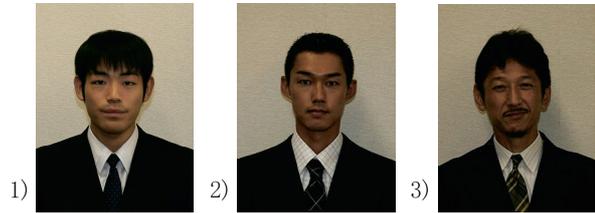


Use of the climbing techniques for the steep slope investigation and the utilization

共通事業本部 地質部 新妻 重明¹⁾
安藤 勸²⁾
長瀬 眞央³⁾



1. はじめに

山岳地域や海岸沿いに多く分布する急崖や岩盤斜面での調査は、現地に行くことが困難なことから、望遠調査等から斜面の地質状況や性状を推測するに留まることが多い。また、大規模構造物の点検においても、熱赤外線サーモグラフィ等のリモートセンシングにより、欠陥箇所を推定する機会が多い。

しかし、クライミング技術を用いることにより、地質や土木の知識を備えた専門技術者が現場に直にアクセスすることが可能となり、より確実に詳細な調査を行うことができる。



写真-1 急崖斜面におけるクライミング調査状況

クライミング調査は主に、下記の3つに大別される。

- ① 急崖斜面地質調査
- ② 急崖斜面防災点検
- ③ 既設構造物・斜面付帯物点検

ここでは、調査に用いるクライミング技術の概要を示すとともに、近年実施した②急崖斜面防災点検、③既設構造物・斜面付帯物点検のクライミング調査事例とその活用法なども紹介する。

2. クライミング技術

クライミング調査とは、1本のロープで垂直あるいは急傾斜地を登降することで調査対象へアプローチし、必要な情報を得る手法である。

クライミング調査に用いる技術は、ケイビング(洞窟探検)で発展した SRT (Single Rope Technique) を基本とし、調査を行うルート選定や危険回避技術はロッククライミング技術に準じているところが多い。これは、SRT がロープの張り込み技術や登降技術に優れており、ロッククライミング技術が調査対象へのアプローチ手法や不足の事態に陥った場合のレスキュー手法に優れているためである。クライミング調査では、現場の状況に合わせて、これら2つの手法を組み合わせながら調査を行っている。

調査に用いるロープは、径 10mm のケイビング用スタティックロープ(伸縮性の低いロープ)で、建設業等で一般的な親綱と比較するとコンパクトで重量も少ない。ロープの登降には、ディセッセンダー(写真・2 左)及びアッセンダー(写真・2 右)、アブミ等の専用の器具を使用し、垂直の岩壁でもスムーズに移動することができる。そのため、急峻な地形でも、比較的迅速な調査を行うことが可能である。

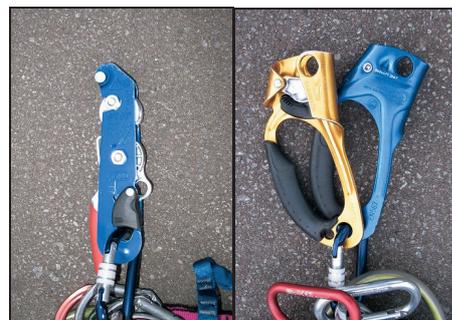


写真-2 クライミング調査に用いる登降器具

ロープを固定するアンカーは、自然斜面の場合、樹木を使用することが多い。その他に、崖錐などの未固結堆積物には長さ 1.0m の杭を設置する場合や(写真・3 左)、岩盤やコンクリートにはハンマードリルで削孔して拡張アンカーを設置する場合もある(写真・3 右)。いずれの場合でも、複数アンカーを設置することにより加重を分散させるとともに、不測の事態に備えてバックアップアンカーも設けている。



写真-3 アンカーの設置例

クライミング調査では、登降技術・調査技術以外にレスキュー技術の習得も求められる。一般的に立ち入りの困難な状況での調査が主体となるため、緊急時には迅速なセルフレスキューが必要となる。ロープ上でのレスキューは特殊な技術を要することから、定期的な訓練を実施している。

