

月刊推進技術



<http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/>

月刊推進技術 検索

公益社団法人 日本推進技術協会

<http://www.suisinkyo.or.jp>

e-mail: info@suisinkyo.or.jp

2

Vol.27 No.2
2013(平成25年)

特集

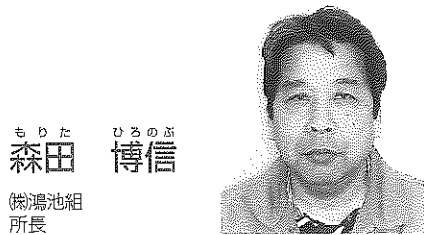
大土被りと 高水圧下の 施工

Geo Lead ジオリード協会

M マッドマックス工法

大土被り高水圧下

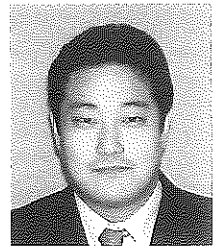
最大土被り25.2mにおける既設シールド直接到達



もりた ひろのぶ
森田 博信
（株）鴻池組
所長



たかはし ふみお
高橋 史峰
（株）鴻池組
現場代理人監理技術者



ひわだ やすひろ
檜皮 安弘
ESSJ法協会
事務局 技術・積算

1 はじめに

広島市では、市内各地区の浸水対策を含めた下水道の整備を進めている。

本工事施工箇所の江波地区は広島市の南部、天満川の河口付近に位置し、一定の雨量を超えると道路冠水する頻度が高く、早急な浸水対策整備が行われているところである。

本工事は、江波地区の下水道整備として、浸水地区に特殊マンホール（立坑、内径φ3,272mm）を2箇所築造

し、新設下水管きよ（φ1,200mm）を江波雨水1号幹線（既設シールド管きよφ4,750mm）へ2箇所接続するものであった。

図-1に工事位置を示す。

2 工事概要

本工事の発進立坑は、道路の片側車線を占有して行なうという狭い場所で、施工しなくてはならない上に、新設管きよの土被りが大きいために、ケコム工法を採用した。

新設管きよは、既設シールド到達後に機内解体が可能な泥濃式推進工法で築造し、シールド接続部は地上から施工できない広島電鉄軌道下にあるために、シールド坑内から地盤凍結して接合させる内容であった。

本工事では、大土被りケーシング立坑の沈設、狭小立坑からの安全な発進、高水圧地盤（0.3MPa）における泥濃式推進および凍結工法を用いた大土被りでの管きよ接合が重要ポイントである。

スパン1とスパン2の施工路線図を図-2、3に示す。

工 事 名：江波地区下水道築造工事
工事場所：広島市中区西川口町ほか
2町地内

発 注 者：広島市下水道局

[スパン1]

呼 び 径：1200

掘削延長：L=91.55m

線 形：R=200m

土質条件：シルト～砂 N=5～38

最大礫径600mm

最大土被り：24.9m

地下水位：GL-0.71m

[スパン2]

呼 び 径：1200

掘削延長：L=75.05m

線 形：R=200m

土質条件：シルト～砂 N=3～12

最大礫径600mm

最大土被り：25.2m

地下水位：GL-0.64m

そ の 他：RCケーシング立坑発進

既設シールド到達

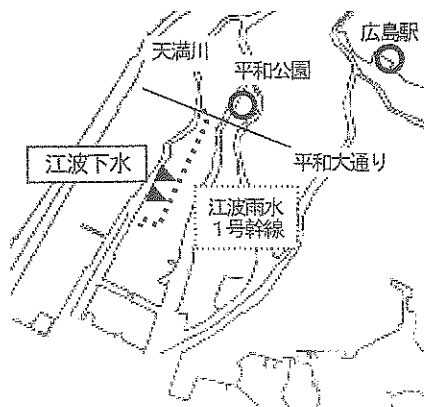


図-1 工事位置

3 発進立坑工

深さ約30mの発進立坑は狭隘な場所に築造しなければならないため、土留め壁の変形が小さく、補助工法が不

要であるとともに、ドロップシャフトを内蔵するマンホール内空も確保しやすいケコムセグメント工法を採用した。

この工法は推進立坑築造に用いられるケコム工法の改良型で、鋼製ではな

く外周鋼板被覆のコンクリート合成管を水中掘削して開放圧入するもので、サイズは陸送可能な外径φ3.5m（内径φ3.2m）である。

(1) 本工事の課題

- ・大土盛り圧入での精度の確保

(2) 課題に対する対応策

① 圧入機、ケーシング、ケコムセグメントのレベル管理

平面位置については最初にセットする刃先ケーシングの水平度が重要となる。圧入機でケーシングをチャックした状態で、圧入機およびケーシングの高さを水準測量する。

次に、セグメント圧入前後の水平性を確認する。

② セグメント接合前後のレベル管理

圧入時同様、セグメントを接合する前後のレベル管理を確認する。

③ セグメント製品の検測

搬入したセグメント製品の単体・組立寸法検測および工場検査結果との照合。

(3) 結果

立坑沈設精度は、平面位置がスパン1で30mm（1/855）、スパン2で40mm（1/660）の範囲に収まり、基準高さ（推進発進開口中心位置）はスパン1で-28mm、スパン2で-25mmであった。

