

斜めボーリングを活用した断層調査の事例

株式会社キタック 岡田 謙也

1. はじめに

本調査地は、道路計画地内の、現道である主要幹線道路の国道を南北方向に横断する跨道橋の計画地点である。

調査地付近の既存ボーリング調査結果では、2点間で、西側のみ深度 15m で花崗岩が出現し、対する東側では深度 55m の掘進長でも砂礫しか確認されていなかった。その離隔わずか 6m 間での地質性状の違いから、高角度の断層が推定されていた。その後、80m 終点側で実施された電気探査（二次元比抵抗探査）では、西傾斜で高角度の断層と思われる構造が確認された。

道路の安全性向上の観点より、橋台が断層を跨がないように配置する必要性から、断層の正確な位置を知ることが重要である。しかし、鉛直ボーリングでは、断層位置を把握することが困難であるため、本調査では斜め下方ボーリングを実施した。

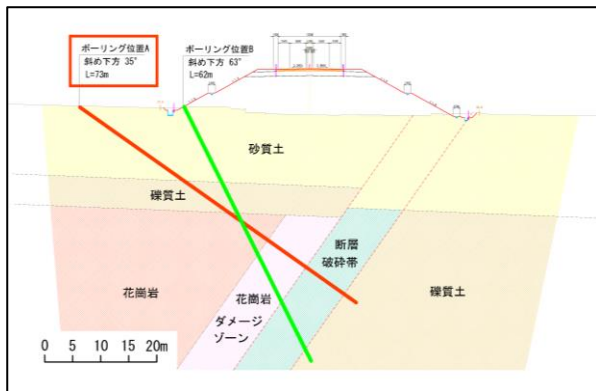


図-1 ボーリング角度の検討

2. 調査計画の検討

既存調査結果による地質構成、断層の推定構造から、図-1 に示すような 2 つの調査位置を比較検討した。

下位から花崗岩、礫質土、砂質土で構成される地質において、斜めボーリングで断層を把握するためには、順番に砂質土、礫質土、花崗岩を貫き、再度礫質土が出現することを確かめる必要がある。そのためには、前提条件としてまず、花崗岩を確実に捉えられるようにボーリングを配置しなければならない。

ボーリング位置 A は、推定される断層の傾斜に対して直交方向に貫くような角度（斜め下方 35°）の斜めボーリングである。

対して、ボーリング位置 B は、道路建設用地内で、なるべく花崗岩を捉えつつ掘進長を短くできる角度（斜め下方 63°）の斜めボーリングである。

ボーリング位置 B では、仮に断層が鉛直に近い傾斜であった場合、結果として掘進延長が長くなってしまふ懸

念があるため、断層をより適切に判定することが可能なボーリング位置 A を採用した。

また、断層の走向・傾斜を把握することで延長方向の推定も可能になるため、ボアホールカメラによる断層部の撮影も実施した。

3. 調査結果

ボーリング調査の結果より作成した地質構成表を表-1 に示す。

表-1 地質構成表

時代	地質	土質・岩質	記事
第四紀 更新世	扇状地堆積層	礫混じり砂質土	・表層に厚く堆積する。 ・径1~3cmの花崗岩質礫を混入する。 ・不均質に細粒分を混入する。 ・旧表土の有機質シルト・砂を挟在する。
		礫混じり粘土 (ダメージゾーン)	・細粒分が多く、乱されて軟質化した礫混り粘土。 ・径1cm程度の礫を混入する。
	段丘堆積層	砂礫	・コア径1~5cmの礫を多く混入する。マトリックスは粗砂。 ・礫種は花崗岩主体だが、安山岩も混じる。
白亜紀	岩船花崗岩類	花崗岩 (ダメージゾーン)	・強風化し、強度が低下している花崗岩。 ・カッターナイフで削れる程度の硬さである。 ・含まれる長石は白濁化し、原岩組織は不明瞭である。
		花崗岩	・全体に風化が進行し、酸化褐色化している花崗岩。 ・ハンマーでの軽打で容易に砕ける程度の硬さである。 ・風化により割れ目は不明瞭で、部分的に砂礫状を呈する。

当初の想定通り、地表部から砂質土、礫質土、花崗岩、礫質土の順番で地質を確認することができた。花崗岩については、既存調査のコア写真及び柱状図と比較し、同様な花崗岩であることを確認した。

ただし、斜めボーリングであり標準貫入試験が実施できないため、N値は得られていない。そのため、ボーリングコアの花崗岩範囲において針貫入試験を実施した。その結果、深度 44m 付近を境にして、一軸圧縮強度が低下していることや、コアの状況を照らし合わせて、軟質化している範囲を花崗岩のダメージゾーンとして設定した。また、砂礫については、花崗岩との境界付近で細粒分が多く、乱されて軟質化した範囲（礫混じり粘性土）をダメージゾーンとして設定した。

ボアホールカメラは、花崗岩と砂礫の境界付近である深度 51~53m 区間で撮影を行い、走向・傾斜を計測した。

4. 断層の評価

ボーリングコア及びボアホールカメラにより確認された弱面の一覧表を表-2 に示す。

ボーリングコアでは深度 52.31m において、花崗岩（ダメージゾーン）と砂礫（ダメージゾーン）の明瞭な境界が確認された。ボーリングコアでの境界部分の角度は 25° であった。ボアホールカメラの孔壁画像でも同深度において境界部が確認され、解析結果では 80° の西傾斜であった。斜め下方 35° で掘進していることを考慮すると、両者の角度は整合性がある。既存調査により推定さ

