

高水圧下でのシールド到達技術（FPAS 工法）の開発

銭高組 正会員 竹中 計行 六菱ゴム 蕪木 浩一
精研 野木 明 積水化学工業 林 健一郎

1. はじめに

昨今、地下空間の重層的な利用が活性化しており、シールド工事の大深度化が進んでいる。シールド直接発進・到達（SEW）工法は、従来のような発進到達防護工後の危険を伴う土留め壁の開口作業を行う必要がないため、従来工法に比べて安全かつ経済的なので近年採用が増加している。しかし、図1に示すように高水圧下でシールド機を到達させる場合、シールド機の通過位置によってはパッキンが損傷する、切削くずがパッキンとシールド機の間にはさまれ止水性が確保できない、パッキンが高水圧に耐えることができない、などの問題点があった。そこで、これらの問題を解決するために、凍結と充填材、パッキンを併用した新しいシールド到達技術（FPAS 工法）を考案した。本報告は、そのFPAS 工法の実用性と止水性を確認するために実施した実物大モデルの止水試験について述べるものである。

2. FPAS 工法

FPAS 工法は、坑口コンクリート内に凍結管とパッキンを設置してシールド機を到達させるもので、大深度・高水圧下でもシールド機が安全に立坑内に到達することが可能である。本工法の特徴を以下に示す。

パッキンは坑口コンクリート内に収納された形状で配置されており、シールド機による損傷を防ぐ。

パッキンはチューブ内を加圧してシールド機に密着させる構造で、高水圧に対応可能である。

充填材は凍結・解凍を行うと、流動化する材料を使用する。

シールド機到達前は充填材を凍結し、到達後に充填材を解凍しながらパッキンを作動するため、パッキンとシールド機の隙間に異物が混入するのを防ぐ。

シールド周囲を止水できるので、地盤改良範囲を減少でき、コスト縮減・工期短縮が可能である。

3. 止水試験

FPAS 工法の開発で解決しなければならない課題は、充填材を凍結・解凍した時にパッキンがスムーズに作動するかと収納型パッキンの止水性能を確認することである。既に行った材料試験の結果、写真1に示すような水ガラス系の注入材（LW）が凍結して解凍を行うと材料分離を起し流動化することがわかった。LWの配合を表1に示す。LWの圧縮強度は $0.1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ であるが、凍結すると圧縮強度は $3.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ になり切削反力としても有用である。止水試験装置は図3に示すような実物モデル（内筒径 1916）の止水試験装置を用いて行った（詳細図4）。

シールド、パッキン、凍結、到達

〒163-1024 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー24F TEL 03-5323-3861 FAX03-5323-3860

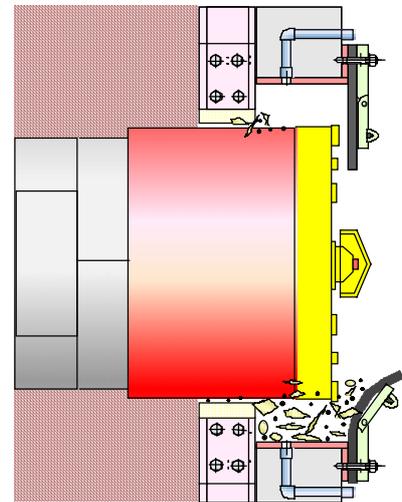


図1 従来の止水方法の問題点

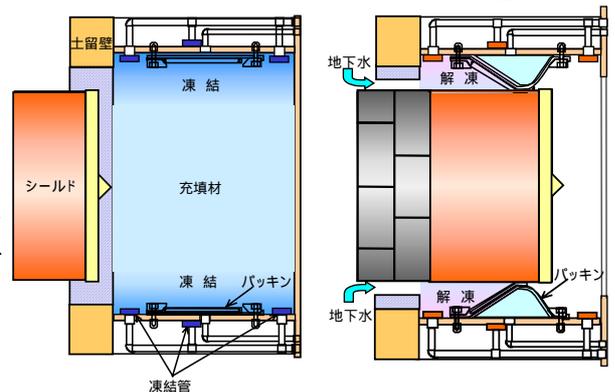


図2 FPAS 工法の施工手順

図に示すように、内筒は中折れ装置を模擬した段差があり、その高低差は 50mm である。内筒と外筒の離隔は 75mm と狭く、その内部に 2 段のパッキンが装備され、止水装置はシールド機の掘進状態を模擬するため、内筒を 1100mm 移動することができる。

