

坑口部の小土被り道路直下における長尺フォアパイリングの施工

西日本高速道路(株) 四国支社 高松工事事務所 石川貴士 宇野誠二
(株)フジタ 正会員 ○三河内永康 渡辺正 出渕隆広 小川一幸 村山秀幸

1. はじめに

四国横断自動車道高松自動車道では、鳴門 IC～高松市境間において暫定二車線から完成四車線化への事業を展開している。このうち、津田トンネルは香川県さぬき市に位置し、延長 968m の双設トンネルである。

本トンネルは下り勾配掘削で、東側坑口の直上には主要地方道津田川島線（以下、県道という）が土被り $h=1.67\sim 2.11\text{m}$ で交差しているとともに、道路内には上水道管が敷設されていた（図-1 参照）。また、周辺には養鶏場が近接しており騒音、振動、光害等の環境を保全する必要があった。これより、補助工法を用いたトンネル工で施工することとなった。

ここでは、補助工法に長尺フォアパイリング（トレヴィチューブ工法）を採用した経緯と、先受け鋼管の打設精度およびトンネル掘削時に発生した応力を測定した結果を報告する。

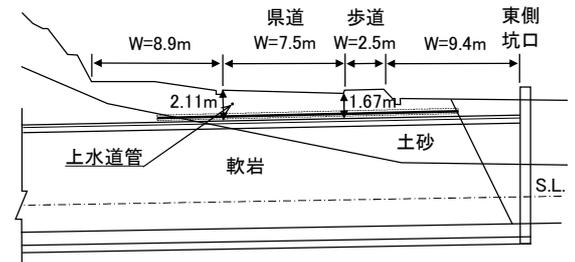


図-1 津田トンネル東側坑口付近の縦断

2. 補助工法の選定

東側坑口付近の地質は、上部には小礫や軟岩が混入している強風化花崗岩（土砂＝まさ化）が、下部には風化花崗岩（軟岩～中硬岩）が分布している。また、供用線との離隔はトンネル中心間隔で 31.3m ($=2.8D$) となっている（図-2 参照）。

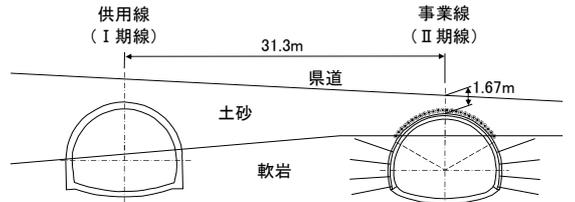


図-2 東側坑口での横断図(最小土被り断面)

補助工法は、「設計要領 第三集 トンネル編（平成 27 年 7 月）東日本・中日本・西日本高速道路株式会社」より、長尺フォアパイリングとパイプルーブを比較した。長尺フォアパイリングには、ドリルジャンボを用いて行なう工法（AGF）と専用機械で行なう工法（トレヴィチューブ）があるため、それぞれを比較対象とした。県道が打設開始位置から約 8m 離れているため、精度が良いこと、トンネル天端との距離が開かないこと等を考慮し、表-1 に示す項目について総合的に判断し、トンネル掘削に伴う地表面（県道）の健全性を確保するため『長尺フォアパイリング（トレヴィチューブ工法）』を選定した。トレヴィチューブ工法の仕様を、表-2 に示す。

表-1 補助工法比較表

項目	長尺フォアパイリング (AGF工法)	長尺フォアパイリング (トレヴィチューブ工法)	パイプルーブ工法
長所	ドリルジャンボで安価 仮設ヤードが小さい	鋼管の剛性高い 長尺で打設精度高い エア削孔で下向き可能 道路直下での実績多い	施工精度が高い
短所	上向き 2° 以上の穿孔 水削孔でまさ流出懸念	専用機械で高価 施工ヤードが大きい	高価で工期長い 仮設規模大きい
県道交通への影響	△(追加補助工法必要)	○	○
周辺環境への影響	△(騒音、濁水)	○	◎
直接工事費	◎	○	×
工期	◎	○	×
総合評価	○	◎	×

表-2 トレヴィチューブ工法の仕様

先受け材	鋼管(STK400)	打設間隔	450mm
鋼管経、厚	φ139.8mm , t=6.6mm	打設本数	26本
先受け長	L=21.5m(9.0+9.0+3.5)	打設シフト	1シフト
穿孔方法	エアハンマー方式	注入材	ウレタン系

3. 先受け鋼管の打設精度

トレヴィチューブ工法は掘削勾配と同様の下向き (0.6°) で打設したが、トンネル天端付近の打設精度が特に重要であるため、図-3 に示すように打設した長尺先受け鋼管の曲がり計測をトンネル肩部（孔 No.⑨）と天端部（孔 No.⑬）の位置でそれぞれ実施した。先受け鋼管の打設精度についての基準は規定されていないが、「構造物施工管理要領(平成 27 年 7 月)東日本・中日本・西日本高速道路株式会社」によると、杭の出来

キーワード 山岳トンネル, 坑口部, 四車線化, 小土被り, 道路直下, 補助工法, トレヴィチューブ

連絡先

〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 TEL03-3796-2298

形基準として『傾斜 1/100 以下』が規定されていることから、『215mm (=L21.5m×1/100)』を自主管理基準値として設定した。

図-4 に鋼管曲がり計測の結果を示す。(a)は水平方向における相対的な距離差を示し、+側は鋼管口元の打設方向を基準として右側へ曲がったことを表している。図-4 より、孔 No.⑨と⑬のどちらも土被りが小さい右側に曲がっていることが分かる。精度については、L=16m 程度までは直進性が良いが、それ以降は曲がる傾向があった。(b)は鉛直方向の相対的な距離差を示し、+側は打設勾配(下り 0.6°)に対して下向きに下降したことを表している。ここに、

