

## 杭打ち機械における転倒事例の一考察

独立行政法人労働安全衛生総合研究所 正会員 ○玉手 聡, 堀 智仁

## 1. はじめに

基礎工事に用大型車両系建設機械（以下、杭打ち機械と呼ぶ）の転倒災害が度々発生している。その転倒原因の多くは設置地盤の支持力不足にあるが、背景には杭打ち機械がトップヘビーな構造を有しながら自走することと、設置される施工現場が軟弱地盤であるなど潜在的な危険要因があると思われる。

本報告では過去に発生した転倒事例について概説し、次いで機体と地盤条件を整理する。そして、事故の発生原因と今後解明が必要とされる問題点を考察する。

## 2. 災害の概要

写真1は建築工事現場で発生した転倒事例<sup>1)</sup>を示す。この杭打ち機械は3軸のアースオーガを備えた地中連続壁（ソイルミキシングウォール、以下SMWと呼ぶ）を施工するためのものであった。履帯の車軸付近に大きな沈下が見られ、設置地盤は不安定な状態であったことがわかる。

災害当日はSMWの施工に先立って、打設予定位置の溝掘削作業が行われた。しかし、誤って既設の水道管を破損し、溝が湛水した。その復旧には約2時間を要した。復旧後、直ちに地表に敷鉄板を敷設し、掘削溝近傍の施工位置に杭打ち機械を移動させた。この時、溝の深さは施工標準よりも0.2m大きくまた、機械と溝の離隔は基準より0.1m小さかった。その後、敷鉄板に沈下が生じ、機体はゆっくりと傾斜した。

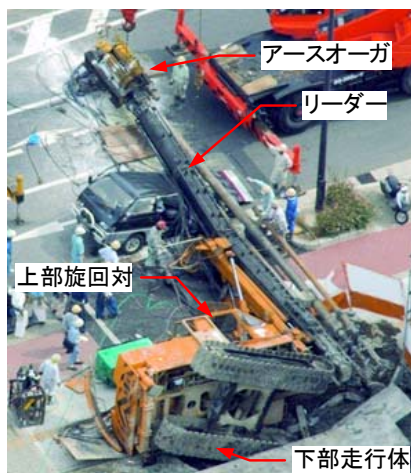


写真1 転倒災害の様子

傾斜の発生を察知した運転士は溝近傍から機体を後退させるとともに、上部を右旋回させて転倒モーメントを減少させた。しかし、機体の傾斜増加は収まらず、転倒に至った。なお、この現場地盤は浅層部分にあらはじめ安定処理が施されていた。しかし、機械を移動させた箇所は当該現場の敷地境界付近であり、仮囲いフェンスが設けられていた。このフェンスが安定処理の障害となったために、地盤の支持力は不均一に分布していた。図1は機械を移動させた箇所と設置地盤に生じた崩壊の概略を示す。

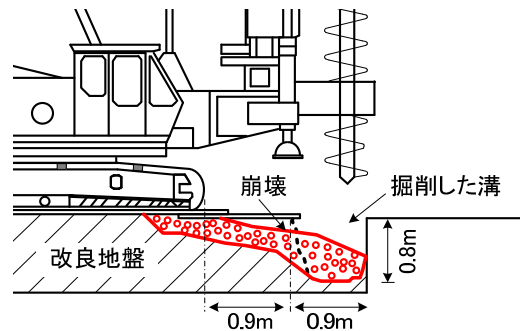


図1 機械の設置地盤に生じた崩壊概略

## 3. 杭打ち機械の安定条件

## (1) 機械の安定度

厚生労働省令車両系建設機械構造規格<sup>2)</sup>の第3条では、杭打ち機械は前後および左右方向に対して5度以上の安定度( $\theta_s$ )を有しなければならないことを述べている。

表1に杭打ち機械の諸元を示し、これに基づいて計算した機体の前方と側方の安定度を表2に示す。機体前方に対する安定度は18.4度であり、側方の安定度は

表1 杭打ち機械の諸元

|                     |        |
|---------------------|--------|
| 水平方向の重心位置 ( $G_x$ ) | 0.62m  |
| 鉛直方向の重心位置 ( $G_y$ ) | 3.36m  |
| 履帯の接地面の長さ ( $L$ )   | 3.475m |
| 左右の履帯の中心間隔 ( $S$ )  | 2.660m |

表2 機体の安定度

|     | 前方安定度                                      | 側方安定度                                      |
|-----|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 関係式 | $\tan \theta_{sf} = \frac{L - 2G_x}{2G_y}$ | $\tan \theta_{ss} = \frac{S - 2G_x}{2G_y}$ |
| 安定度 | $\theta_{sf} = 18.4^\circ > 5^\circ$       | $\theta_{ss} = 11.9^\circ > 5^\circ$       |

キーワード 杭打ち機械, 転倒事故, 設置地盤, 災害事例

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 (独)労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ

