

VI-81 鉛直水平両用シールド機の開発とその課題

東京電力 正会員 貝沼 憲男
大成建設 正会員 別所 俊彦
石川島播磨重工業 上原 俊明

1. はじめに

近年、大都市圏における都市機能の高度化、過密化、都市基盤整備に対する需要の増大に伴い、地下空間利用の必要性が高まっている。そのため、既存の地下構造物の機能を損なわず、限られた地上用地から大深度の地下構造物を構築する工法が急がれている。このような背景により、大深度シールド発進立坑の合理化を目指し、新しい立坑構築技術として鉛直水平両用シールド機の開発を行っている。

本文では、鉛直水平両用シールド機の概要と技術課題の抽出並びにその実験結果について報告する。

2. 鉛直水平両用シールド機の概要

本工法は、地上から密閉型シールド機を用いて立坑、水平坑を連続して掘削する工法である。

鉛直水平両用シールド機は、図-1に示すように立坑を掘削する鉛直シールドと、水平坑を掘削する水平シールドを内蔵した球体により構成される。鉛直シールドは、立坑寸法を掘削するために水平シールドのカッターヘッド外側に環状の外周カッターを装備する。両者はストップピンにより結合しており、油圧ジャッキにより脱着を行う。掘削土は、球体外側に配置した送泥管からの泥水流により中央の排泥管に集め、センタシャフトから排泥する。

施工手順は、図-2に示すとおりである。(1) 地上に架台を設けてシールド機を倒立させた状態で下方掘進する。(2) テール内でセグメントを組み立て、セグメントを反力に掘進する。(3) 所定の深度まで掘削が完了した段階で外周カッターを切り放し、水平シールド全体を上方へスライドさせ球体の回転半径内に収納する。(4) 回転ジャッキにより球体を回転させ、カッターヘッドを下方から水平方向に向ける。(5) テールプレートを溶接し、エレクター等を装備して水平シールドを完成させる。(6) 水平シールドは、鉛直シールドから発進し、従来のシールドと同様に掘削する。

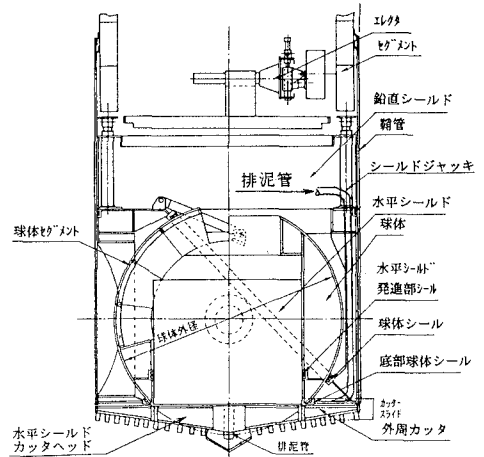


図-1 鉛直水平両用シールド機概要図

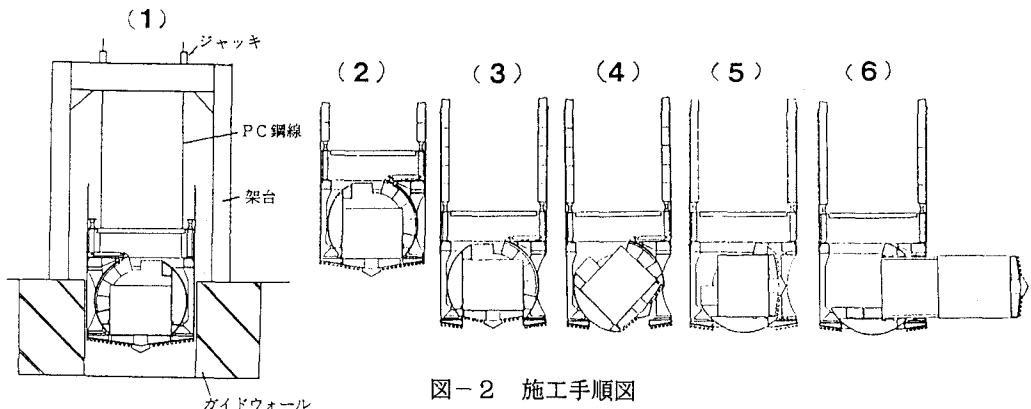


図-2 施工手順図

3. 本工法の特徴

(1) 本工法による立坑寸法は、立坑にセグメントを使用して覆工厚を薄くでき、従来工法に比べて外径で50～70%に縮小できる。立坑寸法が小さくなることは用地費が低減できるほか、掘削土量が減少することから経済的効果が期待できる。

