

砂質火山灰でのH型P C杭の施工

—清田団地擁壁—

東京支店	土木工事部	田中忠好
東北支店	札幌営業所	竹内輝

概要：本工事は、札幌市で計画されていた清田9条3丁目と清田9条2丁目を結ぶ道路建設の一環として、擁壁の一部にH型P C杭を用いた工事である。北海道という地域特性から、高価なP C a P C部材の採用にあたっては、発注者の高度な要求事項が存在する。これらを満足するため、リスクマネジメント手法によって、事前に具体的なリスクを把握し、①リスク対応方針の決定、②リスクアセスメントの実施、③対応策の検討を行った。その結果、発注者の要求事項を満足し、無事故・無災害で工事を完遂することができた。また、対策の大部分で経済性とのトレードオフの関係にあったが、これらの最適化を行うことで、工事利益についても、確保することができた。本工事で、実施したリスクマネジメント手法の事例を紹介し、今後のH型P C杭の同種工事の参考となるよう情報の水平展開を行うものである。

Key Words：砂質火山灰、杭頭変位量、施工基面

1. はじめに

札幌市清田区は、札幌市の南東に位置し、市街地への通勤圏であることから札幌市のベッドタウンとして住宅地の整備が計画的に進められてきた。人口も年々増加し、1997年に札幌市豊平区より分区し札幌市清田区が誕生した。人口の増加には社会資本整備が不可欠であり、清田9条3丁目と清田9条2丁目を結ぶ道路整備が計画された。本工事は、その一環として道路整備に伴う擁壁築造工事であった。工事の要求事項として、1)隣接する北海学園グラウンドの敷地境界を侵さずに工事を進めること、2)豪雪地帯のため夏場に工事が完了するよう工期短縮を行うことであった。我々は、これらを満足する施工法であるH型P C杭を提案し、その施工を行った。

H型P C杭は、すでに14件の施工実績を積み重ね、ナレッジマネジメントの実施により暗黙知が形式知として整理され、設計・施工マニュアルとして整備されてきた。その結果、施工速度の向上やトラブルの減少に繋がっている。一方で、H型P C杭の施工は、土質条件に非常に影響され、土質によるトラブルは絶えない。本工事での対象土質は砂質火山灰であるが、過去の施工実績が見あたらなかった。そこで、我々は、事前にリスク管理を実施し、リスクの分析・評価を行い、その対応策を検討し、施工を行った。本稿では、リスク評価、リスク対策、リスク対策によるその効果、施工上の問題点と対策について述べる。



