

埋没谷の分布するトンネルにおける地質リスク評価事例

基礎地盤コンサルタント株式会社 ○山口 剛史、田中 慎吾
東風平 宏（地質リスク・エンジニア 登録番号 74）

1. 事例の概要

本事例は、国道の拡幅事業に伴い計画された新設道路トンネルの調査段階において、先行調査として実施した弾性波探査によりトンネル中央部に凹状の速度層構造が検出され、詳細調査の結果、地形と不調和な埋没谷の分布が明らかとなり、分布に伴うトンネルへの影響を適切に評価し、事前に地質リスクの回避・低減に努めた事例について報告する。当該地は起伏の少ない丘陵地に、延長 350m、最大土被り 40m 程度のトンネルが計画されており、当該地周辺の地質は古第三紀堆積岩類を基盤として、第四紀の火砕岩類が不整合に薄く覆っており、既往調査では、トンネルは堆積岩類を通過する想定であった。

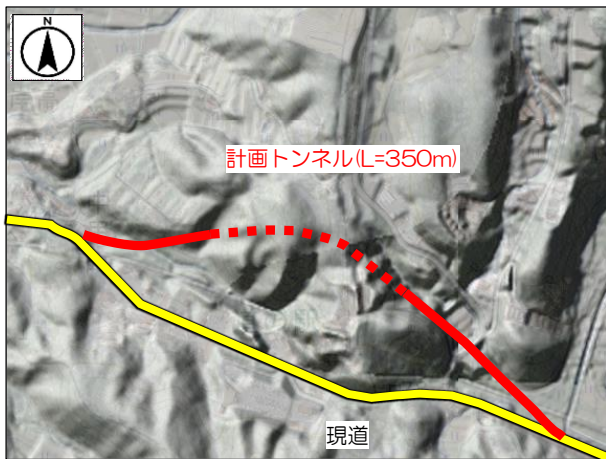


図-1 調査地の地形図¹⁾

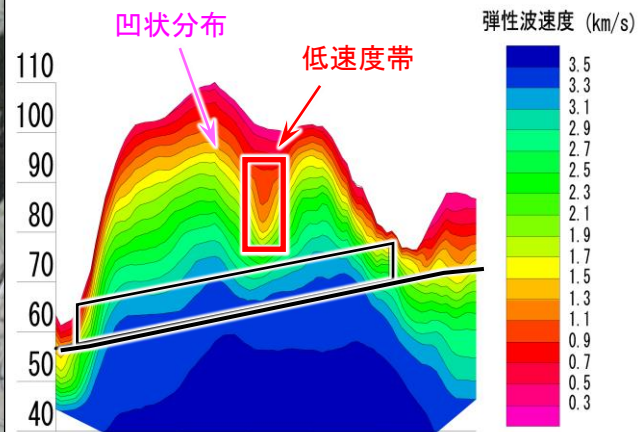


図-2 弾性波速度分布図(縦横比=5:1)

2. 事例分析のシナリオ

本事例では、トンネル縦断上で幅 30~40m 程度の低速度帯が検出され、高密度弾性波探査解析による速度層構造も鉛直方向に計画トンネル断面付近まで凹状構造が及んでいた

(図-2)。弾性波探査で検出される低速度帯や凹状の速度層構造は、断層破碎帯や埋没谷等の地質的弱部の存在が疑われ、地質リスク要因を有する可能性がある。リスクが発現した際の事象として、断層破碎帯が分布する場合は、施工時に突発湧水や切羽の崩壊、トンネル断面の変形等が挙げられる。また、埋没谷が分布する場合は、旧地形を埋めるものにもよるが未固結堆積物の場合は、切羽の崩壊や地表面沈下等が懸念される。

検出された凹状速度層構造は、トンネル工事に多大な影響を及ぼす可能性も想定されたため、詳細を把握することとした。事前の文献調査や地形判読等では明瞭な断層分布の可能性は確認されず、埋没谷の分布の可能性も想定し、それらの分布や性状等の把握を行うため、地表地質踏査・ボーリング調査等の各種詳細調査を計画し、トンネルとの位置関係も踏まえ、地山の評価および設計・施工上の留意点についてとりまとめることとした。

3. データ収集分析

(1) 凹状速度層構造箇所の地質分布

ボーリング調査の結果、上位の第四紀火砕岩類（凝灰角礫岩、凝灰岩）が周囲より厚く堆積していることが明らかとなり、古第三紀堆積岩との境界部には層厚 5m 程度の半固結状の堆積物の分布が確認された。基盤の古第三紀堆積岩類および上位の第四紀火砕岩類には、顕著な破碎等は認められなかった。

以上より、凹状の速度層構造部は断層破碎帯ではなく、旧谷地形を火山砕屑物で埋めた埋没谷であると判断した。第四紀火山岩類と古第三紀堆積岩類との境界部に確認された半固結状の堆積物は、旧地形時に堆積した古期崖錐堆積物であると推察した。