鋼管長が 3.5m と 12.5m 付近で勾配が変化しているが、これはトレヴィ鋼管の継ぎ目位置であり、管の内面にある凹凸の影響と考えられる。孔 No.⑨は上向きに 70mm 程度となり、孔 No.⑬では 40mm 程度下向きとなった。どちらも自主管理基準値 1/100 を満足する結果となり、県道内に敷設されている上水道管等への影響はないと判断した。

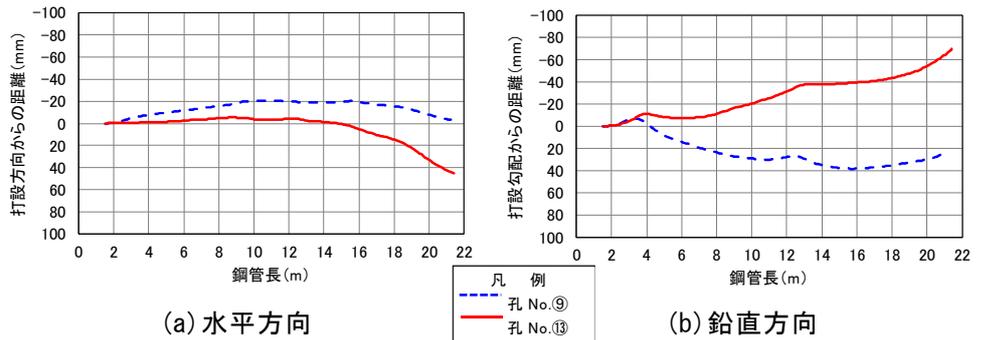


図-4 トレヴィ鋼管曲がり計測結果

4. トンネル掘削時の計測体制

トンネル掘削にあたり、県道は掘削の影響範囲(切羽前方 45+1/2 φ)に入らないように一時的に迂回させ、万が一でも県道通行車両等への影響がないように配慮した。また、インバートコンクリートを打設してトンネルのリング構造を構築し、県道でのダンプトラックによる上乗荷重試験を実施して走行の安全性を確認した後に、トンネル直上の県道を元の位置に戻し、車両通行を再開させた。

トンネル掘削時には、計測 A の他に計測 B として地表面沈下測定(県道の横断方向)とトレヴィ鋼管の応力測定を実施した。地表面沈下測定は、計測 A, B 共に最大-7mm を測定し、管理値(-20mm)の 1/2 以内に収まり、補助工法の有効性が確認できた。

トレヴィ鋼管の曲げ応力は、トンネル天端の孔 No.⑭(図-3 参照)において、1m 間隔にひずみゲージを貼付した計測管を注入時に設置し測定した。鋼管の許容応力度は 140MN/m² であるが 3 段階の管理レベルを設定(I:50, II:75, III:100MN/m²)し、安全管理体制を構築した。掘削途中における発生曲げ応力の分布図を図-5 に示す。一側は下向き(トンネル側)の曲げに相当する。曲げ応力は、掘削位置を最大として前方 6~7m (=0.6D 程度)まで発生している。また、先受け鋼管長の中心付近を掘削した場合には曲げ応力が大きく、端部に行くにしたがって小さくなる。現在、トンネル掘削は補助工法範囲を通過したが、最大発生応力は 92MN/m²(管理レベル III 以下)であり、安全に施工したことを確認した。

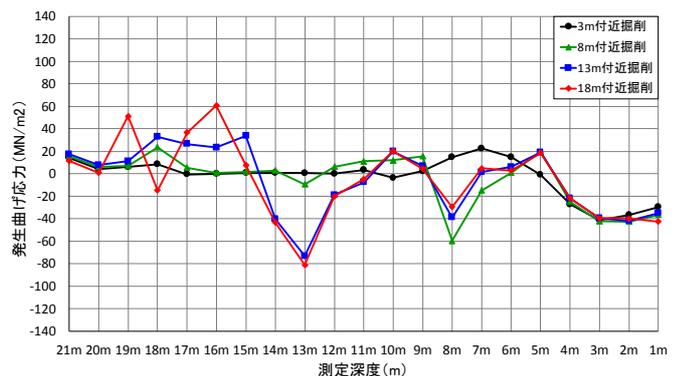


図-5 各掘削位置でのトレヴィ鋼管発生応力

5. まとめ

本報告は、県道が 2m 程度の土被りで交差する坑口部に長尺フォアパイリング工を施工し、県道の迂回路と計測管理によって県道に影響を与えることなくトンネルの掘削を完了した事例について述べた(写真-1 参照)。

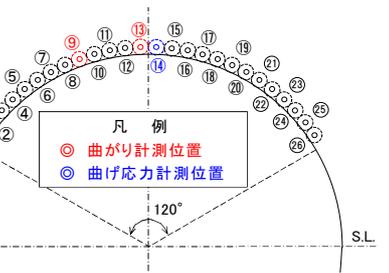


図-3 先受け鋼管打設位置



写真-1 補助工法施工状況