

国内最長クラスの鋼管矢板井筒基礎の施工

徳島河川国道事務所 工務第二課 岡村 皆
徳島河川国道事務所 建設専門官 二川 英夫

新町川橋（橋長500m）は、連続箱桁橋で国内最大級の支間長250mを有する鋼3径間連続鋼床版箱桁橋である。その内P2橋脚は、大口径φ1000、杭長80mの鋼管矢板井筒基礎である。本基礎工の長尺鋼管矢板の施工では、想定外の周面摩擦に起因する圧入抵抗力の増加に伴い圧入不能となったが、大幅な施工手順の変更や鉛直精度の確保により完成することができた。本工事の現場における対応策について報告する。

キーワード 長尺鋼管矢板、鉛直精度管理、海上施工

1. はじめに

四国横断自動車道の津田IC(仮称)～徳島東IC(仮称)は、令和2年度内の開通に向け工事を推進している(図-1)。

その内、新町川河口部で施工しているP2橋脚は、RC張出式(中空)橋脚で外周部に46本の鋼管杭を、さらに隔壁として中央に10本の鋼管杭を配置する小判型(20m×13m)の仮締切兼用型鋼管矢板井筒基礎形式でP-P(パイプ-パイプ型)継手のφ1000、杭長80mの長尺鋼管矢板である(写真-1、図-2)。



図-1 四国横断自動車道(津田IC(仮称)～徳島東IC(仮称))

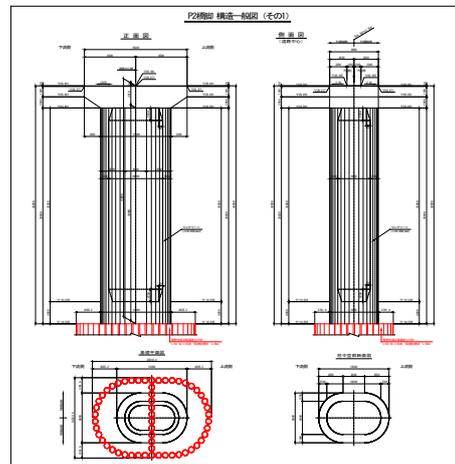


図-2 P2橋脚構造一般図

2. 工法の概要

本工事は、これまでの前例が少ない杭長80m(7本接ぎ)の鋼管矢板井筒施工で、閉合継手をかみ合わせて鋼管矢板を打設するため打設時の貫入抵抗が大きくなるのを考慮した結果、中堀り併用圧入工法(カプセルハウ・パイラ工法)を採用した(図-3、写真-2)。



写真-1 工事が進む新町川橋P2橋脚

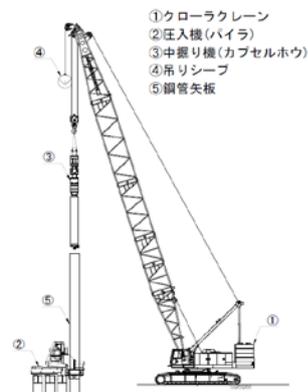


図-3 カプセルハウ・パイラ工法の概要



写真-2 鋼管矢板圧入工全景

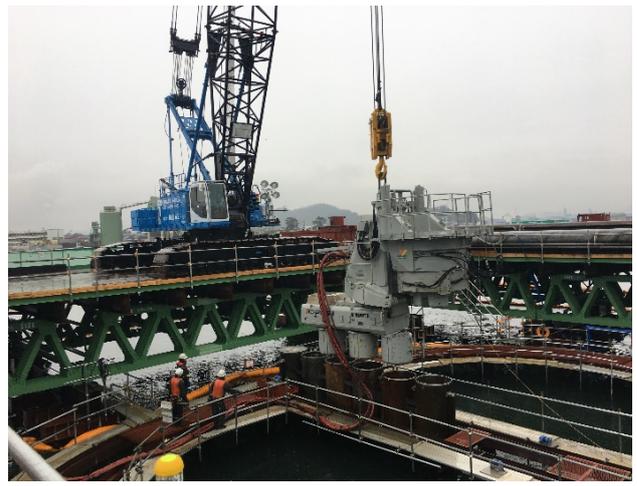


写真-3 圧入機（パイラ）

本工事で使用する中堀り機（カプセルホウ）は、拡径式ヘッドとスクリュー部、その回転機および掘削土を貯留するタンク部で構成されている。また、内蔵したジャッキを杭内部で張り出すことで掘削反力に抵抗する構造となっているため杭長の変化に対して、主要な施工機械や手順を変更することなく、中堀り機の油圧ホース長を調整することのみで対応が可能であり、長尺鋼管矢板の施工に適している（図-4）。

