

鋼矢板による小口径円形立坑

(その1：シールド発進立坑の築造と施工結果)

(株) 奥村組 正会員 ○木下 茂樹 (株) 奥村組 正会員 中野 愛之
東京電力 (株) 正会員 高瀬 正司 東京電力 (株) 正会員 前原 健治

1. はじめに

中・大口径推進工法, シールド工法における立坑は掘進機の全長等の関係上, □9.0m 程度の矩形立坑, もしくはφ9.0m 程度の鋼製圧入ケーソンが採用されるケースが多い. しかし近年, 「環境負荷低減」, 「コスト縮減」, 「工期短縮」といった社会的ニーズに応えるため, 安価で新しい立坑構築方法が必要となってきた.

本工法は, 矩形より構造的に優位である円形立坑を, 「鋼矢板で」, 「安価に構築する」ことを目的としている. さらに, 鋼矢板の打設方法は, 都市部における立坑築造を前提に環境負荷低減が図れる圧入工法を採用し, 曲線施工で小口径円形立坑 (直径φ9.17m) を構築した. 本稿は, 鋼矢板による小口径円形立坑の築造工法と施工結果について報告する.

2. 工法の概要

鋼矢板セクションの適合性能からメーカーが推奨する継手回転角度限界は6°であるため, 鋼矢板円形立坑の直径は理論上φ7.64m までの省面積化が可能である. しかし通常の圧入機による施工では, 油圧圧入機 (サイレントパイラー) の機械的性能から, 反力把持部の開口幅に制限があり, 施工可能な円形打設の最小直径をφ16m としている.

そこで, 油圧圧入機の反力把持部には, 鋼矢板の継手角度に追従できるように角度補正プレートを取り付け, 鋼矢板を曲線で打設できるように工夫した.

また, 本工法では打設管理・計測管理に関する新たな手法も採用し, 円形打設における施工精度の確認を行った. なお, 本工法は全国圧入協会と協議の上で, 安全な鋼矢板反力の確保を条件に, 施工上の工夫として採用している.

3. 工法の特徴

1) 角度補正プレート

圧入機の反力把持部に曲線追従性を持たせる角度補正プレート (図1) を設計し採用した. 角度補正プレートはくさび形状で, 本工法の円形立坑の直径が9.17m (鋼矢板72枚, 図4) であることから, 5° (360° / 72枚) の補正角を持たせた鋼製の削り出し加工としている.



写真1 鋼矢板の円形打設

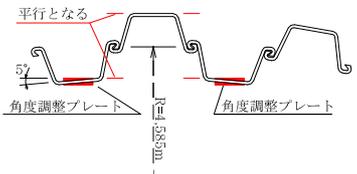


図1 角度補正プレート

2) 施工管理方法

円形打設では, 各鋼矢板が角度を持って打設されるため, 1つ前に打設した鋼矢板の精度 (向き・倒れ) が, 次施工の鋼矢板の打設位置・方向に影響する. よって, 施工精度は1打設ごとに座標による確認が必要となり, リアルタイムの測量管理が要求される. そこで本工法では, NATMトンネル等の測量に使用する座標管理レーザー照射技術を取り入れ, 打設位置管理・出来形管理手法に応用した (写真2).



写真2 打設精度管理

3) 試験ヤードにおける実験施工

実施工に先立ち, 角度補正プレートを用いて実験施工を実施し, 曲線造形・応力状態を確認した. 油圧圧入機は, 既打設の鋼矢板を反力として, 新たな鋼矢板を打設する方法を採用しているため, 反力となる鋼矢板の荷重分布をひずみゲージで計測した (図2). 打設位置から1枚目, 2枚目, 3枚目, 4枚目の荷重分布は角度補正プレートを採用した状態でそれぞれ圧入荷重の80%, 40%, -20%, 0%となり, 圧入荷重を超える過重負担および圧入荷重と反力の不均衡は確認されていない (図3). このことから, 角度補正プレートに起因する反力把持部の滑動等の不具合は発生しないことがわかる. また, 反力の分布が概ね

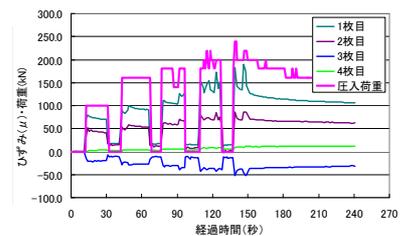


図2 鋼矢板応力計測

キーワード 円形立坑, 鋼矢板, 小口径, 油圧圧入機

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝5-6-1 (株) 奥村組 東日本支社 土木技術部 TEL 03-5427-8456

直線的で圧入荷重によらず変化しない結果から、弾性域であれば、作用荷重と反力分布の関係は上記の比率になると推定され、実施工時の反力分布、角度補正プレートの耐久性確認に応用できる。

4. 実施工適用

本工法を、電力洞道シールド工事の発進立坑（直径φ9.17m、深さ 17.7m）に採用し、工法の成立性（工程・精度・工費等）を確認した。

表 1 工事概要

工事名	飯倉芝公園管路新設工事
工事概要	シールドトンネルφ2.6m、L=440m 発進立坑(円形)1箇所、連係立坑1箇所、既設連系2箇所
立坑形状	円形鋼矢板:IV型φ9.17m、H=17.7m 円形腹越しH300-7段

