

多種工法を組み合わせた鋼管杭の施工

－ JX 金属日立事業所 RCFC 工場建設工事 －

Steel Pipe Pile Placing using Various Kinds of Construction Methods

越智貴紀*1

概 要

本工事は、山間の谷間でかつ河川に隣接した立地での工場建設工事である。建設地の地盤表層（GL-2～10m）は1m程度の転石を多く含む硬質地盤であり、支持層は起伏に富む複雑な地層構成である。このため、杭工事においては工期短縮を図りつつ、杭先端が支持層に確実に根入れできる工法が求められた。

本報告では、拡径式ダウンザホールハンマー工法、パイプロフォンサー工法、フライング油圧ハンマー工法を組み合わせた鋼管杭の施工法について報告する。

key words : 硬質地盤、拡径式ダウンザホールハンマー工法、パイプロフォンサー工法、フライング油圧ハンマー工法

1. はじめに

JX 金属日立事業所は、圧延銅箔の最終工程である表面処理を担っている事業所である。圧延銅箔は、高速通信の普及、各種先端デバイスの小型化、高機能化等に加えて、CASE 化が進むモビリティ、ロボット向けフレキシブルプリント基板の伸張などに牽引される中長期的に需要拡大される事業である。建設する新工場は、倉見工場（神奈川県高座郡）のみで担っていた圧延工程の生産ラインの一部を導入し、生産能力増強を図るとともに、BCP 体制の強化が期待されている工場である。



写真－1 建物外観（南東面）

2. 工事概要

工事名称：JX 金属日立事業所 RCFC 工場建設工事

発注者：レイズネクスト・茨城日鉦建設

特定建設工事共同企業体

事業主：JX 金属株式会社

設計：レイズネクスト株式会社

監理：レイズネクスト株式会社

工事場所：茨城県日立市白銀町3丁目

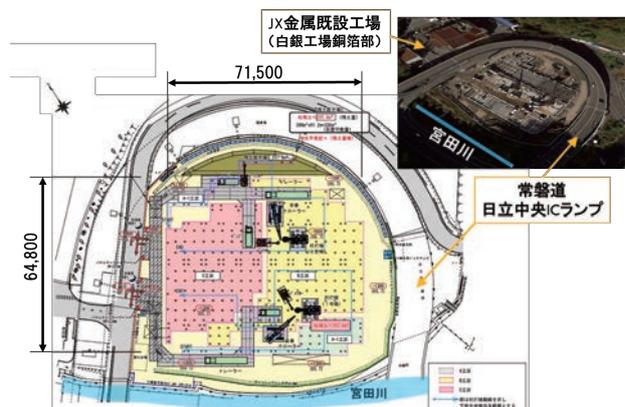
工期：2021年12月16日～2023年3月31日

建築用途：工場

建築面積：4661.66 m²

延床面積：12729.85 m²

構造・階数：鉄骨造 地上4階



図－1 杭工事計画図

*1 Takanori OCHI

東京支社建築支店建築部 課長

3. 杭工事における懸念事項および対策

3.1 懸念事項

本現場は山間の谷間であり、かつ河川が隣接した立地である。表層 GL-2~10m は礫層で 1m 程度の転石（写真-2）を多く含む硬質地盤であり、かつ支持層位置も一定していない地層（図-2）であったため、杭先端が支持層に確実に根入れできる工法が求められた。

設計段階では、地層状況から場所打ち杭や既成杭では対応不可と捉えられ、硬質地盤を削孔・貫入可能な杭仕様として鋼管杭が採用された。杭仕様は、SKK490 φ600 (t12) L=10~18m 溶接継手、本数は 372 本（建築本体：174 本、生産機械基礎：198 本）であった（図-3）。

鋼管杭の発注納期は 3 か月を要するため、杭打設時に支持層位置が深いと判明した場合、即時の杭長変更は困難である。また、工場稼働開始時期も延長できないとの制約もあり、工程短縮は必須の課題であった。

