

## 2.1.6 まとめ

本くい打機の転倒原因は以下の通りと考えられる。

### (1) 耐力的要因

#### 1) 軟弱な地盤

地盤表面から深さ 0.75m までの範囲についてはセメント安定処理によって強度増加が図られていた。しかし、深さ 1m 以下は平均N値が3以下の軟弱な層が分布し、潜在的に不安定な地盤であった。

#### 2) 地盤の養生不足(1)

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。このフェンスが障害となりその周辺部は安定処理が完全には実施されていなかった。当該機械は敷地の隅部付近で転倒しており、処理の効果が疑われる位置に移動した。

#### 3) 地盤の養生不足(2)

セメントと土の混合具合が不良であった。当該現場は表面から深さ 0.7m には砂質土が存在し、その下層には粘土が存在する2層地盤であった。計画では深さ 1m を安定処理する計画であった。しかし、バックホウによる現場攪拌混合方式ではブロック化する粘土にセメントを均一に混合することが難しく、改良は砂層のみに施された。その結果、改良層厚が当初の計画に比べて30%減少した。

#### 4) 水浸による土の軟化

くい打機の走行の前に当該箇所付近で水道管を破損し、溝部が水浸するトラブルが発生していた。この水浸により土が軟化し支持力は低下したことが考えられる。

### (2) 作業計画の不備等による要因

#### 1) 地盤の調査不足

くい打機の設置に際して地耐力の照査と養生対策について、事前に十分な検討がなされていなかった。

#### 2) 計画の不備

機械と溝部の離隔が適切に確保されていなかった。日本材料学会が定める標準的な離隔に比べて当該機械は溝に接近しており、溝壁の安定性を減少させた。また敷地隅部に設けられた溝近傍に対する機械の設置と安定性について検討がなされていなかった。

#### 3) 安全対策の省略

水道管の破損が復旧した後に地盤の確認を怠った。湛水により地盤が軟化していたにもかかわらず、作業の再開を急いだ。

### 2.1.7 再発防止対策について

同種災害の再発防止には以下の対策が必要と考えられる。

#### (1) 機械の安定に関する地盤工学的な事前検討の実施

くい打機は大型でありその自重は数十トンに達する。この安定設置に必要な地盤の支持力については、目視や踏査による経験的判断のみによって評価すべきではない。すなわち、工学的な地盤調査の結果に基づいて地盤支持力を求めなければならない。そして、くい打機の緒元と作業方法を考慮して履帯に働く最大接地圧力を求める。得られた支持力と接地圧力の比較に基づいて安全性を検討し、安定設置に必要な地盤養生の方法を決定しなければならない。

#### (2) セメント安定処理の確実な実施とその効果の確認

安定処理された土の強度は処理方法と養生方法によって異なるため、施工後の確認が必要である。また安定処理の広さや深さが計画と実施工で異なる場合は、施工後に支持力を調査し、処理効果を確認する必要がある。敷地境界部にはフェンスが設けられるために安定処理の障害となり、支持力が低くなる。不完全な処理と溝の存在は機械の不安定要因となるため注意しなければならない。

#### (3) 湛水トラブル後の安全確認

施工中のトラブルを解決し、工事を再開する場合はそのトラブルがその周辺に与えた影響も十分に検討する必要がある。本事例では、水道管の破損トラブルが発生した。水道管は修復されたものの、溝の湛水が周辺の土を軟化させ、支持力を低下させていた。目視ではその影響が明らかではなかったが、浸潤により軟化し浸食により壁面が不安定化していた可能性が高い。そのため、安易な判断による工事再開は危険である。

#### (4) 余裕を持った離隔の確保

溝壁面とクローラ端の間の距離が学会等で定める標準的な離隔に比べて少なかった。その結果溝壁を不安定化させ支持力は減少した可能性がある。機械を設置する際には壁面からの離隔に余裕を持った計画を行う。機械の移動では誘導員を配置し、運転士に適切な指示を与える。

#### (5) 建築現場のくい打機がもつ潜在的な危険性の把握

建築現場の基礎工事では一般的に狭い敷地内を大型機械が移動しながら施工する特徴があり、広い敷地内を自走する土木現場とは異なった安全対策が必要である。削孔の周辺地盤は軟弱化しているため、機械の安定を確保するためには十分な養生が不可欠である。

## 2.2 災害事例 2

建物の解体工事においてくい抜機が転倒した。写真 2-2-1 は発生時の様子を示す。解体中の建物はRC造2階建であり、地中にはPC杭が埋設されていた。このPC杭は直径が300mm、長さは25mであり、36本が埋設されていた。転倒は、28本目の杭を抜き取るために、くい抜機を移動させた際に発生した。

転倒したくい抜機は隣接する道路を塞ぐとともに、機体に備わるリーダーが、道路向かいにあった木造2階建の一般民家を直撃した。これにより民家の2階部分が全壊した。当時、建物内には一般人女性が台所にいたが、幸いけがはなかった。また、転倒する際にリーダーが電線を破断し、周辺の約1000世帯が一時停電となった。