(2) シールド工法で立坑を築造するため、立坑の工期は従来工法に比べて50%短縮でき、現場経費の低減につながるほか、道路占用をはじめとする近隣に対する影響を和らげる効果大きい。

(3) 工事費は、シールド機の固定費と立坑深度に伴う可変費からなる。本工法による立坑掘削費用は深度が増大するほど経済性が得られ、その分岐点は立坑深さ30～40m以上が目安となる。

(4) シールド工事のうち鏡開け、発進等の危険作業がなく、大深度における信頼性が増す。増加する水圧に対しては機械的に球体でシールでき対処が容易である。また、地中連続壁のように根入れ長や底盤改良の不安がなく、ニューマチックケーソンのように圧気による作業員の健康問題や周辺への漏気を心配することもない。

4. 技術課題の抽出と対応

本開発における主要技術課題を以下に述べる。

(1) シールド機及びセグメントの構造検討

水平シールド機が発進した後の立坑底部構造は、鉛直シールド機が断面欠損を生じた状態で外圧を受ける状態となっており、その場合のシールド機の安全性を確認するため、三次元FEMによる解析を行った。解析モデルは薄肉シェルでモデル化し、解析ケースは常時及び地震時について行った。

常時の作用荷重は、躯体側壁には静止土圧と水圧が作用し、底盤には水圧のみが作用するものとした。地震時の作用荷重は、地震時主動土圧と常時主動土圧の差分とした。解析結果は表-1に示すとおりであり、全体的に圧縮応力が卓越し、最大1,260kgf/cm²となっている。許容応力は1,400kgf/cm²であり、安全であることを確認した。

また、鉛直シールドの立坑部で使用するセグメントの構造を検討するため、応答変位法による耐震設計を行った。その結果、従来から使用されているセグメントがそのまま立坑部で使用できることを確認した。

(2) シール材の止水性能の確認

鉛直シールド掘削中及び球体回転中の止水性能を確保するためのシール材形状、材質の開発並びに球体製作精度に対する追従性を確認することが要求された。球体回転部を模擬したシール試験装置を製作して止水実験を行い、水圧10kgf/cm²での止水性を確認した。¹⁾このことから、安全率を考慮して深度80mまでの立坑築造が可能と考えられる。

(3) 掘削性能の確認

密閉型シールドでの立坑掘削はこれまでに実施例がなく、鉛直シールドの排土方式と流体輸送システム等の確認するため外径1,500mmのマシンを製作し、人工地盤（粘性土、砂質土）での実証実験を行った。その結果、周辺地盤を乱すことなく自立した縦穴を掘削できることを確認した。²⁾

5. おわりに

平成3年度に実施した実規模性能確認実験により、目標とした掘削性能を確認したことから、安全な工法として成立することが実証できた。本工法は経済性、工期短縮等の面からも画期的な新工法であり、今後は構造物への積極的な適用が期待できる。本研究を進めるに当たり都立大学山本稔名誉教授に貴重なご意見をいただいております。ここに深く感謝する次第である。

【参考文献】

- 1) 坂間・小林・飛田：鉛直水平両用シールド機球体回転部止水性に関する実験結果について、土木学会第47回年次学術講演会概要集，1992.9.
- 2) 金子・貝沼・伊藤：鉛直水平両用シールド機の鉛直掘削実験結果について、土木学会第47回年次学術講演会概要集，1992.9.

表-1 解析結果一覧表

	常 時	地 震 時
最大引張応力 (kgf/cm ²)	683	797
最大圧縮応力 (kgf/cm ²)	1200	1260
最大せん断応力 (kgf/cm ²)	622	669