

新幹線トンネルにおける横坑と本坑の交差部の施工事例

(株) 大林組 正会員 ○河合 義朋 正会員 神谷 信毅 正会員 滝浦 駿介
(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 中嶋 啓太 非会員 宮里 聡一

1. はじめに

北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）は延長約 212 km を鋭意建設中である。このうち立岩トンネル（延長約 17 km）は 4 工区に分割し、本工事は中間部（起点方から 2 工区）の 4,960 m と工事用道路としての横坑 1,672 m を施工するものである。

本稿では、掘削断面積約 50 m² の横坑を約 110 m² の本坑拡幅断面へ接続するトンネル交差部の施工事例について報告する。

2. 交差部の掘削方法

通常、横坑から本坑へ先進導坑を急曲線で掘削し、断面を徐々に拡幅して標準断面に摺り付けた後、導坑を取り壊しながら切り戻す方法が一般的である。しかし、交差部付近の岩質は、軟質で非常に脆く、粘土が不規則に混じり礫状を呈することが判明したため、本坑断面を仕上げるまでに、導坑掘削、縫返し掘削、下半掘削と段階的な掘削ステップで応力再配分が繰り返され、トンネル変形量の増加が懸念された。そこで、トンネルの変形や地山の緩みを低減できる掘削方法を以下の手順で行う計画とした（図-1）。

手順①：横坑の掘削断面を交差部手前から徐々に拡幅、

交差部は本坑拡幅を包括する断面で掘削

手順②：本坑と横坑接続開口部に門型支保工を設置

手順③：交差部に本坑片受支保工を設置

手順④：交差部から青森側・札幌側へ本坑を掘削

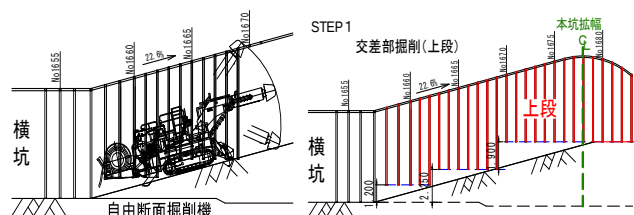


図-2 切り上げ時の掘削（上段）

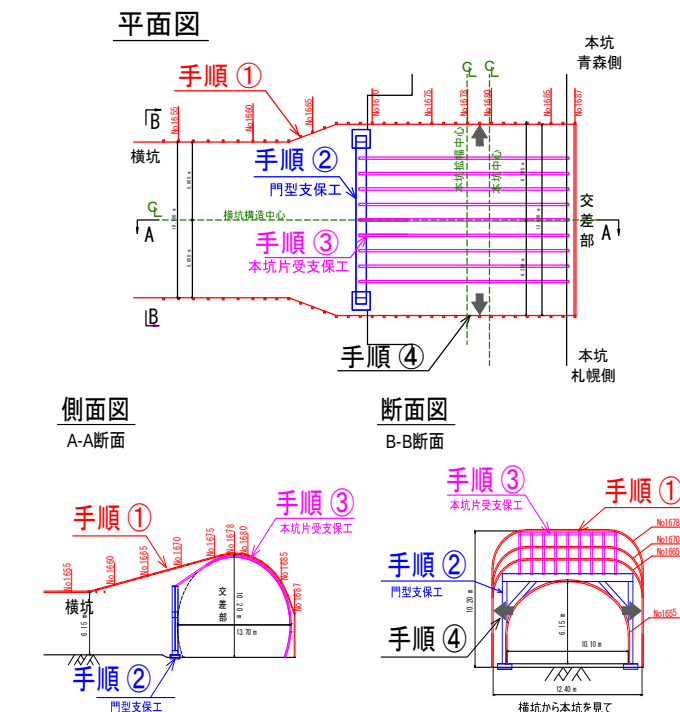


図-1 交差部の掘削手順

3. 横坑断面から本坑断面への拡幅掘削

掘削には、自由断面掘削機（240 kw 級）を使用した。横坑断面からの拡幅は、1 間手前の既設支保工と掘削機のヘッドが干渉しない高さ（1 間当り 226 mm ずつ）で、交差部の 17.4 m 手前から縦断勾配 22.6 % で徐々に切り上げた（図-2）。横坑と本坑の突き当たる箇所は、本坑断面形状に合わせて断面を縮小した。上下半 2 分割施工では、下半に降りるための掘削高さが 7.5 m（切削可能高さ 7.1 m）となり機械掘削が困難となるため、上段・中段・下段の 3 分割で掘削する計画とした（図-3）。

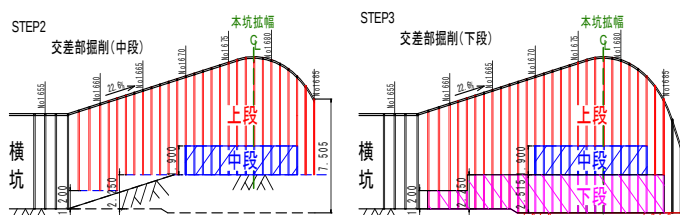


図-3 切り上げ時の掘削（中段・下段）

キーワード トンネル交差部，機械掘削，山岳トンネル

連絡先 〒049-3123 北海道二海郡八雲町立岩 58 番 3 大林・青木あすなろ・松本・阿部 JV TEL0137-65-6035

4. 支保構造

支保構造は、横坑と本坑および周辺地山をモデル化し、3次元数値解析により検討した。

a) 補強範囲

本坑トンネルと分岐トンネルの交差角が 90°の場合、トンネルスプリングライン(以下、SL とする)で約 60 % の応力増加となり、本坑トンネル軸力への影響範囲は分岐トンネル径の 1.0 倍、分岐トンネル方向へは本坑トンネル径の 1.0 倍程度となることが光弾性実験結果¹⁾より得られている。このことから、交差部補強範囲は、本坑拡幅部の掘削幅(13.7 m)から、分岐部より 14.0 m の範囲とした。