4 高難度の推進工

4.1 推進工法の選定

新設管きよは約0.3MPaという高水圧が作用するため、本来は泥水式を選択すべきであるが、コーンクラッシャを内蔵する推進機は到達後の機内解体が困難であり、狭隘な立坑下に排泥ポンプが設置できないという問題もあった。このため、高水圧に対する課題はあるが、泥濃式推進工法に属するESS（ECO SPEED SHIELD）工法の既設構造物到達型を採用した。

本工事で採用したESS工法は、推進

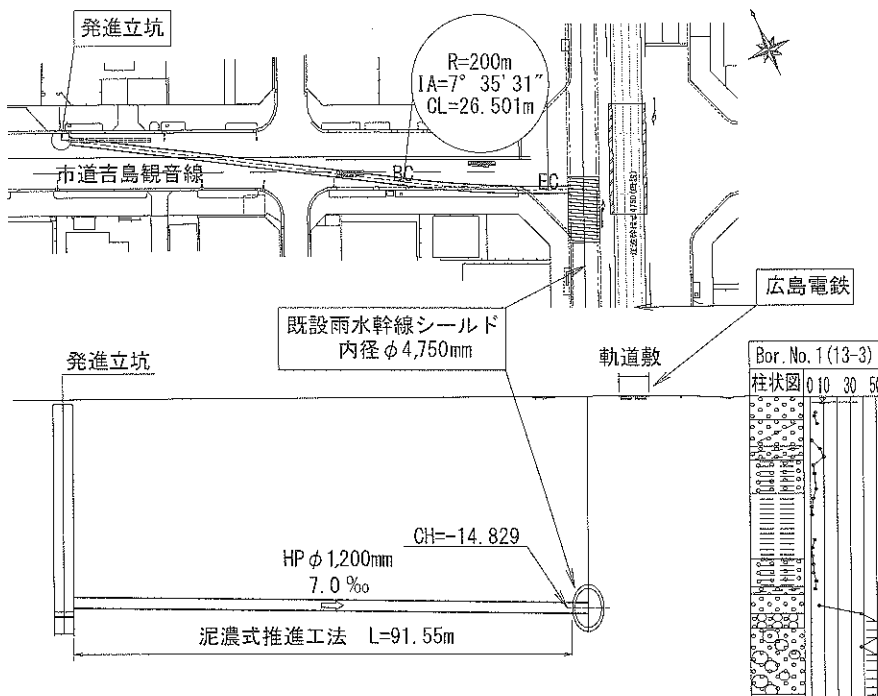


図-2 スパン1施工路線図

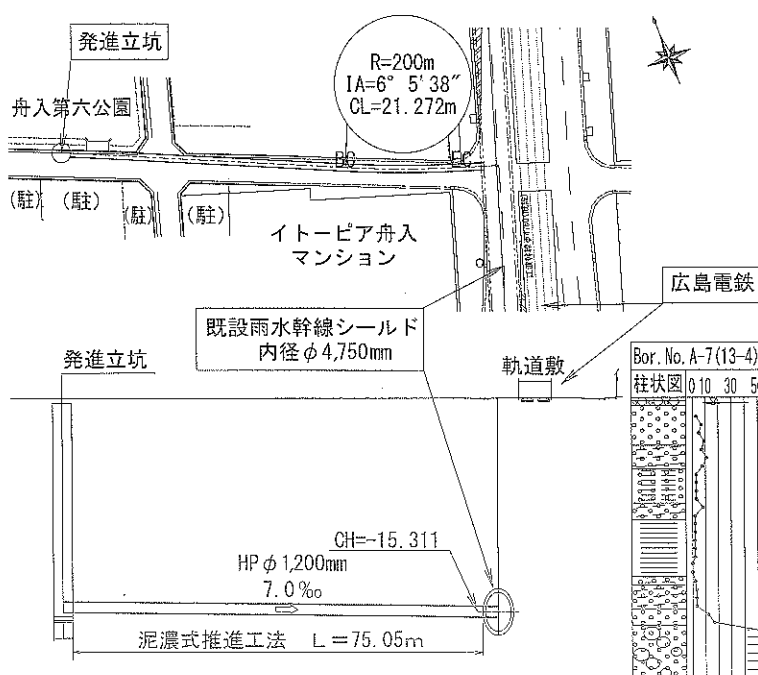


図-3 スパン2施工路線図

タイプ、推進・シールド併用タイプ（特殊推進工法）、シールドタイプ（小口径シールド工法）の3種類があり、推進タイプは、K-1推進工法の巨礫破碎型泥濃式推進工法および既設構造物到達型泥濃式推進工法を継承している。

