

振動計測による岩盤斜面不安定ブロック抽出手法の開発

独立行政法人土木研究所
地すべりチーム 主任研究員
藤平 大

1. はじめに

道路のり面などに存在する岩盤斜面の効率的な点検や対策工事のためには、不安定な岩盤ブロックを精度良く抽出することが必要であるが、肉眼による表面の亀裂や開口度確認のみでは、地中の亀裂分布等を確認することができないため、不安定なブロックを的確に抽出することが困難である。そこで、本研究は岩盤斜面の振動計測によって不安定岩盤ブロックを簡便かつ精度よく抽出する手法を提案し、実証検討をおこなった。

2. 本手法の基本概念

図-1は、本手法による計測の概念図である。本手法は、「安定岩盤ブロックでは周囲の亀裂が密着していて基盤と一体となっているのに対し、不安定岩盤ブロックでは亀裂の開口・劣化が進んで基盤と分離しているため、不安定岩盤ブロックの方が安定岩盤ブロックよりも大きく振動する」との仮定を元に検討を進めた

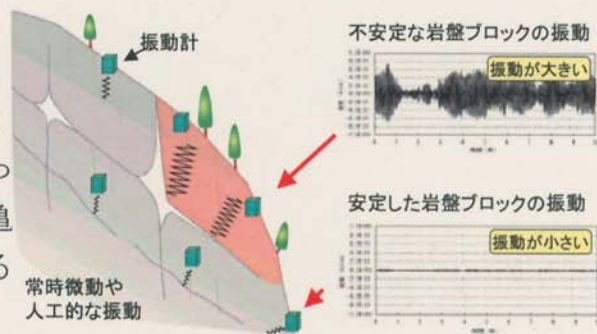


図-1 計測の概念図

3. 計測機器

写真-1に小型で容易に取り外しが可能な振動計を岩盤斜面に複数設置し、常時微動及び人工的な振動による岩盤ブロックの振動を計測した。安定不安定の判別のために、原則として計測点の1つは、安定岩盤に設置し、安定岩盤ブロックの振動を基準として、他ブロックの安定判定をおこなった。

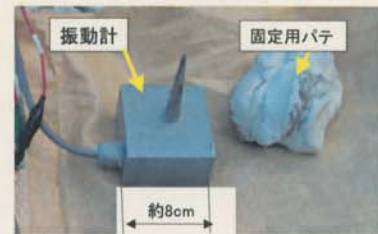


写真-1 小型軽量な可搬式振動計

4. 検討内容

本研究では、実際の岩盤斜面で振動計測を実施し、以下について検討を行った。

- ① (基本概念の検証実験) 斜面の岩盤ブロックを人工的に不安定化させながら振動計測を行い、岩盤の不安定性と振動状況に相関関係があることを確認した。
- ② (目視点検結果の検証実験) 要対策工事の岩盤斜面において振動計測を行い、岩盤ブロック区分をおこない、本手法を検証した。
- ③ (対策工の効果評価手法としての検証実験) 岩盤接着工が施工中の斜面における振動計測を行い、岩盤接着工の効果を確認する手法としての本手法の適用性を検証した。

5. 結果

5. 1. 岩盤ブロックを不安定化させながら振動計測を行った実験的検討

写真-2は、不安定化実験の対象岩盤ブロックである。対象岩盤ブロックは、実際に転

倒型の岩盤崩壊が報告されたA地区の岩盤ブロックの1つ（高さ約4 m、幅約2.5m、厚さ約1 mの硬質砂岩で背後に開口亀裂が発達）であり、岩盤ブロックの下部をエアバッグで破碎する等により、岩盤ブロックの安定性を人工的に変化させた。計測点は、対象岩盤ブロックの上下に2点、安定岩盤に1点を設け、振動を計測した。得られた振動波形を図-2に示す。対象岩盤ブロック下部をエアバックで破碎し不安定化した状態では、実験開始前に比べて対象岩盤ブロックの振幅が大きくなっている。その後、対象岩盤ブロックを山側へ押しつけて一時的に安定化した状態にすると、振幅が小さくなる。このことから、岩盤ブロックが不安定な状態では振幅が大きくなることが分かる。



