

膨張地山における鋼製仮インバートの採用と効果について

大豊建設株式会社 正会員 ○鈴木 登¹
同 非会員 大内 清司
同 非会員 平岡 元

1. はじめに

山形自動車道盃山トンネルは、山形自動車道の4車線化に伴うⅡ期線の工事である。トンネル延長は1,244m、掘削断面積85m²の2車線トンネルで1999年3月着手、2002年3月に竣工した。工事の特徴として、1)営業線との離隔の少ない近接工事であること、2)トンネル中央部に介在する熱水変質岩はモンモリロナイトなどの膨潤性粘土鉱物を多量に含む膨張性地山であること、3)Ⅰ期線施工時に切羽の押し出し、天端の崩落、上下半盤の盤膨れ等の障害が発生したために度々工事が中断したとの報告がある。工事は営業線であるⅠ期線に影響を及ぼさない掘削補助工法を検討、計画し施工を行った。ここではその補助工法の中で、上半仮インバートを従来の吹付コンクリートによる施工から鋼製仮インバートに変えて採用した効果について報告する。

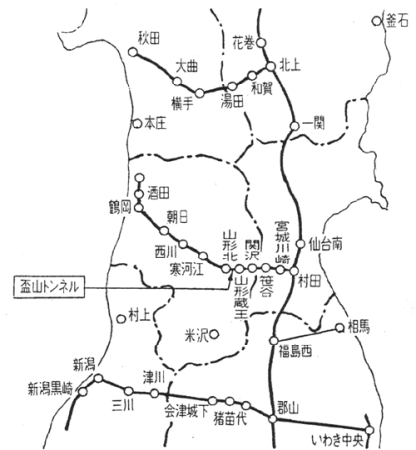


図-1 施工位置図

2. 地形・地質

当該地は山形盆地の東縁に連なる山地で、トンネル区間は標高200～400mの山地および丘陵地帯となっている。地質は新生代第三紀中新世の流紋岩熔岩と流紋岩質凝灰岩が主体で構成され、新生代第四紀沖積世の崖錘堆積物と一部玄武岩が覆っており、流紋岩の一軸圧縮強度は $19.6 \times 10^3 \sim 49 \times 10^3$ kN/m² (200～500kg/cm²)で比較的に軟質な地山といえる。特に、トンネル中央部の熱水変質作用を受けた流紋岩質凝灰岩は、モンモリロナイト等の膨潤性粘土鉱物を最大80%含有する膨張性地山であり、空気や水に触れたとき地山の体積膨張変化や地山の塑性変形を引き起こすことから、地山の押し出しや膨張土圧の増大が支保構造に影響を与えるのが特徴である。以前から山形県産ベントナイトとして知られる製品は、山形盆地周辺から採取されたものとして有名である。

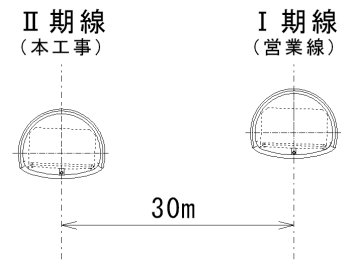


図-2 離隔距離断面図

3. Ⅰ期線施工時の変状と対策

Ⅰ期線の施工記録から施工時の変状と対策工を表-1に表記する。

表-1 Ⅰ期線施工時の変状と対策工

項目	変状	対策工
鏡面の押し出し	200mm程度	鏡ボルト、鏡吹付けコンクリート
支保工の脚部沈下	最大500mm	ウイングリブ支保工採用、脚部吹付け
天端崩落	最大2m程度	フォアパイリング(注入式)
側方部の押し出し	内空変位最大300mm	増し吹き、増しボルト、縫返し
盤膨れ	インバートの破壊35m	再施工、インバート底面吹付け、鋼製ストラット(H-200)使用、下半支保工とストラットを補強
上半切羽崩壊	最大V=200m ³	フォアパイリング(注入式)、水抜きボーリング、モルタル注入、押し盛土、鏡吹付け

4. 掘削補助工法の選定と採用

Ⅰ期線の施工記録及び施工報告をもとにFEMによる2次元逆解析を行い、Ⅱ期線掘削時の内空変位及び天端沈下の管

理基準値を設定した．また 期線の健全度評価を行い，覆工増加応力の許容値を求め管理基準値（表 - 2）を設定した．管理基準値をクリアできる工法として，表 - 3，図 - 3 の工法を選定採用することとした．

対策工の削孔は全て無水削孔とし，地山の脆弱化の防止を図った．

表 - 2 管理基準値

管理 レベル	許容値に対する 安全率	(単位:mm)	
		天端沈下	上半水平 内空変位
	2.0 (許容値の50%)	-37.2	-82.7
	1.3 (許容値の75%)	-55.8	-123.1
管理基準値	1.0 (許容値の100%)	-74.4	-164.1

