

先進導坑を利用した坑口部の切土掘削について

戸田建設株式会社広島支店
戸田建設株式会社広島支店
国土交通省中国地方整備局 前鳥取河川国道事務所

正会員 ○ 辻 昌志
辻川 泰人
甲田 展丈

1. はじめに

本工事は、地域高規格道路鳥取豊岡宮津自動車道の一部である駒馳山バイパス(事業延長 6.6km)内の福部町細川に位置する延長 229m のトンネル工事である。本トンネルの貫通側(起点側)坑口は、写真-1 に示すように、平均斜度約 30°、高低差 22m の急峻な痩せ尾根地形に位置し、山裾には塩見川と農地が近接しているため、トンネル坑口へ進入する工事用道路の構築が難しい状況であった。このため、坑内から先進導坑で貫通させた後に、先進導坑を運搬路として坑口部の切土掘削を行った。本論文は、このような施工条件の下、坑口部の切土掘削に伴うトンネルの変形と支保工の安定性についての事前検証と施工管理について報告する。



写真-1 貫通側地山形状

2. 地形・地質及び施工概要

本トンネルは、標高 170m 程度の山体に位置し、低山地を縦断する形で計画されている。地質は、新生代古第三紀に属する火成岩類を基盤岩とした古新統鳥取層群の凝灰角礫岩が主体となる。

貫通側坑口部の本坑及び先進導坑の位置関係を図-1 及び図-2 に示す。貫通側坑口部の施工手順は以下の通りとした。

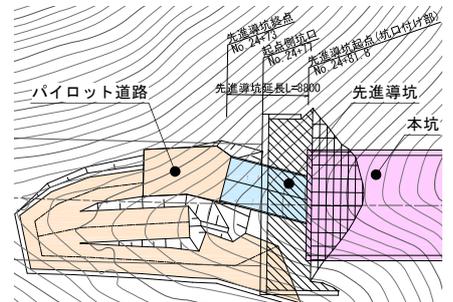


図-1 本坑及び先進導坑位置平面図

- ①本坑上半の掘削・支保工を本坑坑口付け部(No. 24+81.8)まで施工
- ②先進導坑(No. 24+81.8~No. 24+73, L=8.8m)の掘削・支保工を施工し貫通
- ③先進導坑を使用し、貫通側坑口部にパイロット道路を造成した後に、トンネル直上の切土法面を大型ブレーカにより掘削
- ④本坑坑口付け部から貫通側の切土範囲を 32t 級ブルドーザによりリッパ掘削し、切土により露出する先進導坑支保工を 1m 毎に撤去
- ⑤本坑坑口付け部の片切掘削部を大型ブレーカにより掘削
- ⑥本坑の残り(No. 24+81.8~No. 24+77)の掘削・支保工を施工した後に、坑口処理を実施

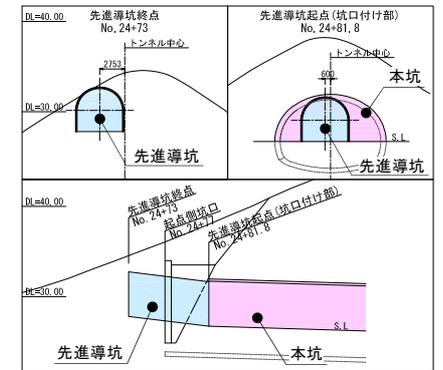


図-2 本坑及び先進導坑位置縦横断面図

3. 切土掘削における課題と管理体制の策定

3.1 切土掘削における課題

貫通側坑口部の切土掘削に際し、切土に伴う地山の応力解放やトンネル上部で作業する施工機械の荷重によって、トンネルの安定性が損なわれることが懸念された。このため、貫通側の本坑及び先進導坑の安定性を事前検証し、施工方法の安全性や妥当性を確認するとともに、施工時は計測管理を行った。

3.2 管理体制の策定

貫通側の本坑及び先進導坑で実施した計測管理項目と管理基準値を表-1 に示す。坑内変位の天端沈下、内空変位は、吹付コンクリートの破壊ひずみに基づき管理基準値を定め、脚部沈下は基礎の支持力に基づき管理基準値を定めた。また先進導坑は切土掘削時に支保工上部に直接重機が乗り局所的な荷重が掛かるため、鋼製支保工の応力測定を追加し、部材の許容応力に基づき管理基準値を定めた。

表-1 計測管理項目及び管理基準値

対象部位	管理レベル	本坑			先進導坑			
		I	II	III	I	II	III	
安全率								
		2.0	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0	
坑内 変位	天端沈下	mm	15	20	30	15	20	30
	内空変位	mm	35	45	70	15	20	30
	脚部沈下	mm	8	10	15	10	13	19
支保工 応力	縁応力	N/mm ²	-	-	-	120	160	235
	せん断応力	N/mm ²	-	-	-	70	90	140
	軸力	kN	-	-	-	350	470	700
	曲げモーメント	kN・m	-	-	-	10	20	30