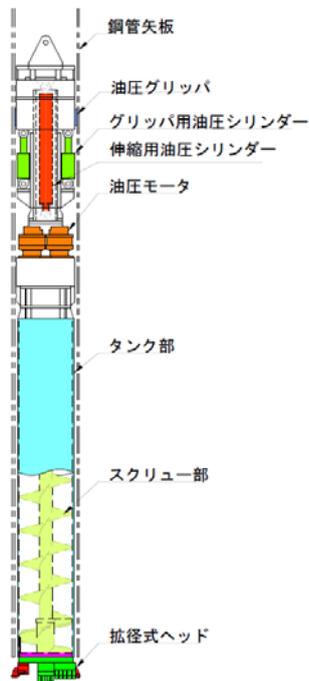


図-4 中堀り機の概要

一方、パイラである圧入機は、杭の押し込みと引き抜きの双方が可能であり、かつ押し込み・引き抜き長はジャッキのストローク長で調整できるため鉛直精度の確保に優れている。よって、カプセルホウ・パイラ工法は、通常の打撃工法と比較して経済性と工期で劣るが、静音性と施工確実性の両面を優先し採用した（写真-3）。

3. 想定外の圧入不能への対応策

3. 1 事前の対応

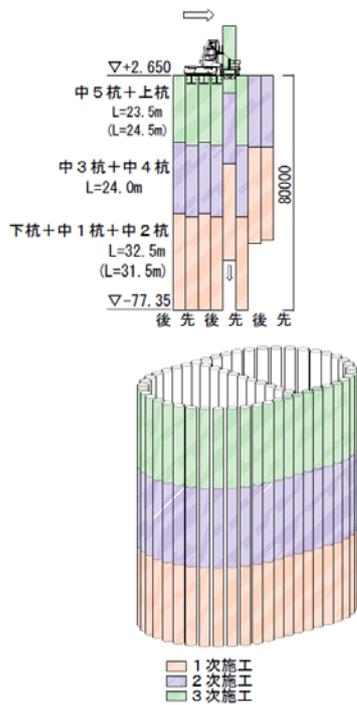
圧入機は、杭外面を鋼管チャックで周囲より保持し油圧ジャッキの力（押込力/引抜力：300 t/310 t）で杭を上下させる。この時に発生する反力は、装備したジャッキを後方の既設杭内（3本）に張り出すことで確保する。そのため、杭を保持するチャックや反力用ジャッキには大きな力が作用する。

本工事は、杭が長尺かつ継手管の抵抗が加算されることより、チャック及び反力ジャッキ圧力で鋼管矢板が変形しないよう事前に杭の肉厚を見直し杭頭部（鋼管矢板天端から10m程度）の肉厚を11mmから14mmに設計変更して施工した。これは、本工法で杭が高止まりした場合、油圧ハンマでの打撃工法の採用も視野に入れての対策であった。

3. 2 施工手順の変更

仮締切兼用型鋼管矢板井筒基礎は、橋脚基礎としての役割と立杭としての役割を兼用しているため、井筒閉合後、内部を掘削して躯体を構築するためには、継手部の止水性の確保⇒後工程の継手管処理工の確実な施工⇒継手管のクリアランス確保⇒鋼管矢板の鉛直精度の確保が不可欠である。

また、当初の施工手順は、鉛直精度確保の観点から、L=80m（7本継杭）を1次施工は3本分、2次施工及び3次施工は2本分と3回に分けて全56本を均等に圧入していく計画としていた。これは、杭長が短い時から継手管を噛み合わせて閉合しておくことで、隣接杭が導杭となり、鉛直性を向上させる目的であった（図-5）。



図一5 当初の圧入手順（均等圧入方式）

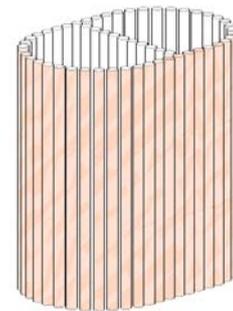
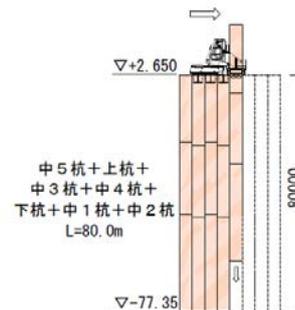
ところが、1次施工の圧入が終了し2次施工に着手した時点で、この深度での押し込み力が想定30tに対して250tと抵抗が著しく増加した。事前のボーリング調査結果より深度50m付近と杭先端付近でN値50以上の硬質地盤が分布していたが、その他ではN値10未満の軟弱地盤であったため、今回の浅い深度での圧入不能は想定外であった。

このまま施工を継続すると、途中で圧入不能となることが想定されたため施工を中断し原因究明を図った。その結果、1次施工から2次施工までの期間が約40日を経過していたことから何らかの要因（潮位変動の影響等）で杭周囲の地盤が締めり、想定外の周面摩擦による抵抗力が増加したものと推測した。そこで、原因究明と問題解決のため圧入した杭を数本引き抜くと杭の外周に厚さ15～20cmの固結粘土が付着して上がってきた（写真-4）。