b) 鋼製支保工の応力照査

鋼製支保工に発生する縁応力は、側壁から脚部にかけて、部材の許容応力を超える箇所が発生したため(図-4)、許容応力を超える区間には、高規格支保工を用いることとした。

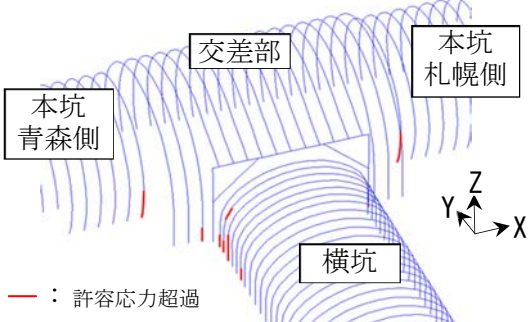


図-4 鋼製支保工の許容応力を超える範囲

c) 地山の安定性

本坑拡幅部における天端沈下の限界値 23.5 mm に対し、3次元モデルによる数値解析では天端沈下が最大 7.3 mm、SL の水平変位が最大 5.3 mm と変位量が 1/3 程度となることから、地山の安定性は保たれるものと判断した(表-1)。

表-1 天端沈下の限界値

	トンネル半径 R (m)	弾性係数 E (MN/m ²)	限界ひずみ ε ₀	先行変位率 α	天端沈下の限界値 R×ε ₀ ×(1-α)
本坑拡幅部	6.8	1,200	0.58%	0.40	23.5
本坑標準部	5.3	1,200	0.58%	0.40	18.3

d) 決定仕様

横坑の高規格支保工適用範囲では、門型形状角部の曲げ半径の制限により、部材をサイズダウンする必要があったため、施工間隔を 0.8 m に短縮した。本坑交差部近傍の支保工は、高規格支保工 1.0 m 間隔とした(図-5)。

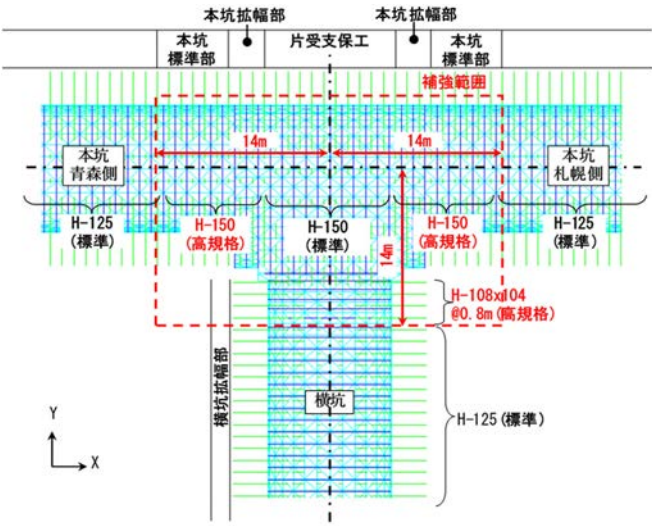


図-5 交差部支保工(平面図)

5. 実施工および計測結果

横坑は交差部手前から上段・中段・下段の3分割に分けて機械掘削による施工を行った。下半施工完了までの変位量は、天端沈下 8.7 mm、SL の水平変位 8.0 mm であり(図-6)、数値解析結果と大きな差はみられず、すべて管理レベル①相当に抑制できた。

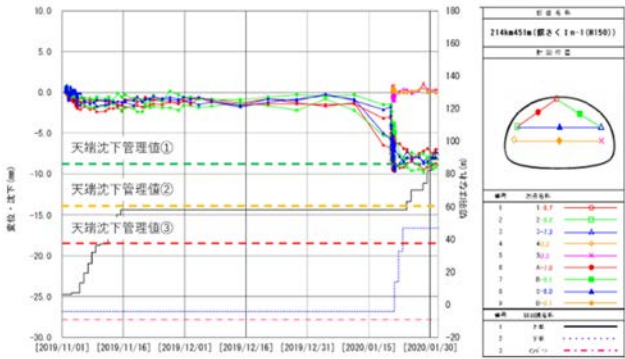


図-6 交差部の天端沈下・内空変位量

6. おわりに

施工方法・手順及び支保工の分割位置を入念に計画する必要があるが、アーチ側部が欠如する本坑部において門型支保工を用い先行先受けする工法は、天端沈下・内空変位量ともに管理レベル①相当と地山安定性を確保することができ、非常に有効であった。今後、本報告が類似工事の参考となれば幸いである。

参考文献

1) トンネル工学委員会 技術小委員会 山岳トンネル補助工法改訂部会：トンネルライブラリー第20号 山岳トンネルの補助工法 2009年版，2009年9月