ボーリング調査にて確認した埋没谷の底部は、トンネル天端付近に位置しており、天端および切羽の一部に古期崖錐堆積物が分布すると想定された（図-3）。

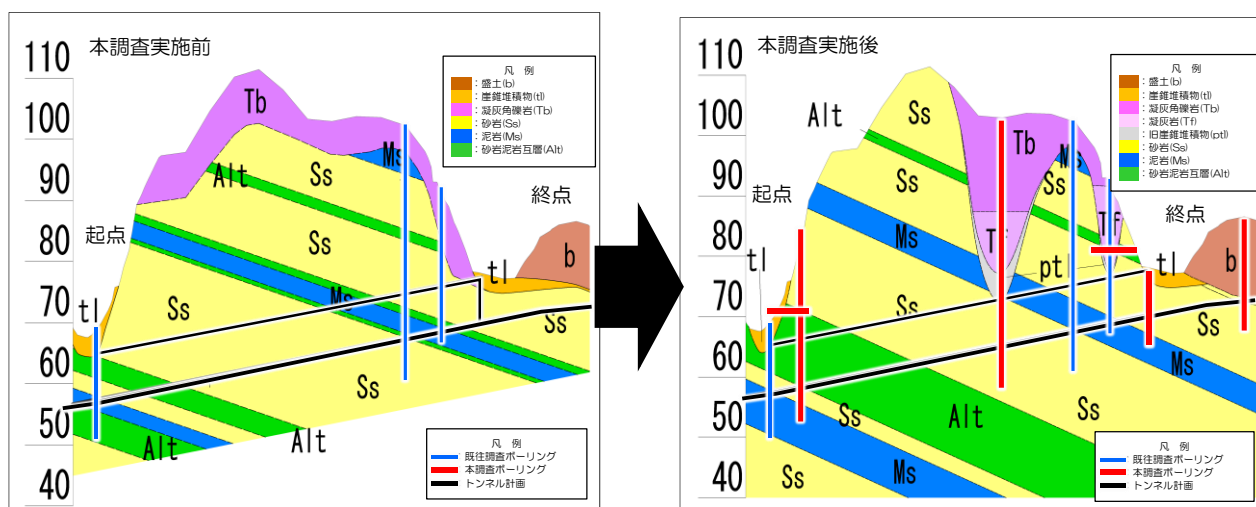


図-3 詳細調査実施前後の地質縦断図(縦横比=5:1)

(2) 地山の評価

古期崖錐堆積物は半固結状を呈し、マトリックスは細粒砂、礫種は基盤である古第三紀堆積岩（主に砂岩）で構成されていた。N値は50以上を呈するものの、岩石試験結果は一軸圧縮強度：0.7MN/m²、超音波伝搬速度（Vp）：0.8km/sと周囲の岩盤に比べ著しく低い値を示し、準岩盤強度による地山強度比（Gn'）も1.4と小さい値であった。

したがって、埋没谷とトンネルが近接する区間では、トンネル断面内は古第三紀堆積岩類の砂岩が主として分布することが想定されるものの、天端付近に半固結状の堆積物が分布し、掘削時には緩みが生じやすい地山性状である等と考えられることから、地山等級を「DII」等級として設定した。

地下水位はトンネル断面より上方の埋没谷中（第四紀火砕岩類）に認められ、古期崖錐堆積物と古第三紀堆積岩類との不整合面付近の透水係数は10⁻⁵m/s程度と透水性は低いものの、掘削時の緩みに伴い突発的な湧水が生じる可能性も想定された。

(3) 埋没谷とトンネルとの近接区間への対応提案

古期崖錐堆積物が切羽や天端に分布する場合は地山のアーチ作用が期待できず、切羽崩壊や天端崩落が懸念されたため、早期の断面閉合や天端付近の補強による緩み・先行変位の

抑制、切羽の安定化が期待できる長尺の先受け工等の補助工法の併用を提案した。

また、埋没谷および古期崖錐堆積物の分布は、鉛直ボーリング 1 孔および弾性波探査結果に基づく想定であり、分布形状については不確実性を伴うため、施工時には水抜きを兼ねた先進ボーリングや切羽前方探査等による分布の確認を行う旨を申し送り事項としてとりまとめた。

