

小断面・複雑形状トンネルにおける設計・施工の取り組み

荒井建設株式会社 土木技術部 正会員 ○塩見 武

荒井建設株式会社 土木部 飛弾野大介

荒井建設株式会社 土木部 山上 道晶

荒井建設株式会社 土木部 小林 一樹

国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部 中村 順一

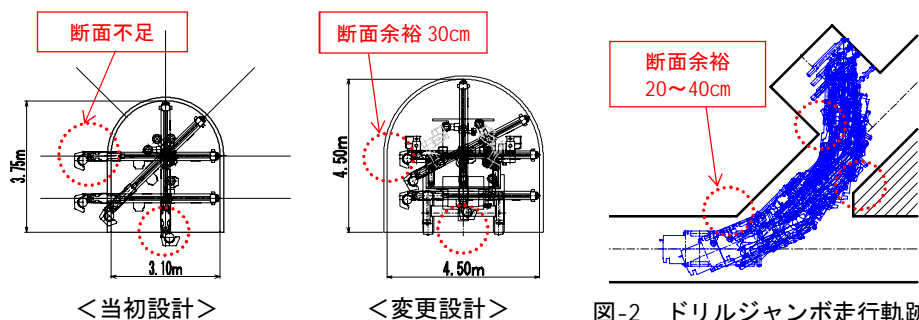
1. はじめに

計測トンネルは、延長 99.9m (掘削延長 92.0m) の地震地殻変動を観測するためのトンネルであり、北海道開発局で整備し、完成後は北海道大学所有の施設となる。当該トンネルは、掘削断面積 20m^2 程度を主体とした小断面と、交差部・屈曲部が連続する複雑な線形を NATM により施工するものであり、施工例の少ない特殊な条件であったことから、文献・論文などを参考にさまざまな設計・施工の検討を行った。本稿では、掘削・支保、防水・覆工コンクリートの代表的な取り組みを報告する。

2. 設計・施工の取り組み

2.1 トンネル掘削断面の見直し

当初設計は掘削断面積 10m^2 程度を主体とした断面になっており、このような小断面では特殊な機械の使用を余儀なくされることから、施工時期や地域性によって調達できる機械が限定されるため、施工機械に合わせた掘削断面の検討が必要となった。使用機械のうちもっとも作業スペースが必要なドリルジャンボによるロックボルト打設を想定し、必要なトンネル断面を検討した。検討の結果、施工余裕 0.3m を考慮すると、幅、高さともに 4.5m (吹付後) への断面変更が必要となった (図-1)。また、新たに設定した断面での走行軌跡による交差部進入について検討を行い $20\sim 40\text{cm}$ の断面余裕が確保できることを確認した (図-2, 写真-1)。結果として、断面の統一が図られたことでセントル費用が軽減し、全体コストでも有利になった (図-3)。