田中忠好



竹内輝

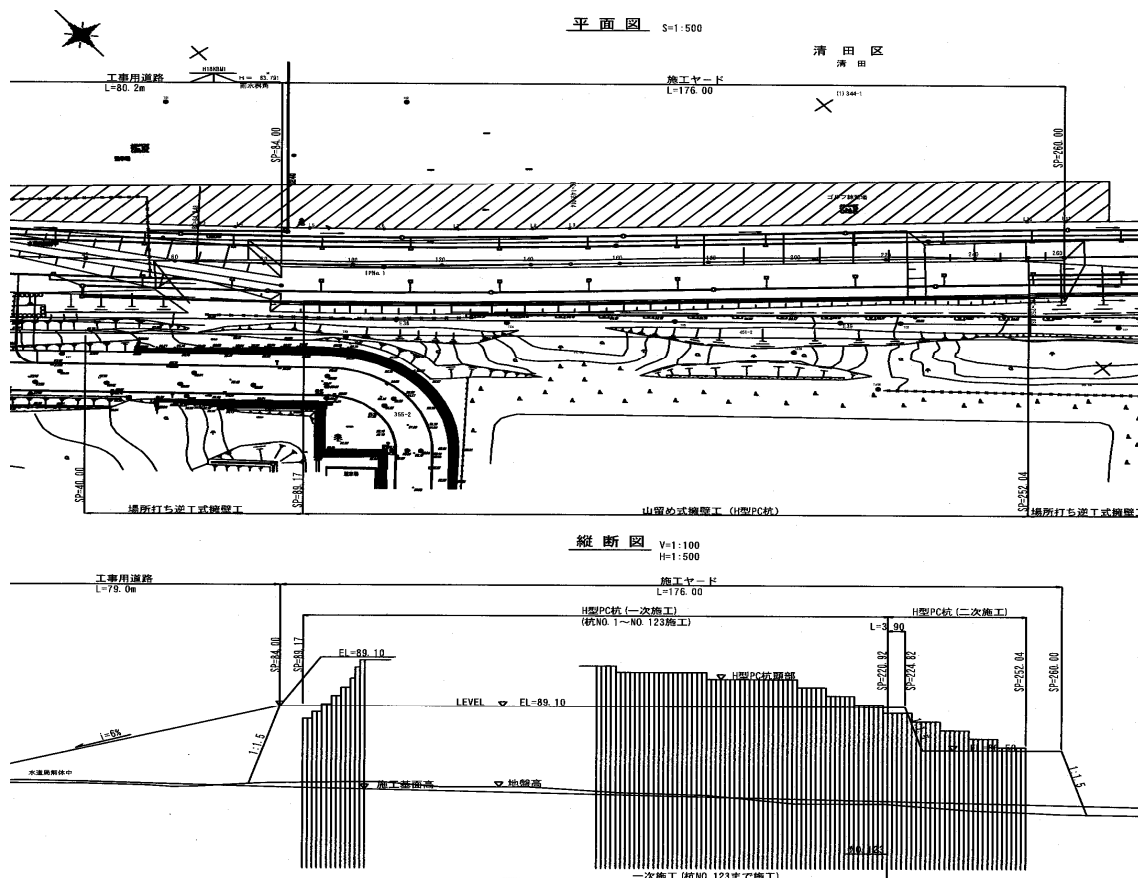


図-1 一般図

2. 工事概要

本工事の概要を以下に示す。

工 事 名 清田団地 75 号線 (清田 344 番地先) 擁壁新設工事

発 注 者 札幌市建設局土木部工事課道路工事三係

元請業者 杉原建設株式会社

全体工期 平成 21 年 5 月 18 日～平成 22 年 3 月 13 日

施工工期 平成 21 年 6 月 11 日～平成 22 年 1 月 31 日

規 模 H-540A1 (10.0m～10.5m) 12 本

H-540B1 (11.0m～13.0m) 10 本

H-540B2 (11.0m～12.0m) 18 本

H-740B1 (14.0m～16.0m) 112 本

計 152 本



写真-1 完成写真

3. リスク評価

3.1 リスク評価

本工事では、リスク対応方針を「H型P C杭の変位により道路幅員を侵すこと」、「H型P C杭打設時の不適切な施工基面の計画による杭打ち機の転倒」とした。

4. リスク対策

4.1 H型P C杭前面掘削時の計測施工の実施について

H型P C杭の自立擁壁タイプの設計は、部材の検討、杭頭変位量の検討、断面力の検討に大きく分けられる。杭頭変位量の検討にあたっては、土圧算定時の土質定数と地盤バネ算定時の変形係数が大きく影響する。これまでの施工実績では、砂質土および粘性土での土質定数、変形係数を用いて設計された杭頭変位量は、実施工の値とほぼ一致することが確認されている。しかし、本工事での対象土質は砂質火山灰であり、設計の杭頭変位量と実施工の値が一致するかが不確定であった。さらに、設計壁高が 9.3m あり、リスクを増大させる要因があった。本工事の対象土質である砂質火山灰と一般的な砂質土との土質定数・変形係数の比較を表-1に示す。

表-1 土質定数・変形係数の比較

	N	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	C (kN/m ²)	α	E_0 (kN/m ²)	$\alpha \cdot E_0$ (kN/m ²)
砂質火山灰	28.5	11	2	36	0	4	28000	112000
一般的な砂質土	28.5	18	9	30	0	1	79800	79800