3. 急崖斜面防災点検

山岳地域や海岸沿いの急崖斜面調査は、通常の地表踏査が困難であり、また安全対策の足場仮設が非現実的であるため、現場に立ち入ることが不可能なケースが多い。その様な場合、望遠調査やラジコンヘリコプターによる斜め空中写真、転石調査に留まることが多い。

クライミング調査では、遠景では確認できない不安定岩塊の背面亀裂や浮石状況、中間部に堆積する崖錐の状況などを直接的に把握することが可能となる。その他にも、試料採取や計器設置も行うことができる。



写真-4 落石防護網の設置された岩盤斜面の点検事例

3-1. 不安定岩塊の調査事例

写真-5 のケースでは、塔状岩塊の背面に幅 1.0m の開口亀裂が認められるほか、遠景写真では確認できない亀裂が多数形成されていることを確認した。そして、ごく僅かな外力でトップリング崩壊を起こす可能性が高い状態であることが判明した。

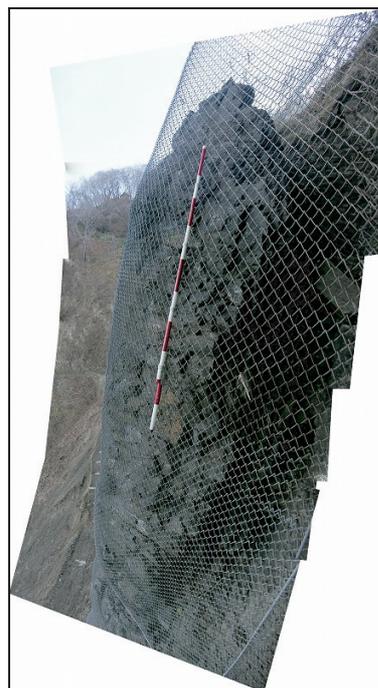


写真-5 不安定岩塊の調査事例(スケールは 2.0m)

3-2. 測量ターゲットの設置

急崖斜面に不安定岩塊が認められた場合、通常ではノンプリズム測距測角装置により岩塊の挙動を観測することが多い。しかし、クライミング技術を用いて、写真・6(右)に示すような測量用のターゲットを直接不安定岩塊に設置すれば、より正確な動態観測が可能となる。また、写真・6(左)に示すような大型のターゲットを設置すれば、3次元写真測量により、簡易的な動態観測を行うこともできる。

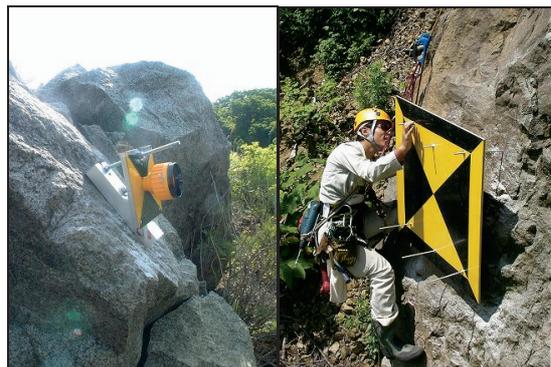


写真-6 測量ターゲットの設置事例

3-3. 3次元レーザースキャンの活用

急崖斜面の形状を把握すると共に不安定岩塊(浮石)の正確な位置や規模、落下経路を把握する目的で、3次元レーザースキャンをクライミング調査と合わせて実施する場合もある(図・1)。