写真-2 不安定化実験斜面の状況

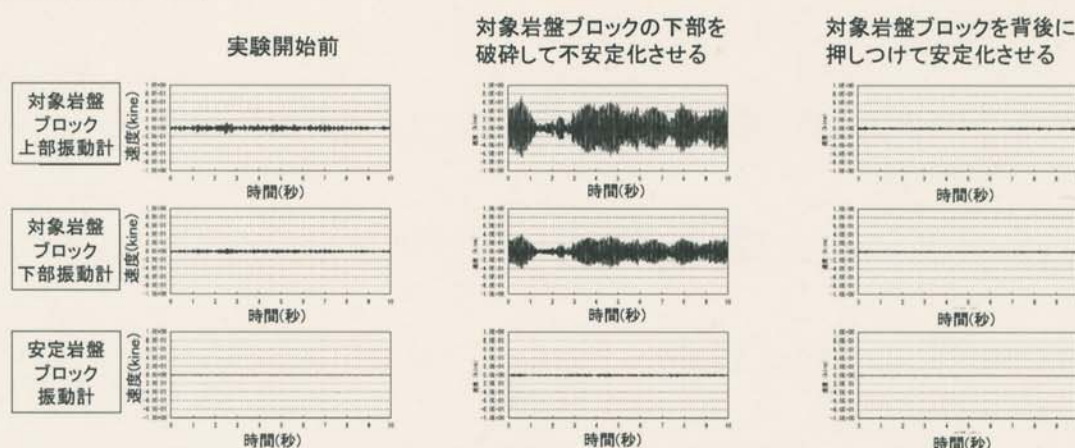


図-2 振動波形（常時微動）

5. 2 要対策岩盤斜面をモデルケースとして計測・解析を行った事例

写真-3は、不安定岩盤ブロック抽出のモデルケースとして計測を行った岩盤斜面（B地区）である。B地区は、岩盤斜面崩壊の危険があり、対策が必要と考えられている岩盤斜面で、結晶片岩の片理面による水平方向の亀裂とそれに直交する垂直方向の亀裂によって多数のブロックに分かれている。開口亀裂も多く、不安定岩盤ブロックが多いことが想定される。計測は、主要な岩盤ブロックを網羅するように安定岩盤を含めて計13点の計測点を設けて行った。

計測結果の代表例として、車両走行（2tトラック）によって人工的に振動を与えた時の一定時間内における水平面内での振動粒子軌跡を図-3に示す。また、図-4は、各岩盤ブロックと安定岩盤（P-1）と軌跡の累積長さ（入力振動によって岩盤の計測点が一定時間内に実際に動かされた軌跡の累積長さ）の比をとったものである。

計測結果から、岩盤ブロックの不安定性を以下のように判断した。

- (1) P-5、P-9、P-11は安定岩盤P-1と同様の振動を示す比較的安定なブロック
- (2) P-3、P-4、P-6、P-8、P-10、P-13は振幅や軌跡の累積長さが大きく、不安定なブロック
- (3) P-2、P-7、P-12は、安定と不安定の間のブロック

また、岩盤が一体であれば振動方向が調和的であり岩盤上部の方が大きく振動すること

から、特にP-3、P-6、P-8は、上部の岩盤ブロックとは分離した不安定な岩盤ブロックと判断される。現地を詳細に調査するとP-3、P-6、P-8は、正面・側面側に明瞭な開口亀裂が認められるなど、完全に基盤から分離した不安定な岩盤ブロックと確認できた。このことから振動計による上記の判断は妥当であり、振動計測による不安定岩盤ブロック抽出の有効性を示したものと見える。