この工法は、掘進機を直接既設構造物に到達させた後に掘進機内の機器を取り外し、スキムプレートを既設構造物内で切断撤去するものであり、以下に

その特長を示す。

- ①既設マンホール到達や小型立坑等、到達条件に係わらず施工可能である。
- ②通常機と変わらない鋼殻内径が確保できるために、機能・作業性が低下しない。
- ③予め機器撤去を考慮した設計をしているため、解体は容易で、低コスト化を実現できる。
- ④土質に応じて、標準タイプと破碎タイ

プの選択が可能である。

- ⑤推進力の低減が図れるESシステムの併用により、長距離推進（500m以上）が可能である。

4.2 推進工の課題と対策

(1) 推進工事の課題

本工事の課題を以下に示す。

- ①狭小立坑からの発進および推進方法
- ②最大礫径600mmの巨礫
- ③高水圧下の推進



写真-1 掘進機

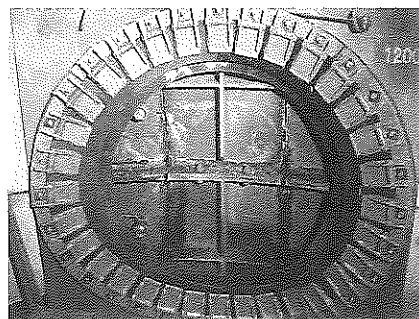


写真-2 曲面加工した坑口リング

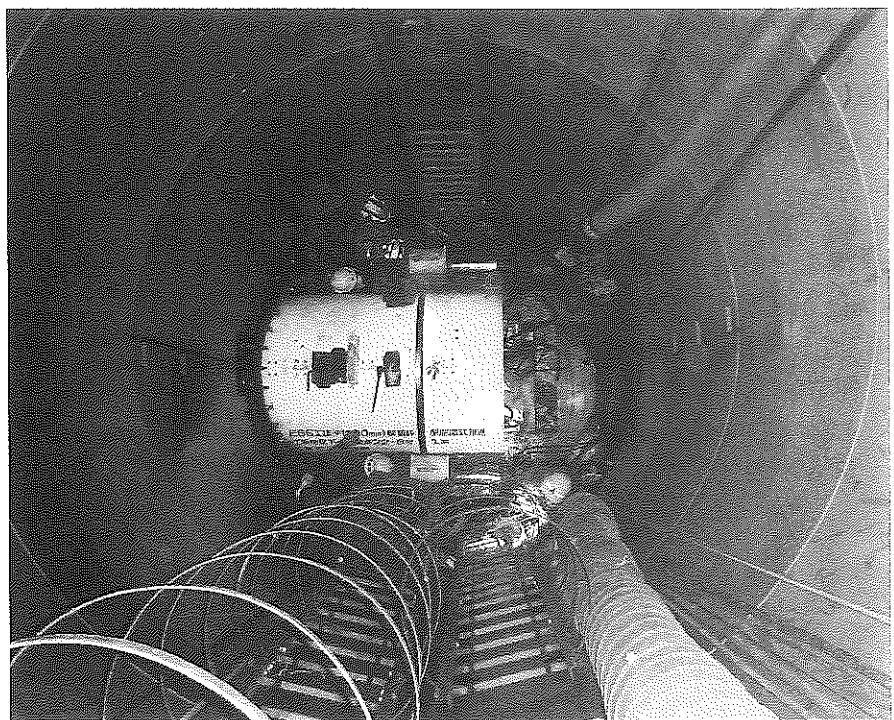


写真-3 掘進機発進状況

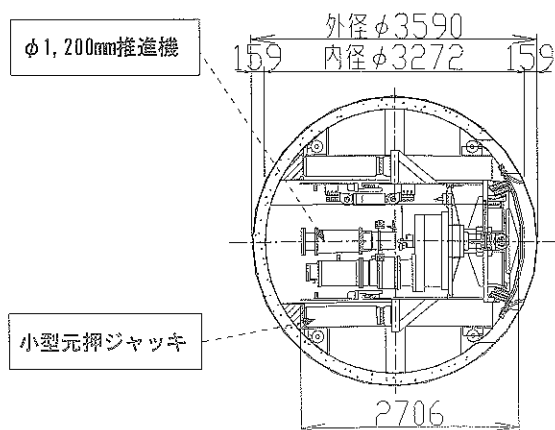


図-4 発進時の立坑状況

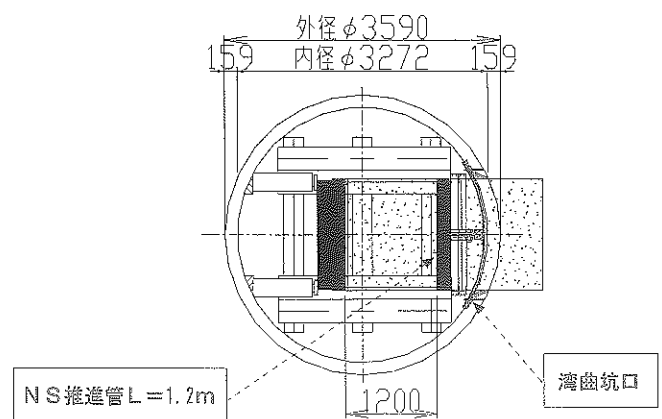


図-5 発進時の発進立坑平面図

(2) 対応策

課題に対する対応策を下記に示す。

①狭小立坑からの発進および推進方法
呼び径1200の泥濃式における標準的な立坑平面寸法(内面)は、長さ7.5m×幅3.3mである。これを半分以下のφ3.2mのスペースで発進させるため、以下の工夫を行った。

・短尺ジャッキおよび短機長設計の掘進機による発進

最大推進力1,000kNジャッキ長835mm(ストローク長400mm)仕様の短尺元押ジャッキを4本設置した。これを掘進機の側方に配置し、掘進に合わせてブラケットを付替えることで、機長2,706mmの特殊掘進機を分割せずに発進させた。発進時の配置状況を写真-3、図-4に示す。掘進機押込み後はジャッキ位置を通常の管後方に盛り替えて、推進管を押した。図-5に示す。