掘削施工は、1m ずつ全体を均一に掘削する計画とした。施工中は、測点(20m)毎に杭頭変位量の推移を計算値と比較しながら計測施工を実施することとした。さらに、H型P C杭背面の盛土法面についても、沈下量測定および変位量測定を行い、杭頭変位量と合わせて総合的に判断を行う計画とした。また、杭頭変位量の許容値を定め、これを超えた場合の緊急時連絡体制およびその後の対応策を緊急時対応マニュアルとして整備した。

4.2 H型P C杭打設時の施工基面の見直し

4.2.1 施工基面の計画ミスについて

H型P C杭のマニュアルによると、H型P C杭の杭頭は施工基面(機械設置面)から 1.3m の高さまで打ち込みが可能としている。この規制値は、スライド金物の下端位置、および導棒と接統治具との関係により決まっている。本工事では、杭背面の盛土状況を考慮し、杭周辺を溝掘りする計画とした。施工基面のマニュアル上での標準的な計画と本工事での溝掘りでの計画を図-1に示す。本工事の溝掘りでの計画は、溝掘りの際の法肩がキャタピラー近接位置にまで達しており、三点式杭打ち機転倒のリスクが発生する。またスライド金物下端位置に制限があるため杭頭キャップの長さが不足する。そこで、施工基面を 0.5m 程度下げ、不足している杭頭キャップをボルトにて接合した。

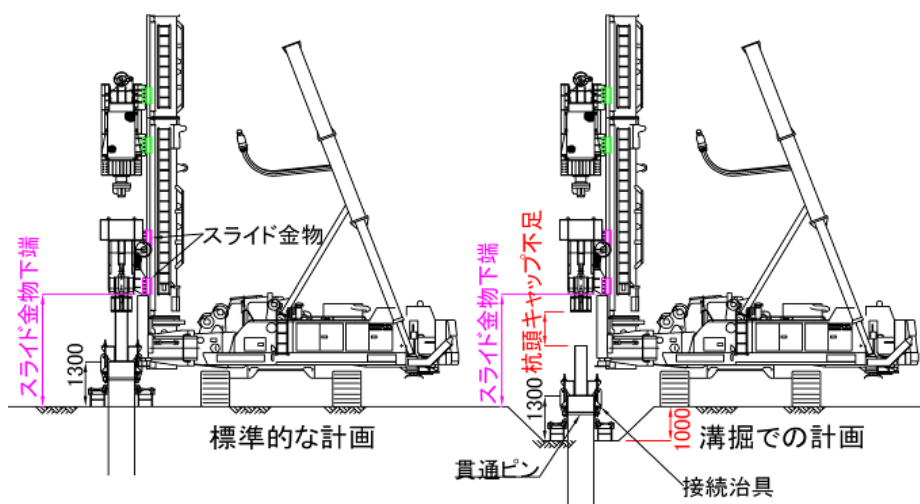


図-2 施工基面の計画

4.2.2 急激な杭頭の段差について

本工事の始点部では、杭天端高さが12本で約3.5m下がる設計であった。マニュアルに則った一般的な施工基面の考え方では、最も杭天端が低いNO1の杭を基準に計画する。しかし、本工事では工事用道路との高さ関係から、施工基面を下げる事が出来なかった。そこで、杭打設時は、設計杭長より、500～1000mm長い杭を打設し、掘削時に杭頭部をウォールソーにより切断する計画とした。始点部側面図を図-3に、ウォールソーによる切断状況を写真-2に示す。