写真-3 B地区の岩盤斜面状況及び計測点の配置

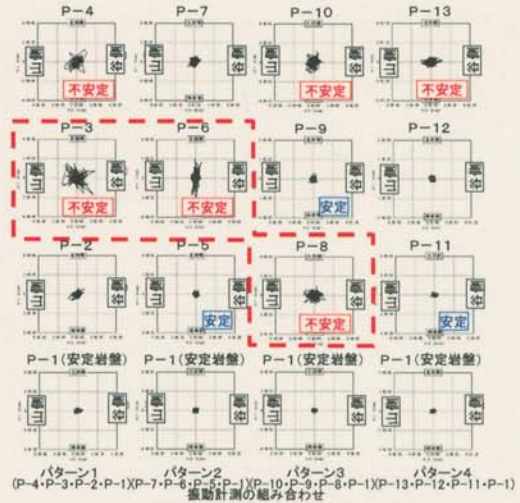


図-3 B地区における振動粒子軌跡

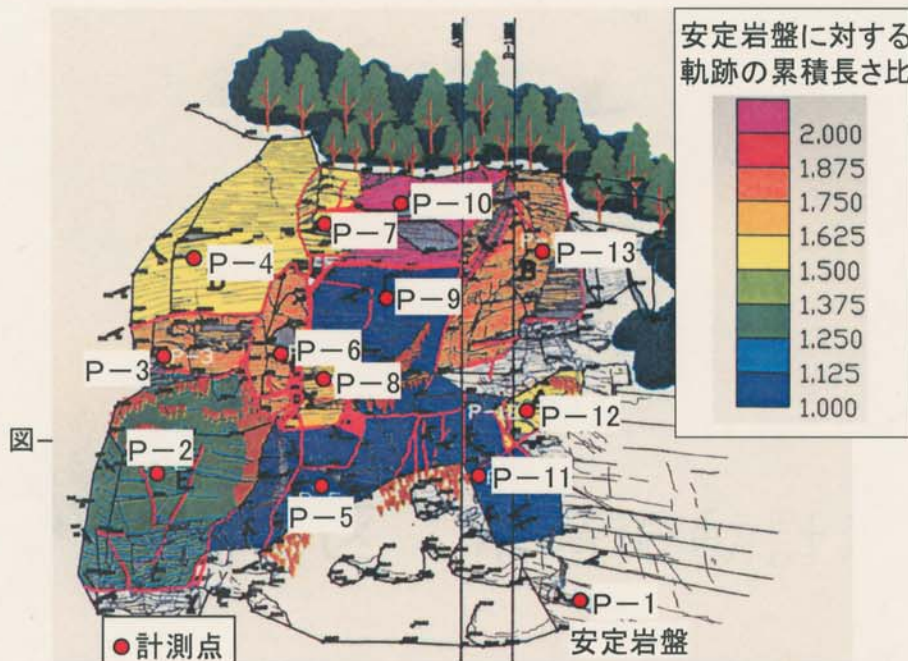


図-4 各岩盤ブロックの相対的安全性(安定岩盤に対する振動軌跡の累積長さ比)

5. 3 岩盤接着工施工前後に計測を行った事例

C地区は、岩盤斜面对策として亀裂に接着剤を注入する岩盤接着工が岩盤下部から上部に向かって施工されている岩盤斜面である。この斜面に計測点6点を設け、岩盤接着工施工前後で計測値の比較を行うことにより、岩盤接着工の効果判定を行った。図-5は、計測点の配置状況である。計測は、岩盤接着工の施工が計測点P-5のやや上まで終了した時点で1回目の計測を行い。その後、岩盤接着工が進捗し、計測点P-2のやや上まで岩盤接着工