キーワード トンネル, 先進導坑, 坑口施工

連絡先 〒730-0026 広島県広島市中区田中町 5-9 TEL 082-545-7607 FAX 082-545-7605

4. 本坑及び先進導坑の安定性の事前検証

2次元FEM解析により切土掘削に伴う地山の応力解放と施工機械の荷重による坑内変位と支保工応力を算定した結果を表-2及び表-3に示す。事前検証の結果、本坑及び先進導坑の坑内変位、支保工応力は全ての項目で管理レベルI未滿に収まりトンネルの安定性が確認できた。

表-2 坑内変位解析結果

対象部位		本坑 (No. 24+81.8)				先進導坑 (No. 24+81.8)				
施工手順		切土掘削による応力解放		施工機械の載荷		切土掘削による応力解放		施工機械の載荷		
解析図	解析図									
	解析結果 (mm)	区分	変位	管理基準値 (管理レベルI)	変位	管理基準値 (管理レベルI)	変位	管理基準値 (管理レベルI)	変位	管理基準値 (管理レベルI)
		天端沈下	-7.0	-15	-8.2	-15	+1.4	-15	+0.9	-15
		内空変位	+1.1	-35	+1.5	-35	-0.1	-15	-0.5	-15
		脚部沈下	左: +2.5 右: +2.4	-8	左: +2.1 右: +2.0	-8	左: +3.0 右: +3.0	-10	左: +2.9 右: +2.7	-10

((天端) +: 上向き, -: 下向き, [内空] +: 拡張, -: 縮径, [脚部] +: 上向き, -: 下向き)

表-3 支保工応力解析結果

対象部位		先進導坑 (No. 24+81.8) 鋼製支保工							
施工手順		切土掘削による応力解放				施工機械の載荷			
解析結果 (N/mm ²)	区分	曲げ応力度	縁応力の管理基準値 (管理レベルI)	せん断応力度	せん断応力の管理基準値 (管理レベルI)	曲げ応力度	縁応力の管理基準値 (管理レベルI)	せん断応力度	せん断応力の管理基準値 (管理レベルI)
	天端部	-6	120	0.1	70	-10	120	0.1	70
	肩部	+6		0.3		-5		0.2	
	脚部	-14		0.7		-20		0.9	

5. 施工時の計測結果

事前検証によりトンネルの安定性が確認できたため、当初の計画通り先進導坑を利用して坑口部の切土掘削を行った。図-3に示す計測位置における、施工時の坑内変位と支保工応力の計測結果を表-4及び表-5に示す。計測の結果、本坑及び先進導坑の坑内変位、支保工応力は全ての項目で管理レベルI未滿であった。

表-4 坑内変位計測結果

対象部位		本坑 (No. 24+81.8)		先進導坑 (8基目)	
計測結果 (mm)	区分	計測値	管理基準値 (管理レベルI)	計測値	管理基準値 (管理レベルI)
	天端沈下	-5.9	-15	-7.8	-15
	内空変位	-5.6	-35	-7.9	-15
	脚部沈下	左: -3.4 右: -5.5	-8	左: -5.6 右: -5.8	-10

((天端) +: 上向き, -: 下向き, [内空] +: 拡張, -: 縮径, [脚部] +: 上向き, -: 下向き)

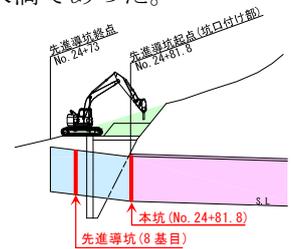


表-5 支保工応力計測結果

対象部位		先進導坑 (8基目) 鋼製支保工			
計測結果	縁応力経時変化 (N/mm ²)	軸力経時変化 (kN)	曲げモーメント経時変化 (kN・m)	凡例	
				8-S1 (solid green line) 8-S2 (dashed blue line)	
	切土開始	切土開始	切土開始		
	支保工撤去	支保工撤去	支保工撤去		

6. まとめと今後の課題

今回、事前検証として2次元FEM解析を行い、施工方法の安全性や妥当性を把握したことで、施工時において坑内変位や支保工応力を管理レベルI未滿に収め掘削を完了することができた。しかし、トンネルの基礎地盤が事前検証時の想定よりも軟質であったためか、施工時ではトンネル全体が沈下する傾向が見られた。今後の課題として、2次元FEM解析において施工初期に得られた計測データと解析結果との同定を行い、同定時の入力物性値を用いて精度の高い数値解析を再度行い、次施工に反映させることが重要であると考えられる。