

新第三紀砂岩泥岩互層地山におけるトンネル調査事例

中央開発株式会社 ○片山 翔、神崎 裕
西村 修一、加賀 匠

1. はじめに

山岳トンネルの予備設計においては、地質、地下水状況、力学特性等の地山特性の把握や、掘削ずり、施工時の排水の処理、湧水等の周辺環境への影響の検討など必要な地盤情報は多岐にわたる。そのため実施しなければならない調査・試験也多岐にわたり、予測される地山状況に合わせた調査、試験を高い精度で行う必要がある。

本論では国道バイパス4車線化に伴う山岳トンネルの設計のための地質調査事例を報告する。

2. 調査概要

トンネル路線全長は709.4m で既設の1期線が隣接する(図-1)。

本業務で実施した調査・試験内容を表-1に示す。機械ボーリング13孔(トンネル区間11孔)物理探査、各種原位置試験、室内岩石試験、重金属分析等を実施した。

3. 地質概要

調査地には新第三紀タービダイト性砂岩及び砂岩泥岩互層が主に分布し、一部で緑色凝灰岩を層厚1m以下で挟む(図-1)。地質構造としては、北東-南西走向、北西傾斜の単傾斜構造である。

調査地山には亀裂が多く発達するほか、泥岩部は多く剪断を受け、一部細片状～土砂状に破砕される。しかし脆弱部となるような大規模破砕帯や褶曲擾乱帯等は確認されなかった。

表-1 調査・試験内容一覧

調 査	内 容	目 的
機械 ボーリング (13孔,511m)	坑門部(4孔)	地山の地質状況確認
	坑口部(4孔)	地山の地質状況確認
	本体部(3孔)	地山の地質状況確認
	移動土塊部(1孔)	坑口部の移動土塊部の把握
原位置試験	切土部(1孔)	切土部の地質状況確認
	標準貫入試験	坑門部、切土部の支持力確認
	孔内水平載荷試験	地山の力学特性の把握
	湧水圧試験	地山の湧水に関する検討
物理探査	弾性波探査	地山の弾性波速度・弾性波速度の把握
	PS検層	地山の弾性波速度・力学特性の把握
観測孔設置	水位観測孔	地山の地下水変動の把握
	孔内傾斜計設置孔	坑口部の動態観測
室内岩石試験	一軸圧縮試験	地山の力学特性の把握(地山強度比の算出)
	三軸圧縮試験	地山の力学特性の把握
	超音波伝播速度	地山の弾性波速度の把握
	吸水膨張試験	地山の膨張性の把握
	スレーキング試験	地山のスレーキング特性の把握
重金属分析	水質分析	施工時の排水についての検討
	地質分析	掘削ずりの処理についての検討

4. 弾性波探査

トンネル縦断方向1測線、横断方向2測線において弾性波探査を実施した。調査地山の弾性波速度は、崩積土で0.3～0.9km/s、風化部及び緩み部で1.9～2.1km/s、砂岩の基盤部で3.4～3.6km/sを示す。

トンネル縦断方向の高精度解析図(図-2)では、坑口部～トンネル本体部で低速度帯が見られる。今回、低速度帯で機械ボーリングを実施し、基盤部のボーリングコアとの比較を行ったが、亀裂状況等に明瞭な差異は見られなかった。そのため、この低速度帯については、亀裂の緩みや泥岩の剪断部を投影したものであると考えられ、施工上問題となるような脆弱部には相当しないと言える。