・曲面加工した発進坑口

立坑内スペースを確保するために、立坑内面に沿うよう曲面加工した坑口リ

ングを使用した。写真-2に示す。

・開閉式ステージ

泥濃式は真空排土方式をとるが、本工事のような大土被りでは地上からの吸引は不可能であるので、推進架台上方にステージを設け、ここに排土タンクを設置した。タンクは油圧レッカーにて吊り上げられる仕様とするとともに、開閉式ステージとして推進管投入を容易にできるようにした。

・超小型エレベータ

立坑下への推進管吊り降ろしの際は、立坑下作業員の退避場所が確保できず介錯作業ができない。そこで2人乗りの超小型エレベータを立坑側部に設置し、エレベータの昇降速度と管降ろし速度を同調させてエレベータ上の作業員が荷振れを防止するよう工夫した。

②最大礫径600mmの巨礫

掘進対象土質はシルト～砂であるが、既設シールド施工時に巨礫が確認されていることから、写真-2のようにローラカッタを装備する半面盤型のカッタ

ヘッドを選定した。

③高水圧下の推進

・推進管継手の仕様

推進管は、0.3MPaの高水圧に対応できるワイドシールのNS推進管を使用した。掘進機と推進管の接続は、高水密のEX推進管用ワイドシールを使用した。

・坑口リングの仕様

発進坑口リングは、鋼製フラップ付き金具を使用して、高水圧によるゴムパッキンの反転を防止した。さらに、ゴムパッキンは、推進管への付着と、摩耗による破損を防止するため密着性の良い天然ゴムの下に剛性の高い耐摩耗ゴムを重ねた構造とした。

・掘進機の排土構造

掘進機のピンチバルブφ300mmからφ200mmに縮径して、開閉速度を高めるとともに、作動空気圧を0.3MPaから0.5MPaに上げ開閉性能を高めたピンチバルブを直列に2基配置した。さらに、緊急時の対応として、ピンチバルブの切羽側に油圧式の遮断ゲート

