

遠隔振動計測による岩盤安定性評価手法の開発

岐阜大学	正会員	○馬 貴臣	沢田和秀
応用地質株式会社	正会員	斎藤秀樹	大塚康範
鉄道総合技術研究所	正会員	上半文昭	村田 修
西日本旅客鉄道	正会員		深田隆弘

1. はじめに

岩盤斜面の安定性評価は、岩盤斜面防災対策の重要課題である。近年では岩盤の振動計測、電気探査、写真測量など多くの簡易的な測定方法が提案され、実斜面への有効性が示されている。しかし、これまでの手法は、計測値と岩塊の不安定性の間に定量的な関係が見出されていないことで、まだ十分に効果的な評価方法となっていない。筆者らは、岩盤斜面における岩塊の安定性評価を安全かつ効率的に行うことを目的として、遠隔非接触振動計測による定量的な評価法の開発を行っている^{1),2),3)}。

筆者らは、振動特性と岩塊の不安定性の定量的な関係を検討するため、遠隔計測によるコンクリート模型実験、数値解析による検討を実施してきた。これまでの研究は、模型実験と数値解析ともに岩塊の不安定性と振動の卓越周波数に相関があることを示した^{1),2)}。また、模型実験を再現することにより、数値解析手法の妥当性を検証した^{1),2)}。本報告は、同様な数値解析手法を用いて、滑動型破壊と想定される岩塊の振動特性を検討した成果を報告する。

2. 模型実験

岩盤斜面の崩壊は、概ね転倒型と滑動・滑り型と大別される。これまでに、転倒型タイプの岩塊の振動特性を検討するため、図1に示すような模型に対して、模型実験と数値解析を実施してきた。その結果、転倒型破壊タイプに関しては、岩塊の振動特性を用いて岩塊の安定性を評価することができることを検証した^{1),2)}。また、数値解析により、転倒型タイプに関して岩塊のスケール効果も検討した^{1),2)}。ここでは、滑動型と想定される岩塊の振動特性を検討してみる。図2に滑動型破壊タイプを検討するため、計画した実験模型写真を示す。図中赤線の←はレーザードップラーによる遠隔振動計測の箇所と方向を示した。上の←はブロック、下の←はコンクリート台の計測である。

実験では、台の傾きを変えることにより、傾斜によるブロックの振動特性の変化を検討したが、ブロックと台の接触状況が複雑なため、ブロックの卓越周波数は大きなバラツキを示し、台の傾斜との相関を確定することができなかった。

3. 数値解析

上記に示すように、模型実験は滑動型破壊タイプのブロックの振動特性を確定することができなかった。ここでは、数値解析による検討を実施してみた。数値解析は、まず、基本模型実験ケースを再現し、解析手法を検討した。次に、台の傾斜を変えたモデルを用いた数値解析を実施し、ブロックの振動特性と台の傾斜との関係を検討した。

図3に基本模型実験の写真と計測方法を、図4に模型実験で得られたブロックの振動波形を示す。図3に示すように、実験は2台のレーザードップラーを用いて、ブロック上部と土台を同時に計測した。ブロックの卓越周波数は、約16Hzであることが分かる(図4)。

数値解析は上記の模型実験で得られたブロックの卓越周波数を再現することにより、解析手法及び解析に用いるパラメータを検討した。図5に基本ケースの解析モデルと再現解析で得られたブロックの振動波形を示す。解析は、ブロックと台座の間にジョイント要素を設置し実施した。ジョイント要素は様々なパラメータがあるが、

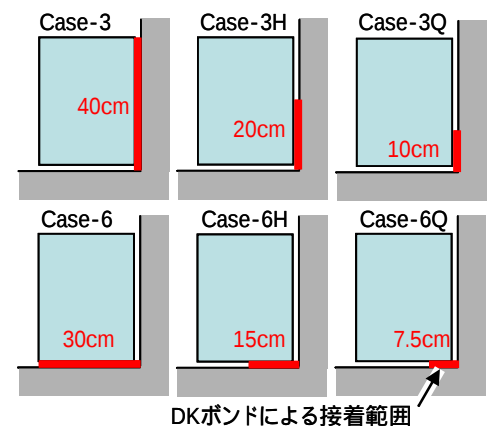


図1 転倒型破壊タイプの模型モデル



図2 滑動型タイプの模型実験写真

その中の剛性率 (K_n, K_s) のパラメータケーススタディを実施した。なお、 K_n は軸方向剛性率で、 K_s はせん断方向剛性率であり、同様な値を用いた。他のパラメータとして、内部摩擦角を 28° 、粘着力を 0 と固定した。解析では、ジョイントの剛性率の低下に従って、ブロックの卓越周波数が減少する傾向を示し、剛性率を 69965 kN/m^2 とした解析は基本模型実験を再現した (図 5)。次に、土台傾斜を 20° 、 28° とした解析では、ブロックの卓越周波数は、 0° とした基本ケースと同様な結果を得た (図 6)。



