

特殊な地山条件に留意した トンネル設計のための地質調査事例

川崎地質株式会社 ○三浦 倫裕 原 勝宏

1. はじめに

トンネル計画区間において、①河川直下を通過する、②小土被り、③断層を含む地山といった、留意すべき地山条件が複合した区間では、適切な掘削工法や補助工法、湧水対策を検討するため、詳細な地質構造の把握が不可欠である。しかし、一般的なボーリング調査や物理探査のみでは複雑な地質構造を十分に把握することが困難な場合も多い。

本論文では、複数の調査手法を段階的に適用することで、複雑な地質構造を把握することができた事例を報告する。

2. 調査背景

(1) 地形地質概要とトンネル計画

調査地は、急峻な山岳地の河川沿いにある。本河川は、河道の幅が5m程度で、緩やかに蛇行しながら南から北に流下している。この地域は領家帯の花こう岩類を基盤岩とし、河川の両岸では、しばしばCL～CM級の硬質岩盤が露出する。河床には花こう岩類起源の玉石と砂礫が堆積している。

当該地のトンネルは、河川直下を東西方向に横断する計画である。河道区間のトンネル土被りは9～10m程度で、施工による地表面沈下や河川水の引き込みが懸念される小土被り区間となる。

(2) 既往調査概要

既往調査ではトンネル天端付近の地質性状を把握するため、河川の両岸で2地点ずつボーリング調査が実施された(図-1青丸地点)。その結果、左岸側のA地点で断層破碎帯が確認された(写真-1)。断層は、A地点のみで確認されたこと、および周囲に比較的硬質な露岩が分布することから、高角で幅の狭いものと想定された。しかし、断層の幅や走向傾斜を推定するための資料は少なく、断層とそれに伴う脆弱な地質の分布域は不明確であった。

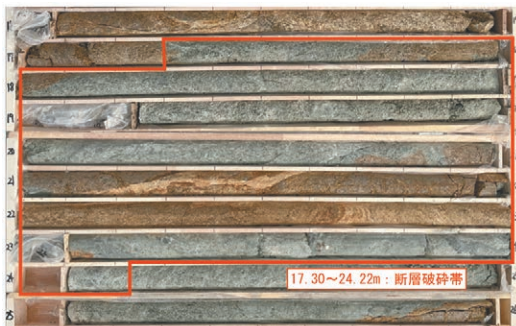


写真-1 A地点コア写真(GL-16.00～26.00m)

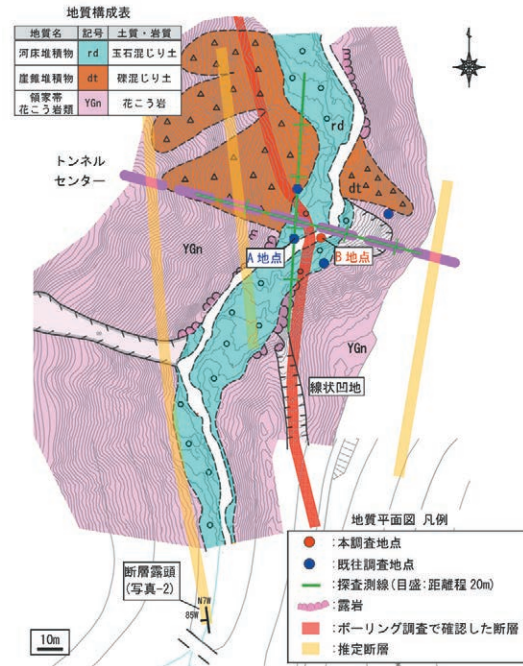


図-1 地質平面図(縮尺:任意)

3. 調査実施方針

当該地の地質構造を効率的かつ高い精度で把握するために、表-1に示す複数の手法を組み合わせることで段階的に調査を実施するものとした。

表-1 調査手法とその目的

順番	調査手法	調査目的
①	地表踏査	断層の分布を示唆する地形地質情報の収集
②	二次元比抵抗探査 (電気探査)	脆弱な地質の分布を推定するための比抵抗分布の把握
③	斜めボーリング、 ポアホールスキャナ 観測	斜めボーリングによる高角かつ幅の狭い断層の確実な把握 ポアホールスキャナ観測を併用した断層の走向傾斜の把握

4. 調査結果

(1) 地表踏査結果

地表踏査により、A地点から約200m上流、南南西方向の左岸部に断層露頭を確認した(写真-2)。断層面の走向傾斜はN7W、85Wであり、A地点のコア試料と類似した青灰色の断層粘土を含む特徴が認められた。また、A地点から約40m上流、南方向の右岸部に概ね南北方向に延びる線状凹地が認められた。

これらは、A地点と直接連続する位置・走向傾斜ではないものの、当該地に概ね南北走向、高角に傾斜する断層が分布することを示唆するものと考えられる。

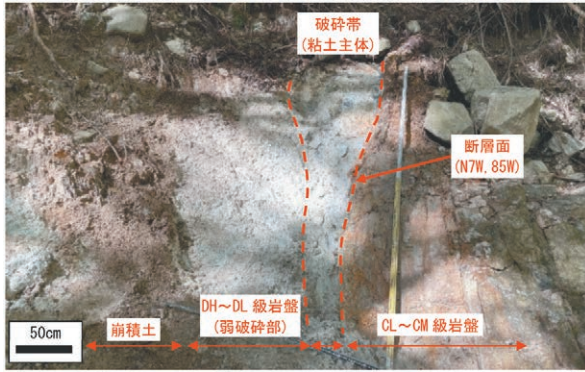


写真-2 断層露頭

(2) 二次元比抵抗探査結果

二次元比抵抗探査の探査測線は、トンネルの縦断方向(90m)とA地点を通る横断測線(100m)の2測線を配置した。電極間隔を2.0m、探査深度を50mとし、高密度に実施した。