写真-2 切断状況

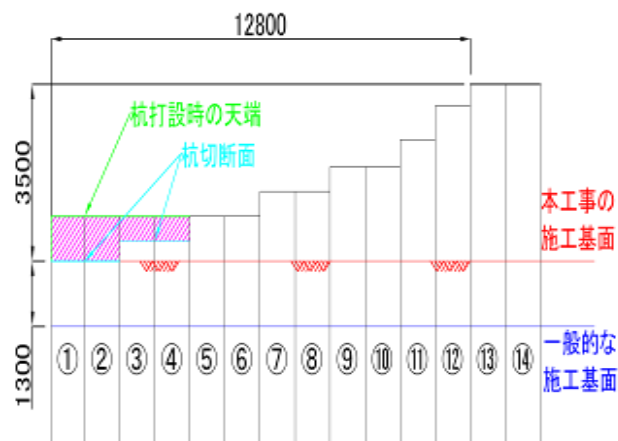


図-3 始点部側面図

5. リスク対策によるその効果

5.1 H型P C杭前面掘削時の計測施工の実施について

各掘削深さにおける杭頭変位量計測結果を図-4に示す。

道路の品質確保のため、路床・路盤は一括した施工が必要なため、今回の掘削施工は、設計地盤面+1.0mまでとした。測定値と比較するため、計算値も設計地盤面+1.0mでの値をフレーム計算により算出した。計測結果より、最も大きい杭頭変位量は、測点SP140での5.0mmであった。これは計算値の20.3mmに対し、24.6%の値であった。他の測点でも計算値を大きく下回る結果となった。以上より、砂質火山灰においても、実施工での杭頭変位量は、設計値以下となることが確認された。一時的ではあるが、路盤整正時はさらに約1.0m掘削するため、引き続き計測管理を継続することとした。

5.2 H型P C杭打設時の施工基面の見直し

5.2.1 施工基面の計画ミスについて

杭頭キャップの長さを追加した際、スクリー長の見直しを行わなかったため、接続治具の貫通ピンとスクリー羽が干渉してしまった。スクリー羽をガス切断することで対応したが、初期の施工基面の計画ミスが影響する結果となった。

掘削深さにおける杭頭変位量 (mm)

掘削深さ	測定日	測点				
		SP120	SP140	SP160	SP180	SP200
掘削開始前	2010. 4. 26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
設計地盤面 +2.0m	2010. 6. 7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
設計地盤面 +1.0m	2010. 7. 6	3.0	5.0	4.0	2.0	1.0
設計地盤面 +1.0mでの計算値		24.0	20.3	18.6	14.2	16.3
設計地盤面での計算値		38.3	32.7	30.2	24.2	26.9
設計壁高(m)		9.30	9.05	8.79	8.55	8.30

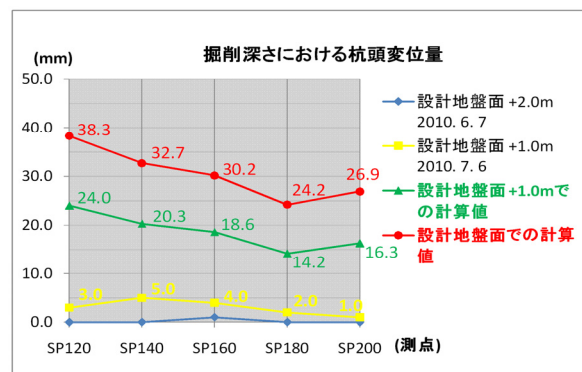


図-4 杭頭変位量計測結果



写真-3 貫通ピンの干渉

5.2.2 急激な杭頭の段差について

施工基面が下げられない場合の対応策として、今回は有効な方法であったと言える。施工比較表を表-2に示す。これは、切断本数が4本と少なかったことが影響している。今後は、切断本数が増加しても有効な対応策となるよう、切断部の断面検討を行い、コストダウンを図るべきである。

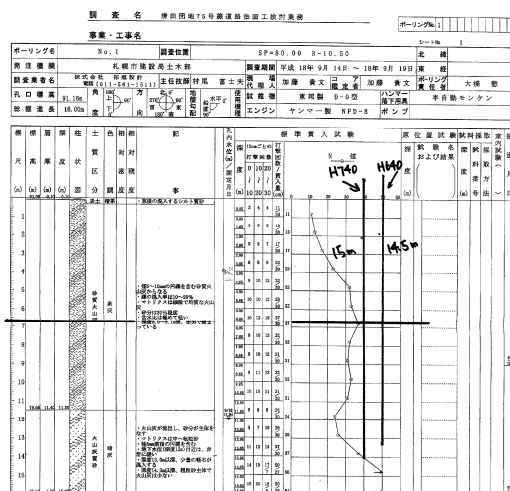
	工期	工費
通常施工	1.0	1.0
切断施工	1.1	1.2

表-2 施工比較表

6. 施工上の問題点と対策

施工対象地盤は、砂質火山灰でN値<40であったため補助工法の必要性はないと判断し、施工を開始した。しかし、微粒～細粒の均質な火山灰であり、深度の増加とともに締まり具合が高まり（硬質になる）固結度が高い土質であり拡翼ヘッド等の磨耗が激しく、修理・交換等に時間を費やし施工が全然進まなかった。ボーリング柱状図を図-5に示す。