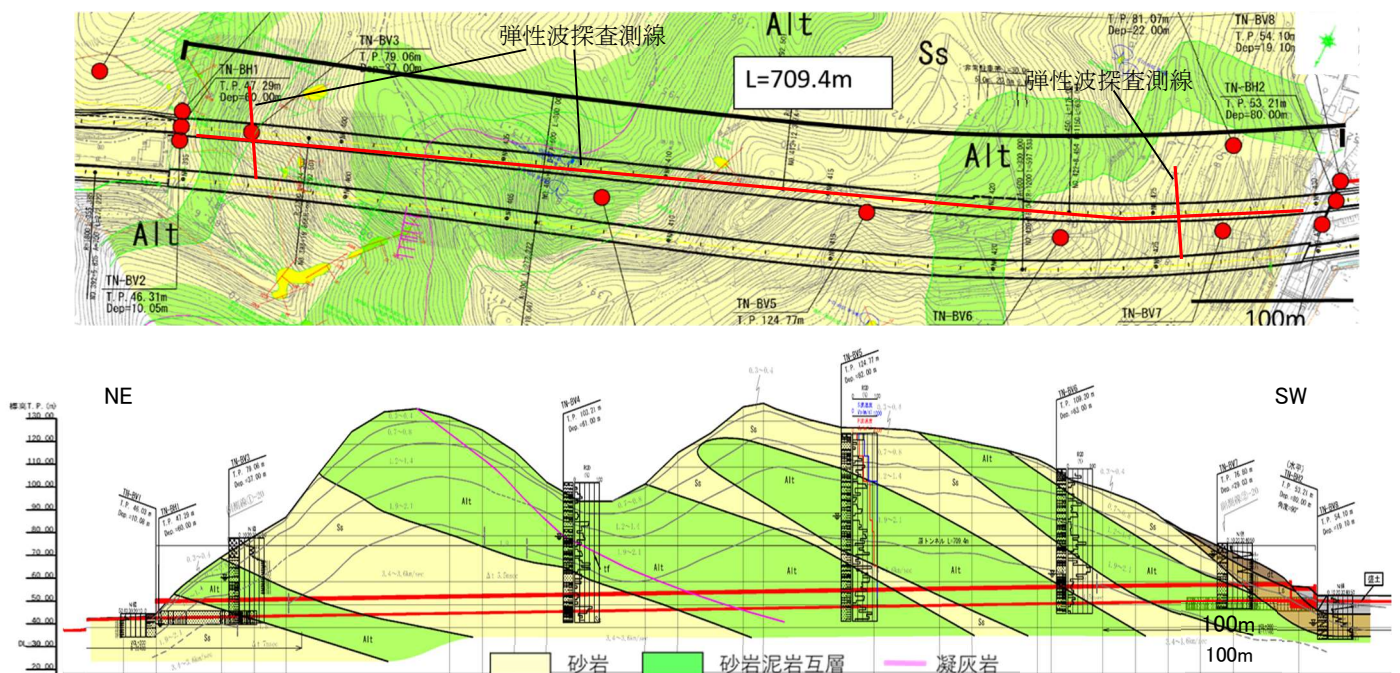


図-1 調査地の地質平面図及び断面図

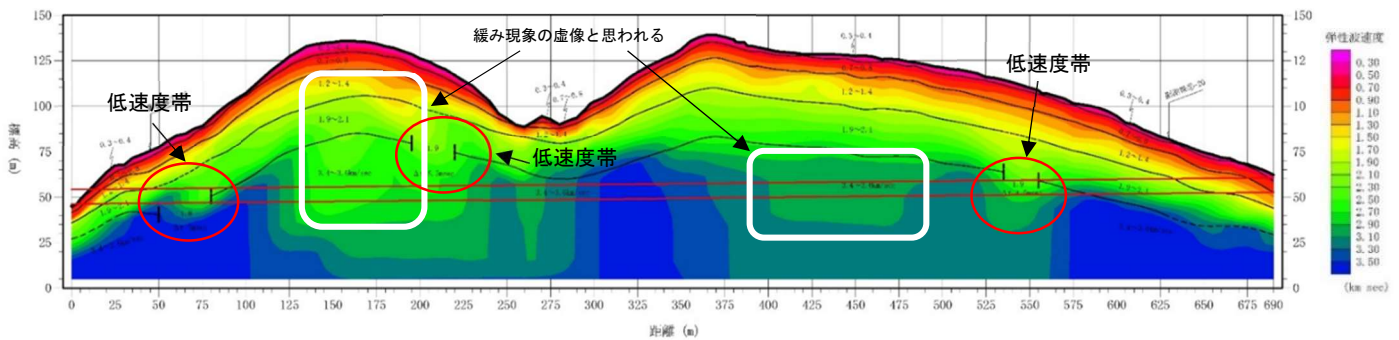


図-2 弾性波速度 主測線高精度解析図

5. 調査結果及び施工上の留意点

(1) 地山状況及び地山等級

① 地山状況

前述したように、調査地山は亀裂性岩盤であり、剪断を受けた泥岩も多く見られる。しかし原位置試験・室内岩石試験の結果も含め、施工上問題となるような脆弱性は認められない。