本論文では、トンネル縦断測線の探査結果を示す(図-2)。GL-5m付近までの表層部は2,000~10,000Ω・mの中~高比抵抗部が認められた(図-2①)。現地状況と対比すると、河床に堆積する硬質な花こう岩の岩塊・玉石の分布範囲と解釈される。ただし、一部に500~800Ω・mの低比抵抗部が認められ、部分的に脆弱な地質が分布すると想定される。

距離程10~40mの河道付近に左岸側に傾斜した低比抵抗部が認められた(図-2②)。この部分を境に、左岸側の比抵抗値が低く、右岸側の比抵抗値が高くなる傾向があり、既往ボーリングで確認した断層と判断した。

また、河川両岸にも、断層と推定される低比抵抗部が認められた(図-2③)。

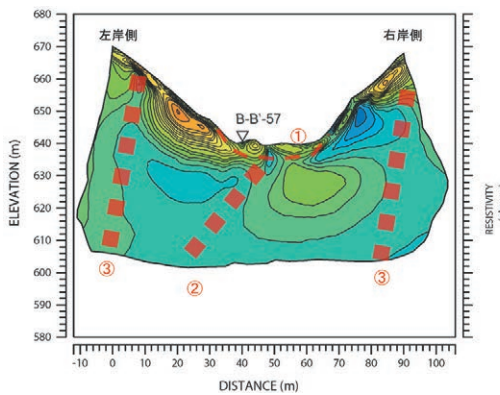


図-2 二次元比抵抗探査結果(縮尺:任意)

(3) 斜めボーリング、ポアホールスキャナ観測結果

斜めボーリングでは、トンネル付近の河川右岸側のB地点から左岸側に向かって掘進した(図-1赤丸地点)。掘削孔径はφ86mm、掘進方向は下方60°, N75Wとした。

その結果、掘進長19.32~20.82m区間に、断層の一部と判断される粘土混じり土砂状の破碎帯を確認した(写真-3)。この区間のポアホールスキャナ観測により、破碎帯の走向傾斜はN12~14W, 55~67Wとなり、概ね南北走向、高角な西傾斜となる。

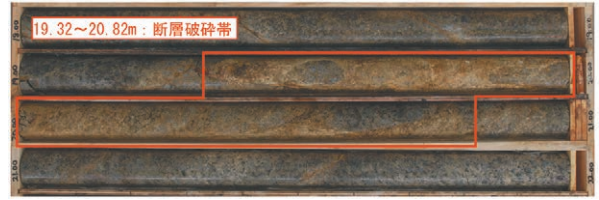


写真-3 B地点コア写真(18.00~22.00m)

5. 地質構造の検討

(1) 地質断面図

トンネルの施工計画を策定するため、河道直下の断層分布状況を詳細に把握し、トンネル縦断方向に沿う地質断面図を作成した(図-3)。B地点では断層破碎帯の一部のみを確認したため、断層の厚さはA地点の断層区間長に基づき推定した。断層の走向傾斜はB地点のポアホールスキャナ観測結果から決定した。

調査地は比較的硬質な花こう岩を主体とし、河道直下に厚さ2.7m、走向傾斜N14W, 67Wの断層が分布する。この断層の傾斜は、トンネル縦断方向では見かけ上64°となる。断層近傍には、断層の影響を受けて脆弱化したDH級岩盤が分布するものとした。また、図-2①で部分的な低比抵抗部を確認したため、トンネル天端に相当する地山境界部でDH級岩盤が厚くなると考えられる。

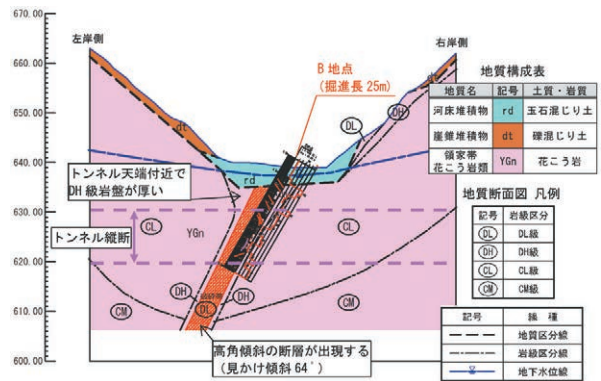


図-3 地質縦断面図(縮尺:任意)

(2) 想定される断層の形態

実際の断層は単一の面として連続するのではなく、しばしば、屈曲や分岐、さらには主要な断層面に斜交する断裂面を伴って発達するものである。地表踏査と二次元比抵抗探査より、ボーリング調査で把握したもの以外にも断層が分布する可能性が示唆された。本調査地は限定的な狭い範囲であるが、断層が屈曲や分岐を伴う複雑形状をしていると考えられる(図-1)。

6. まとめ

本調査では、物理探査の適用やボーリング手法を工夫することによって、複雑な地質構造を把握することができた。今後も調査地に合わせた調査方針を計画し、高精度な調査の実施に努めていきたい。