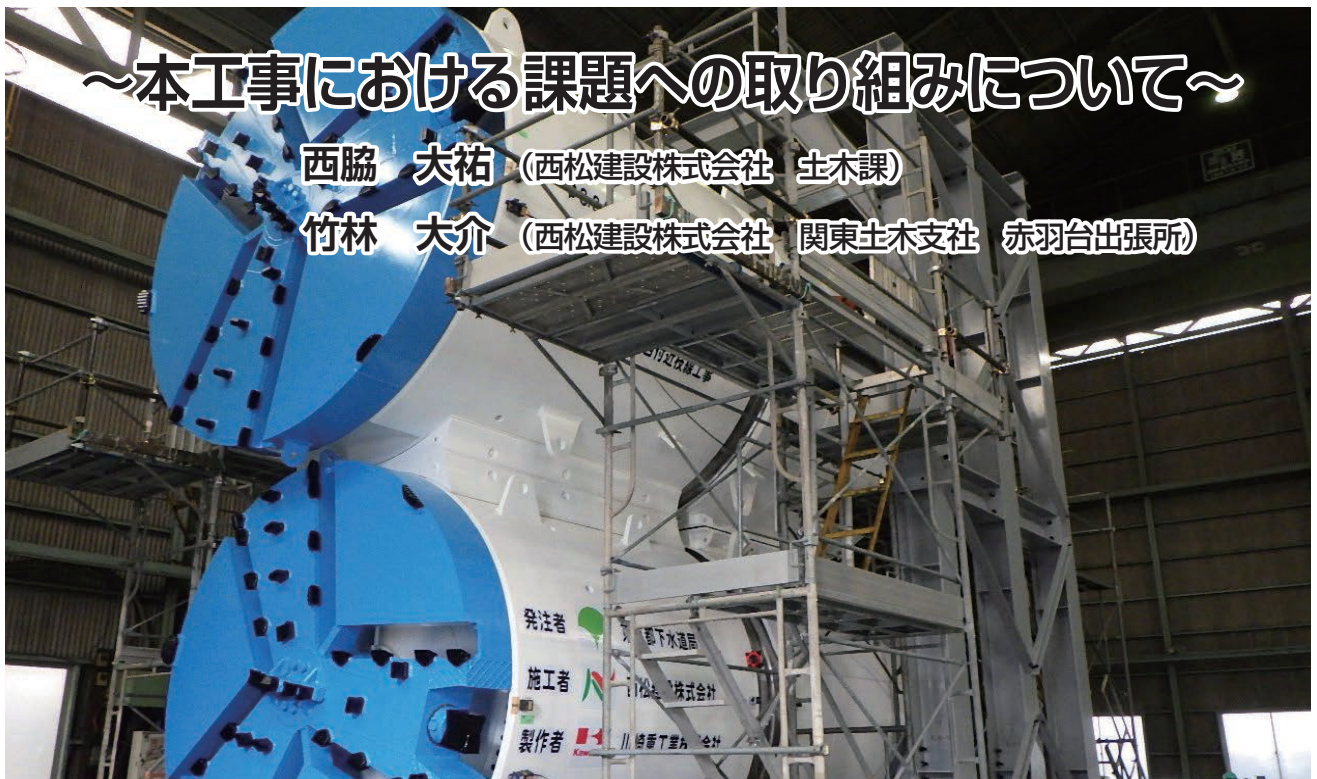


北区赤羽台一丁目、赤羽西四丁目付近枝線工事



～本工事における課題への取り組みについて～

西脇 大祐 (西松建設株式会社 土木課)

竹林 大介 (西松建設株式会社 関東土木支社 赤羽台出張所)

写真-1 本工事のシールドマシン

1. はじめに

シールドトンネル工法の特殊工法に、「H&Vシールド工法」がある。通常のシールド工法では単円形のシールドマシンが使用されるが、この工法は2機のシールドマシンを連結し（写真-1）、複円形状で発進させ、2機のマシンの姿勢制御によって2つの断面を縦並びから横並びへ螺旋状に回転させたり、連結を解除することで2つのマシンを途中で分岐させることが可能な工法である。「H&V」とは、「Horizontal variation」（水平変化）と「Vertical variation」（垂直変化）を意味している。

本工事では、このH&Vシールド工法が採用されている。この工法は施工実績が弊社では南台幹線工事に次いで2例目、全国的には8例目の極めて珍しい工法である。本稿では、前例の少ないH&Vシールド工法が採用されている本工事における課題への取り組みについて紹介する。