が終了した時点で2回目の計測を行った。計測結果の代表例として、車両走行時の振動波形を図-6に示す。1回目の計測では、既に岩盤接着工が終了していた計測点P-5の振幅は非常に小さく、P-3及びP-4の振幅はごくわずかではあるがP-5より大きめとなり、P-1及びP-2では、振幅がさらに大きめとなっている。これに対し、2回目の計測では、新たに岩盤接着工が施工された範囲にあたるP-2、P-3及びP-4の振幅がP-5と同様に非常に小さい状況に変化した。岩盤接着工施工範囲外のP-1については1回目と同様に振幅が大きい結果となった。これらの振幅の変化は岩盤接着工の進捗と合っており、岩盤接着工による接着効果が現れていることが、振動計測によって示された結果となった。

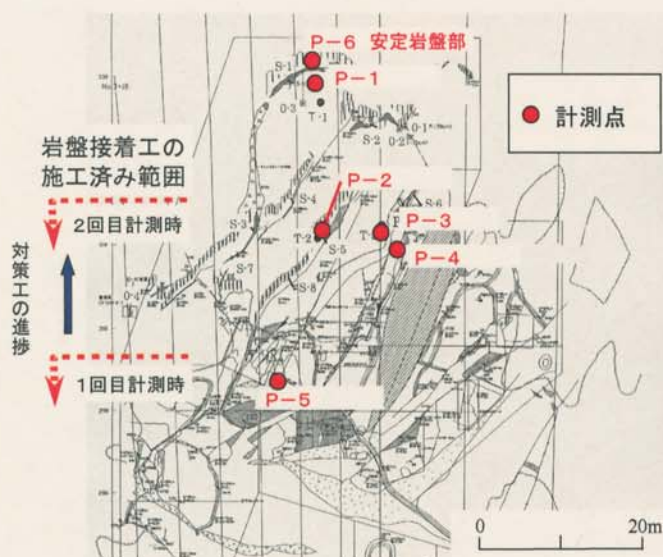


図-5 計測点と岩盤接着工の進捗状況

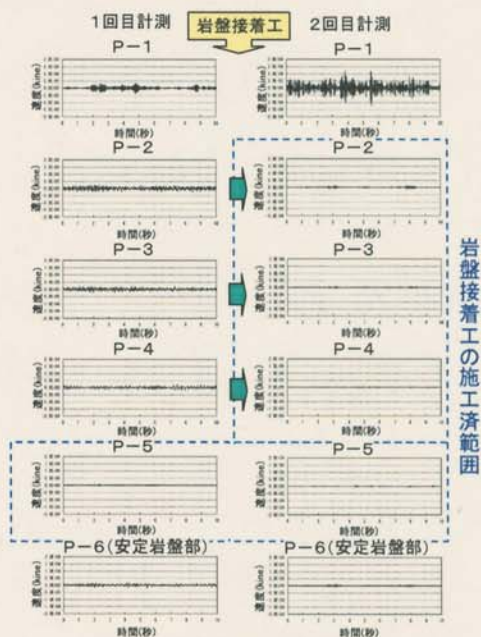


図-6 岩盤接着工施工前後の振動波形

6. 結論

今回の調査によって以下の結果が得られた。

- ①岩盤ブロックを人工的に不安定化させて振動計測を行った結果、岩盤ブロックが不安定になると振幅が大きくなることを確認した。
- ②実岩盤斜面における振動計測によって岩盤ブロックの不安定性の相対的な違いを判断でき、特に周囲の亀裂が完全に開口した岩盤ブロックでは振幅が周囲より大きいことを確認した。また、振動計測の結果に基づいた再観察によって岩盤ブロックをさらに小ブロックに分ける亀裂を確認することができた。
- ③岩盤接着工施工前後の振動計測によって、岩盤接着工の接着効果が現れているところについては振幅が小さくなることを示すことができた。

これらの結果は、岩盤斜面の振動計測が不安定岩盤ブロックの抽出に有効であるとともに、対策工の効果判定に有効な手法となりうることを示したものである。

5. おわりに

研究結果をもとに、本手法の計測・解析の方法と留意点等を示す「不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計測マニュアル(案)」を土木研究所資料として作成中である。