

府道直下のトンネル施工について

佐藤工業株式会社 会員 201421428 中谷 幸一

1. はじめに

丹波綾部道路は京都縦貫自動車道の一部区間を構成し、京都府中部および北部地域の活性化を図るとともに、物流の効率化さらには国道27号線の代替路の確保等を目的とした延長29.2kmの国土交通省が管轄する事業です。当工事は全長約2.9kmの瑞穂トンネルの内、水呑地区(南側)から大簾地区(北側)に向かって施工する1.4kmのトンネル工事です。

坑口部は京都府道26号に近接し、この府道は道路幅員は狭いが地域営業バス路線に該当する生活道路であり、道路内には上水道が埋設される。トンネル坑口は府道沿いに設け、坑口から15m地点で府道直下を横断する。なお、トンネルが横断する箇所は谷地形を盛土した造成区間で、盛土基礎はN値2~9程度の沖積粘土層とN値5程度の崖錐堆積物が堆積し、この盛土と堆積層をトンネルが貫く。また、トンネルと府道の土被り(離隔)は4.0mと非常に小さい。

2. 坑口部の問題点の抽出

坑口部の地形および生活環境条件から下記に示す問題点を抽出した。

- 府道直下のトンネル区間は盛土および堆積層で形成され、旧谷部地形のため伏流水が確認されている
- 府道は地域生活道路のため当初設計の「仮栈橋+ソイルセメント置換え(図-1)」による通行止めが出来ない
- 冬季は積雪の多い地域であり、仮栈橋上の積雪・凍結等により交通事故が懸念される
- 当初設計では道路管理者との協議に日数を要しトンネル着手が遅れる

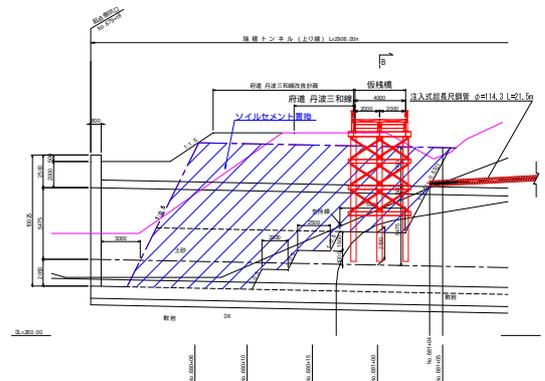


図-1 当初設計(仮栈橋+ソイルセメント置換え)

3. 検討と対策

問題点 ~ について、当初設計の「仮栈橋+ソイルセメント置換え」では、地域住民の生活、冬季交通の安全性およびトンネル着手の遅れによる事業供用開始時期に支障を起すため、府道の現況を確保しながらのトンネル施工としてトンネル補助工法(超長尺先受け工法)を用いた施工方法を検討した。

超長尺先受け工法の検討としてAGF工法、パイプルーフ工法およびミニパイプルーフ工法(トレヴィチューブ工法)を挙げ掘削幅1m当りの曲げモーメントの算定を行い、鋼管必要断面係数を求め、各工法の鋼管配列を計画し比較検討を行った(表-1)。

検討の結果、安全性(管の剛性)、経済性、施工期間のトータル評価から全長18m、先受け間隔30cm、先受け本数45本のミニパイプルーフ工法を選択した(図-2)。なおトンネル掘削中の鋼管と鋼管との隙間からの地山抜け落ちによる道路沈下防止としてシリカレジン注入を選択し、管周辺の地山改良を行い天端の安定を図った。

	AGF工法	パイプルーフ工法	ミニパイプルーフ工法
鋼管配置	114.3mm @450mm N=28	318.5mm @640mm N=25	139.8mm @300mm N=45
安全性	必要断面係数 234cm ³ /m > 117cm ³ /m 危険	必要断面係数 234cm ³ /m < 659cm ³ /m 安定	必要断面係数 234cm ³ /m < 267cm ³ /m 安定
経済率	1.0	3.9	2.8
問題点	管剛性不足により府道26号の沈下が大きくなる	管の隙間が大きく天端の抜け落ちと沈下が懸念される	削孔精度を要す
評価	x		

表-1 工法比較検討表

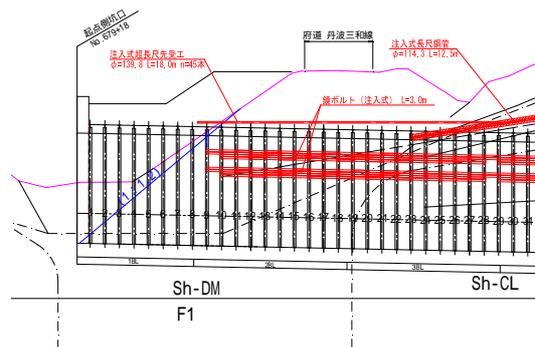


図-2 変更計画(ミニパイプルーフ工法)