2. 工事概要

北区赤羽台一丁目、赤羽西四丁目付近枝線工事は、赤羽駅西側地区の雨水排水能力の向上を目的として、既に構築されている本線に放流するための2つの主要な排水管路を縦2連分岐型泥水式シールド工法にて構築するものである（図-1）。この2つの管路は上下に連なって配置されており、本工事ではこれらをH&Vシールド工法により同時に施工している。



図-1 路線図

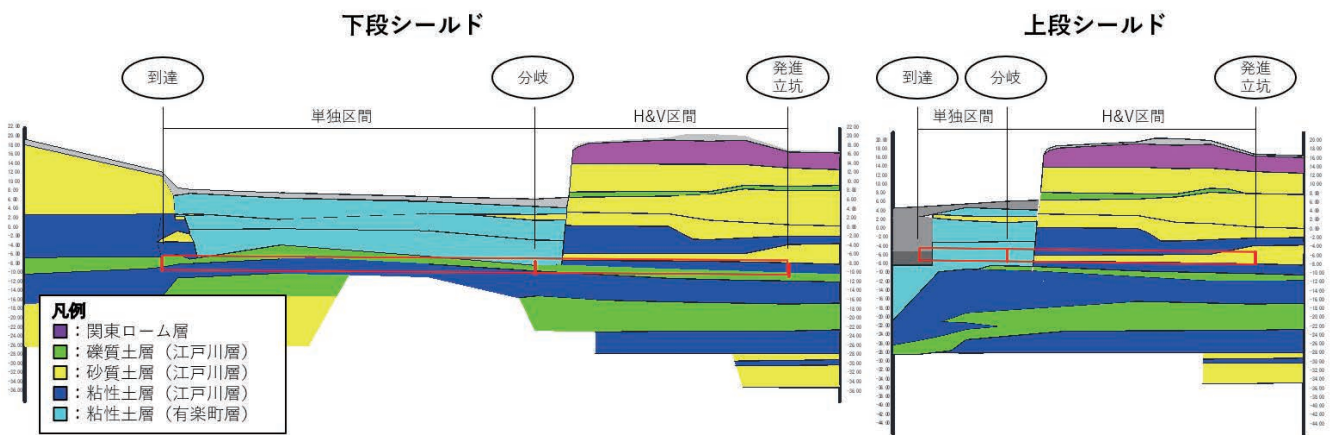


図-2 想定土質縦断面

表-1 工事概要

<p>工事件名：北区赤羽台一丁目、赤羽西四丁目付近枝線工事</p> <p>工事内容：</p> <p>管きょ工（縦2連分岐型H&Vシールド工法（泥水式））</p> <p>上段路線 施工延長L = 634.00m, 仕上り内径Φ2,800mm</p> <p>下段路線 施工延長L = 1,138.55m, 仕上り内径Φ2,400mm</p>
--

本工事では、赤羽駅西側の台地部から低地部に向かって掘進を行う。上下シールドが一体のH&V区間では、江戸川層の粘性土層・砂質土層・礫質土層の互層が主体となっている。上段シールドは、分岐直前から到達直前までは有楽町層の粘性土層が主体だが、到達地点では深部まで埋土層である。下段シールドは、分岐後から到達地点まで、分岐前同様に江戸川層の礫質土層と粘性土層が主体である（図-2）。



写真-2 施工ヤード（地上）

3. 工事の特徴と課題

3. 1 2路線の同時施工

本工事は、前工事の施工ヤードを引き継いで行われているが、前工事では仕上り内径Φ4,750mmの管路を単円形シールドで構築されている。泥水式シールド工法では、換気設備や裏込注入設備のほか流体輸送設備や泥水処理設備など多くの設備が必要となる。2路線を同時施工するH&Vシールド工法では、通常のシールド工法2路線分の設備やセグメントなどの材料の置場が必要となり、単純計算で約2倍の面積が必要となる（写真-2）。特に立坑の発進部では上下に分かれた坑内への資材運搬を行うため、それぞれに荷受けステージが必要

であるが、資材投入を行う都合上、上下の空間の活用が難しく、限られた施工ヤードを有効活用することが課題であった。

さらに、2路線を同時施工する為、直接施工を担う作業員の人数、施工管理を行う職員の労力も倍増する。このような条件の中、安全設備の強化や職員の労務負担の軽減も課題となった。

