

### 強酸性土壌下のトンネル計画と施工

東日本高速道路株式会社 正会員 ○保坂 浩寿  
 東日本高速道路株式会社 正会員 宮沢 和雄  
 株式会社熊谷組 非会員 高松 雅宏

#### 1. はじめに

トンネル直上に酸性河川の存在と、事前調査による強酸性土壌が分布していることから、トンネル掘削時の鋼製支保工やロックボルトなどの腐食、吹付コンクリートや覆工コンクリートへの影響、酸性水の発生、掘削土の判定方法等の課題があった。酸性地山に対する明確な基準・マニュアル類が整備されていないことから、過去事例の指針や近年の施工事例をもとに基本計画を行った。トンネル計画設計時の酸性化に関する事項、また施工段階でのトンネル施工方法、酸性土の判定方法、酸性土対策を報告する。

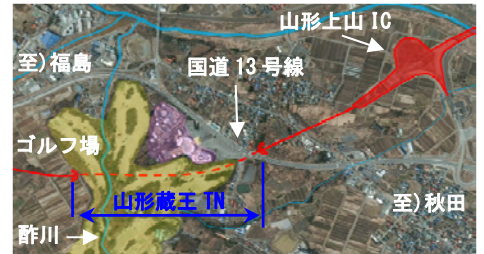


図-1 山形蔵王 TN 位置図

#### 2. 工事概要

東北中央自動車道は福島県相馬市を起点とし、山形県を経由し秋田県横手市を結ぶ路線延長約 268km で現在部分供用区間もあり、鋭意整備中である。そのうち山形蔵王トンネル(延長 944m)は山形県上市市に位置する。

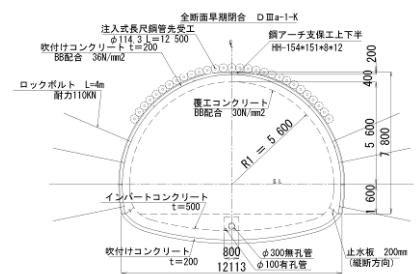


図-2 支保パターン例(DIIIa-1-K)

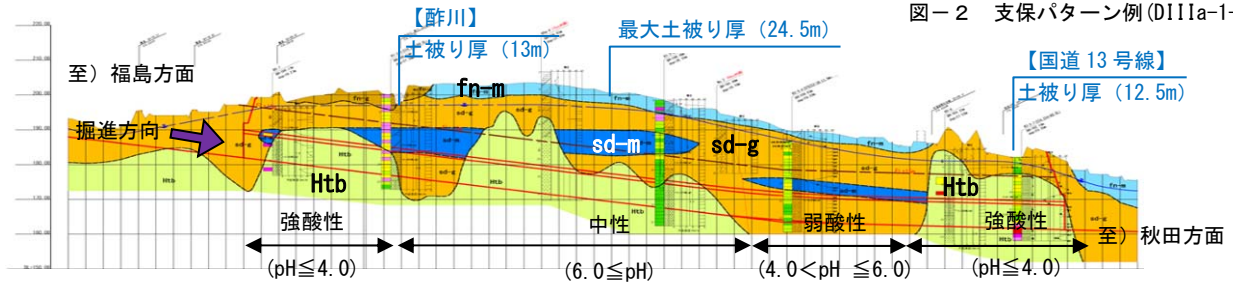


図-3 地質縦断図

本トンネルの特徴として、1.蔵王温泉地背面の鳥兜山山体崩壊に伴う扇状地地形をなし、全線 2D(D=12.3m)以下の未固結な堆積物地層の小土被り 2.トンネル直上の大半がゴルフ場であること 3.土被り 13m 程度で強酸性の蔵王温泉の影響を受けた一級河川酢川(pH=2)と交差すること 4.市道および日断面交通量約 38,000 台の幹線道路である一般国道 13 号と土被り 12.5m 程度で交差することが主に挙げられる。トンネル掘削ずりは、酸性土が想定され酸性度試験結果により一般土と区分し取り扱うとしていた。施工の難易度が高いトンネルとして、掘削・覆工に関する事、及び酸性土に関する施工検討委員会も別途組織した。

#### 3. 計画

##### (1) 支保工

掘削対象となる 2 種類の地層のうち第四紀更新世の酢川泥流堆積物 (sd 層) と、その下位に位置する新第三紀鮮新世の凝灰角礫岩 (Htb 層) は事前調査段階から酸性土を含む地層であることが分かっている。トンネルずりの 85%が弱酸性～強酸性(pH<4)が予測され、既往調査で強酸性水の結果がでていることから、最も厳しい腐食環境と設定された。そのため、一次支保は仮設扱いとし、地山から受ける荷重は二次覆工(RC 覆工)で支保することとした。吹付コンクリートは耐酸性のある高炉セメントを使用することとした。鋼製支保工は DIIIa パターン標準の HH154 材とした。

キーワード 道路トンネル、酸性土壌、遮水シート工、小土被り

連絡先 〒990-2226 山形県山形市西越 42-2 東日本高速道路(株)東北支社山形工事事務所 TEL023-633-0526 FAX023-625-8353