くい抜機のオペレータにもけが等はなく、この事故により被災した作業員はいなかった。

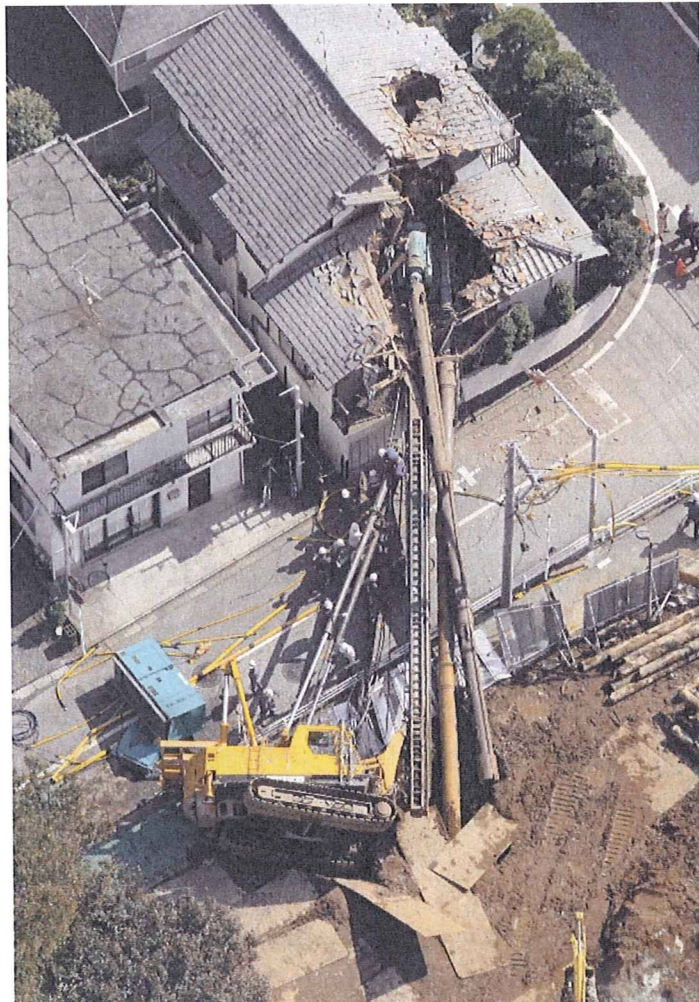


写真 2-2-1 転倒現場を上空から撮影した写真

2.2.1 解体工事の施工計画

本解体工事は、始めに仮設工事が行われ、続いて建物の解体工事が行われた。基礎の解体はこの時に行われており、後述する地中梁の撤去などが行われた。

表 2-2-1 は工事日数と工事内容を示す。工事開始後の3日間で仮設工事が行われる。続いて、建物の解体工事が行われ、その後にPC杭の引抜き工事が計画されている。最後に仮設と外構が撤去されて解体工事は終了する予定であった。しかし、工事の実際の進行は遅れていた。

表 2-2-1 工事日数と工事内容

工事日数	工事内容
3日間	仮設工事
24日間	建物解体工事 (内装解体と搬出, RC 躯体の解体工事, 基礎解体)
21日間	PC 杭の引抜き工事 (機械の搬入組立, PC 杭の引き抜き工事)
5日間	仮設と外構の撤去

図 2-2-1 は解体現場における PC 杭の設置状況であり、杭番号と共に示す。「引抜き済」、「引抜き前」、「引抜こうとした杭」の印を凡例に示す。図中に示す  $X_0$  から  $X_3$  と  $Y_0$  から  $Y_3$  の基準線は、図 2-2-2 に一致させている。

表 2-2-2 は杭の引き抜き順序と使用機械の関係を示す。引き抜きには2台の機械が用いられた。一つはホイールクレーンであり、ジブ先端につり下げられたリーダーに減速機と削孔用特殊ケーシングを取り付けて使用された。もう一つは全油圧式パイルドライバーであり、くい抜きが可能な建設機械である。

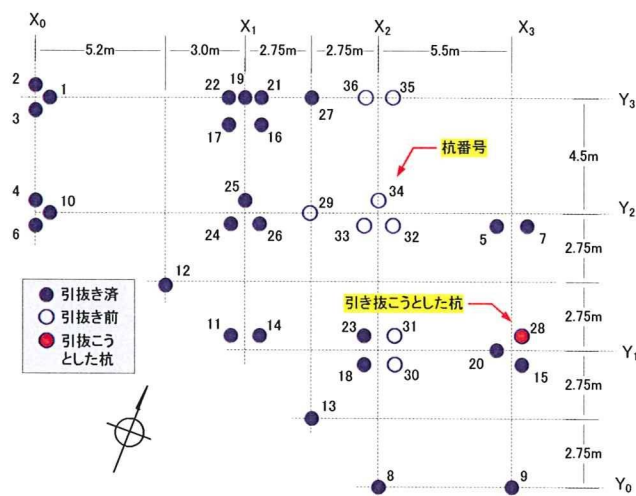


図 2-2-1 施工現場の内外における配置

表 2-2-2 杭の引き抜き順序と使用機械

施工日	10/3 (土)		10/5 (月)		10/6 (火)		10/7 (水)		10/9 (金)		10/10 (土)		10/13 (火)		10/14 (水)		未施工 <sup>2)</sup>
杭番号 <sup>1)</sup>	1	3	5	7	6	8	11	15	16	17	23	25	27			28~36	
	2	4			10	9	12	18	19	20		26					
							13		21	24							
							14		22								