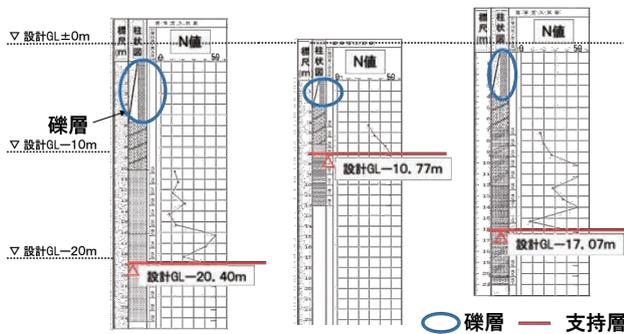


図-2 ボーリング柱状図

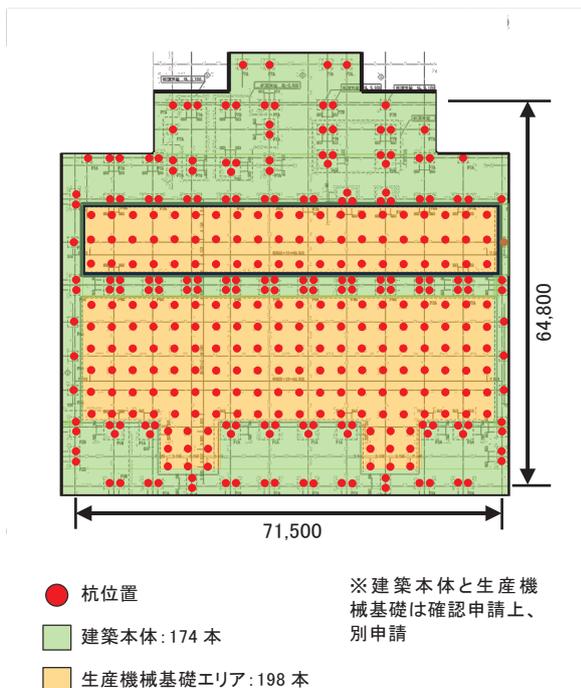


図-3 鋼管杭配置図



写真-2 掘削時に発生した転石

3.2 対策

(1) 多種工法の組み合わせた鋼管杭施工

硬質地盤の転石を地中障害として撤去する、あるいは杭を地盤に貫入させる工法として、CD 工法（全周回転オーリング）、MD 工法（マルチドリル）、BG 工法（リーダ式ケーシング回転掘削工法）があるが、これらの工法は硬質地盤に対応した後に杭を建て込む手順となるため、工費および工期にメリットがない。

そこで、本工事では転石が多い GL-10m までの砂礫層にはダウンザホールハンマー工法を、礫層以深から支持層までの砂岩にはパイロフォンサー工法を、砂質泥岩の支持層の確認にはフライング油圧ハンマー工法を採用し、工法変更しながら鋼管杭を施工した（図-4）。

(1) 対策-1 礫層削孔

ダウンザホールハンマー工法（圧縮空気によりハンマーをピストン運動させ打撃しながら地盤を削孔していく工法）は、主に土木の杭工事（山間部の構台や河川の棧橋など）で採用されている。ダウンザホールハンマー工法には「拡径式」と「クリッド式」があるが、クリッド式はリングビットの取付け手間やビット自体の材料コストがかかるため、本工事では「拡径式」を採用した（写真-3、4、図-5）。拡径式ダウンザホールハンマー工法は、砂質土から硬岩まで削孔可能で、削孔土は圧縮空気により排出され、排土も少ない工法であるが、削孔速度が遅いことが難点である。