11.9 度であった。従って、本杭打ち機械の安定度は規則で定める値よりも大きく、安定な条件であった。

## (2) 履帯に作用する接地圧

履帯面に働く接地圧力は支持地盤が剛体であることを仮定して求められる<sup>3)</sup>。この接地圧力の分布は重心位置と上部構造体の旋回角度( $\theta$ )によって変化する<sup>4)</sup>。傾斜を開始した当初は上部構造体が前方を向いていたが、転倒直前には右前方約 45 度に旋回させていた。本事例における接地圧力の理論分布は図 2 のような三角形である。この分布における最大接地圧力( $P_{max}$ , 図 2 の  $P_{RF}$ )は、 $\theta=0$  度の時に 146.2kPa,  $\theta=45$  度の時に 165.2kPa である。なお、沈下によって生じる機体傾斜は転倒モーメントを増加させるため、最大接地圧力はさらに大きく生じる場合がある。

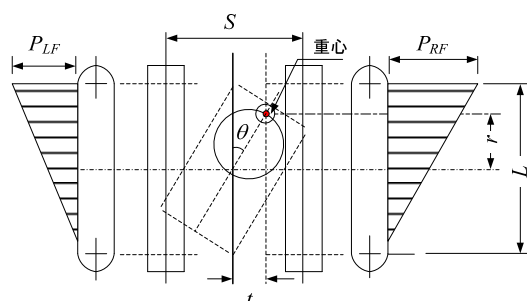


図2 履帯に作用する接地圧 ( $r>L/6$  の場合)

## 4. 現場地耐力の推定

施工現場は深さ約 0.7m 以深の土質が粘土であり、 $q_u$ の値が 30kPa 前後の軟弱地盤であった。この粘土地盤に対する履帯の支持力( $q_d$ )は 110kPa 程度と推定され<sup>5)</sup>、 $q_d < P_{max}$ の不安定条件であった。地表から深さ約 0.7m の範囲には砂質土が存在した。セメント安定処理は当初、深さ 1m までを計画したが、実際には 0.7m 程度までが処理された。処理深さが計画よりも浅くなった原因はバックホウで掘削した粘土がブロック化するために、セメントと均一な混合が困難なためであった。

安定処理された地盤箇所をスウェーデン式サウンディング試験により調査した。試験は転倒位置の近傍 2 地点(A 地点,B 地点)と、そこから約 8m 離れた地点(C 地点)と 10m 離れた地点(D 地点)の計 4 地点である。

図 3 はこの試験結果に基づいて計算した一軸圧縮強さ( $q_u$ )の分布を示す<sup>6)</sup>。安定処理が施された浅層部すなわち、地表から深さ 0.75m の  $q_u$ は 0.7m 以深のそれに比べて大きな増加が見られる。しかしながら、浅層部の  $q_u$ には調査地点の違いによって大きな差が見られる。

転倒付近の A 地点および B 地点の  $q_u$ は、C 地点およ

び D 地点のそれに比べ小さく、機械を支持できない強さであった。これはセメント安定処理の深さが予定よりも浅くまた、敷地境界部は囲いフェンスが障害となって不十分な処理状態であったためである。転倒はこの境界付近で発生しており、安定処理における施工上の問題も明らかになった。

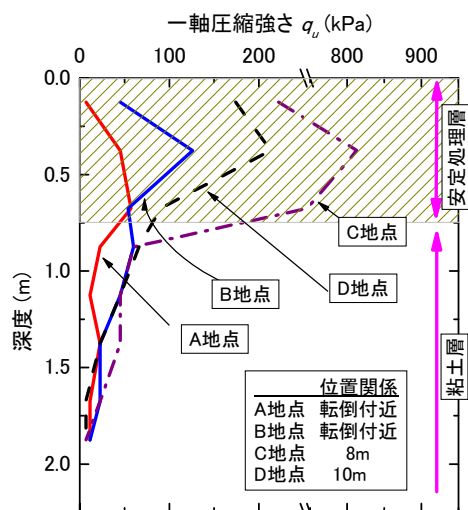


図3 スウェーデン式サウンディング試験の結果より算出した一軸圧縮強さ( $q_u$ )分布

## 5. まとめ

杭打ち機械の転倒事例を調査した。機体の緒元や作業方法ならびに地盤養生等の条件を分析し、発生原因を考察した。その結果、現場地盤は軟弱であり潜在的な危険性を有していたことがわかった。加えて施工中の水道管破損による溝の湛水トラブルも発生し、地盤を劣化させた可能性も明らかになった。さらに作業上のミスも重なり、転倒災害に至ったことがわかった。

杭打ち機械による施工においては様々な危険要因が存在し、災害はいくつかの要因が重なって発生するものと見られる。この中で大型機械を支持する施工地盤のリスク評価は最も重要な検討項目と考えられ、安定設置に必要な地盤支持力や傾斜などの必要条件について今後検討したいと考えている。

謝辞：本研究は厚生労働科学研究費補助金において得られた成果であり、関係各位に対し、謝意を表します。

参考文献：1)玉手 聡：基礎工事用大型建設機械の転倒防止に関する研究，厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)平成 19 年度総括分担報告書，pp.3-31，2008。2)労働調査会：安衛法便覧Ⅱ 平成 19 年度版，pp.512-516，2008。3) (社)日本規格協会：JIS A 8509-1:2007「基礎工事機械—安全—第一部：杭打ち機の要求事項」，pp.20-33，2007。4) (社)日本建設機械化協会：移動式クレーン・杭打ち機棟の支持地盤養生マニュアル，pp.9-22，2000。5) (社)地盤工学会：地盤工学数式入門，pp.183-204，2001。6) (社)地盤工学会：地盤調査法，pp.213-220，1999。