1) 番号 28 の杭を引き抜くために、くい抜機を移動させたところ転倒した。

2.2.2 災害発生までの過程

災害が発生した当日は、午前 8 時より作業の打合せが行われた。打合せ後には工事責任者とオペレータが現場内を踏査し、地盤の安定状態を共に確認した。そして、当日のくい抜き作業の実施が決定され、8 時 30 分頃より重機の移動を開始した。しかし、移動開始からまもなくの 8 時 35 分頃、くい抜き機が図 2-2-2 に示すように東方向へ転倒した。

図 2-2-2 はくい抜き機が転倒した位置を示し、図 2-2-3 はくい抜き機が転倒前に移動した経路を示す。前日の作業終了後、くい抜き機は図中「1)」の位置に駐機されていた。この位置から右方向にカーブさせるように後退させ、機体の向きを 90 度変えた。そして次に、番号 28 の杭を引き抜くために、 $X_2$  と  $X_3$  の間の部分を、 $Y_2$  から  $Y_1$  に向かってくい抜き機を移動させた。しかし、機体が杭番号 5 及び 7 付近に移動したとき、左前方側の履帯部分に沈下が生じ、転倒した。

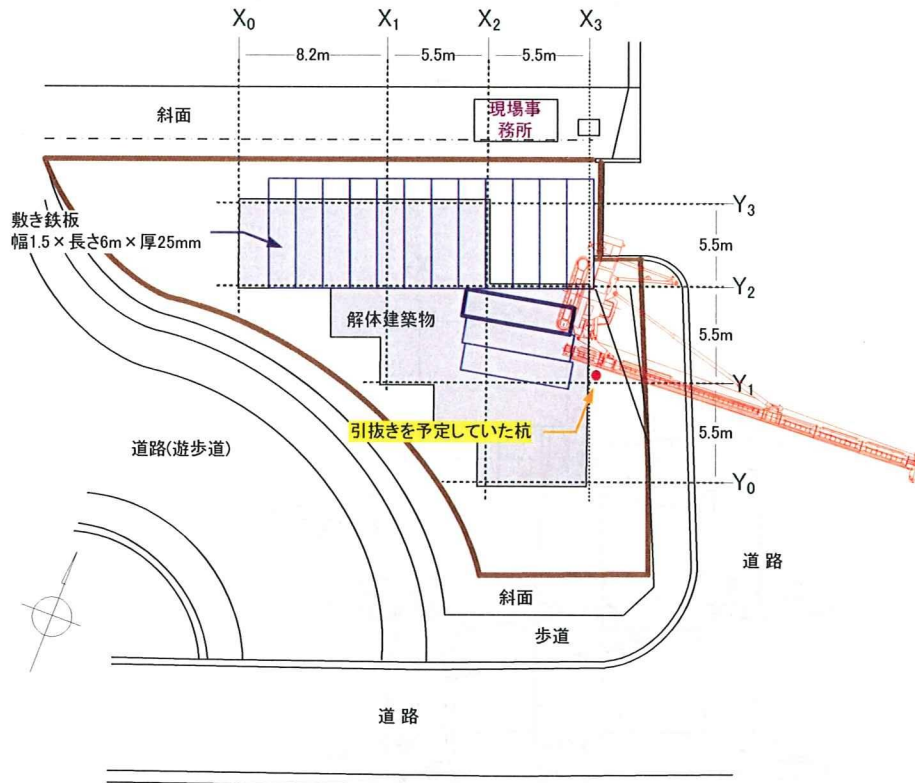


図 2-2-2 転倒したくい打ち機の推定位置と状況

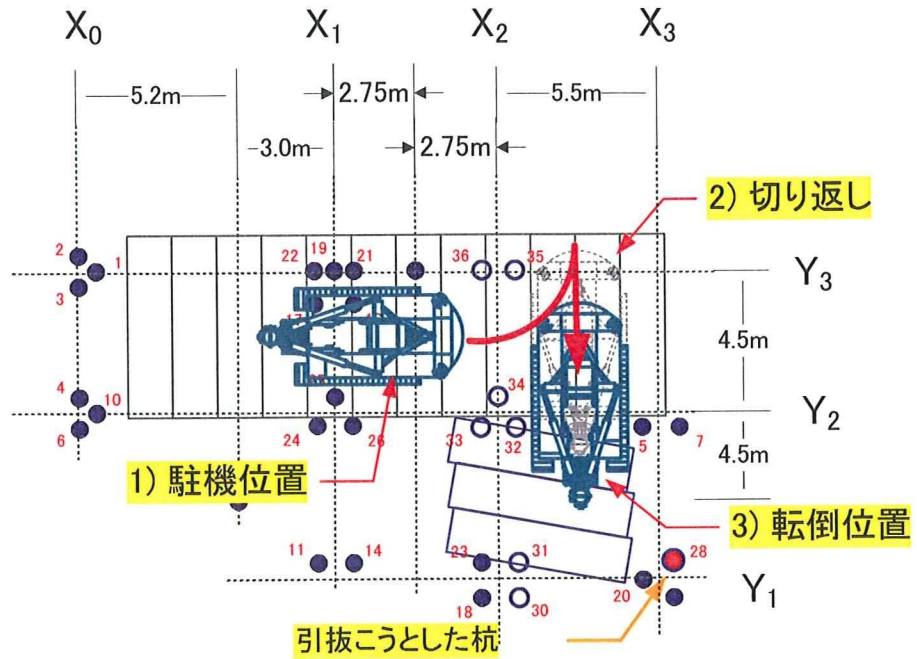


図 2-2-3 転倒前の移動経路

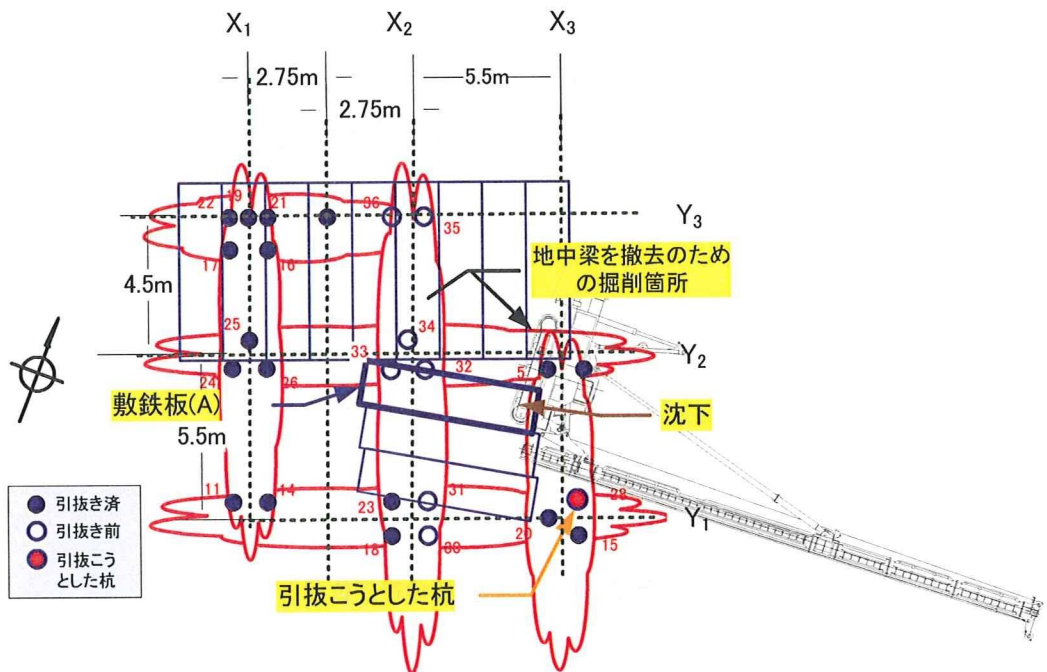


図 2-2-4 地中梁を撤去して埋め戻した箇所

図 2-2-4 はくい抜機が移動した箇所、ならびに転倒した位置付近における敷鉄板の敷設状況と地盤状況を示す。本工事で使用した敷鉄板は、幅 1.5m、長さ 6m、厚さ 22mm であり、一般的に普及しているものである。その敷設状況は、9 枚が X 列にその長手方向を平行にして、 $Y_3$  と  $Y_2$  の列上に敷設されている。くい抜機は  $(X_1, Y_3)$  から  $(X_2, Y_2)$  の範囲に駐機されていた。他 3 枚は先の敷鉄板にほぼ直交する向きに配置され、 $X_2$  列上の  $Y_2$  から  $Y_1$  の間に敷設されていた。この中の「敷鉄板(A)」には明確な沈下が見られた。履帯は「敷鉄板(A)」の端部に位置していたため、接地圧の分散効果は中央載荷時に比べて、大きく減少していた。