3. 2 特殊形状のマシンによる発進

シールド工法では、シールドマシンを発進立坑から地山に貫入させる箇所に、エントランスと呼ばれる管路と地山の間隙を塞ぎ、地下水が立坑内に流れ込むことを防ぐための設備を設ける。エントランスは、止水の為にパッキンと水圧を押さえる金物で構成される。単円形シールドマシンではマシンとセグメントがそれぞれ単一であるため、セグメント外周を全て塞ぐことができる。一方、H&Vシールド工法においては、シールドマシンが複円形であるのに対してセグメントはそれぞれ独立した単円であるため、シールドマシンに沿ったエントランスでは上下段のセグメント間の隙間を塞ぐことが出来ないという問題がある（図-3）。過去の施工事例における対策は、立坑内のスペースが少ない当現場での適用が困難であり、地山貫入時の出水のための対策を検討する必要があった。

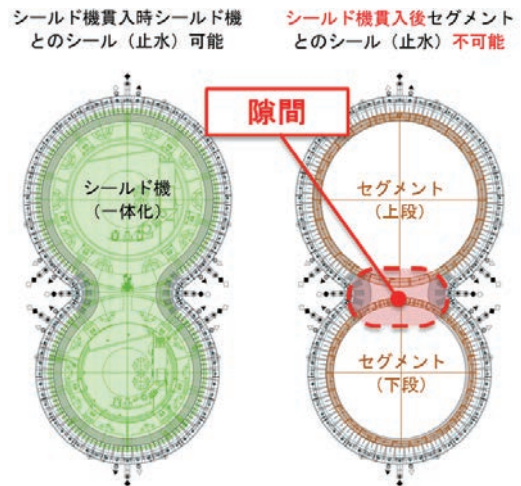


図-3 管路とエントランスの模式図

4. 課題に対する取り組み

4. 1 2路線の同時施工

(1) 立坑発進部の工夫

本工事の計画当初には、立坑内のスペースを発進方向に対して高さを変えて前後に区分し、立坑前方を上段坑内への、立坑後方を下段坑内への荷受けステージとすることが検討されていた（図-4）。この計画では、上段と下段それぞれのステージにトラバーサーを設置して、セグメント台車を左右に移動させて荷受けを行う必要があり、切羽へのセグメント運搬の作業効率が大きく低下してしまう。そのため、荷受けステージの計画を見直し、発進方向に対して左側を上段立坑への、右側を下段立坑への荷受けステージとする、左右に区分した構造とした（写真-3）。この構造に変更することで、セグメント台車の往復の際に必要な台車の分割・接続作業とトラバーサーの操作が不要となり、作業効率を低下させることなくセグメント運搬を行うことが出来ている。さらに、不要な作業を省くことで労働災害のリスク回避にもつなげることが出来た。