写真-4 固結粘土付着状況

この結果を踏まえ、まずはカプセルハウ・パイラ工法でこの地盤に杭全長が圧入できるか確認することとし、1次施工の圧入が終わった杭を一旦引き抜き付着した固形粘土を清掃除去した後、再度、杭全長を連続して圧入する手順に変更したところ、問題無く圧入することができた（図-6）。そこで、圧入不能となった現場特有の地盤の経時変化の影響を最小限に抑えるため、同じ均等圧入方法でもう一度打ち直すのではなく、1本の杭を連続して全長80mを施工するように抜本的な施工方法（単独圧入方式）への見直しを図った。



図一6 変更後の圧入手順（単独圧入方式）

4. 鉛直精度管理（傾斜測定）

圧入手順の変更により杭の圧入施工が可能となった一方、本工法でこれまでに実績のない長尺鋼管杭矢板の施工へ向けた鉛直精度を確保する課題解決が必要となった。

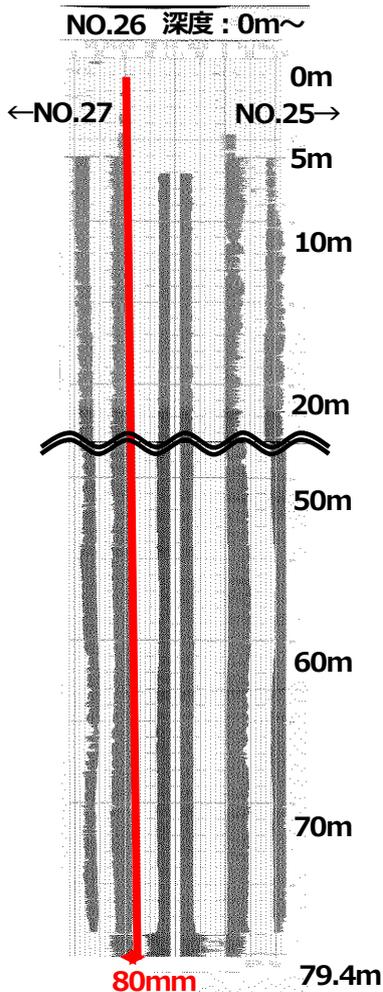
通常の管理手法では、導棒上での平面位置の管理や直角2方向からの鉛直精度確認等の杭頭部付近の管理しかできず、実際の杭先端付近がどのように傾斜しているのか予測困難である。また、杭長が短い場合は、上記の通常の管理手法で十分であっても、L=80mの長尺鋼管矢板では、傾斜1/1000でも杭先端で80mmずれるため、継手管のクリアランスが確保できない。したがって、杭の実際の傾斜を計測することが井筒閉合のためには不可欠であった。

そこで、通常φ1000mmの杭内では水の濁りもあり深度50m未満が計測機器の限界であったが、現場で試行錯誤しセンサーを下ろすスピードと超音波の強さをゲージで調整することで深度80mまでの傾斜測定が可能となった（写真-5）。



写真-5 傾斜測定状況

一方、計測データは、精度が粗いため深度5m毎の傾斜の方向と変位総量のみに着目した（図-7は、最良の出力データ）。また、三点式杭打機のようにオーガスクリーを接続・解体する工法において、杭の施工途中で杭内部の傾斜を測定するのでは時間がかかり過ぎて工程が遅延する。よって、今後の中掘り工法による長尺鋼管矢板での施工の成否は、実傾斜測定の手法が必須である。



0~79.4m間で NO.25 側へ 80mm の傾斜が発生

図-7 傾斜計測データ (No26: 圧入機進行方向)

5. まとめ

中掘り工法による長尺鋼管矢板施工においては、杭の内部に測定器を入れることで深度80m付近まで傾斜状況を把握することが可能であり、精度予測と対策の必要性の判断に有効であることが分かった。一方、測定に時間（約1.5時間/80m）と費用を要した。

また、鋼管矢板圧入工法は、クリティカル工程であるため遅延が工事全体（開通時期）に直接影響する。よって、本工事の施工は、配置可能な2班体制で昼夜連続施工を行った結果、準備工～片付・撤去（先端根固工含む）までを約7ヶ月間で完了させた（写真-6）。



写真-6 閉合完了状況

最後に、本工事の長尺鋼管矢板施工における想定外の圧入不能への対応は、工事に係わる技術者の経験、技術力、判断力に頼ったところが大きく、80mまで確実に測れる機械の開発や既存の機械により他の現場で汎用的に測定できるマニュアル化まで至らなかった。よって、蓄積された技術や知識を踏まえた現場に即応できる人材育成においても継続して取り組むことが重要である。