

ボアホールカメラを用いた切土法面の安定性検討事例

興亜開発株式会社 ○加納 秀斗, 高橋 幸伸

1. はじめに

日本の国土は山間地が大半を占め、道路・鉄道等の線形構造物の計画に際し、切土孔が必然的に多用されることとなり、法面保護工が問題となる。法面保護工には大きく分けて「植生工」と「構造物工」があり、土質や周辺環境によって工法を選択する必要がある。

今回紹介する調査地では、隣接する法面において、切土法面にほぼ平行な鏡肌を伴う表層崩壊の危険性のある不連続面が確認され、工法変更が行われた。このような観点から、今回調査を行った切土計画地においても同様な不連続面の有無が懸念された。

地下岩盤における不連続面の状況や方向性を確認するには、一般的にボーリングコアの観察に依存している。しかし、ボーリングコアの観察のみで原位置での岩盤状態（特に亀裂の方向）を詳細に把握することは容易ではない。そのため本調査において、ボーリング調査に加え、ボアホールカメラによる孔内観測を行い、切土法面の安定性検討を行うこととした。本事例ではボーリング調査を2つの切土法面のそれぞれ上下2か所、計4か所で行い、4か所すべてでボアホールカメラによる孔内観測を行った。今回の調査事例をボアホールカメラについて焦点を当てて紹介する。

2. ボアホールカメラによる孔内観測方法

(1) ボアホールカメラの概要

ボアホールカメラ観測は、ボーリング孔内の岩盤の様子を360度展開画像として、詳細に観察することを可能にする。観察された不連続面の走向・傾斜情報を正確に取り、統計的解析手法により、不連続面の特徴や傾向を把握することができる。

(2) 観測装置・方法

ボーリング孔内に360度全方向の撮影が可能な小型CCDカメラを挿入し、調査対象区間のボーリング孔壁の状況を連続撮影する。

孔壁画像はケーブルで測定器に伝送され360度展開画像として表示される。現場においてはこの360度展開画像を直接確認しながら、ボーリング孔内の状況を把握するとともに、測定データの良否を判断する。図-1に孔内測定の概要図を、図-2にプローブの詳細図を示す。

プローブ内には、3方向のフラックスゲート型磁気センサーと傾斜センサーが内蔵されており、プローブの回転に伴う方位を自動的に補正することができる。撮影された360度展開画像は、測定器のハードディスクに記録される。

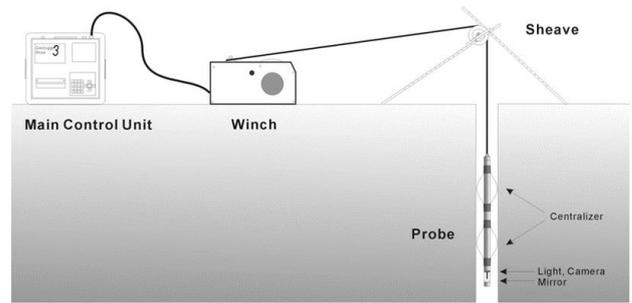


図-1 孔内測定の概要図

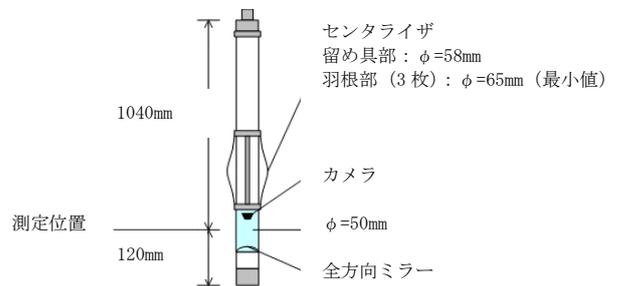


図-2 プローブの詳細図

(3) 解析方法

ボーリング孔内に現われた不連続面を、コンピュータ上で360度展開画像として表示し、測定区間全ての不連続面で任意のサインカーブをフィッティングさせ、走向と傾斜を読み取り、データとして記録する。このデータをもとに、ステレオネット図、ローズダイアグラム図、亀裂見かけ分布図、岩盤ゆるみ状態図、傾斜角度別の分散図、亀裂間距離傾度図をそれぞれ作成する。

孔壁に現れた不連続面を360度展開画像で見た場合と統計的解析手法で最も一般的なステレオネット図を作成する場合に、シュミットネットにステレオ投影をする時の概念図を図-3に示す。

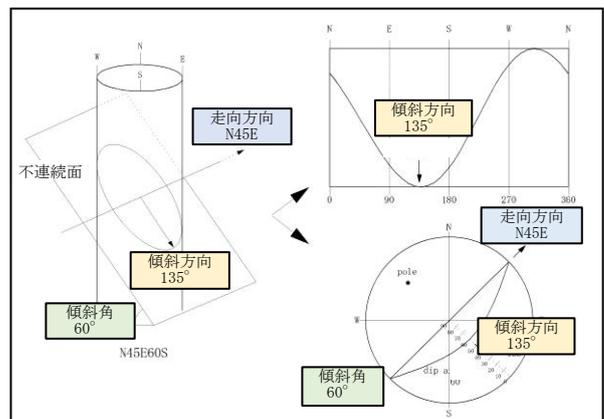


図-3 360度展開図とステレオネット概念図

3. 観測結果

ボアホールカメラ観測は4孔で行った。調査地の地層は片麻岩で構成され、その多くは強風化していた。そのため、各孔で118～367個の不連続面が観測され、不連続面の走向・傾斜にはある程度の指向性が存在していた。図-4に不連続面と切土法面の関係を、図-5にボアホールカメラによる観測例を示す。