先行して実施された建物の解体では、杭に連結されていた地中梁基礎が解体された。この地中梁は  $X_2$  列上と  $X_3$  列上にも存在していた。この地中梁は深さ 1.5m 程度の深さに設置されており、この撤去のために地盤が掘削された。掘削部は残土によって埋め戻されたため、この部分はセメント安定処理されていない。従って、杭が引き抜かれた部分がセメント安定処理により養生されていたことに比べて、転倒した位置は明らかに支持力が低い条件であった。



### 2.2.3 転倒後の様子

写真 2-2-2 は転倒したくい抜機を上空から撮影したものである。左前車軸に大きな沈下が見られ、これに伴って敷鉄板の他端が浮き上がっている。このことから、左履帯は敷鉄板の端部に位置した状態で沈下したことがわかる。

オペレータは当時の状況を次の通り述べている。「機体の傾斜が増加するに伴って、履帯が敷鉄板の上をスリップしたように感じた。地盤が沈下したことにすぐに気づいた。機体を後退させようと思ったが、転倒が早く何もできなかった」とのことである。

機体のリーダーに取り付けられた施工用装備のオーガは、転倒により先端が地盤に貫入している。

写真 2-2-3 は転倒したくい抜機を後方から撮影したものである。左前車軸の沈下量は履帯の幅程度であることから、その値は 76cm 程度と推定される。一方、左後側車軸には沈下の発生が見られず、むしろ浮き上がっている。従って、くい抜機は側方に転倒しているものの、その不安定化は左前側の車軸付近に発生した沈下を原因とするものであったことがわかる。

写真 2-2-4 は転倒したくい抜機周辺の様子を示す。敷鉄板の表面には擦過痕が見られる。この擦過痕の始点を結ぶ線が、左側履帯の端位置であったと推定される。機体傾斜の増加に伴い、敷鉄板に作用する荷重が大きくなり、沈下はさらに増加したことが考えられる。その結果、転倒後には履帯が敷鉄板の外側に脱落し、大きく地盤が沈下したと推定される。



