

## FPAS 工法を用いたシールド到達の施工報告

清水建設（株） 正会員 中村 智史 ○山本 将由

### 1. はじめに

本工事は、浄水場から給水所までの全長約 13km の送水管整備事業のうち、1 工区（浄水場から 3,632m までの区間）に泥水式シールド工法にてトンネルを築造する工事である。

当現場の到達立坑付近は、土被り 50.2m、地下水压 0.39MPa が作用しており、高水压下（0.5MPa まで対応可能）でも安全に到達可能な FPAS 工法が計画されていた。工事概要を表 1 に示す。本稿では、FPAS 工法を用いたシールド到達の施工結果について報告する。

表 1 工事概要

工法	泥水式シールド工法
仕上内径	3,300mm
マシン外径	3,790mm
施工延長	3,632m
土被り	20.9～50.2m
到達方法	仮壁切削 (FFU)+FPAS 工法

### 2. FPAS 工法の概要と課題

FPAS 工法は、収納型止水パッキンと凍結を組み合わせた工法であり、高水压下でも安全にシールドを到達させることができる。図 1 に施工ステップを示す。これまで FPAS 工法を用いたシールド到達は国内で 3 件（当現場が 4 件目であり国内実績の中では最大径）施工されているが、漏水が発生し、追加で止水注入等を行わなくてはならない事例が報告されている。漏水の発生は、シールドマシンと止水パッキンの間に切削片等の異物が噛みこみ、パッキンがマシンに部分的に密着できていないことが最大の要因である。

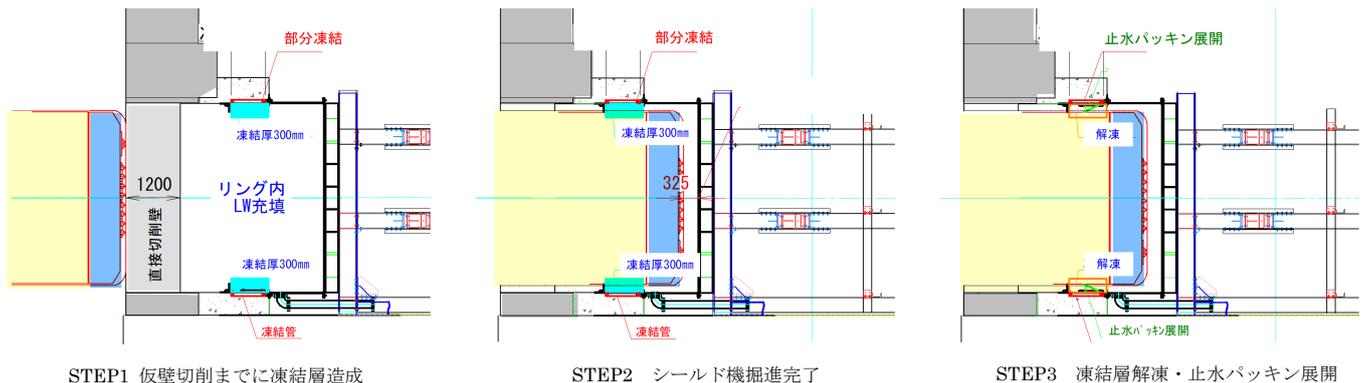


図 1 施工ステップ

### 3. 管理項目

当現場で FPAS 工法を使用するにあたり、漏水を発生させないために計画・設定した 3 つの管理項目について述べる。

#### ① 掘進速度管理

パッキン作動時、マシンとパッキンの間に FFU 切削片や側壁切削ガラ等の異物が噛みこむことが漏水発生の最も大きな要因である。そこで、FFU 掘進区間の掘進速度を 1 mm/min とし、大割れを抑制し、凍結区間の掘進が始まるまでに切削片を十分に取込み管理した。また、凍結区間については、切削中は凍結を継続していても泥水の循環により凍結層の温度が上昇して解凍が進んでしまうことが予想されたため、掘進速度を 3～5mm/min に速めるよう管理した。

#### ② 温度計測とパッキン作動のタイミング

これまでの FPAS 工法の事例では、マシン到達後、凍結層解凍のため半日程度時間をおいてからパッキンを作動させていた。充填材の解凍スピードを考慮しての施工ではあるが、結果的に異物が噛みこみ、漏水が発生

キーワード FPAS 工法, 到達, 高水压

連絡先〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1 清水建設株式会社土木技術本部シールド統括部 TEL 03-3561-3892