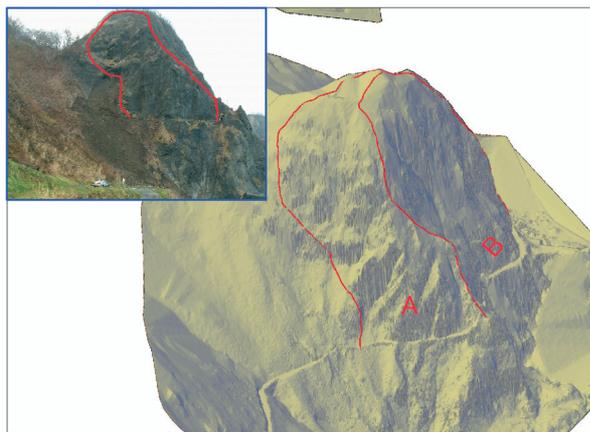


図-1 急崖斜面の3次元レーザースキャン事例

3次元モデルからは、任意で断面図を作成することも可能で、落石シミュレーションに活用することができる。

写真・7は火山角礫岩の不安定岩塊の例で、直径1.2mのブロックで背面に幅1~2cmの開口亀裂が確認された。底面が抜け落ちており、当ブロックが50cm程度張り出している。このような想定される落石発生源からの落石の飛散範囲などを定量的に求め、山道などの安全性を検討する目的で落石シミュレーションを実施した。200回の繰返しシミュレーションの結果、132回で解析断面の末端部付近まで到達し、発生源から斜面末端の間で最大跳躍量は10.2mに達した。また、斜面末端部まで到達した落石は、最大速度約31.3m/s、平均速度は9.7m/sを示すと推定された(図・2)。

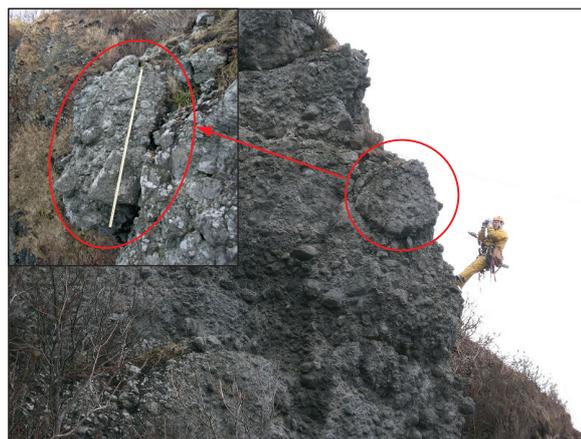


写真-7 落石シミュレーションの対象とした不安定岩塊
(スケールは1.0m)

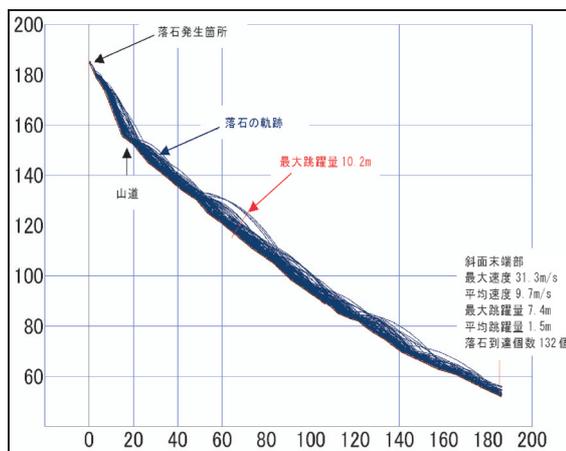


図-2 落石シミュレーション事例

その他に、レーザースキャニングによる3次元モデルからは、斜面勾配の分布も詳細に把握できることから、対策工範囲の選定等に活用することができる(図-3)。

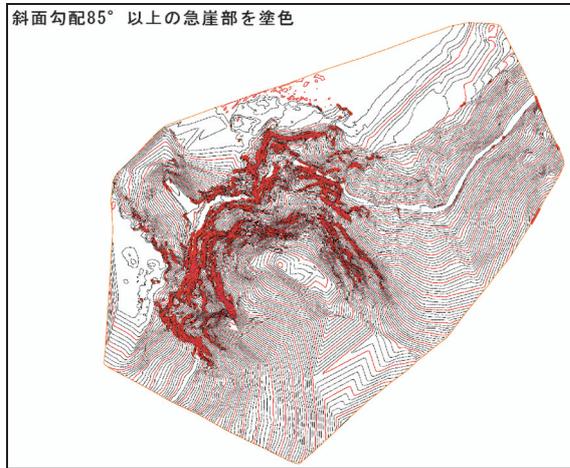


図-3 3次元モデルを活用した斜面勾配分布図の例

4. 既設構造物・斜面付帯物点検

既設構造物や斜面付帯物は定期的に老朽化や損傷を把握する必要があるが、ダムや長大法面等では高所作業となり危険を伴うことから、遠距離からの熱赤外線サーモグラフィによる診断に留まることもある。