ボーリング柱状図



ボーリング柱状図

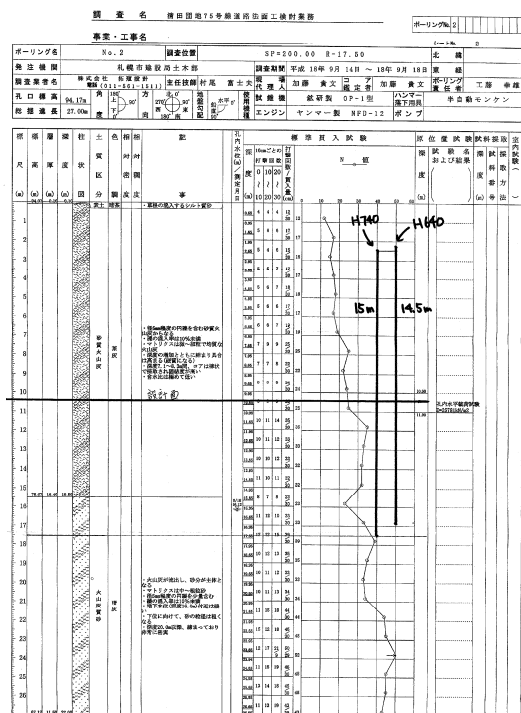


図-5 ホーリング柱状図

6.1 拡翼ヘッド

拡翼ヘッドの拡翼羽を 2 枚で施工を開始したが、数メートル掘削したのち破損した。予備の拡翼ヘッドと交換し、再度施工を開始したが再度破損してしまう。火山灰の施工実績のある他支店や本社の支援を受け、拡翼羽（亀のこ状タイプ）を 4 枚にして施工を開始した。結果 2 枚羽では殆んど掘削が出来なかったが、4 枚羽では 1 日平均 4 本位施工することが出来た。拡翼ヘッドについては、土質によって向き・不向きがある。施工前の検討を慎重に行う必要がある。

(土質的にシラスと火山灰の堅さの相違がある)



写真-4 拡翼羽(2枚)



写真-5 拡翼羽(4枚)

6.2 スクリュー

スクリューは $\phi 280$ を標準としていたが、H540 タイプには適していた。しかし、H740 タイプには遊びがあり垂直に沈設することが困難であった。また遊びがありすぎ拡翼ヘッド同士が接触し破損してしまう。そこで H740 タイプには $\phi 350$ (スクリュー・拡翼ヘッド) を準備し施工をおこなった。

スクリューについては、H540 タイプに $\phi 280$ は適していたが、H740 はタイプによってガイド部の厚みが異なるので事前に検討が必要である。



写真-6 H740 タイプにスクリュー径 $\phi 280$



写真-7 H740 タイプにスクリュー径 $\phi 350$

7. まとめ

本工事では、リスクマネジメント手法によって具体的なリスクを把握し、作業員を含めた関係者とのリスクコミュニケーションを通して、リスクの低減とトレードオフの最適化を行うことで、発注者の要求事項を満足することができた。しかし、H型PC杭の施工においては、初期の仮設計画・機械計画が非常に重要であることを実感した。また、コスト削減の追求は安全や品質の確保が大前提であり、創意工夫によって実現しなければならない。今後も、物理的、人的、経済性の各面でのリスク対策を十分検討し、施工に臨んでいきたい。

本工事の施工中、ご指導頂きました本社・各支店の関係者の皆様に、本紙上をお借りしましてお礼申し上げます。また、本報告が、今後のH型PC杭の施工の一助になれば幸いです。