スレーキング、膨潤性については、室内試験を実施した、健全な砂岩部ではスレーキング特性や膨潤性は認められない。しかし亀裂発達部、泥岩部においては応力解放による緩みの拡大、軟質化により変形が発生し、スレーキング、地山の膨潤が起こる可能性があると考えられる。

② 地山等級

地山等級は支保工パターンを決定する重要な指標である。前述の地山状況や地山強度比、弾性波速度より、調査地山の地山等級をDⅠ～DⅡ等級¹⁾とした。なお地山強度比についてはCⅡ～DⅡ級を示すが、亀裂状況や剪断部を考慮し、1ランク下げた地山等級とした。

(2) 地下水状況

隣接する1期線施工の影響により、坑口部においては天端付近まで水位が低下しているが、トンネル本体部においては天端より20～30m高い位置に地下水位が存在し、それ相応の被圧を内包している。透水係数が $10^{-5} \sim 10^{-7} \text{m/s}$ オーダーと低いことから、施工上問題となるような突発的な湧水の可能性は低いと考えられるが、掘削による応力解放等の影響で地山の緩みが生じ、湧水量の増加や崩壊の可能性も考えられるため、それらに留意する必要がある。

(3) 可燃性ガス

トンネル本体部2孔において孔内ガス調査を実施したが、可燃性ガスは検出されなかった。しかし近傍の調査では、ガスの賦存が確認されており、地層的にもガスの胚胎層準であることが文献等に記載されている²⁾。調査地山にはガスの貯留機構となるような構造は見られないため、可能性としては低いと考えられるが、トンネル施工時はガスが賦存する可能性があるものとして施工するのが望ましい。

(4) 自然由来重金属分析

① 地質分析

泥岩部において地質試料を採取し、重金属分析を行った結果、試料の過半数で砒素の溶出量³⁾が基準を超える値を示した。そのため、泥岩を多く挟む砂岩泥岩互層の掘削ずりの処理の際は封じ込め等、対策の検討が必要である。海洋処分にあたっては基準⁴⁾を超える値は見られなかった。

② 地下水分析

トンネル坑口部及び本体部で地下水を採取し、水質分析を行った結果、一部で砒素及びホウ素が基準³⁾を超える値を示した。そのため施工時の排水については対策が必要である。

6. おわりに

山岳トンネルの設計に伴う地質調査においては、調査の範囲が非常に限定的である。そのため一次データとしての精度はもちろん、限られた調査数量で最大限必要なデータを得るという意味で精度の高い調査を行うことが必要である。今回は弾性波探査で確認された低速度帯にボーリング地点を移動し、低速度帯の地質状況の把握を行ったが、必要に応じ調査内容を臨機応変に変更させていく必要がある。そうして得られたデータから総合的に地山評価を行うことが重要である。

今回の調査地山においては、地山状況や地下水状況等、施工上問題となるような地質リスクは少ないと言えるが、地山評価と実際の地山状況の乖離の可能性を考慮し、前述の留意点に注意しつつ、慎重に設計・施工を行う必要があると言える。

《引用・参考文献》

- 1) 公益社団法人：日本道路協会：トンネル技術基準（構造編）・同解説，p78-79，H15.11.
- 2) 伊田一善：静岡県藤枝町天然ガス地質調査報告，地質調査所月報，第3巻，第4，5号，p169-174，p169-174.
- 3) 環境省：土壌汚染対策法，別表第二（第七十一項関係），H31.4
- 4) 環境省：海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令，別表第一（第一条，第二条関係），H29.6.