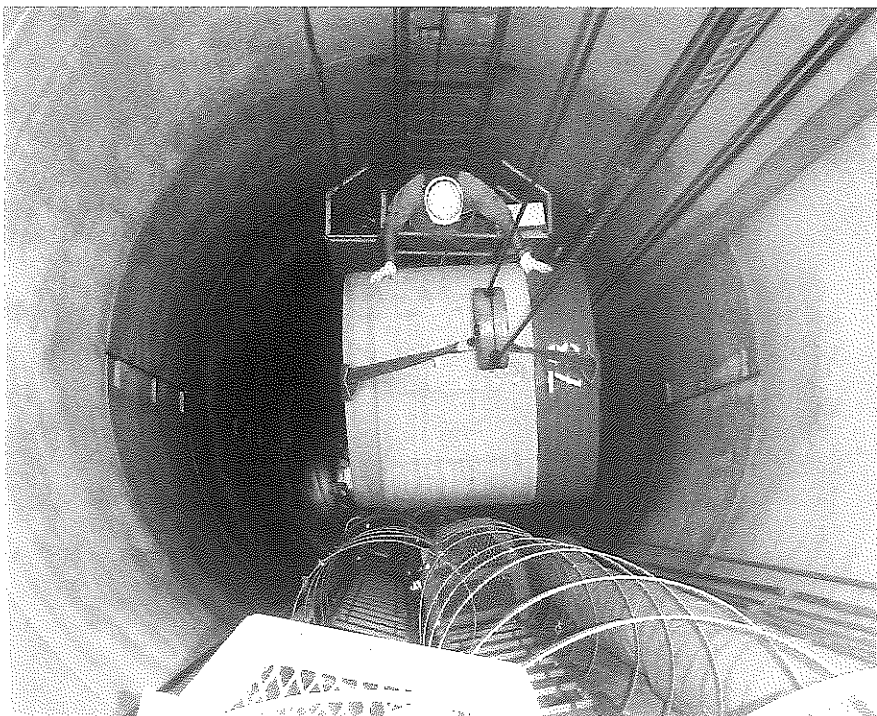


写真-4 推進管吊り降ろし

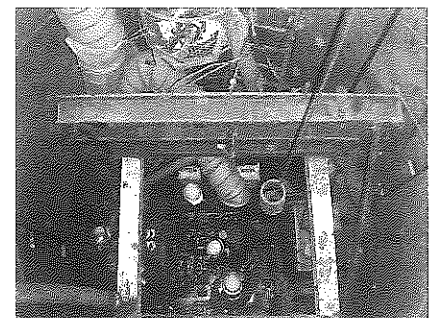


写真-5 ステージ開

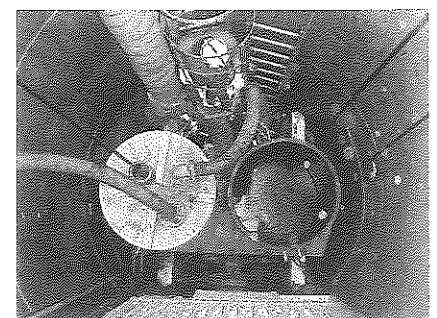


写真-6 ステージ閉

を設けた。また、ピンチバルブ間には、油圧で前後に作動する伸縮式排土装置を採用した。伸縮式排土装置は、前後のバルブを同時に開放せず掘削土砂を

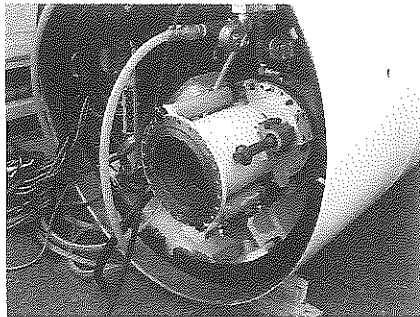


写真-7 伸縮式排土装置

機内に取り込む特許技術である。

このような多重の措置により、高水圧下での排土時の噴発防止を図った。

図-6、写真-7に排土機構を示す。

・推進管の後退防止装置

切羽水圧による推進管接続時の管後退現象を防止するために、推進管後退防止装置を坑口部に設けた。ボルトで接合した2分割鋼製リングで推進管を挟み込み、リングは坑口上部と推進架台の3箇所固定した。ボルト締込みによる摩擦力で推進管を固定するので、管内は鋼製リングとパイプサポートで補強し、管の変形を防止した。図-7に示す。

5 既設シールド接合工

5.1 接合工の課題と対策

本工事は坑内からの凍結工法で設計されていた。

この接合工の課題を下記に示す。

①凍結管貫通のための測量方法

②凍結解凍後の止水

既設シールド坑内から推進機に設けた貫通BOX（写真-8）に凍結管を正確に貫通させるため、正確な位置だしが求められる。本工事は、推進立坑から北に約2km離れたシールド発進立坑から坑内接合部にトラバース測量座標を持ち込む必要があり、長距離測量に