れていた「西傾斜で高角度の断層」と構造も概ね一致するため、深度 52.31mの境界部分を断層であると判断した。

また、深度53.05mにおける砂礫とダメージゾーンの境界も解析結果では、断層と類似の構造（西に急傾斜）であった。深度54.80mにおける砂礫中の粘性土も同様であった。断層と類似の構造であるこれらの境界は、断層運動に起因する（断層とほぼ平行な）ものであると考えられる。

表-2 断層構造と整合性確認

深度	性状	コア写真	ボアホールカメラ
52.31m	花崗岩(ダメージゾーン)と礫混り粘土(ダメージゾーン)の境界 断層		
53.05m	礫混り粘土(ダメージゾーン)と砂礫の境界		
54.80m	砂礫中の粘性土の上層		

※ボアホールカメラ撮影画像とボーリングコアでは、深度表記が若干ずれることに留意が必要である。

これらの調査結果（地質区分、断層の位置、ダメージゾーン）を反映し、掘進方向の地質断面図を作成した。

作成した地質断面図（図-2）には、断層位置に対する解釈の違いが起らないように留意し、以下の3点をプロットした。

- A: 地表面における断層位置
- B: 花崗岩上面における断層位置
- C: 花崗岩上面におけるダメージゾーンとの境界

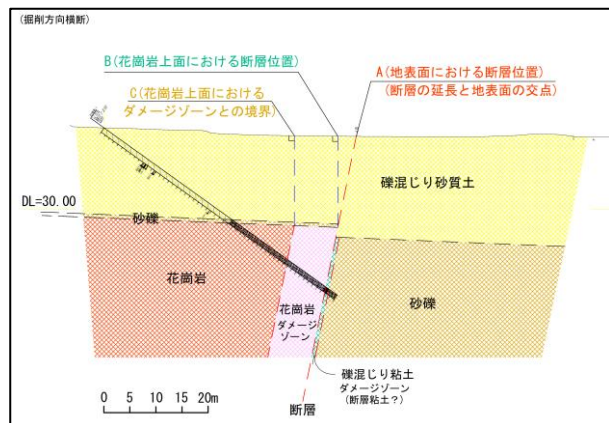


図-2 地質横断面図

5. 今後の留意点

ボアホールカメラの解析で、断層の走向は道路の計画線と並走することが判明した。作成した地質横断面図に基づき、想定される断層位置を平面図に示した（図-3）。

この図では、上述の3点（A、B、C）の位置、及びボアホールカメラ画像解析により判明した断層の走向・傾斜（深度 52.31m）をもとにして、想定される断層位置を示している。また、既往調査結果により、ボーリングで花崗岩が確認された位置も考慮した。

(1) ダメージゾーンの厚さについて

今回の調査で判明したダメージゾーンの幅は約 10m であった。一方、既存調査のボーリングでは、2 孔間の間隔は 6m であった。したがって、ダメージゾーンは場所によって厚さの変化があると考えられる。

(2) 支持層について

ダメージゾーンは、ボーリングコアでは軟質な部分（DL 級）が存在した。したがって、ダメージゾーンは支持層として適さない可能性があると考えられる。

(3) 橋台位置について

今後の橋台位置の留意点として、ダメージゾーンの境界部（C）や断層面（B）は、断層活動の際に変位する可能性があるため、橋台位置はこれらをまたがないように計画する必要があると考えられる。

また、花崗岩を支持層とする場合はダメージゾーンの境界部（C）よりも西側に橋台位置を計画する必要があると考えられる。

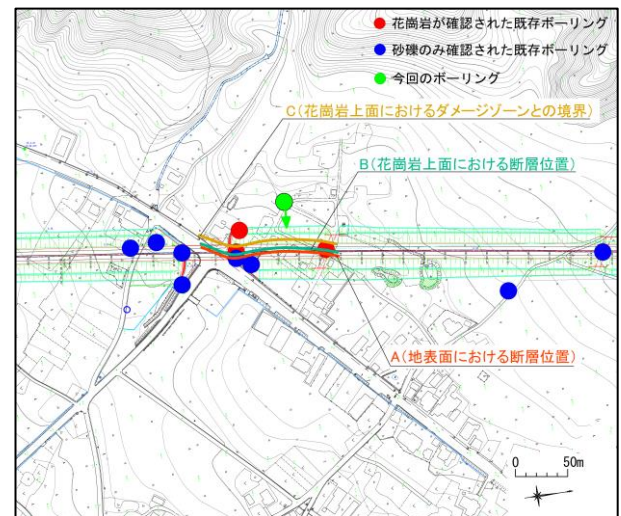


図-3 断層位置平面図

6. おわりに

今回のケースでは、斜めボーリングを実施することにより、断層の構造・位置、延長方向を把握し、適切に評価することができたと考えられる。また、斜めボーリングの有用性を確認することができた。

地質調査を行う場合、まずは調査目的を明確にし、その調査目的に応じて、鉛直ボーリングと斜めボーリングのどちらがより目的を達成するために有効かを検討することが重要と考える。