図 3 基本模型実験の写真と計測方法

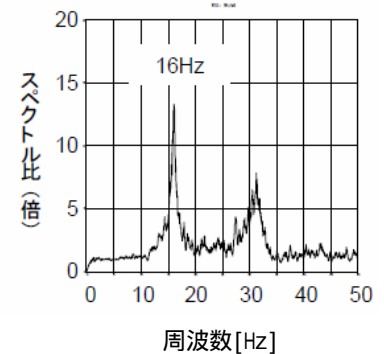
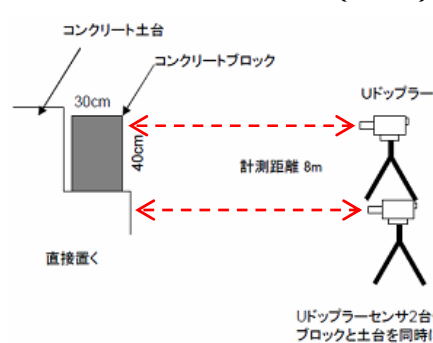


図 4 模型実験で得られたブロックの振動波形

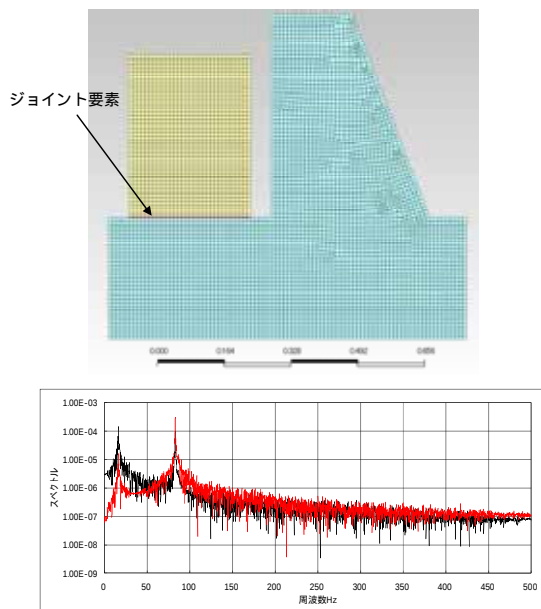


図 5 基本解析モデルと解析で得られたブロックの振動波形

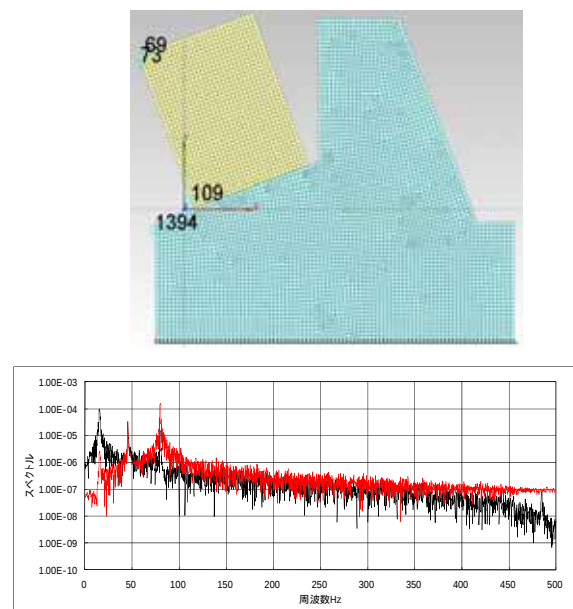


図 6 土台傾斜 20° の解析モデルと解析で得られたブロックの振動波形

4. まとめ

遠隔振動計測による岩盤安定性評価手法を開発するため、滑動型破壊を想定した模型実験と数値解析を実施した。模型実験では、ブロックの卓越周波数と土台の傾斜との関係を確定できなかったが、数値解析では土台傾斜がブロックの卓越周波数に影響しない結果を得た。これは、滑動型タイプの岩塊振動モードを 1 質点系と想定した場合、ブロックの卓越周波数が斜面傾斜と関係しないことと整合する。しかし、これは、傾斜が大きくなるほど岩塊が不安定化し、卓越周波数が低下するという一般的な認識と整合しない。これについて、今後、模型実験の工夫と数値解析手法の更なる検討が必要である。

謝辞

本研究は、鉄道・運輸機構「運輸分野における基礎的研究推進制度」によるものである。

参考文献

- 1) 馬・沢田・八嶋・上半・村田・斎藤：遠隔非接触振動計測及び数値解析による岩盤安定性における寸法効果の検討，第 40 回岩盤力学に関するシンポジウム，339-344，2011。
- 2) 馬・沢田・八嶋・斎藤・大塚・上半・小島・村田・深田：遠隔非接触振動計測による岩塊安定性評価法に関する模型実験その 1，数値解析による基礎検討，第 45 回地盤工学研究発表会，1801-1802，2010。
- 3) 斎藤・大塚・馬・沢田・八嶋・上半・小島・村田・深田：遠隔非接触振動計測による岩塊安定性評価法に関する模型実験 - その 2：コンクリート模型を用いた計測実験，第 45 回地盤工学研究発表会，1803-1804，2010。