

鋼管ソイルセメント杭の施工上の留意点と対策

東京土木施工管理技士会
奥村組土木興業株式会社

臼 杵 康 雄[○]
Yasuo Usuki

監理技術者
梅 山 純 司
Junji Umeyama

現場代理人
山 脇 真 悟
Shingo Yamawaki

1. はじめに

杭の施工は地中深く掘削し、杭をその場で造成もしくは挿入する方法で行われる。掘削・造成(挿入)・支持層確認などの全てにおいて目視確認ができないため、施工の確実性を高めるための様々な工夫・改良がなされてきている。このような中で環境やコストをキーワードとする工法が採用されることが多くなってきている。工法の選定においては、事前のボーリング調査結果から、工法の長所・短所により最適な工法が選択されているが、実際の施工では、予期しない条件などで施工中にトラブルが多いのも事実である。

当工事で採用されていた鋼管ソイルセメント杭工法は、打込み杭に対して騒音・振動が低減され、中掘杭や場所打ち杭に対して建設発生土が低減され、周面摩擦力度の差から、杭本数・杭長の低減、杭径の小径化が図られている。また、ソイルセメント柱を有効径とした高い支持力を発揮し、場所打ち杭を上回る周面摩擦力、中掘り杭と同等の先端支持力が得られ、原位置攪拌によりソイルセメント柱を造成するため、周辺地盤への影響が少なく、掘削残土を低減できる。地盤条件に対する適用性が高く、被圧地下水に対しても適用が可能である。最大杭径：φ1,600mm、最大深度：L=67mの実績がある。

当工事では、設計段階で採用された「鋼管ソイルセメント杭工法」による施工を行うにあたり、当現場での現地条件から想定されるトラブルと対策について報告する。

工事概要

当工事は、京都と和歌山を結ぶ京奈和自動車道約120kmのうち御所区間に位置する川西町630mと観音寺町150mにあたる暫定二車線の橋梁下部工事である。

当工事は、下部工を構築する工事であり、基礎杭造成時のトラブルが工程遅延へ繋がるため、杭施工前にトラブル事例や当社での施工事例(国土交通省・ネクスコ)を参考に現場条件を考慮し、問題を抽出し、対策を立てることになった。工事概要を次の表-1に示す。

表-1 工事概要

工事名	大和御所道路観音寺高架橋下部工事
発注者	国土交通省 近畿地方整備局 奈良国道事務所
受注者	奥村組土木興業株式会社
工事場所	自) 奈良県橿原市川西町 至) 奈良県橿原市観音寺町
工期	自) 平成19年11月6日 至) 平成21年10月31日(724日)
工種	橋梁下部工 21基 鋼管ソイルセメント杭工 151本 (杭径φ1200・杭長13.5m~26.0m)



写真-1 鋼管ソイルセメント杭造成中

2. 現場における課題

鋼管ソイルセメント杭の施工にあたり、以下の条件を考慮する必要があった。

- ・地元条件から作業時間が8：30～17：00と制限されていた。
- ・施工位置に隣接した精密機械工場に対して騒音・振動による影響がないようにしなければならなかった（写真-2）。
- ・水田に囲まれており、工事発生水が流出しないようにする必要があった。
- ・従来の杭心の出し方では確実性が低く、精度にばらつきがあった。
- ・ジャストポイントでのボーリングを実施した結果、砂主体の地盤であることと地下水位が杭頭部より高いことが確認された。
- ・一般的なトラブル事例に、杭頭付近のソイルセメントの沈下や造成不足があった。
- ・一般的なトラブル事例に、杭頭補強鉄筋の溶接部の仕上がりが不良があった。



写真-2 周辺の写真（精密機械工場）

3. 対応策と適用結果

当工事での課題と問題点に対する対策を表-2に示す。

① 近接施工時の対応

杭施工位置から精密機械工場までの離隔は11.5mと小さく、施工時に生じる騒音・振動による影響が懸念された（図-1）。施工前および施工中において、騒音・振動の測定を実施した。測定の結果、振動値は規制値（75dB）を超えることがなかったため、振動についての対策は別段行う必要はないと判断した。騒音については、官民境界沿いで規格値（85dB）を超えたため、防音シート（横10m・高さ3.6m）（写真-3）を設置した。また、杭打ち機後部に取り付けられている発電機からの騒音を低減するため防音シートで覆った。

表-2 課題・問題点と対策

課題・問題点	対策
① 精密機械工場に対する近接施工	計測結果に基づき対策を選定した
② 水田への工事発生水による影響	pH および濁水処理設備を設置した
③ 口元管設置時の杭心のずれ確認	アクリル板で杭中心のずれを測定するようにした
④ ジャミング対策	ソイルセメントの配合を変更した
⑤ ソイルセメントの沈下及び造成不足	余剰ソイルの除去高を調整した
⑥ 杭頭補強鉄筋溶接確認	溶接の出来形と浸透探傷試験を実施した

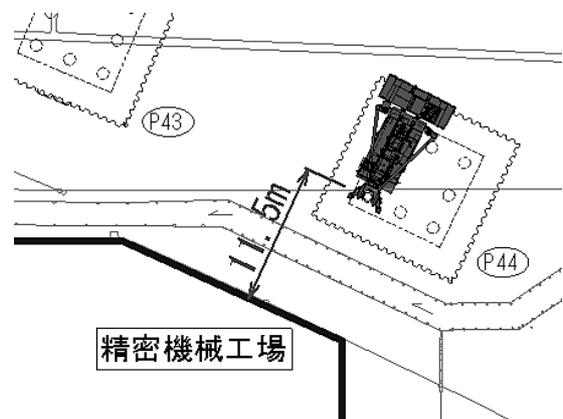


図-1 精密機械工場と施工箇所との距離



写真-3 防音シートの設置

② 発生土と水の処理

鋼管ソイルセメント杭の造成では、地山とセメントミルクとが攪拌された土が排出される。排出された土はセメント分を含んでおり、アルカリ性が高いため水田などへ流入した場合の悪影響が懸念された。