写真 2-2-2 転倒位置付近の状況



写真 2-2-3 転倒直後のくい抜機を後方から見た様子

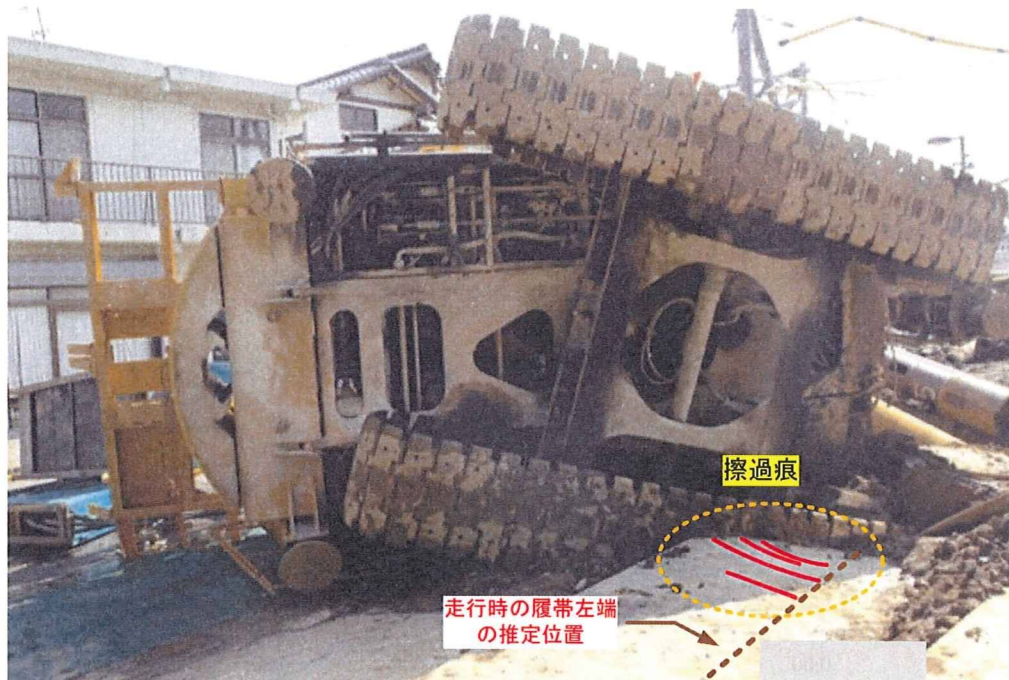


写真 2-2-4 敷き鉄板に観察された擦過痕



写真 2-2-5 沈下部周辺に見られた軟弱な地盤

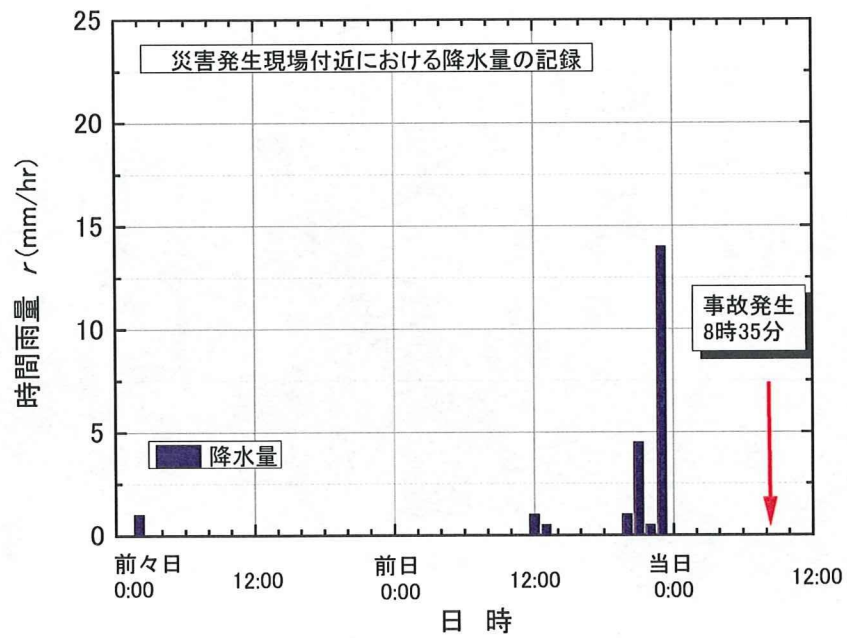


図 2-2-5 災害発生現場付近における降雨記録

写真 2-2-5 は沈下部周辺の地盤状況である。土の含水比は高い状態にあることがわかる。敷鉄板と共に左側車軸部が大きく沈下しており、沈下の原因は地盤の支持力不足によるものと見られる。

図 2-2-5 は災害発現場付近において記録された降雨データである。発生前日の10月14日19:00頃より時間雨量が10mmを超える比較的強い降雨が記録されている。翌日の発生当日は晴天であった。作業員は当日の朝に行った現場内の見回りについて、様子を次の様に述べている。