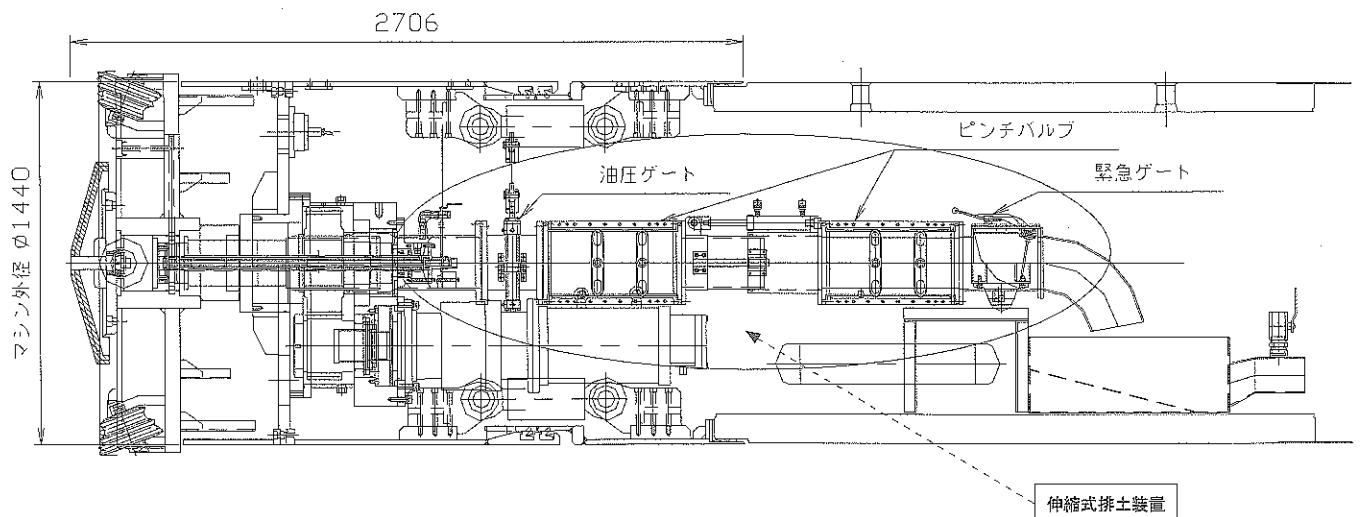


図-6 排土機構図

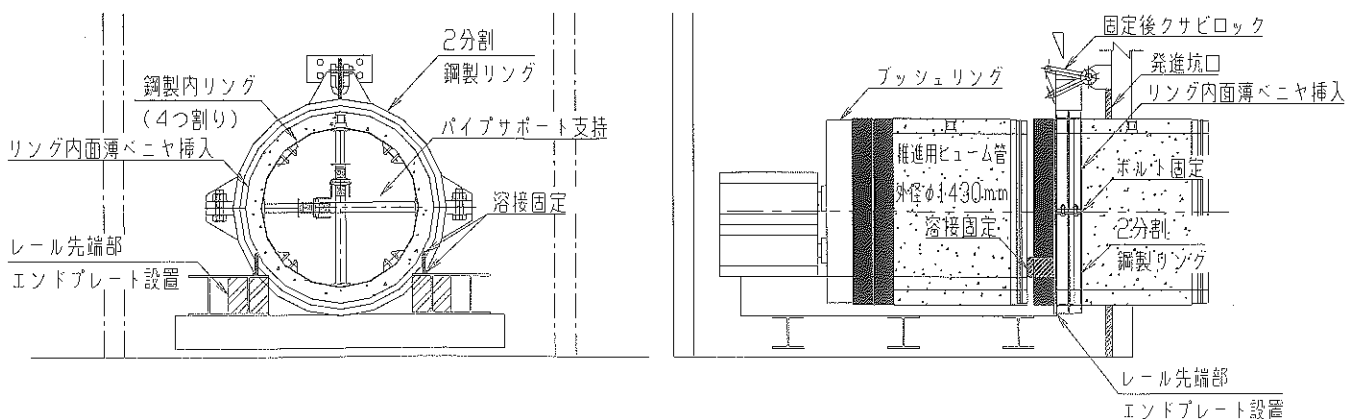


図-7 推進管後退防止装置図

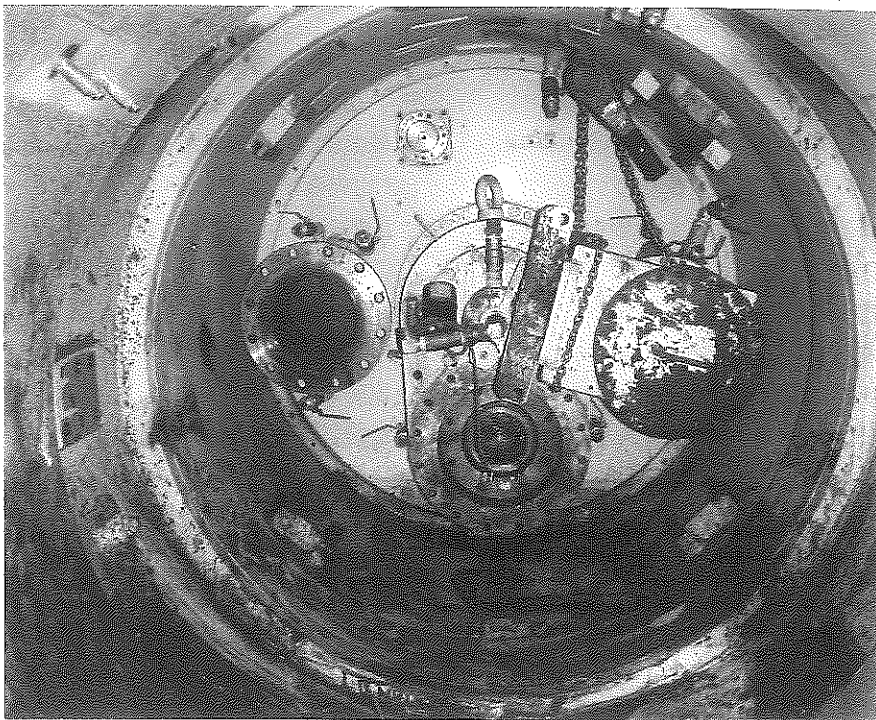


写真-8 推進機解体後の凍結管貫通BOX (左フランジ)