次に問題点 について、トンネル脚部は沖積粘土層、崖錐堆積物が堆積し、トンネル中心から上部は盛土に該当する事から、超長尺先受け工が受けた荷重を支持する上半盤および下半盤の地耐力不足が懸念されたため、早期にトンネル沈下および変位を抑制する施工方法について検討した。検討の結果、下記に示す施工方法を選択した。

上半施工時の上半盤吹付コンクリート (t=20cm) による仮併合
 切羽の安定対策 (鏡吹付け+注入式鏡ボルト) を併用した補助ベンチ付全断面施工
 超長尺先受け支点を取巻く支保工脚部箇所の早期インバート施工

上記検討結果に基づく設計変更により、低土被り盛土によるトンネル上部の上載荷重 (車両の輪荷重) を考慮したトンネル覆工コンクリート構造の検討が必要となり F E M解析を行った。結果、当初設計のコンクリート巻厚を一定とした覆工およびインバートにおいて R C 構造化が必要となった (表-2)。コンクリート体積に対する過密鉄筋構造による R C 構造から、コンクリート中の締固めが出来ない。従来の配合では施工性が悪く緻密なコンクリート充填が望めない理由から、軽微な締固めで高い充填性が得られるコンクリート配合の検討として高流動コンクリートと中流動コンクリートの比較検討を行った。結果、高流動コンクリートは型枠に作用するコンクリートの側圧として液圧を考慮する必要があり、セントル補強費にかなりの費用を要することから、中流動コンクリートを採用した。

		設 計	変 更
覆 工	コンクリート	18N/mm ²	30N/mm ²
	鉄 筋	主筋 D19 @200 配力筋 D16 @300	主筋(ダブル) 内筋 D25 @250 外筋 D22 @125 配力筋 D16 @250
インバート	コンクリート	18N/mm ²	18N/mm ²
	鉄 筋	主筋 D19 @200 配力筋 D16 @300	主筋(ダブル) 内筋 D22 @125 外筋 D25 @250 配力筋 D16 @250 スターラップ D16 250 × 250

表-2 トンネル構造比較表

4 . 実施と結果

超長尺先受け工 (ミニパイプルーフ工法) においては、現状の盛土法面にコンクリート吹付を行い、坑口部が斜坑口となる事から、鋼管長を 1 m 単位で計画して府道路面および埋設水道管の隆起・沈下の計測監視を行いながら施工した。なお、打設精度の向上としてトンネルマーキングシステムを使用して 3 点監視による高精度な鋼管打設を行った。

上半盤仮併合および早期インバート施工は、超長尺先受け工の支点を受ける支保工区間まで上半盤仮併合を用いた補助ベンチ付全断面掘削を行い、直ちにインバート施工を実施して支点の強化を図り、以降はインバート施工ブロック延長 10.5m 毎に同じようなトンネル施工を府道通過まで繰返した。結果、トンネル掘削中は鋼管までの抜け落ちが発生したが、鋼管はほぼ計画通りの並列により掘削中の天端は安定した。また、トンネル内空変位と路面・水道の沈下は、限界ひずみと一軸圧縮強度の関係から変位量を 66mm とし、計測の管理基準を定め管理を行った結果、上半盤の仮併合による補助ベンチ付全断面掘削と早期インバート施工により初期変位の抑制と早期変位収束が確保され内空変位・沈下共に管理レベル領域の 25mm 以内に収まり適正な支保効果の確立により安定した。

R C 構造の覆工については、軽微な締固めとしてセントル内部の固定式型枠パイプレーターを型枠表面全面に対して 24 箇所配置した。天端部のコンクリート充填確認方法として頂部縦断方向 3 箇所にコンクリート圧力計を取付け、充填状況と圧力管理を行った結果、縦断方向 3 箇所の圧力はほぼ同等の値を示し、セントル耐力上限付近まで圧力が確認出来た事により充填性が確保できた。

5 . まとめ

今回、超長尺先受け工法で選択したトレヴィチューブ工法は軟岩部での施工実績が主で、盛土部での実績は無かった。そのためリスクを背負っての計画であったが、従来の方法に囚われない新しい技術の確立を目的として設計、技術、現場とが連携し、盛土部における超長尺先受け工の実用性に向け検討した結果である。またトンネル掘削時はトンネル直上を大型ダンプ等の工事車輛が頻繁に通行するといった悪条件の中、超長尺先受け効果と上半仮閉合および早期インバートの施工により当初設計工程を 3 ヶ月短縮し、無事に府道直下を横断することが出来た。

キーワード：低土被り盛土、ミニパイプルーフ (トレヴィチューブ工法) 覆工 RC 構造、工程短縮
 連絡先：佐藤工業(株)瑞穂トンネル作業所 電話 0771-86-0139 FAX 0771-86-0159