クライミング調査では技術者がクラックの発生状況や浮き上がりなどを、目視やハンマー打診等で直接診断することが可能なことから、構造物を維持管理する上で必要な情報を得ることができる。(写真-8)



写真-8 ダム堤体クラック調査事例

4-1. 現場吹付け法枠の調査事例

写真-9、10は、急崖法面における現場吹付け法枠のクライミング調査事例である。調査の結果、ロックボルトが浮き上がっている箇所(写真-9)や、法枠の梁にクラックが発生している箇所(写真-10)が多数確認された。



写真-9 現場吹付け法枠に発生したクラックの状況



写真-10 ロックボルトの浮き上がり状況

クライミング調査により得られたクラックの開口幅は、展開図中に詳細に記載するとともに(図-4)、法枠の各梁のクラックの累積開口幅を求めて色分けして示した(図-5)。これにより、変状箇所を明確に把握することが可能となった。

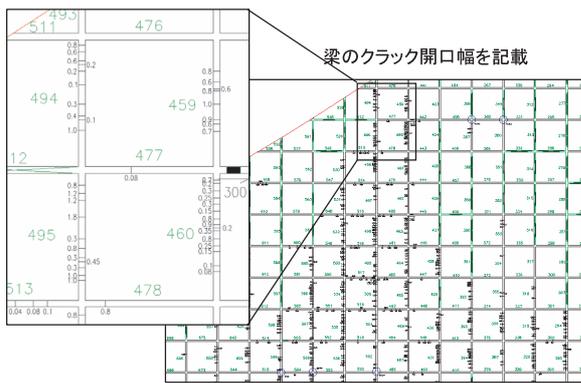


図-4 現場吹付け法枠調査結果のクラック記載例

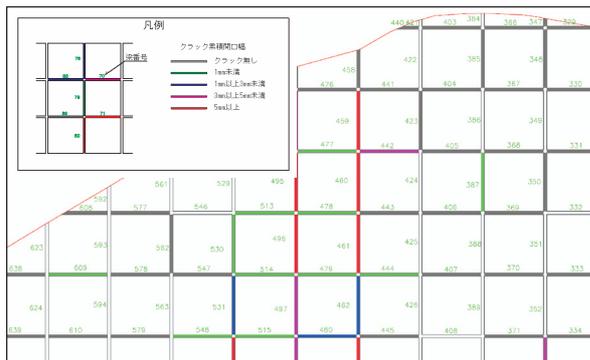


図-5 現場吹付け法枠調査結果の取りまとめ例

4-2.急崖斜面での簡易ボーリング

クライミング技術を用いれば、急崖斜面においても簡易ボーリングを行うことが可能である。斜面内に機械を設置してコアリングすることにより、吹付け法面の内部状況を詳細に把握することも可能である(写真・11)。



写真-11 モルタル吹付け法面におけるコアリング事例

5. おわりに

これまで述べてきたクライミング調査に用いられる「クライミング技術」は、全体のプロセスの中のアプローチ手段に過ぎない。しかし、「クライミング技術」を用いることにより、直接的な情報収集が可能となり、よりの確な評価が可能となる。さらに、クライミング調査は直接目視による調査を基本とするが、「クライミング技術」を用いて様々な計測機器を斜面の中に持ち込むことにより、調査の精度が向上するとともに、調査対象の幅も大きく広がると考えられる。

一方、クライミング調査は、調査対象をミクロな視点から評価するのに適しているが、調査対象をマクロな視点で観察することも重要である。現在、多くのリモートセンシング技術が発達しているが、これらの技術とクライミング調査を巧く融合させることにより、斜面や構造物に対する適切な調査・評価・対策を、提案することが可能となると考える。