よる誤差が懸念されるため、測量を2班で行い補完することで、精度の確保を図った。

到達接合部の止水は裏込注入によるものが通常だが、凍結時はセメントが硬化せず、また解凍時には体積膨張してひび割れが生じる。そこで、鋼管を挿入した後にFRPM管を本設管として設置する二重構造とし、裏込層を複層にするとともにゴムパッキンと溶接接合による止水で対応した。坑口部は解凍後に再注入できる構造とした。

5.2 到達工の施工

到達接合工の施工手順と施工の要点を以下に示す。

- ・セグメントの2次覆工部をコア切断した後、開口部の変位を自動計測にて監視しつつ、セグメントを段階的に切断撤去した。

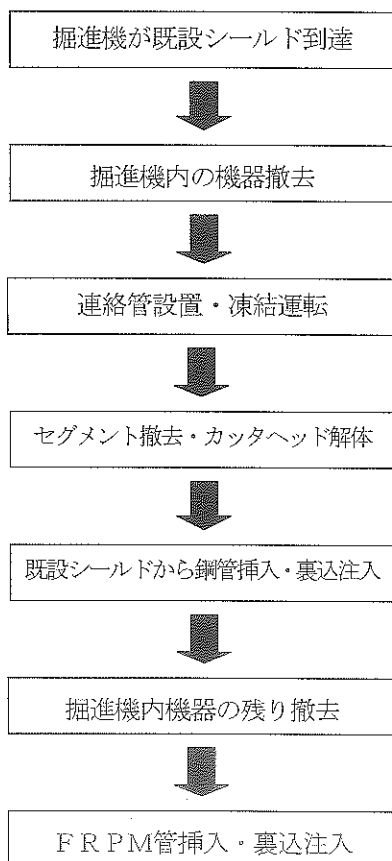


図-8 施工手順

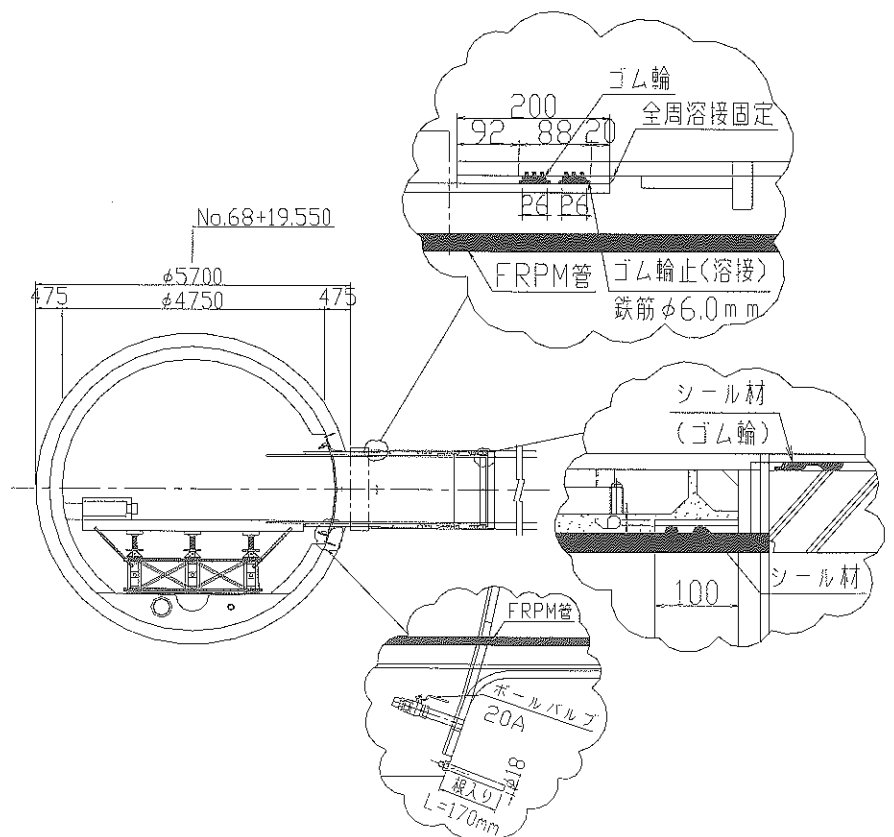


図-9 既設シールド側止水構造



写真-9 二次覆工コア抜き状況



写真-10 カッタヘッド解体状況



写真-11 鋼管圧入状況

- ・曲面加工した特殊坑口リングと止水パッキン（天然ゴム製）をセグメントにアンカで取付ける。外周には8箇所裏込注入孔を設置し、鋼管挿入後に地山の空隙を充填した。
- ・特殊坑口リングと挿入鋼管およびFRPM管と復旧する二次覆工の隙間には、水膨張性シール材を設置した。
- ・既設シールドから鋼管を掘進機フード内部ヘジャッキにて挿入後に、掘進機鋼殻と溶接固定した。鋼管端部には、Wジョイント推進管継手と同構造の止水パッキンを設置した。
- ・推進管側のFRPM管の固定は、掘進機フランジ部にFRPM用と同寸法の鋼製ソケット（RCP-B形 t=12 2種管用）を設置し、FRPMと同規格のシール材を2段設置した。
- ・鋼管とFRPM管との空隙は、シールド側から注入管を通して、凍結環境下でも強度発現し十分に強度のある中込め材を充填した。推進管とFRPMの目地部は、地山解凍後に、