していた。そこで、実際の凍結層 ( $t=300\text{mm}$ ) の状態を把握する必要があると考え、凍結区間に4つの温度計を設置し管理した。図2に温度計設置位置と計測データを示す(測点1~3:リング内面, 測点4:凍結層先端)。図2より、凍結層下部よりも上部が先行して解凍が始まっていることが分かる。これは、送泥口がマシン上部に位置していること、充填材がブリージングにより上部の方が下部と比較して密ではないためであると考えられる。また、マシンが温度計設置断面を通過した途端に凍結層全体の解凍が始まり、マシンが停止位置に到達した時には既に完全に解凍していることが分かる。これは、送泥水が掘削した空隙に回り込むことにより、凍結状態を維持できなくなったためである。本データより、これまでのFPAS工法の事例においては、パッキン作動時には凍結層が完全に解凍してしまっていたと推察できる。そして、解凍により流動化した空間に切削片等が流入・堆積することでパッキン作動時に異物が噛みこみ、十分な止水効果が得られなかったと考えられる。これに対し、本工事では解凍状況を温度のリアルタイムデータで確認し、マシン到達後にパッキン作動の的確なタイミングを計ることでマシン全周にパッキンを確実に密着させ、止水に成功することができた。

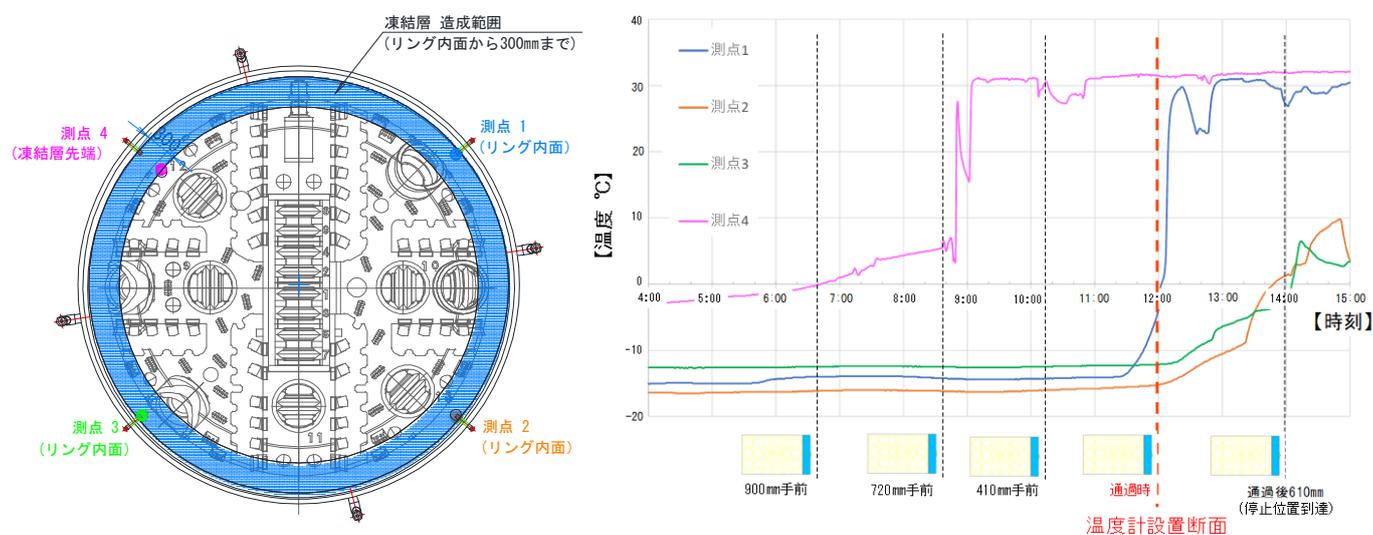


図2 温度計設置位置と温度計計測データ

### ③ パッキンの確実な作動・作用

パッキンを確実に作動させるため、加圧チューブへの注水量が計画注水量(チューブ内空体積)以上となるよう注水量管理を行った。また、バルクヘッドに設置した圧力ゲージと圧入ポンプの圧力差が、加圧チューブ耐力以下となるように注水圧管理を行った(チューブ耐力:許容差圧 0.5MPa 以内)。注水量と注水圧を管理することで、確実にパッキンを作動・作用させることができた。

### 4. おわりに

本稿では、FPAS工法を用いたシールド到達の成功事例を報告した。3つの管理項目は、どれも一般的な現場であれば実施できる内容であり、これらの管理により大深度・高水圧条件下におけるFPAS工法の有用性を実証することができた。また、当現場では掘削地盤に巨石が出現するため、礫破碎のためにローラーカッタと先行ビットが通常より多く配置されていた。そのため、大割れを生じることなくFFUを切削することができ、より取り込みやすくなっていることも成功要因の一つだと思われる。本稿が、FPAS工法を用いたシールド到達を計画する際の一助となれば幸いである。



図3 到達状況