(2) インバート

インバート内面側への酸性水の流入・流下を防止するため、断面方向のインバート打ち継ぎ及び、縦断方向のインバートとアーチの打ち継ぎには止水板を設置し、覆工背面湧水は側壁裏面排水から無孔管にて中央排水管へ導水することとした。コンクリート巻厚は50cmで地山酸性度に応じて増厚を設け、構造計算により高炉セメントを使用したRCコンクリートを使用し、設計強度30N/mm<sup>2</sup>、鉄筋はD19の複鉄筋を配した。(図-4)全断面早期閉合法による酸性土区間掘削の場合、吹付インバートにも高炉セメントを採用し、耐酸性対策とした。

(3) 覆工・防水工

強酸性区間の覆工コンクリートはインバートコンクリート同様に、設計強度30N/mm<sup>2</sup>、覆工厚さ40cm、鉄筋はD25の複鉄筋を配した。強酸性区間の防水シート厚さは2.0mmとし、弱酸性～中性区間は0.8mmとした。

(4) 酸性土の判定方法とずり管理

トンネル坑内での水平ボーリングを100m/回にて、トンネル全線をコアサンプリングし、1次判定を実施した。実際の切羽採取土が1次判定結果と違う掘削対象土の場合、2次判定を行い、酸性土・一般土を区分した。

4. 施工時の追加変更等

(1) 支保工等

巨礫を含む転石群の出現が予測されたため、切羽前方探査を行い、転石の状況を確認しながら施工を行った。(図-3)

(2) インバート

湧水対策のさらなる逸水防止のため、中央排水管の脇にφ100の有孔管を配置した。

(3) 覆工・防水工

防水シートは、地山の不均一性と湧水の流動性を考慮し、トンネル全線厚さ2mmのシートを採用した。また2次覆工の鉄筋組み立て用保持材として、非貫通型の鉄筋吊金具を使用し防水機能を高めた。(図-5)

(4) 酸性土の判定方法・ずり管理等

酸性度判定試験では、5%濃度の過酸化水素水を使用した簡易酸性土判定試験を取り入れ、判定に要する日数を減らし、ずり処理の円滑化に努めた。

5. おわりに

山形蔵王トンネルはゴルフ場、一級河川、国道直下、地表面沈下、転石群、酸性土壌、国道地盤改良と課題の多いトンネルであり、施工検討委員会の助言を参考にしながら工事をすすめ、無事貫通する事ができた。小土被り・酸性土条件下のトンネルとして、今後の参考資料のひとつになれば幸いである。

支保構造等	標準部					
	DⅢa-1-k	DⅢa-2-k	DⅢa-3-k	DⅢa-4-k	DⅢa-5-k	DⅢa-6-k
近接構造物	静川 ゴ'47場	市道 ゴ'47場	ゴ'47場	ゴ'47場	ゴ'47場	国道
酸性度	強酸性	強酸性	弱酸性	中性	中性 弱酸性	強酸性
一次支保構造	仮設	仮設	酸性化 対策	通常	酸性化 対策	仮設
土質区分	土砂		岩	土砂		岩
掘削工法	早期閉合		補助ベン 付全断面		早期閉合	補助ベン 付全断面
吹付コンクリート (36N/mm <sup>2</sup> )	厚さ	20cm				
	種類	BB	BB	BB	NorBB	BB
吹付インバート	なし					
鋼材支保工	HH154					
覆工コンクリート (30N/mm <sup>2</sup> )	厚さ	40cm				
	種類	BB	BB	BB	NorBB	BB
インバート コンクリート (30N/mm <sup>2</sup> )	厚さ	50cm	70cm (増20cm)	60cm (増10cm)	50cm	50cm (増20cm)
	種類	BB	BB	BB	NorBB	BB
吹付インバート (36N/mm <sup>2</sup> )	厚さ	20cm	-	-	-	20cm
	種類	BB	-	-	-	BB
先受工		AGF	充填式FP	充填式FP	充填式FP	AGF
覆工鉄筋	アーチ	D22@125	D25@250	単鉄筋		D25@250
	インバート	D19@125	D19@250	(通常の坑口部補強鉄筋を配筋)		D19@250
防水工	アーチ	t=2mm	t=2mm	t=0.8mm	t=0.8mm	t=0.8mm
						t=2mm

表-1 支保パターン一覧表

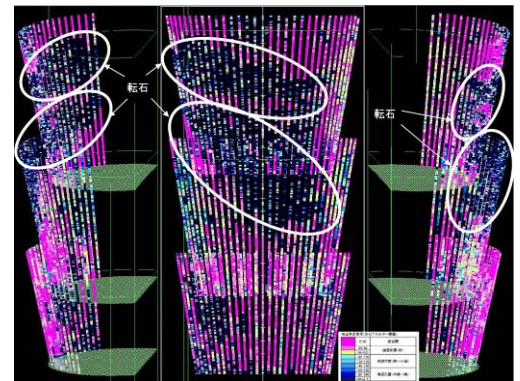


図-3 切羽前方探査結果



図-4 インバート配筋状況



図-5 防水シート・吊金具設置状況

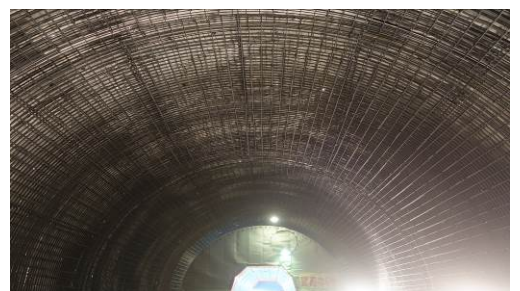


図-6 覆工配筋状況