「作業開始時に数人で現場内を踏査し、目視で地盤状態を確認した。地中の水分は既に排水されて硬く、十分に強度を有しているように見えた」

しかしながら、写真 2-2-5 からは、沈下部分の土は明らかに含水状態が高く、地盤の内部は軟弱であったことがわかる。

## 2.2.4 くい打機の安定性

### (1) 安定度の確認

2.1.4 節で前述している通り、くい打機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。

表 2-2-3 にくい打機の諸元を示し、これに基づいて計算した機体の前方と後方、そして側方の安定度を算出する。その結果、くい抜機の前安定度は 7.9 度、後安定度は 17.2 度、側方安定度は 12.6 度であることがわかった。全ての値は構造規格に定められた条件を満足しているが、前安定度については相対的に余裕が少ない条件であった。

表 2-2-3 くい打機の諸元

水平方向の重心位置 ( $G_x$ )	0.51m
鉛直方向の重心位置 ( $G_y$ )	6.12m
タンブラー間距離 $L_a$	3.68m
前方転倒支点 $A$	1.37m
後方転倒支点 $B$	1.39m
側方転倒支点 $C$	1.37m

### (2) 履帯面に働く接地圧力とティッピング時の集中接地圧

2.2.2 項で前述した通り、くい打機の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。

くい抜機が自走した際の重心位置を考慮し、2 つのオーガとそれぞれにケーシングを搭載した機体の全質量 65.6 トンを用いて接地圧の計算を行うと、当該くい抜機の履帯より、地盤に働いた最大接地圧力の値は 324(kPa) と推定される。

履帯下面の高低差に起因するティッピング時における進行方向成分の機体傾斜を考慮し計算すると、その値は 900(kPa) となり、ティッピングを考慮しない場合に比べ、約 2.8 倍に増加しており、機体が傾斜して転倒に至る過程には、機体を支持する地盤にも多大な負荷を与えることがわかった。従って、この接地圧力の増加は沈下を増加させ、その結果、機体はさらに傾斜して不安定化する。

### (3) 敷鉄板による圧力の分散効果

敷鉄板等を敷設した上に重機を設置する場合は、履帯の接地圧力が分散されるため、支持地盤に働く正味の載荷圧力は低減される。

当該現場では 22mm 厚の敷鉄板が 1 枚敷きで使用されていた。現場地盤における浅層の強度は N 値が 3 程度であった。従って、荷重分散率は 0.38 となる<sup>7)</sup>。

支持地盤に働く接地圧力の比較を表 2-2-4 に示す。接地圧力の値を 4 つの条件に分けて示す。履帯に生じる値( $q$ )はくい抜機を直接、地盤に接地させた場合を意味する。この  $q$  は JIS 基準における「 $e>L/6$ 」条件に相当し、その値は 324kPa である。一方、敷鉄板により養

生じた場合は接地圧力が分散され、その値( $q_n$ )は 120kPa 程度に低減される。一方、履帯下面の高低差を考慮して計算したティッピング時における接地圧力は 900kPa であるが、敷鉄板を使用した場合は 333kPa である。

表 2-2-4 支持地盤に働く理論接地圧力の比較

		接地圧力(kPa)	
		$q$ (履帯に生じる値)	$q_n (=0.37*q)$ (敷鉄板による分散後の値)
機体の 安定状態	$e > L/6$ (JIS 基準)	324	120
	ティッピング時	900	333

写真 2-2-6 は当研究所で行った実験の様子を示す。この実験では模型の敷鉄板に対して異なる位置で荷重を載荷し、偏心の増加による支持力の減少を調査した<sup>8)</sup>。

長辺  $d$  と短辺  $b$  の模型の敷鉄板に幅 3cm の曲面状の載荷点を押し当てた。中央載荷による極限支持力を基準に、偏心の増加による変化を比較した。

図 2-2-6 は偏心載荷と地盤支持力の関係を示す。敷鉄板の長辺と短辺に対するそれぞれの偏心を  $e_d$  と  $e_b$  として与えた。図 2-2-6 の左側に極限荷重比( $R_u$ )と偏心割合( $R_e$ )の関係を示す。 $R_u$  は中央に載荷した場合の極限支持力( $P_{e=0}$ )に対する偏心載荷時の極限支持力( $P$ )の比である。 $R_e$  は中心から頂点までの距離( $e_{max}$ )に対する中心から載荷点までの距離( $e$ )であり、 $e$  は  $e_b$  と  $e_d$  の 2 乗の和の平方根である。 $R_u$  は  $R_e$  の増加に伴って減少する傾向を示す。次に、 $R_e$  が 0.4 では  $e_b$  が  $3b/8$  の場合が 0 の場合に比べて小さく、頂点側に載荷が偏心すると極限支持力の減少がより顕著である。

写真 2-2-7 より明らかなとおり、敷鉄板は 1 枚敷きである。さらに、沈下した履帯は敷鉄板の端部に位置していた様子が見られる。従って、分散効果が低かったために支持地盤に働いた接地圧力は増加したと考えられる。