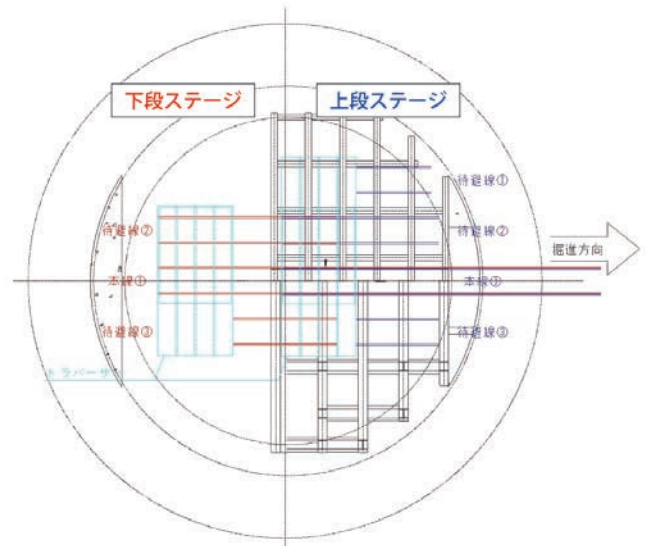


図-4 荷受けステージイメージ図（計画当初）

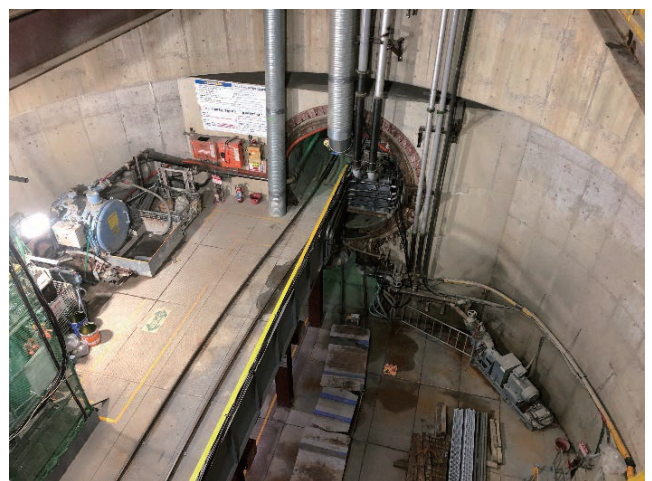


写真-3 荷受けステージ（実施工）

(2) 直観的に分かりやすい安全設備

2路線同時施工で作業量が多くなる中、直観的に分かりやすい安全設備を積極的に活用している。使用するクレーンのホイスト付近にはホロライトを搭載し吊荷の接近を感知しやすくしている（写真-4）。また、立坑内への資材投入時のルールとして、荷受けステージのパトライトを点灯させることとした。さらにクレーンには、立坑上へ移動する際と立坑上から荷受けステージへ吊荷を下ろす際にはそれぞれ異なるメロディを流す様に設定している。このように視覚と聴覚により吊荷の接近を察知できるようにしている。

立坑で荷受けしたセグメントは、2台のセグメント台車とそれを押すバッテリーロコにより切羽まで運搬されるが、坑内を走行する先頭のセグメント台車とバッテリーロコにはそれぞれカメラとモニターを取り付け、最後尾の運転席から前方の状況がはっきりと分かるようになっている（写真-5）。さらに運転席には、パトライトと警報で作業員の接近を知らせるシステムを導入し、作業員とバッテリーロコとの接触事故を防止している。

(3) 情報管理の効率化

シールド工事の掘進管理では、掘削土量やチャンバーの泥水圧、カッタートルクやジャッキの推力など、非常に多くのデータを取り扱う。掘進管理の方法として、マシンの運転席にデータを集約して行うケースと地上の中央管理室にデータ集約し掘進管理システムを用いて行うケースがある。H&Vシールド工法では、上下のシールドのデータを総合的に判断して掘進管理を行う必要があるため、掘進管理に掛る職員の手間と労力の削減、円滑に適切な指示を行うために、本工事では2機のシールドマシンの掘進管理を中央管理室で一元的に実施している（写真-6）。さらに本工事では、情報の集約だけでなく、中央管理室でのシールドマシンの運転を可能とし、施工をより効率的なものとしている。



写真-4 ホロライト使用状況



写真-5 バッテリーロコ運転席



写真-6 掘進管理システム

近年では一般的になっているが、2つの坑内にはそれぞれ一定間隔にWi-Fiのアクセスポイントを設置した。ネットワーク環境を整備することで、坑内でも通話が可能になり情報伝達がスムーズに行えると共に、現場のデータベースにアクセスが可能となることで資料の確認やデータ入力などの業務が坑内でも行え、現場全体として業務の円滑化・効率化につながっている。

さらに、立坑への入坑管理にはこれまで使われていた入坑札による管理ではなく、専用のタグの位置情報を活用した入坑管理システムを取り入れることで、より確実な入退場管理を実施している。



写真-7 本工事で考案した止水部材

4. 2 特殊形状のマシンによる発進

H&Vシールド工法における地山貫入時の出水への対策として、当現場の立坑内のスペースで施工可能な止水部材（写真-7）を考案し、施工した。この止水部材の外寸はシールドマシンの外周形状とほぼ同じ寸法になっており、2つの管路の間を塞ぐ形状となっている。シールドマシン最後尾がエントランスを通過する前に仮組セグメントに沿って組み立て、エントランスに押し込むことで2つの管路間の隙間を塞ぐ構造となっている（写真-8）。このままでは仮組セグメントと止水部材の間に隙間がある為、その隙間を溶接することで止水を完了させ、シールド機を発進させた。新たに考案したこの止水部材により、過度に出水させることなくシールドマシンを発進させることが出来た。



写真-8 止水部材押込状況

5. おわりに

本稿では紹介しきれなかったものもあるが、これまでH&Vシールド工法ならではの課題に対して、現場一丸となって取り組んできた。現在、シールドマシンは既に分岐し、それぞれの到達地点に向かって掘り進んでいる。また、赤羽駅前での到達立坑工事も並行して施工を行っている。

本工事は、今後も引き続き安全管理および施工管理に万全を尽くし工事を進めていく。