4孔全体を見ると、傾斜角度30～50度程度の、NE方向に傾斜する不連続面が卓越していると言える。

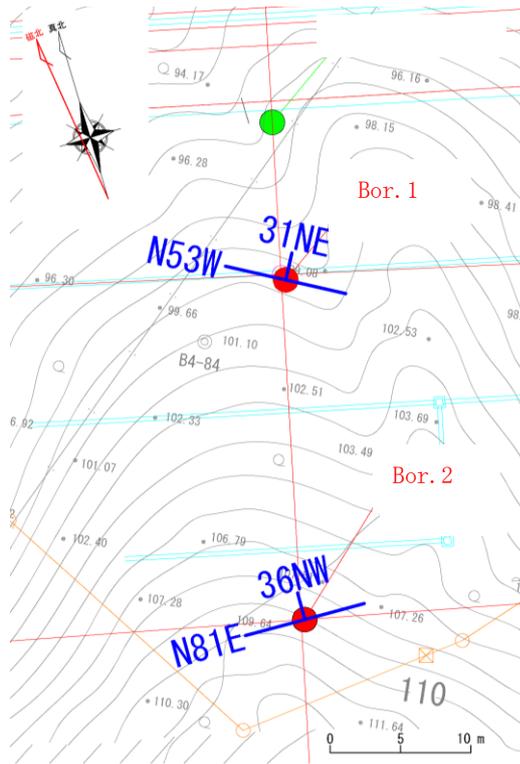
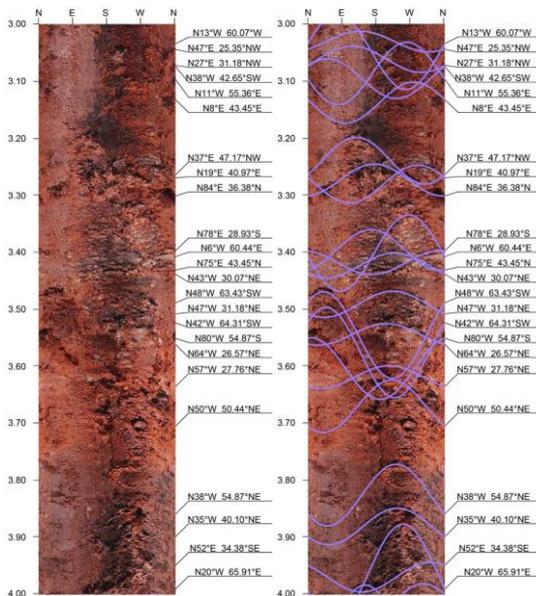


図-4 卓越する不連続面の走向・傾斜と切土法面の関係



左：不連続面明示なし、右：不連続面明示あり

図-5 ボアホールカメラによる観測例 (Bor.1 GL-3.00～4.00m)

4. 考察

堆積岩を原岩とする変成岩では、層理に由来する片理と呼ばれる粒径や堆積物の色調の違い等により水平で平行な縞模様が見られる。片理は数百万～数億年の間に受ける続成作用により未固結の堆積物から硬い岩盤へと変化していく。さらに、その間にプレートテクトニクスによる地殻変動などの変成作用を受け、更には圧縮・引張り作用を受けることにより水平であったものが変形し傾斜した片理となる。この片理が現況斜面と同じ方向に傾斜している場合を流れ盤、逆方向に傾斜している場合を受け盤とよぶ。片理面は、その上下で粒径や構成鉱物が異なることから、面に沿って剥離しやすく、特に流れ盤となっている場合にはしばしば斜面崩壊の素因となる。本調査地の計画法面自体の走向・傾斜は磁北（電子国土 Web より調査地近傍での偏角は、7° 40' 西側）基準で N69° W・40° NE となる。これに対し、ボアホールカメラで観測された4孔全体の不連続面の卓越方向は、傾斜角度30～50度程度で、NE方向の傾斜が卓越していると言える。したがって、全体として流れ盤方向で、計画法面勾配に近い不連続面が卓越していると判断される。

切土後についても調査地の法面でクリノメータを用いて走向・傾斜を計測したが、結果は走向が N83°W～N46°W、傾斜が25°N～50°N となり、ボアホールカメラ観測による結果と同様に流れ盤方向で、法面勾配に近い傾向の不連続面が卓越すると判断された。その結果を踏まえ、隣接の法面と同様に、鉄筋挿入工+法枠工の対策工が施されることとなった。

5. 観測時の留意点

ボアホールカメラ観測による方位は磁北基準であり、これを図示する場合は真北との補正が必要となる。したがって、調査地の偏角を確認しておく必要がある。また、地下水が深での観測は水が濁っていると難しくなる。そのため、地下水を汲み上げるか、ミョウバンを溶かした水を孔内に入れて地下水の濁りを沈殿させる方法をとる必要がある。ミョウバン水によって濁りを沈殿させる場合、半日程度以上を要するため留意が必要である。さらに、孔内に入れるプローブの直径が50mm程度あるため、φ66mmの孔径では孔壁に引っかかる可能性がある。

6. まとめ

ボーリングコアの観察では、亀裂面や片理の傾斜角は把握できても、その方向までは不明であり、流れ盤・受け盤の判定までは困難である。しかし、今回行ったボアホールカメラによる孔壁観測を行うことにより、その方向性まで把握することが可能となり、よりの確に斜面の安定性を評価することが可能となる。あまり行われていない手法ではあるが、今後同様の業務があればボアホールカメラの使用を提案していきたい。