写真 2-2-6 敷鉄板模型に対する異なる位置の載荷実験の様子

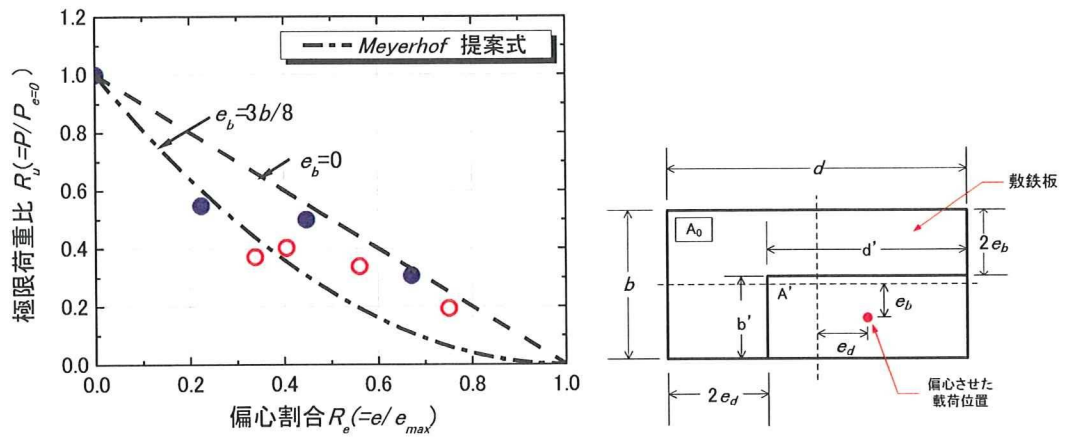


図 2-2-6 荷重の偏心載荷と地盤支持力の関係(左：実験結果，右：載荷の偏心条件)



写真 2-2-7 くい抜機の敷鉄板に対する履帯の載荷位置

## 2.2.5 まとめ

当該現場で発生したくい抜機の転倒原因とその施工における問題点は以下の通りと考えられる。

### (1) 外力的要因

#### 1) 安定度の余裕不足

転倒したくい抜機の安定度は前方の値が最も小さく、7.9度であった。この値は車両系建設機械構造規格に定められた5度以上の基準を満足するものであったが、十分な余裕を有するものであったかは疑問が残る。杭基礎の引き抜き工事では掘削や埋め戻しにより地盤には傾斜や硬軟を生じやすく、その結果、機体の水平度は減少することが多い。すなわち、機体の安定度は減少する。これに加えて、施工位置への自走では機体に揺動が生じる。トップヘビーな構造を有するくい抜機では揺動が機体を動的に不安定化させる。

### (2) 耐力的要因

#### 1) 潜在的な現場地盤の不安定性

くい抜き工事では掘削と埋め戻しが行われ、現場内の支持力には差を生じる。転倒が発生した箇所は、地中梁が撤去され、土で埋め戻されていた。くい抜機のような大型機械を設置する場合は、表層安定処理と敷鉄板を併用した地盤養生が一般的である。当該現場では、杭を引き抜いた箇所については表層部をセメント安定処理し、敷鉄板を敷設していた。しかし、地中梁を撤去した部分については土を埋め戻し、その上に敷鉄板が敷設されたのみであった。従って、支持力は低い状態であった。

加えて、浅層混合によるセメント安定処理では、その強度にバラツキを生じやすいことが知られている<sup>9)</sup>。処理が不十分な箇所では期待した支持力が得られず、くい抜機の安定性は減少する。また、本件も含めて都市部の工事では旧建築物の解体を伴う場合が多く、表層付近の土質や強度が不明確となる場合も多い。従って、基礎工事には支持地盤の不安定性による転倒の危険も潜在すると考えられる。

#### 2) 敷鉄板による地盤養生と移動荷重の分散性

敷鉄板による接地圧力の分散効果は、それに対する荷重位置によって変わる。くい抜機等の大型基礎工事用機械は現場内を移動して施工するが、この移動時における接地圧力の分散は安定性を左右する重要な要因となる。

本災害では、いわゆる一枚敷きの方法が採用され、敷鉄板は並べて敷設されていた。その結果、端部に荷重が載荷された場合は分散効果が低下し、接地圧力は増加した。すなわち、中央部に対する荷重の場合と端部に対する荷重の場合では、支持力に差が大きく生じる条件であった。また、中央から端部への移動に伴う分散効果の減少が急激に生じると、くい抜機の傾斜にも速度を与え、動的な不安定化が生じる。



### 3) 降雨による土の軟化

土の含水状態はせん断強度を左右する重要な要因である。土のコンシステンシーは含水比の増加に伴って固体、塑性、液体の順に変化する。そして、各状態間の限界における含水比をそれぞれ塑性限界( $w_p$ )と液性限界( $w_L$ )という。さらに不飽和土は最適含水比( $w_{opt}$ )において、その密度が最大となり、そのせん断強度も最大を示す。従って、含水比が液性限界に近づくと、土は軟化する。

発生日は、地盤は相当に軟化した状態であったと推察できる。埋め戻し土の存在に加えて、降雨の影響が重なり、現場地盤の支持力は大きく低下していたと思われる。

### (3) 作業計画の不備等による要因

#### 1) 支持地盤の安全確認の不足

支持地盤の安定性に関する確認が十分ではなかった。くい抜機を設置する場合は、支持地盤の安定性を十分に確認する必要がある。自重が数十トンに達する、くい抜機の安定性を、目視や踏査のみで判断することは現実的に難しい。施工中の現場地盤の支持力は掘削の有無などにより変化する。

#### 2) 地盤養生に関する施工計画の不備

地盤養生が統一的な方法で実施されていなかった。杭が引き抜かれた後の削孔は、土で埋め戻され、さらに表層はセメント安定処理が施されていた。一方、建物を解体した際には、地中梁を撤去するために掘削が行われた。しかし、この部分は土で埋め戻されたのみであり、セメント安定処理が行われていなかった。

