な構造の機械を使用しないことである。

杭の引き抜き工事では、三点式パイルドライバ（大型くい打機）が用いられることが多いが、当該機械は重心位置が高く、構造的に不安定である。そのため、重心位置がより低い位置にある、リーダー長が短い機種を選定することや、クローラークレーンやラフテレーンクレーン等の移動式クレーンを使用する工法を選定する必要があると考えられる。この対策の実施者は、工事の計画を行う元請業者であると考えられる。

（安全防護策）

安全防護（工学的対策）としては、地盤調査を行い、現場の地耐力を予め把握する必要があると考えられる。地盤調査の実施者は、元請業者であると考えられる。また、地盤調査の結果から、セメント安定処理や砕石および敷鉄板の敷設等、安全対策を講じる。これらは元請業者と施工者が協議して実施する必要がある。

（使用上の情報の提供）

使用上の情報の提供（管理的対策）としては、機械が転倒した際の避難する方向を確認し、監視人を配置して、転倒の危険性がある際に作業者に知らせるなどの対策が考えられる。この対策の実施者は元請業者と施工者が考えられる。（個人用保護具）による対策としては、保護具では防ぎきれないため、現実的には保護具で被災を低減させることは不可能と考えられる。

C-3. 同種災害におけるリスク低減措置の優先順位

（ハザード／リスクの除去）

基礎工事用建設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に示す。リスク低減措置を検討する上で最も優先順位の高いハザード／リスクの除去として考えられるのは、基礎工事用機械を利用しない工法を選択することである。くい打機等の基礎工事用機械は重心が高い位置にあり、不安定な構造をしているため、基礎工事用機械を利用しない工法を選択することで機械転倒によるリスクを除去することができる。

（ハザード／リスクの変更等）

ハザード／リスクの変更としては、リーダー長の短い基礎工事用機械を選定するこ

とが考えられる。リーダー長の短い機種は、重心が低い位置にあり安定性の高い構造であることや、クレーンが転倒した際の被災エリアを小さくすることが可能となる。

（工学的対策）

工学的対策としては、地盤調査を行い現場地盤の地耐力を事前に把握し、機械を設置した際に発生する沈下量を推定して、発生する沈下量が大きい場合は、セメント安定処理により地盤の強度を高くする必要がある。セメント安定処理に加え、砕石を一定の厚さ敷設することで機械の接地圧を低減することができる。また、地表面に敷鉄板を敷設することで、地盤の局所的な崩壊を防止することが可能となる。このように、建設機械の転倒防止策として敷鉄板の敷設は必要不可欠である。

（管理的対策）

管理的対策としては、適切な施工計画の作成と計画に準じた作業の実施に加え、機械の移動時や作業時に転倒危険エリアへの立ち入り機禁止措置を講ずることが重要と考えられる。また、監視人を配置し、転倒しそうな場合に作業者に警告するなどの方法も有効と考えられる。この場合、避難する方向を事前に確認する必要がある。しかしながら、基本的には、機械の転倒エリアに作業者が立ち入らないよう措置を講ずることが重要と考えられる。

（個人用保護具）

個人用保護具を用いた対策としては、建設機械の転倒時に機械の直撃に対して有効な保護具は現状存在しない。本ケースにおいては、保護具で災害を防止することは現実的に不可能であると考えられる。そのた

め、被災しないためには避難を前提とした対策が必要と考えられる。

D. 考察

基礎工事中用機械の転倒原因の多くは設置地盤の地耐力（支持力）不足によるものであるが、その背景にはトップヘビーな構造を有しながら自走すること、設置される場所が、杭基礎の施工現場など基本的に軟弱地盤であるケースが多く、潜在的に危険な要因が存在する。この災害を防止するためには、基礎工事中用機械を使用しない工法を選定することが重要である。しかしながら、代替的な方法が選択できない場合は、工学的な対策として、事前に地盤調査を行い、現場地盤の地耐力を求めて、機械の接地圧に対して沈下が発生しないよう、地盤をセメント改良することや、砕石および敷鉄板を敷設して接地圧力を低減させる必要があると考えられる。

E. 結論

災害防止のための最も効果的な方法は、ハザード／リスクの除去であり、基礎工事中用建設機械の転倒災害においては、基礎工事中用建設機械を使用しない工法を選定することである。

ハザード／リスクの除去が困難な場合は、リーダー長の短い（安定性の高い）基礎工事中用機械を選定することで、転倒のリスクを低減することが可能と考えられる。その他、地盤調査を行い、地盤の地耐力を正確に把握することによって、機械の転倒防止に必要な地盤養生等、工学的対策を講じることができる。

