

横 3 連型 シールド 工法 の 実 用 化

DEVELOPMENT OF THE TRIPLE CIRCULAR FACE SHIELD TUNNELLING METHOD TO PRACTICAL USE

鹿 島 上 木 泰 裕 Yasuhiro Ueki *

S U M M A R Y

Osaka Business Park Station, which is an approximately 107 meters long, on the Osaka Municipal Subway Line No.7 was constructed by a newly developed tunnelling method called Triple Circular Face Shield Tunnelling Method, which was adapted effectively to ground conditions of the site. This report deals with the subjects and the results of the tunnelling works successfully achieved by this method.

Key Words : multi-circular face shield, subway station, slurry shield

1. はじめに

複円形シールド工法は、複数の円を重ね合わせた断面を安全に構築できるため、今後の都市地下工事において大いに期待されているものである。既の実績のある横2連型から横3連型へ発展させる際の施工上の課題を克服し、大阪市地下鉄第7号線OBP停留場工事において無事横3連型シールド(図-1)の到達を果たした。世界初の建設となった工事の課題への取組みと実績について述べる。

2. 横3連型シールド工法の概要

横3連型シールド工法は、横2連型を発展させたもので、3つの回転カッターで掘削し、内部に2列の柱をもつ3連型セグメントを組立てつつ、掘進するものである。

3. 各種課題への取組み

横3連型シールド工法には、その特有の部分も含め幾つかの技術的な課題が残されていた。すなわち、覆工構造設計法の確立や、3面板回転による不釣合力の発生、3室が各々独立したチャンパー間での泥水差圧の発生、セグメント組立時の干渉や組立誤差の累積、2連型よりさらに大きいテールボイドの充填不足や上接円部(カモメ部)での地盤の緩みなどである。

(1) 3連型覆工構造設計法の検証と確立

複雑な覆工構造において継手の評価、セグメントリングの千鳥組みの効果、並びに施工時と完成時における構造フレームが異なることによるリング挙動を把握するため、慣用計算法にて断面決定した後、現状に近い梁・パネモデルでの照査を行った。梁・パネモデルによる計算は、施工時に対応する2リングモデルと完成時に対応する5リングモデルの解析結果と慣用計算法により求めた応力値の双方で安全性を確認した。

さらに、実際の覆工挙動を解明するため、設計計算と平行して2リング組みの実物大セグメント載荷試験を行い、梁・パネ計算方法の妥当性を検証した(図-2)。

(2) シールド機の設計・製作に関する技術

シールドは、中央のカッターが先行し、左右が後行するように配置するとともに、3つのチャンパーを独立させた。新たに改良及び開発した技術は、以下のとおりである。

a) セグメント組立技術

セグメントは3台のエレクトー、セグメント押上装置、柱位置決めジャッキによって組立てる。

製作に先立ち様々な状況下でのシミュレーションをCADにて実施し、問題なく組立てられることを確認した。

b) 1/4 縮尺模型による泥水輸送・制御実験(図-3)

実験結果から、送泥は各室での差圧を少なくする狙いで送泥1系統を3系統に分岐させ、排泥は各々独立させた。また、各室を連通管と連通孔でつなぐこととした。

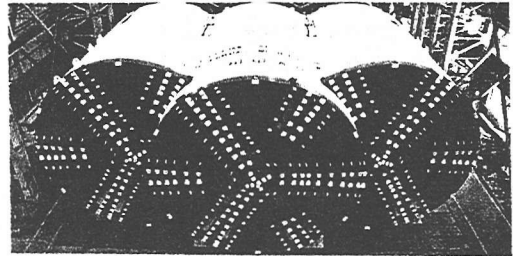


図-1 横3連型MFシールド機

(Fig.1 Triple Circular Face Shield Machine)

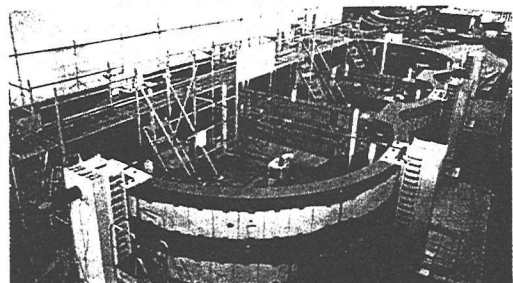


図-2 セグメントリング載荷試験

(Fig.2 Loading Test of Segment Ring)

*)Technology Development Dept. Civil Engineering Technology Division, KAJIMA CORPORATION, 1-2-7 Motoakasaka Minato-ku Tokyo 107, Japan

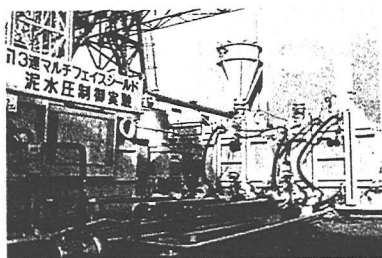


図-3 泥水圧制御実験状況

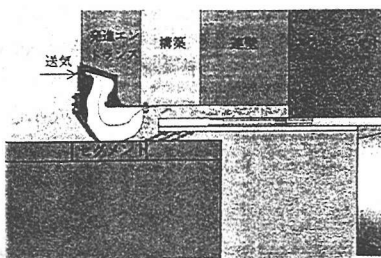


図-4 坑口カモメ部の止水構造

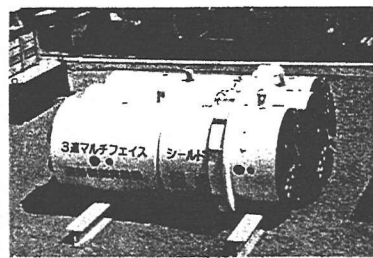


図-5 1/10姿勢制御実験シールド

(Fig.3 Test of Slurry Pressure Control)(Fig.4 Entrance Packing Watertightness)(Fig.5 Test Shield Machine)

