

# 石岡トンネルにおける シールドマシン到達工法の選定

南畑 友助<sup>1</sup>・松本 将能

<sup>1</sup>関東地方整備局 霞ヶ浦導水工事事務所 工務第一課 (〒330-0812 茨城県土浦市下高津2-1-3)

霞ヶ浦導水事業とは、那珂川・霞ヶ浦・利根川を地下トンネルで結び、水質浄化・水不足の低減・新規都市用水の供給確保を目的とした流況調整河川を整備する事業である。これによって、渇水などの被害の低減、霞ヶ浦の水環境の改善が進むことが期待される。

本稿では石岡トンネル(図-1)において、シールド掘削を施工した際の到達工法について報告する。

キーワード 霞ヶ浦導水事業, 石岡トンネル, シールド掘削

## 1. はじめに

霞ヶ浦導水事業は、1984年に建設事業に着手し、2021年より石岡トンネル1工区、2023年より石岡トンネル3、4、5工区の工事を開始した。1工区は2024年5月、4工区は2025年5月に到達し、3及び5工区は2025年12月に到達した(写真-1)。現在では、トンネル内の仮設備の撤去等を行い2026年に施工完了を目指し、工事を進めているところである。

トンネル等がつながり、霞ヶ浦導水事業が完成すれば、那珂川・霞ヶ浦・利根川がつながることによって、関東地方における広域な水資源ネットワーク(図-2)が形成されることとなる。



図-1: 石岡トンネル



図-2: 関東地方の広域水資源ネットワーク

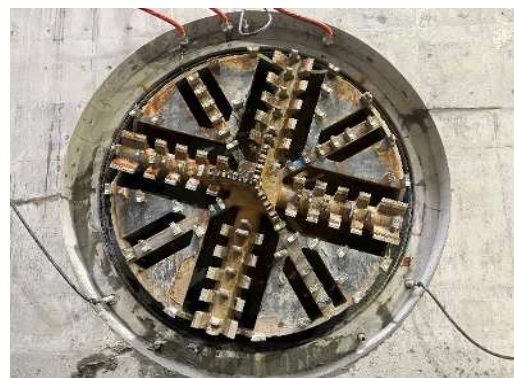


写真-1: 到達したシールドトンネルの切羽面(3工区)

## 2. 到達工法選定の理由

### (1) シールドマシンの特徴

石岡トンネル区間は、土被りが最大40mの大深度・高水圧下での施工である。また、事業の早期完成を目指していることを踏まえ、「長距離施工」及び「高速施工」が可能で、安全性にも長けた、「泥水式シールド工法」(図-3)を選定している。この工法で使用するシールドマシンには掘削外径と本体外径に幅がある。

この幅は、掘削角度の修正が容易に出来るといった利点を持つことが特徴である。

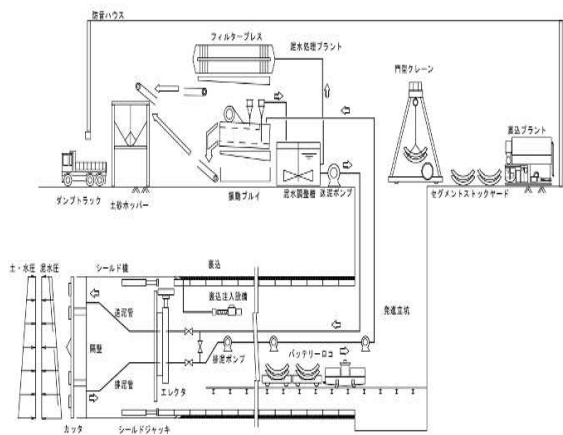


図-3：泥水式シールド工法

### (2)到達時の課題

前述したシールドマシンの掘削外径と本体外径の違いにより、事前に施工してある到達立坑にシールドマシンが到達する際に、本体外径と掘削外径の隙間から地下水が到達立坑内に流れ込む可能性(図-4)がある。そのような現象が起きてしまうと、周辺の地下水を引き込み、地盤沈下などを誘発する可能性がある。

そのような事象を防ぐため、到達工法の比較を行い3つの到達工法に絞った。

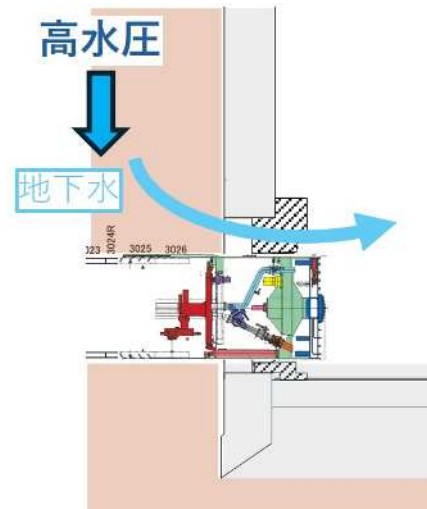


図4：シールドマシンの到達するイメージ

## 3. 到達工法の比較

3つの工法について比較検討したところ(図-5)石岡トンネルでは、事業の早期完成を目指している点、工期が最も短く最も経済性である点、その他地下放水路などでも実績があること等を踏まえ、水中到達工法にて、設計計画をした。