管理的対策としては、適切な施工計画の

作成と計画に準じた作業の実施に加え、機械の移動時や作業時に転倒危険エリアへの立ち入り機禁止措置を講ずることが重要と考えられる。その他、監視人を配置し、転倒しそうな場合に作業者に警告するなどの方法が有効と考えられる。この場合、避難する方向を事前に確認する必要がある。基本的には、機械の転倒エリアに作業者が立ち入らないよう措置を講ずる必要があると考えられる。

基礎工事用機械の転倒災害の多くは、事前に地盤調査を実施しておらず、目視や踏査のみで安全性を検討していた事例である。地盤調査を行い、客観的な評価を行うことで当該災害のリスクは大幅に低下すると考えられる。

https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/pdf/saigai_houkoku_2018_03.pdf#zoom=100（2022年1月11日閲覧）

F. 研究発表

1. 論文発表
該当なし
2. 学会発表
該当なし

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) 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：ビル新築工事現場で発生した型枠支保工の倒壊災害，災害調査報告書，2020年度ホームページ公開，

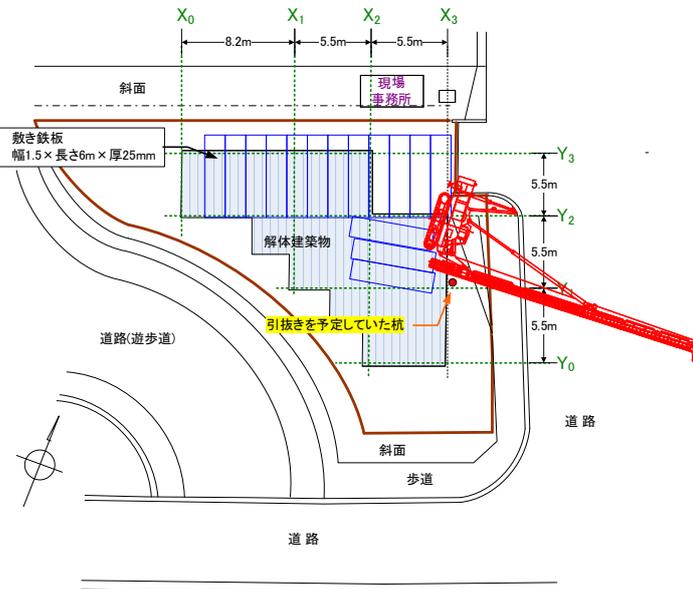


図1 転倒した基礎工事用機械の推定位置と状況

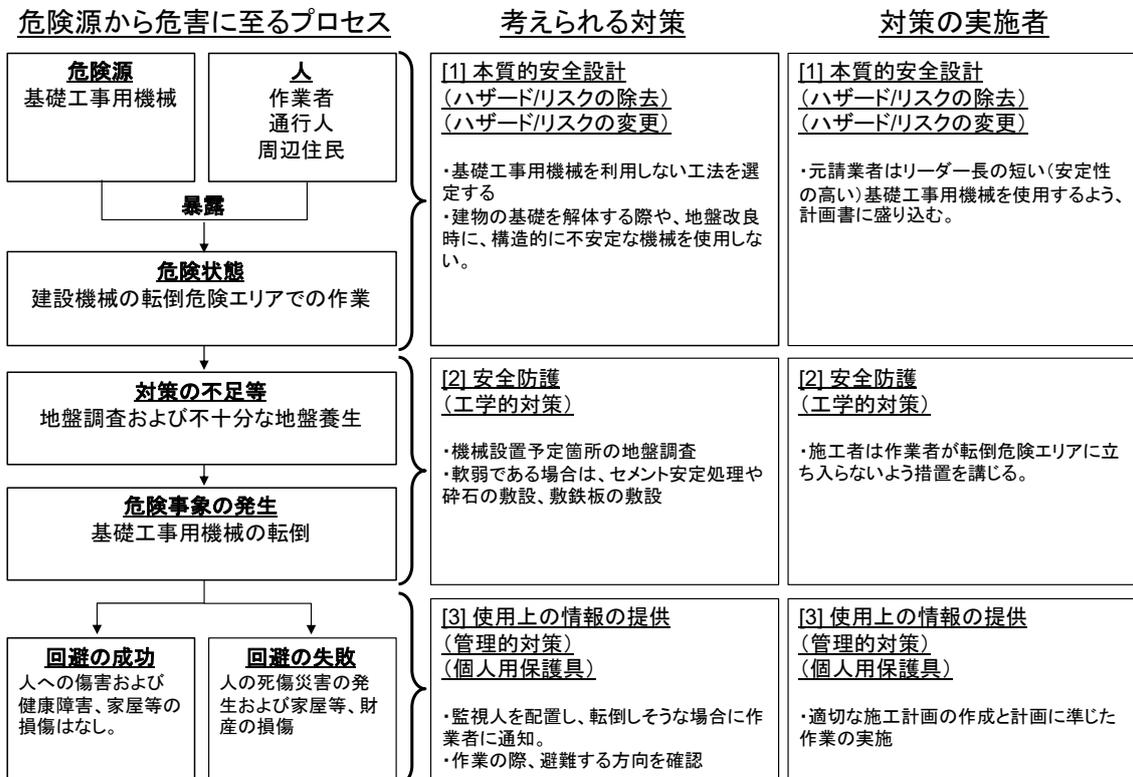


図2 基礎工事用機械の転倒災害における「危険源から危害に至るプロセス」

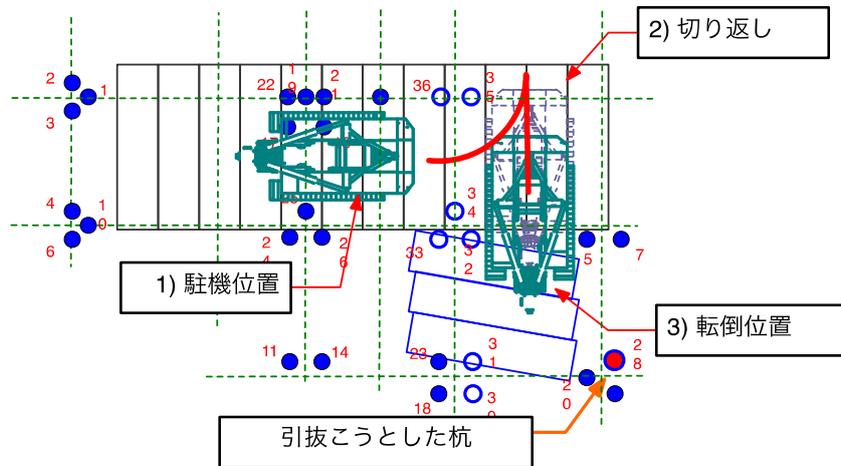


図3 転倒直前の機械の移動経路

Hierarchy of Controls 階層的制御（機械の転倒）

Paul Bussey: CDM201! - A Practical Guide for Architects and Designers, RIBA Publishing, p.31, 2015.

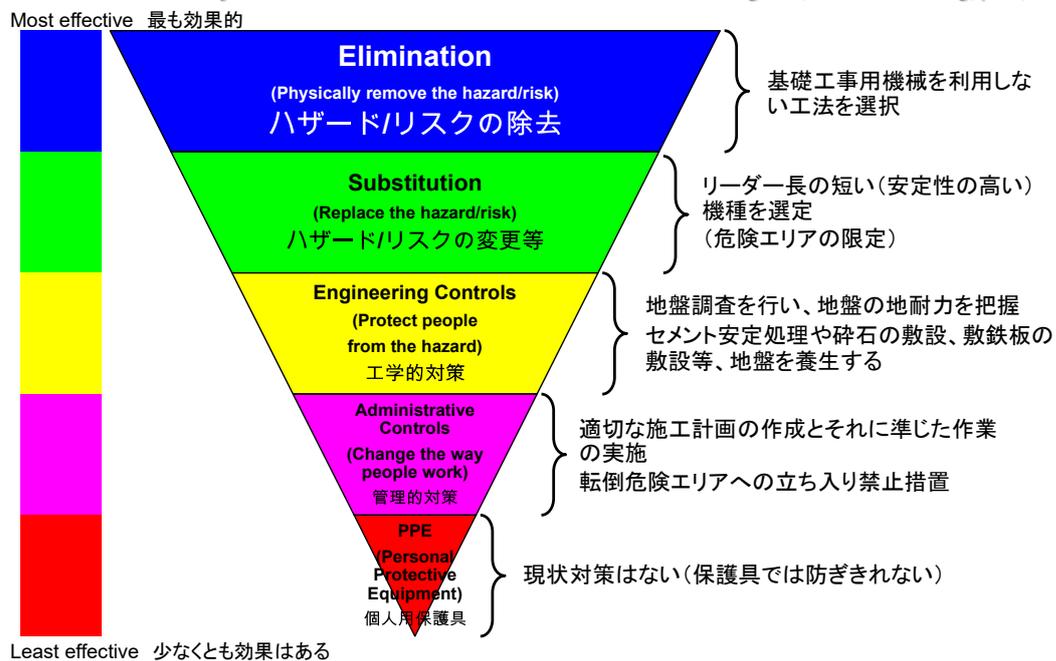


図4 基礎工事用機械の転倒災害の同種災害におけるリスク低減措置の優先順位