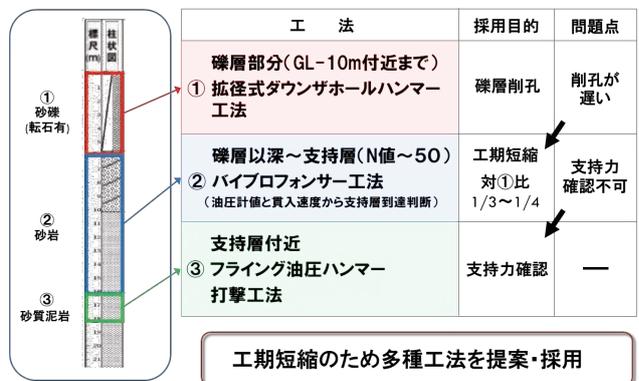


図-4 工期短縮の最適な組合せ



写真-3 拡径式ダウンザホールハンマー工法



写真-4 拡径式ダウンザホールハンマー先端ビット



図-5 拡径式ダウンザホールハンマー工法概要図

(2) 対策-2 工期短縮

拡径式ダウンザホールハンマー工法は、圧縮空気による拡径式ビットの上下運動による削孔のため削孔速度が遅い。これを解消するため、砂岩層の中間層では「パイプロフォンサー工法」(写真-5)に切り替え圧入した。パイプロフォンサー工法は杭自体を起振させ、地中の杭周辺摩擦および先端支持力を低減し貫入する工法である。拡径式ダウンザホールハンマー工法と比較し施工時間は1/3~1/4であり、段取り替え時間を踏まえても工期短縮に大きく貢献した。また杭6本を1ブロックとして施工する手順とし、工法毎にまとめて施工することで、段取り替え回数を削減し工期短縮した。

(3) 対策-3 支持力確認

杭の先端支持力の確認には、フライング油圧ハンマー工法を用いた(写真-6)。フライング油圧ハンマー工法は、ウエイトの落下によるエネルギーと杭沈下量・リバウ

ド量から支持力を算定し、先端支持力を確認する工法の一つである。本工事ではウエイト落下に際し油圧にて加速度を増し、打撃エネルギーを上げる工法を採用した。より大きいエネルギーにて打撃することにより、沈下量・リバウンド量も大きくなり、測定誤差を少なくすることが目的である。この工法により全ての杭先端支持力を確認した。あくまでも支持力算定目的であり、打撃による杭貫入が目的ではない。



写真-5 パイプロフォンサー工法 (超高周波可変式油圧)



写真-6 フライング油圧ハンマー打撃工法

(4) 対策-4 杭長延長

設計時ボーリングデータと着工直前に実施した追加ボーリングの結果から、設計支持層と推定支持層とが相違し、設計杭長では支持層への根入れ不足が懸念された。そこで、着工前に杭材の追加発注を行ったが、更なる杭材不足対応のため、杭施工が完了し高止まりとなった杭(切断後L=3m以上に限る)を切断・開先加工し、再利用することで不足分を補充した。

(5) 対策-5 継手溶接

杭の継手溶接は、一般的には横向き溶接(建て継ぎ溶接)

(写真-7)であるが、降雨時には溶接欠陥が発生しやすいため作業中止になる。また、横向き溶接は杭施工上クリティカルであり、溶接時間+冷却時間+検査時間と大きく時間を取られる。解消のため地組で下向き溶接に変更した(図-6、写真-8、9)。降雨時はテントを張り、降雨の影響を受けることなく進捗することが可能となった。また杭建て込み前に事前に継手溶接が可能となり、溶接工程がクリティカルではなくなり、工期短縮に貢献した。



写真-7 横向き継手溶接

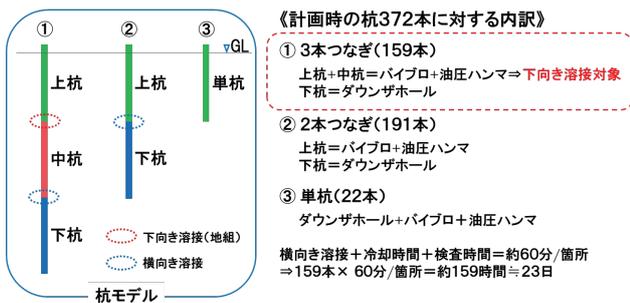


図-6 下向き溶接による工期短縮



写真-8 地組による下向き継ぎ手溶接



写真-9 地組時杭ローラー台

4. おわりに

本工事の地盤は、設計時とかなり相違した地層構成であったため、杭の総長さが当初設計の約 6,211m から 1.8 倍の約 11,185m まで増加した。このため、杭工事の当初工期は 4 か月間から約 7.3 か月間必要になった。そこで、多種工法を組み合わせた鋼管杭の施工、下向き継手溶接など様々な工期短縮案を採用し 5.5 か月間で杭施工を完了した。特に、土木技術であるダウンザホールハンマー工法は、建築工事では馴染みが薄く、技術的情報が乏しい中、施工計画時に様々な検討を重ね承認に至った。

本報告が硬質地盤で支持層が起伏に富む杭工事を検討する際の一助になれば幸いである。