表 - 3 期線施工時の対策工と変状

項 目	対 策 工	変 状
鏡面の押し出し	長尺鏡ボルト(L=18m)，鏡吹付けコンクリート	最大20mm程度
支保工の 脚部沈下防止	ウイングリブ支保工(H=250)，フットパイル， 上半支保工水平繋ぎ	最大35mm程度
天端崩壊	注入式長尺鋼管先受け工(L=18m)	無 し
側方部の押し出し		天端沈下最大26mm 内空変位最大40mm
上半切羽崩壊	インバート底面吹付け，鋼製ストラット(H=200) 使用，下半支保工（スチフナー付）	無 し
盤膨れ		無 し
湧水処理	先行水抜きボーリング	最大20L/分程度

5．鋼製仮インバートの採用

上半掘削における上半仮インバート閉合は，サイクル毎に厚さ 20mm の吹付けコンクリートで対応したが，強度の発現までに時間を要するために，盤膨れにより内空変位，天端沈下及び脚部沈下の管理基準値 を越える事が懸念された．

また，次工程に使用する工事用機械の乗り入れにも支障を来すことから，鋼製仮インバート（工場製作，4 分割ボルト接合タイプ）を使用した(図 - 4)．鋼製仮インバートの利点としては次の 5 点があげられる．

- 1) 仮インバート強度の早期発現．
- 2) 転用することにより産業廃棄物の発生を少なくできる．
- 3) 4 ピースに分割することにより，組み立て，解体作業が容易．
- 4) 次工程へのサイクルタイムを短縮できる．
- 5) 転用することにより吹き付け材等のコスト低減を図れる．

また，欠点としては次の 3 点が上げられる．1) 断面積等が異なる他のトンネルに使用できない．2) 転用回数が少ない場合コストが割高である．3) 施工不備等により狂いが生じた場合，使用できない．

6．鋼製仮インバートの採用効果

脚部沈下，天端沈下，内空変位の最終変位値を表 - 4 に示す．各パターンの数値は同一測点ではないが，鋼製仮インバートを採用することにより，変位の抑制効果は得られたと考える．

7．おわりに

盃山トンネルの流紋岩質熱水変質岩（区間 322m）の掘削は，2000 年 6 月より補助工法を採用して 2001 年 12 月に貫通するまで，18 ヶ月を要した．この間，情報化施工による膨張地山対策を行い，無水による施工・湧水の阻止に努めたことが変位抑制に寄与し，難工事を無事完了させることができた．

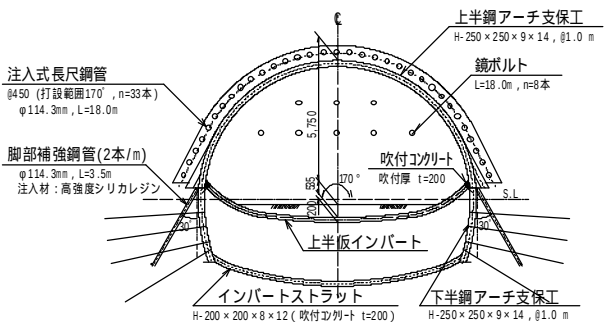


図 - 3 補助工法断面図

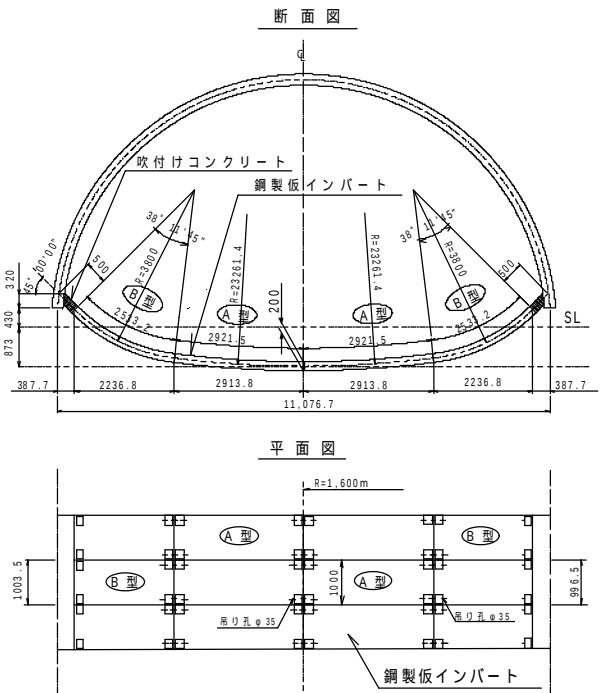


図 - 4 鋼製仮インバート設置図

表 - 4 各パターン毎の最終変位値

パターン	(単位:mm)		
	脚部沈下	天端沈下	内空変位
補助工法無し	-480	-285	-450
吹付コンクリート	-65	-40	-97
鋼製仮インバート	-35	-26	-40
管理基準値		-55.8	-123.1