試験手順は以下に示す通りである。

外筒に凍結管を 200mm ピッチで配置し、その外側に断熱材を巻いて養生する。

内筒と外筒の隙間に LW を充填し、養生後付着をカットするためシールド機を 10mm 移動する。

外筒と内筒を測温しながら凍結 (-25)を開始する。

所定の位置まで凍結完了後、凍結管内に温水(60)を循環させ充填材を解冻し、パッキン 1 を作動する。

シールド機を停止させた状態で、加圧口 : B から注水し止水性能を確認する。

シールド機静止時の止水性能を確認した後、シールド機を推進し、推進時の止水性能を確認する。

試験時の外気温は約 10 で、凍結期間は 4 日間、解冻期間は 2 日間であった。

シールド停止時の試験結果を表 2、シールド推進時の試験結果を表 3 に示す。試験の結果、実物大モデルでも LW を凍結・解冻すると流動化し、パッキンとシールド機には異物が混入せず、パッキンがスムーズに作動することがわかった。収納型パッキンの止水性能は、シールド停止時は 0.6MPa、シールド推進時は 0.5MPa までの外水圧に耐えることがわかった。シールド停止時で外水圧 0.3MPa の時、チューブ圧力を減少させてリークする圧力を確認した結果、チューブ圧力 0.35MPa の時にリークした。よってパッキンは、外水圧に対して最小 0.05MPa 大きいチューブ圧力で止水可能である。試験終了後、内筒を移動しパッキン周辺の状況を確認したところ、外筒下端と内筒上部には固形物が付着していた。LW が流動化すると、材料分離するので細粒分が沈降し、上部に比重の軽い水や水ガラスが溜まる。よって、この固形物は細粒分が沈降し、その後の止水実験で脱水され低強度モルタルのように付着したと考えられる。

4 . まとめ

止水試験の結果、FPAS 工法は実物大モデルにおいても高い耐水圧性能があることを確認した。本工法は、昨年地下水圧 0.25MPa において到達防護工なしの条件で、シールド機を到達引抜きを行った実績がある。今後も改良を加え、より良い工法としていく次第である。

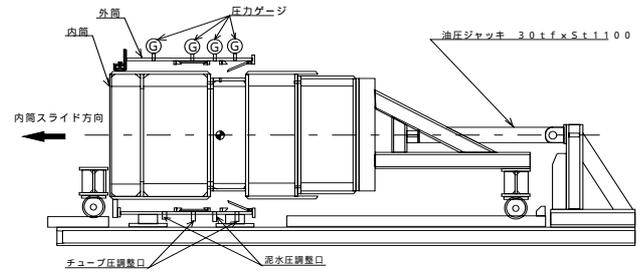


図 3 試験装置

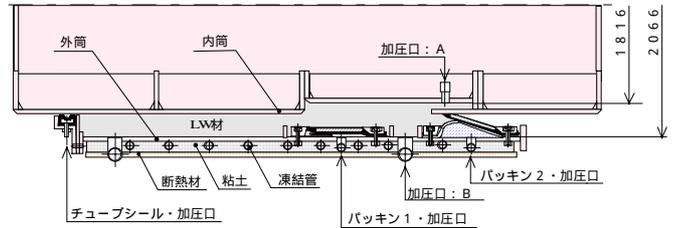


図 4 試験装置詳細図

表 1 LW の配合 (LW1m³ 当りの配合)

水 (ℓ)	水ガラス (ℓ)	早強セメント (kg)	ペントナイト (kg)
750	250	100	10



写真 1 流動化した充填材 (LW)

表 2 止水性能 (MPa)

シールド停止時			シールド推進時		
加圧口 B 注水圧力	パッキン 1 チューブ圧	リーク	加圧口 B 注水圧力	パッキン 1 チューブ圧	リーク
0.10	0.20	なし	0.10	0.35	なし
0.20	0.30	なし	0.20	0.45	なし
0.30	0.40	なし	0.30	0.55	なし
0.40	0.50	なし	0.40	0.65	なし
0.50	0.60	なし	0.50	0.75	なし
0.60	0.70	なし			



写真 1 凍結状況