	水中到達工法	受け入れ室設置工法	
		バルクヘッド	FPAS
概要図			
工期	最も短い工期で可能	工期増大の可能性	短い工期で可能
経済性	最も安価	高価	最も高額である
施工性	広い場所が必要	狭い空間でも可能	狭い空間でも可能
懸念点	止水確認がしやすい	器具の作成時間が不透明	器具の手配が不透明
評価	施工実績が豊富	工期及び工費の増大より	実績は少ないが、止水能力が優れている
	◎	△	○

図-5：到達工法の比較

## 4. それぞれの到達工法

### (1) 水中到達工法

本工法は、到達立坑に周辺の地下水位と同等及びそれ以上の水を到達立坑内に満たすことによって、到達立坑にシールドマシンが到達しても周辺の地下水位と同じなため前述で述べた、到達立坑内に地下水が入りこむことが無く、安全に施工することが可能である。(写真-2)

利点は、特殊な機械や材料などを用いないため、比較検討した3つの工法の中でも安価な工費及び短い工期で施工が可能な点である。

欠点は、設計時で考えられていたのが到達時の反力不足に伴う、仮壁の大割れ・倒壊の可能性やそれに伴うエントランスパッキンの不具合などが想定される。



写真2：到達立坑内への水充填実施

## (2) 受け入れ室設置工法（流動性処理土）

本工法は、シールドマシンが到達する箇所に筒状の受け入れ室を設置をし、その中に流動化処理土を打設することで、地下水が到達立坑内に流入してこようとしても、流動化処理土によって、地下水がせき止められ安全に施工することが可能である。(写真-3)

利点は、水中到達工法と違い到達立坑全体を使わないため、他の作業が同時並行で可能である点。

欠点は、シールドマシンに合わせた筒状の受け入れ室を設置する関係より、到達時期を考えた部材の製作時期の選定の難しさや到達位置の精密な設定などが必要となる。

なお、1工区の施工時には、立坑に設置された立坑内のレイアウトを考慮し、本工法の採用されることとなった。



写真3：受け入れ室設置工法（流動性処理土）

## (2) 受け入れ室設置工法（F P A S工法）

本工法は、到達立坑内に設けたエントランスボックス内に充填剤と凍結管を設置し、到達立坑内に流入してくる地下水を凍結させて止水を行うことで、安全に到達することが可能である。

利点は、大深度といった高水圧がかかる場所でも容易に止水を行うことができるといった点である。

欠点は、地下水を凍結させるという観点から温度や凍結管の圧力などを厳密に管理をしなければならないため、高度な専門技術が求められること、本工法は上記で紹介した工法の中でもひと際特殊であり、専門技術者や機材の手配に困難を要することが考えられたため、見送ることとした。

## 5.実際の施工

実際に石岡トンネル3, 4, 5工区の工事契約後、それぞれの受注者に到達工法についてどのような施工を行うのか確認をした結果、いずれの工区も水中到達工法を選定した。その理由は、地下40m以上の大深度の他、地下水の影響対策の施工が安全な点を挙げていた。

到達工法を実施した際、地下水位と同程度の水を満たすことから到達状況が直接視認できず、完全に止水されているか確認できない状態になることが想定される。このため、潜水士による確認(写真-4)を行い、カメラ画像を通じて止水状況を確認し、安全な施工が可能となったことを把握した。



写真4：水中潜水士作業状況

実際にシールドマシンが到達した際は、各受注者の技術力や努力もあり各工区では約4～5kmといった長距離施工・高速施工でもあったなか予定到達位置との誤差2～4cmといった結果を出しており、それぞれの担当の技術者の方々がこの工事に誠心誠意取り組んでいただいたと感動しました。

その後、立坑に充填している水を付近に排水を行った

際、想像以上より立坑の底版に泥が溜まっており（写真-5）立坑自体も40mと深いため泥の搬出作業に時間がかかっており、膝下ぐらいまで泥が溜まったのをどのように搬出するのか確認しに行ったところ、大型のポンプやクレーンなどによって搬出しており、相当な負担があったような印象を受けました。



写真-5：泥の溜まり状況

## 6.まとめ

シールドマシンが到達する際には、到達立坑周辺の地下水が影響してくることで、工事事故などが起きやすく、シールド工法で一番重要な部分でもある。そのため、到達方法の選定には、工期及び工費のみ考慮するだけではなく、周辺の現場環境などをよく確認し、現場状況にあった到達工法の選定が必要である。

最後に、これまで事業を進められてこれたことは、事務所一丸となって、業務を進めてきたことや、受注者などの安全かつ精巧な工事により今があると思っている。引き続き、困難に直面した際も、年齢・立場・受発注者関係なく周りの人たちと協力をし、乗り越えていき、国土の発展に貢献していきたい。



写真-6：完成後の石岡トンネル(第4工区)