(3) 横3連型に関する特有の施工技術

関連するバックアップ技術として以下のものがある。

a) エントランスパッキンの止水

曲率が反転するカモメ部のエントランスパッキンからの加圧泥水漏出防止方法については、外側からエントランスパッキンをシールドに押し付けるエアバッグを装備して、水密性の向上を図った(図-4)。

b) 掘進管理システム(KSGS)の拡張

既に開発、実用化し、多くの実績を保有する単円用シールド総合管理システムを大幅に拡張し、横3連型シールド工事の設備を集中的に運転・管理できるようにした。また、掘進中又はセグメント組立時におけるセグメントの位置及び形状を自動的に測定し、必要に応じて信号出力できる計測方法並びにセグメント形状測定システムを開発した。

c) 横3連型シールドによる姿勢制御実験

実機の1/10実験機(図-5)を用いた実地盤での掘削実験を行った。この結果、3つのカッター回転方向や掘進ジャッキによって発生する旋回モーメントとシールドの角度変化との関係を把握した。懸念されたローリングについては、3連型では発生しにくい、逆に修正も困難であることが認められた。

d) 同時裏込め注入システムと注入管理計画

テール部ではスキムプレートが110mmと厚く、1mの掘削で6.9m³のテールボイドが発生する。特にカモメ部は、地山とセグメントとの隙間が27cmと広く、地山の崩壊前に裏込め材を完全に充填する必要がある。このため、実物大のシールドテール部(同時裏込め注入装置)の部分模型(図-6)を製作し、各種の裏込め注入実験を行った。この結果、注入率及び注入圧分布などの関係とカモメ部からの注入が不可欠であることを把握した。これにより、裏込め注入は、4系統の複数同時注入システムを採用し、下部カモメ部から注入率120%以上、注入圧3~4kgf/cm²(0.29~0.39MPa)を目安に施工することとした。

4. 施工実績

横3連型シールド工事実績は、以下のとおりであった。

- ①掘進実績は、仮推進時 0.6m/日、本掘進では 2.3m/日であった(図-7)。
- ②1リングの掘進時間は、通常60~90分、セグメント組立時間は、仮柱の場合で平均160分強、最短で110分程度、本柱では仮柱の場合より平均で30%程度長くなった。

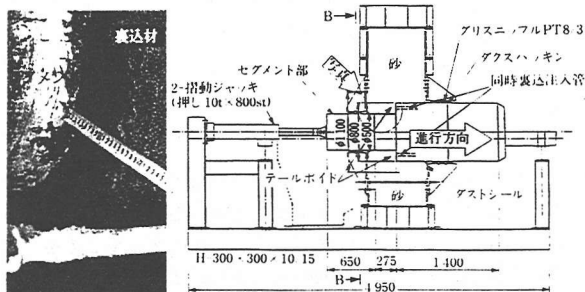


図-6 同時裏込め注入実験機

(Fig.6 Test of Backfill Grouting)

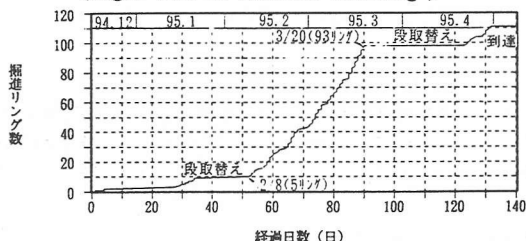


図-7 シールドの掘進実績¹⁾

(Fig.7 Shield Tunneling Speed)

- ③実工事の地盤沈下をシールド切羽前方での「先行沈下」、シールド通過時の「初期沈下」、通過後の「後続沈下」に分類してその割合を求めると、7%、70%、23%となった。
- ④横3連型シールドでは、後続設備の規模とセグメント組立時の安全確保が掘進能率に影響を及ぼす。
- ⑤連通孔を有する「3室独立チャンバー方式」により各室間の差圧を抑え、各室ごとに乾砂量管理を行うことができた。
- ⑥裏込め注入には、2液瞬結性で凝固固結タイプを使用し、一般部の注入量は、平均で1m当たり9.35m³、注入率で137%となった。
- ⑦実測の裏込め注入圧を用い、周辺地盤の安定性をFEMで評価したが、カモメ部分は応力上問題ないことを確認した。
- ⑧シールドの蛇行は、管理値以内であった。なお、懸念されたローリング修正は、コピーカッターが有効であることを確認した。

5. おわりに

今回採用した横3連型シールド工法は、大深度の地下駅構築に有効な工法の一つであることを確認した。

(参考文献)1)伊奈地、3連型泥水式シールド工法によるビル直下の掘進 土木学会第50回年次講演会1995