①鋼矢板打設:角度補正プレートを用いて鋼矢板（IV型、L=22.5m 72枚、図4）を打設した。油圧圧入機は、GL-10.5m以深にN値50以上の東京礫層が存在する地盤条件であったため、硬質地盤クリア工法を採用している。施工結果として、円形打設は通常の直線打設に対し歩掛りの低下も無く（平均4枚/日）、効率的に施工できている。

②施工精度:長い鋼矢板の打設では、鋼矢板の向きや倒れが、地中の鋼矢板の内空精度に大きく影響するため、打設精度管理が重要となる。特に円形立坑では、最終的な締め切りにおける周長の調整も必要となり、鋼矢板の位置・傾斜を常に確認しながら慎重な施工を行った。図5、図6はそれぞれ、打設時と掘削終了時の鋼矢板内空出来形を示している。掘削中の地中地盤変位が最大でも1.5mmしか確認されていない¹⁾ことから、純然な打設精度と捉えられる。図で「打設時に傾斜計で予測した床付け部の内空精度（図5）」が、「掘削後の確認で約100mm内空側に入っている（図6）」理由として、精度悪化が見られるGL-8.5m以深に東京礫層があることから、礫層通過時の鋼矢板の逃げが考えられるが、結果として内空の管理値内に納めることが出来ている。

③工費・安全性:本工法は、汎用性のある油圧圧入機と鋼矢板による低コストの施工が特徴である。参考に鋼製ケーシング圧入工法と比較したところ、当該工事に関しては直接工事費で約25%のコスト縮減となった。また安全性は、掘削時における周辺地盤地中変位およびリング支保工の応力等を測定し、設計値（FEM解析）との比較を行った¹⁾が、実測値は解析値を大きく下回り、円形の特徴であるリング効果で安全率が高くなる傾向となった。

④今後の課題:実施工から①角度補正プレート挿入時の安全性の向上、②打設精度の更なる向上、③リング支保工製作コストの低減（転用可能な構造）が今後の課題として見出された。

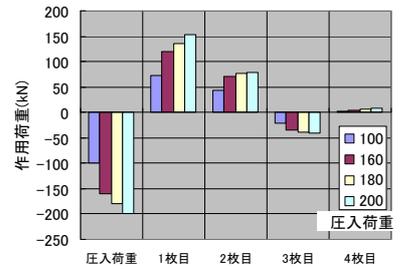


図3 鋼矢板荷重分布

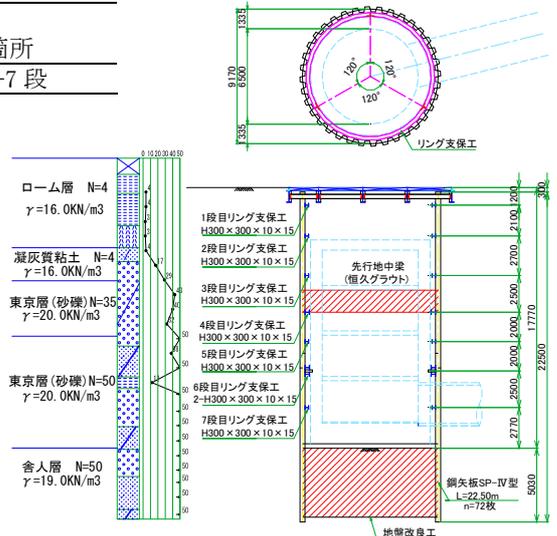


図4 円形立坑構造図

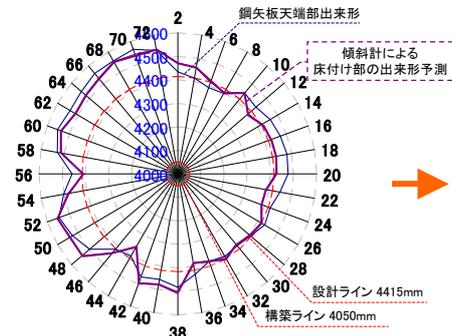


図5 打設時の出来形確認

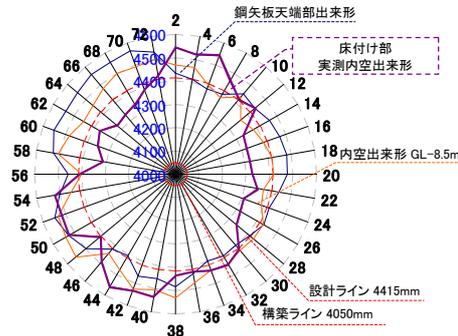


図6 掘削後の出来形確認

5. 終わりに

本工法は都心部で小口径円形立坑を合理的に施工する方法として、今回のシールド発進立坑（写真3,4）に適用し、工法の成立性を確認した。なお、鋼矢板円形立坑の設計の妥当性についても、参考文献1)で計測工によって確認している。今後は実績を積重ねて、今回の施工で見出された課題を克服し、工法の高度化を図ることで適応範囲拡大に努める所存である。

参考文献

- 1) 前原他：鋼矢板による小口径円形立坑築造工法（その2），第66回土木学会年次学術講演会，投稿中，2011.9



写真3 実施工状況（上空写真）

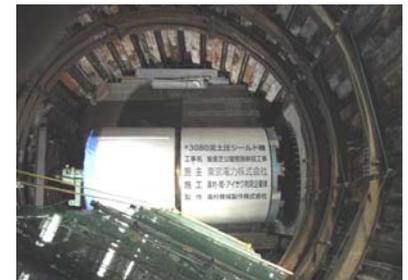


写真4 完成後シールド機投入状況