

山岳トンネルの斜坑・本坑交差部における設計・施工について

西松建設(株) 札幌支店 正会員 ○中谷 真英
 西松建設(株) 札幌支店 正会員 鈴木 晴美
 西松建設(株) 札幌支店 正会員 梅田 克史
 西松建設(株) 土木事業本部土木設計部 正会員 諏訪 至

1. はじめに

北海道新幹線は、新青森駅を起点として、青函トンネルを通過し、札幌市に至る延長約 360km の新幹線鉄道で、関東・東北圏などと直結する北海道の大動脈として地域発展に大きく寄与する路線である。現在、新青森・新函館北斗駅間が開業されており、新函館北斗・札幌駅間の延伸工事を平成 42 年(2030 年)度末を完成・開業予定とし事業が進められている。当工事は延伸区間である倶知安・新小樽駅間にある全長 17,990m の後志トンネルの内、北上沢工区のトンネル本坑 4,600m 及び斜坑 465m を施工する工事である。本稿では、全国的にも事例の少ない、斜坑・本坑との交差部の施工実績について報告する。

2. 背景

本トンネルでは本坑 315km147m 付近で斜坑と本坑が 90° で接続される。しかしながら、当初契約では本坑と斜坑の交差部の設計は別途協議となっていた。このため、交差部の設計が必要となった。一般にトンネルの交差部では、交差するトンネルのエッジ部分の応力集中が問題となる。また、トンネル交差部の本坑断面は、トンネル軸に直行する一次支保の脚部が取り払われる形となるため、その部分を H 型鋼で受ける必要がある。



写真-1 交差部写真

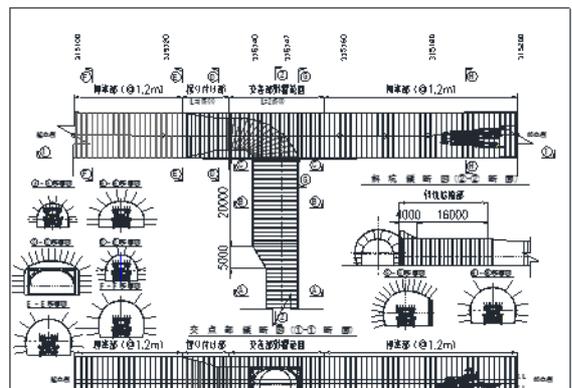


図-1 交差部平面図

3. 設計から施工への流れ

交差部を施工にあたって、工法は以下の 2 案の検討を行った(表-1 参照)。本トンネルの交差部付近の地山弾性波速度は 2.5km/s と低い値を示していたこと・ボーリング調査結果が不十分であることを考慮し、切羽状況の変化にフレキシブルに対応できる第 2 案: 導坑進入拡幅掘削方式を採用した。また、施工計画の策定にあたり、当現場では Trimble 社のフリーソフトである SketchUp を使用し、交差部の 3 次元モデルを作成し、施工順序を可視化して関係者全員の施工方法に関する意思統一を図った。以下の図(図-2)がステップ図の一例であり、本トンネルの導坑区間から本坑への擦り付けの際の平面図・3 次元モデルである。

キーワード トンネル, 斜坑, 交差部, 3 次元モデル, 可視化

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋 6-17-21 西松建設(株) 技術研究所 TEL 03-3502-0247