仕上げた。

6 施工経過と結果

高水圧下での推進は、十分な止水性を保持しながら噴発や漏水を未然に防いで、既設シールド位置までに順調に掘進できた。

- ・既設シールド到達間際には巨礫に遭遇したが、装備したローラカッタにて有効に対処できた。
- ・掘進機と推進管の継手部は、ワイドシールの効果で漏水がなかった。
- ・推進管後退防止対策はボルト締め込みによる摩擦力が不足気味であったが、リング内側に薄いゴム板を挟むことで管後退を防止したため、発進坑口パッキンの捲れによる地下水噴出や漏水は発生しなかった。
- ・排土機構については、玉石による閉塞や排土の噴発は全く生じず、高水圧対策は万全であったと自負する。既設シールドに到達した際は、現場

条件に合わせた施工手順に基づいて作業し、高水圧下での接合を無事に行うことができた。施工状況を、写真-9～14に示す。

- ・既設セグメントは、4分割で撤去するとともにトータルステーションにて変位計測しながらで施工することで、事前解析では5.5mmの変位に対して、1mm以内に収まった。
- ・接合作業では、地山の凍土造成状況を把握する測温管（上下2箇所）や循環不凍液の温度を管理することで、地山が露出する条件下での10日間の昼夜にわたる接合作業を円滑に進めることができた。

7 おわりに

本工事では、大土被り、高水圧下という厳しい施工条件を安全かつ高精度にて完了できた。既設シールドとの接合では、凍土が造成されているとはいえ、地山が露出する状況下での施工も

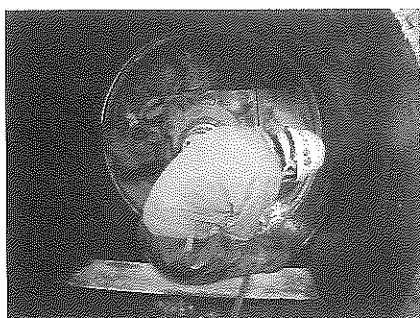


写真-12 隔壁切断状況

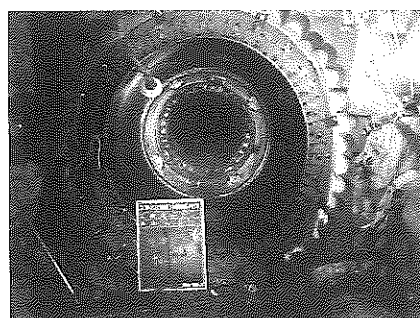


写真-13 到達部坑内状況



写真-14 FRPM管挿入完了

あり、最後まで緊張の続く難しい作業であった。

今後、ますます大土被りでの推進施工が行われることが予想されるが、本工事でも一つ間違えれば取り返しのつかない状況になることを忘れず、万一の場合を想定し何重にも対策しておく事が、安心・安全への第一歩であることを再認識した工事であった。

最後に、厳しくも的確な助言やご指

導を頂いた市工事担当課の皆様並びに今回の工事に携わった関係各位の方々には、深く感謝し、敬意を表す所存である。

○お問い合わせ先

㈱鴻池組 土木事業本部 技術部

〒530-8517

大阪市北区梅田3-4-5 (毎日インテシオ)

Tel : 06-6343-3262

Fax : 06-6343-3176

<http://www.konoike.co.jp/>

ESS工法協会

〒581-0038

大阪府八尾市若林町1-76-3

朝日生命ビル1階

Tel : 072-920-2533

Fax : 072-920-1588

<http://www.eco-speed-shield.com>

E-mail : info@eco-speed-shield.com

推進工事技士のみなさまへ



登録事項変更届

転勤や引越などで推進工事技士登録時の住所や勤務先など登録事項に変更が生じた場合、登録事項変更届の提出が必要です。登録事項は、更新講習会案内書の発送用など資格保有者への重要なご案内に利用いたします。

登録事項変更届は以下のホームページからダウンロードできます。



資格の更新

推進工事技士の登録期間は5年間です。資格を更新するには、登録期間満了の前年1年間に当協会の更新講習会を受講した上で更新手続きが必要です。また更新講習会は、全国土木施工管理技士会連合会の継続学習制度(CPDS)プログラムとして認定を受けています。

詳しくは、(公社)日本推進技術協会ホームページ(<http://www.suisinkyoo.or.jp/>)更新講習会タブをクリック