田畑側と施工ヤードの境界部に沈砂池（写真-4）へ接続した素掘水路を設置し、容易に集水できるように施工基面から素掘水路側へ排水勾配をつけた。集水した水については、pH処理機でpHを調整した後に排水し、沈砂池に設置したフィルター材で濁度を下げ、放流した。杭残土については、降雨によってアルカリ性の高い水が発生する恐れがあったため、シートで覆った（写真-5）。



写真-4 沈砂池とpH処理機



写真-5 杭残土

③ 口元管設置時の杭心のずれ確認

従来の杭心の確認は、口元管を設置した後に栈木や足場板を利用して行っていたが、栈木の設置の仕方にばらつきがあり、再確認に時間がかかる、精度が低いなどの不都合が多かった。杭心位置確認の迅速化と精度向上のため、アクリル板（写真-6）により口元管の中心と杭心のズレを計測し、杭心出し治具で調整した。これによって、杭心の確認が容易になり、発注者に対する説明性が向上した。



写真-6 杭中心確認アクリル板

④ ジャミング対策

改良体の造成において、細砂層を貫通した場合、改良体の水分が失われ施工能率が大幅に低下する（ジャミング）恐れがあった。このため、全ての橋脚位置において、対策を検討するためのボーリング調査を行った。ジャミング対策として、細砂層の有無について検討し、対策として「配合変更」を採用した。また、ボーリング調査の結果から、地下水位についても確認し、配合変更時の参考とした。

ジャミング対策としては、セメントミルク自体の粘性を高め水分の逸脱を抑制する方法として、実績の多い増粘剤を添加することになった。増粘剤としては、実績の多いベントナイトを使用した。増粘剤の添加量を決定するために、ボーリング調査時に採取した試料を用いて配合試験を行った。採取した試料に対して、ベントナイトをそれぞれ0 (kg/m³)、15 (kg/m³)、30 (kg/m³) 添加し、一軸圧縮試験とベーンせん断試験の結果およびブ

リージング試験（写真-7）からベントナイトの添加量は「15 (kg/m³)」とした。



写真-7 ブリージング試験

⑤ ソイルセメントの沈下及び造成不足

一般的には、ソイルセメント柱造成後、鋼管を建て込み、余剰なソイルセメントを取り除いた後に埋め戻しを行う。しかし、埋め戻し土を投入するまでに孔壁から染み出た地下水がソイルセメント天端付近に滞留し、ソイルセメントの脆弱化や、杭天端高さが設計を満足しない、ソイルセメント柱の造成不足などの事例があった。

当工事では、ソイルセメントの出来形および杭頭部の品質を確保するために、設計高さより1 m程度高い位置までソイルセメントを余盛りした後、埋め戻す方法を採用した。床掘り時、ソイルセメント柱をカッターにより設計高さで切断した（写真-8）。

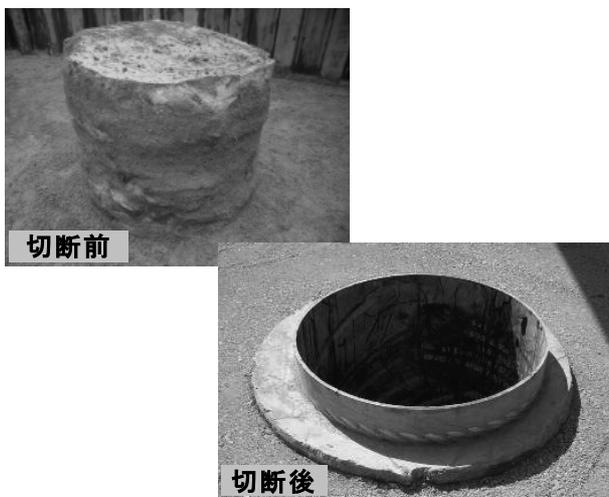


写真-8 ソイルセメント柱の杭頭処理前後

⑥ 杭頭補強鉄筋溶接確認

杭頭部の補強鉄筋を溶接により取り付けただけであっても、工事施工における管理項目とはなっていないため取り付け状況については確認されていない。トラブル事例では、杭頭補強鉄筋の溶接の仕上がり不良による再施工があった。

当工事では杭一本当たり16本の杭頭補強鉄筋があり、そのうちの2本については出来形測定と浸透探傷試験（写真-9）を実施して、不具合がないことを確認した。



写真-9 浸透探傷試験

4. おわりに

杭の施工では、不透明な部分が多く、トラブル発生時の対策が推測のうえに行われるため、杭自体の品質について不安になることがある。このようなことが少なくなるように、施工ステップでの現実性が高められるような作業方法・確認方法を決めたことで、トラブルを防止できたと考える。

杭施工においては、施工基面を確保することが重要となるため、バックホウ攪拌による地盤改良を行ったが、所定の改良が行われているかを、簡易支持力測定器（キャスポル）によって確認し、施工機械の安全性を確保するなどの配慮も必要であると感じた。また、余盛りしたソイル柱を切断処理してみると鋼管がソイル柱の中心からずれている杭があり、今後改善すべき課題の一つであると考えている。