＜当初設計＞

＜変更設計＞

図-2 ドリルジャンボ走行軌跡

写真-1 交差部施工状況

図-1 ロックボルト打設時の断面検討

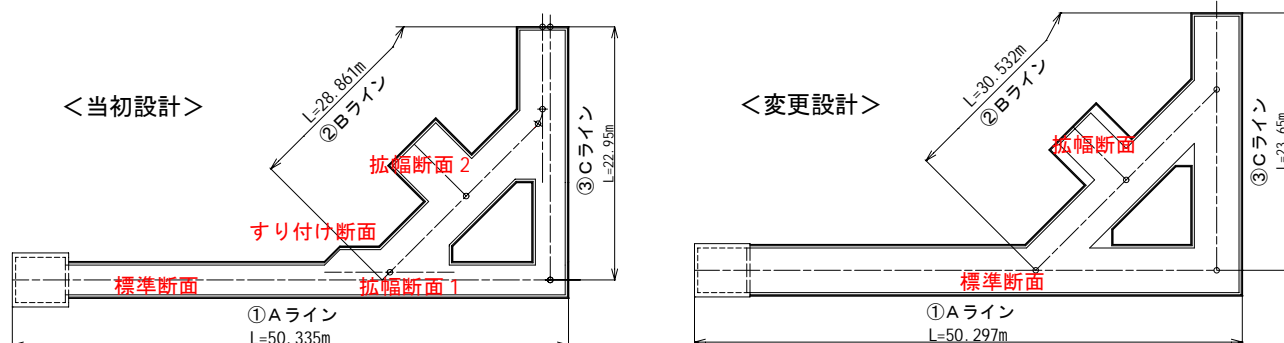


図-3 当初設計と変更設計の平面図

キーワード 地震地殻変動観測施設, 小断面, 複雑線形, 交差部・屈曲部, 扁平断面

連絡先 〒070-0054 北海道旭川市4条西2丁目2番2号 TEL0166-22-0121

2.2 交差部の扁平断面の検討

交差部では掘削断面積が大きくなるとともに断面形状が扁平になるため、ゆるみ領域の拡大や変形の増大など支保工の安定性低下が懸念された。交差部について数値解析を実施した結果、天端部周辺地山の安全率で1以下となる領域が確認された。安全率の低い領域は最大深度2m程度であり、この領域を確実に補強しつつ上部地山への定着を確保する目的から、アーチ天端部ロックボルト長を当初設計の2mから3mに変更することが望ましいという結果となった(図-4)。数値解析による検証結果を踏まえ、断面形状が扁平で掘削断面積が大きくなる45°交差部について天端部のロックボルトを3mとした支保構造を採用した(図-5、写真-2)。また初期のゆるみ変位を抑制する目的から技術提案では高強度吹付コンクリート($\sigma_{3h}=2.0\text{N/mm}^2$)を採用している。

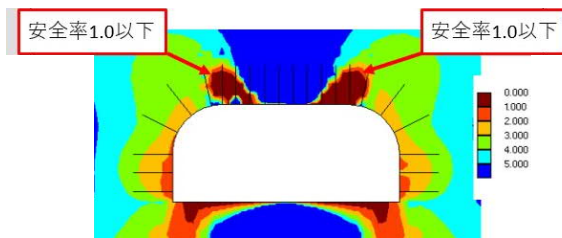


図-4 交差部の数値解析結果

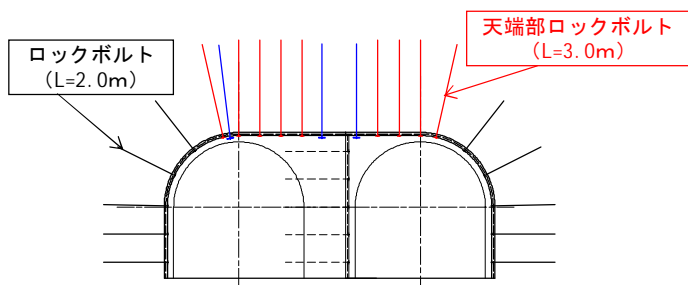


図-5 数値解析を踏まえた支保計画



写真-2 交差部施工状況

2.3 交差部・屈曲部の防水シート施工

交差部・屈曲部は扁平断面であり、湧水発生時の天端部の導水確保が課題となった。トンネル掘削中は湧水箇所のみ排水材による湧水処理を行っていたが、防水シートの施工に先立ち、湧水箇所だけでなく扁平断面となる交差部・屈曲部全体に排水材を設置した(写真-3)。

2.4 覆工コンクリート配合計画

覆工コンクリートは、厚さ20cmの補強鉄筋区間が主体となっており、コンクリートの締固め不足や充填不良が懸念されたことから、当初設計の配合(スランプ15cm)に変えて、トンネル全区間でスランプ21cmの中流動コンクリートを適用した(写真-4)。



写真-3 交差部・屈曲部の湧水対策



写真-4 中流動コンクリート



写真-5 交差部完成写真

3. おわりに

工事は、2020年9月に掘削を開始して同年12月に貫通、2021年7月に竣工を迎えた。今回、施工だけでなく設計に関する取り組みについても施工者が参画したことで詳細な現場条件や地域特性を考慮した検討内容になり、本稿で報告した品質確保・安全性向上・施工効率改善・コスト低減などの成果に加え、計画が円滑に進捗できたことから工程確保にもつながった。