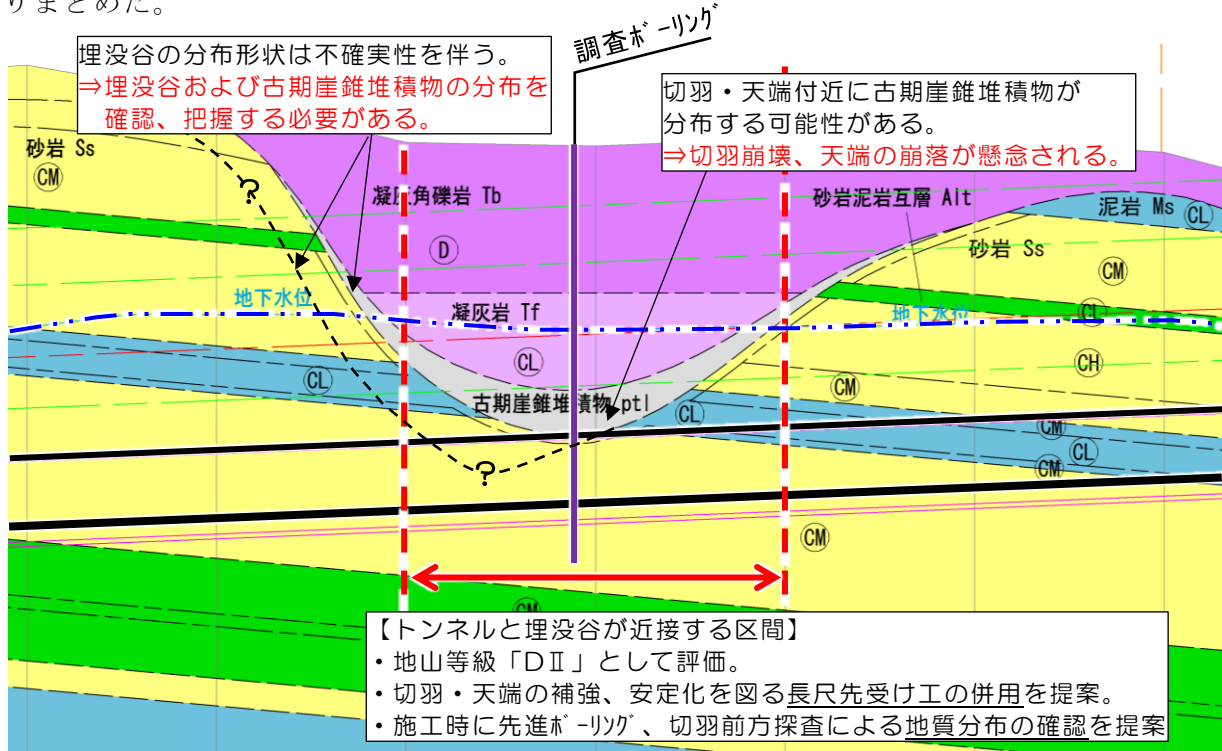


図-4 埋没谷が近接する区間の地質縦断図 (S=800, 縦横比=1:1)

4. マネジメントの効果

先行調査（弾性波探査）にて得られた地形と不調和な凹状の速度層構造から、地形判読や既存文献調査等からは想定し難い地質リスク要因（埋没谷と軟質な堆積物の分布）の可能性を見落とすことなく詳細地質調査を計画・実施し、地質リスク情報の抽出および地質リスクに対する対応案を提案することで、地質リスクの低減に寄与できたものとする。

仮に既往調査（概略地質調査）時点で、設計→施工へと段階を進めた場合、トンネル断面は古第三紀堆積岩類を通過する想定であり、埋没谷との近接区間では、切羽崩壊・天端崩落の発生とともに、原因究明のための地質調査、対応案の検討、検討結果に基づく修正設計、追加資材の手配等、工程の遅延や追加対策による事業コストの損失は免れなかったものと推察される。

5. データ様式の提案

「地質リスクを回避した事例（A型）」として、表-1 にデータ様式案を示す。

《引用・参考文献》

- 1) 国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>)

表-1 データ様式（地質リスクを回避した事例；A型）

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		非公表
	工事名		—
	工種		道路トンネル
	工事概要		道路拡幅事業
	①当初工事費		—
	当初工期		—
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		トンネル施工時
	予測されたトラブル		想定外の軟質な地質分布に伴う対応（工程遅延・事業費増）
	回避した事象		切羽崩壊、天端崩落など
	工事への影響		—
リスク管理の実際	判断した時期		調査・設計時
	判断した者		発注者、調査・設計受注者
	判断の内容		詳細地質調査の実施
	判断に必要な情報		地質分布及び性状
リスク対応の実際	内容	追加調査	追加ホーリング、室内試験の実施
		修正設計	—
		対策工	補助工法の追加、先進ホーリング・切羽前方探査の実施
	費用	追加調査	—
		修正設計	—
		対策工	—
		②合計	—
	変更工事の内容	工事変更の内容	
③変更工事費		—	
変更工期		—	
間接的な影響項目		—	
受益者		—	
リスクマネジメントの効果	費用（①－③－②）		—
	工期		—
	その他		現在、調査・設計段階であり、リスクを考慮した設計、不確実性解消のための施工時対応により、リスクを回避・低減できるものと考えられる。