従って、異なる地盤養生が実施されたために、現場内の支持力には差が生じていた。さらに、安定処理土に比べて埋め戻し土は含水比の増加によるせん断強度の減少が大きい。そのため、沈下を生じやすい状況が重なっていた。

#### 3) 杭抜き工事の安全に関する検討不足

杭抜き工事に関する機械の安定設置に関する検討については、施工計画書に定性的な注意が述べられているものの、接地圧力と地耐力の比較に基づく定量的な検討が見られない。

## 2.2.6 再発防止対策について

### (1) 安定度の確認

車両系建設機械構造規格では、くい打機及びくい抜機の安定度を5度以上と定めている。しかし、その値は水平堅固な地盤に対する設置を前提としたものである。くい抜機の設置に伴って地盤に生じる不等沈下は、くい抜機を傾斜させる。さらに凹凸のある地盤を自走すると機体は揺動する。この揺動はくい抜機を動的に不安定化させる。

従って、施工中のくい抜機には安定度を減少させる要因が潜在している。そのため、機体の安定度には、この減少を補うための十分な余裕を予め与えておく必要がある。

### (2) 履帯に生じる接地圧力の検討

基礎工事用の機械は大型であり自重も大きい。設置地盤の支持力は機械の安定を左右する重要な要因である。設計上の外力、すなわち接地圧力については、機体の安定度に基づいて計算される。しかしながら、事故機の履帯構造は、駆動輪と従動輪のそれぞれの下面が中央部の補助輪の下面に比べて僅かに上方に位置している。すなわち、前部と後部の履帯面は中央から少し上側に傾いた構造となっている。その結果、くい抜機が前後方向に傾斜するティッピング状態では、履帯の接地面積が減少する。その結果、接地圧力は増加する。従って、接地圧力の最大値は、ティッピング状態の履帯に働く値となることをふまえ、支持地盤の安定性を検討する必要がある。

### (3) 設置地盤の養生の実施

杭基礎の工事では埋め戻した部分を、くい抜機が移動する場合があります。沈下防止のための確実な地盤養生を実施することが必要である。支持地盤の養生では、その効果を左右する要因が存在する。一つは浅層混合によるセメント安定処理に関するものである。せん断強度の値は処理方法に起因したバラツキを生じやすい。目標強度を得るためには確実な処理を実施するとともに、適切な余裕を見込むことも必要である。もう一つは、敷鉄板による圧力の分散効果に関するものである。分散効果は載荷位置によって異なる。分散効果を高め、この変動を小さくするためには、隣り合う敷鉄板を架橋するように重複配置させることが有効である。従って、地盤養生については予め十分な対策を計画し、確実に実施することが必要である。なお、敷鉄板の敷設方法の違いが接地圧力の分散効果に与える影響は原地盤の条件にも関係するため、今後研究による解明も必要である。

### (4) 安定設置と支持力安全率に関する検討

くい抜機の安定設置に必要な沈下量の閾値や支持力安全率については、定量的な基準が定められていないが、当研究所の安全資料<sup>10)</sup>では、移動式クレーンの安定設置に必要な支持地盤の安定要件を述べており、この中で支持力安全率の値を提案している。荷をとり上げた状態にある移動式クレーンはトップヘビーな構造を有するため、支持地盤の

破壊によってアウトリガーに生じる沈下量と沈下速度の違いが安定性を左右する。機体と地盤の相互作用による転倒メカニズムと両要因の不確実性を考慮した検討がなされており、脆性的な破壊により急激な沈下の可能性がある地盤の支持力安全率を 3.0 以上、延性的な破壊による緩慢な沈下を生じる地盤の支持力安全率は 1.5 以上とすることを提案している。くい抜機は移動式クレーンと同様にトップヘビーな構造を有することから、両閾値に基づいた措置が安全上有効と考える。

#### (5) 基礎工事の安全化

施工現場の地盤養生については、安定要件の基準化を求める声も聞かれる。古い建築物の解体工事では、埋め戻し等によって土質条件や埋設物の状態、ならびに表層地盤の支持力は不明確な場合も多い。しかしながら、現場地盤の養生基準は明確でなく、十分な費用も積算されていない現状がある。基礎工事の安全化には、定性的な注意に加えて定量的な基準を示し、事業者が具体的な対策を講じられるようにすることも必要と考えられる。また、降雨や地震などの想定外の問題が生じた場合は、地盤調査による支持力の確認が必要である。

### 2.3 参考文献

- 1) (社)日本材料学会：ソイルミキシングウォール(SMW)設計施工指針(改訂版)，2002.
- 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：地盤工学ハンドブック，pp.1236-1262，1999.
- 7) 改訂移動式クレーン・基礎工事用機械の転倒防止指針：大成建設株式会社，pp.15-30，1993.
- 8) 堀 智仁，玉手 聡：敷鉄板の載荷位置と地盤支持力に関する模型実験，平成21年度土木学会全国大会，2009.
- 9) セメント系固化剤による地盤改良マニュアル(第二版)：(社)セメント協会，pp.49-87，2000.
- 10) 玉手 聡：移動式クレーンの安定設置に必要な地盤の支持力要件，産業安全研究所研究資料，NIIS-SD-No.22(2006)，2006.