表-1 交差部施工工法比較表

比較項目	第1案：本坑断面直接掘削方式	第2案：導坑進入拡幅掘削方式
施工概要図		
施工手順概略工程 (1日=2力)	<p>斜坑掘削(本坑掘削) ※商業距離とするため交点より起終点それぞれ121mの距離</p> <p>本坑直角拡幅断面掘削</p> <p>仮設支保工建設</p> <p>補強(門型)・交差部本坑支保工建設</p> <p>終点側本坑掘削(仮設支保工撤去)</p> <p>起点側本坑掘削(仮設支保工撤去)</p> <p>終点側本坑掘削(工事起点まで)</p> <p>終点側本坑掘削</p> <p>計. 20.0日</p>	<p>斜坑掘削(本坑掘削) ※商業距離とするため交点より起終点それぞれ121mの距離</p> <p>導坑掘削(曲線)</p> <p>導坑掘削(本坑断面掘削)</p> <p>補強支保工(門型)設置</p> <p>起点側本坑掘削(工事起点まで)</p> <p>本坑掘削(導坑掘削)</p> <p>交差部掘削</p> <p>終点側本坑掘削</p> <p>計. 23.0日</p>
地山・トンネルの安定性	<ul style="list-style-type: none"> 本坑拡幅(大断面)掘削を行うため、断面増大による応力増加が懸念される。 斜坑からの距離距離が極小のため、大断面をマイクロベンチ・ミニベンチで掘削することとなり、地山状況によっては切羽の安定性確保が困難となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 導坑(小断面)での進入となるため、地山の掘み範囲を小さくすることができる。 導坑区間は繰返しを行い本坑断面に拡幅するため、急激な応力開放の影響を低減することができる。
施工安全性	<ul style="list-style-type: none"> 交差部本坑支保工建設時には、重機車両を横向きにするため拡幅断面が必要となる。それに伴い掘削土量が増大する。 交差部施工が短期間で完了するため、狭小なヤードでの作業期間が短い。 大断面のマイクロベンチ・ミニベンチ掘削となるため、地山不良の場合に切羽崩落の危険性が高まる。 仮設支保工撤去時は、切羽での掘削作業が長時間におよぶ。 	<ul style="list-style-type: none"> 小断面での進入となり先行ボーリング等で把握できなかった地山状況を把握できるため、交差部の安定性調査を確認できる。 地山状況に応じた掘削工法を選定できるため、突発的な不良地山への対応が容易である。 掘進方向の転換が1度で済むため、電気・配管等仮設設備の設置・撤去が煩雑にならない。 曲線部を重機車両が往来するため道路維持対策が必要となるとともに、挟まれる危険性が高まる。
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ▲本坑拡幅に伴う掘削土量の増大、拡幅鋼製支保工の使用 ○工程短縮に伴う経費減 ○軟付コンクリート体積(材料・処分費)、廢材使用量小 	<ul style="list-style-type: none"> ▲軟付コンクリート体積(材料・処分費)、廢材使用量大 ○掘削土量の大きな増大はない
総合評価	<p>工程・経済性において優位にたつが、大きな差ではない。先進ボーリングにて地質調査を行うが、既述ボーリングデータも少なく地山状況の把握には至っていない状況において、地山不良時の対応に難があり安全性にも懸念があるのは大きなリスクである。</p>	<p>狭小なヤード(導坑曲線区間)での作業が長期となるが、斜坑断面は確保しており大きな懸念はないと考える。導坑により地山状況把握を行い交差部安定性調査の確認を行えることから、将来にわたる長期的な安定を担保できる。また、突発的な切羽状況の変化にもフレキシブルに対応可能である。</p>

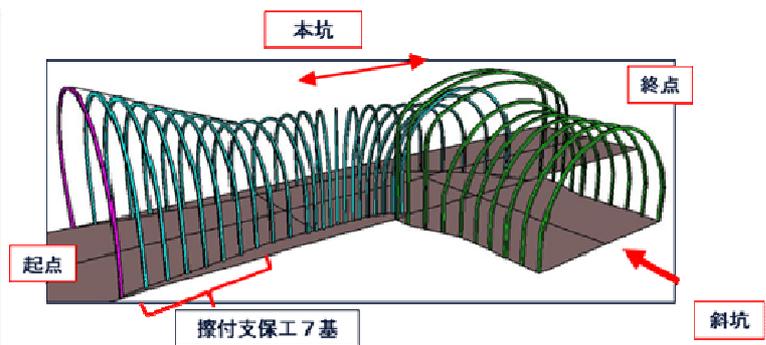
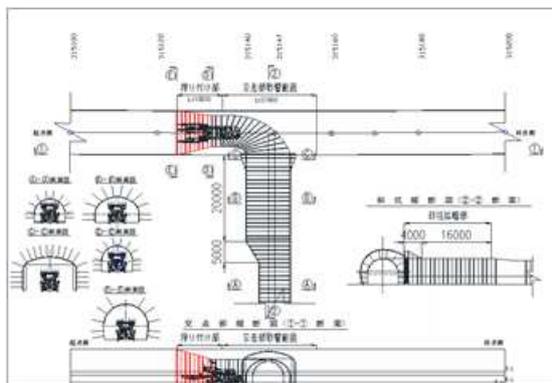


図-2 交差部施工順序

4. まとめ

後志トンネル(北上沢)では、安全に交差部の施工を完了することが出来た。この時、交差部周辺に変状など見られることはなく、安全に施工を終える事ができた。これは事前に施工ステップの3次元化を行い、綿密なシミュレーションや事前打ち合わせを行い、関係者全員に施工方法の意思統一が図られていた事が大きな要因と考えられる。また、本トンネルの交差部の地山状況は比較的良好であったため、肌落ち等の危険性が少なかった事も大きな要因の1つである。事前ボーリングデータが少なかったため突発的な不良地山の出現にも臨機応変に対応できる導坑進入拡幅掘削方式を採用した当現場の事例は今後のトンネル交差部の設計施工を行う上での一助になれば幸いである。



写真-2 交差部完成状況