

微動計測によるアンカーのり面の健全度評価

岐阜大学 非会員 蒲野 裕貴

NPO 法人地盤防災ネットワーク 正会員 村田 芳信

岐阜大学 正会員 馬 貴臣 八嶋 厚 沢田 和秀

1. はじめに

日本は国土の約 7 割が山岳地であり、危険斜面が多く存在する。これらの斜面は、各種対策工によって斜面災害の被害軽減が図られている。その代表的な対策工法に、グラウンドアンカー工法がある。グラウンドアンカー工法とは、地中の定着部と地表部の構造物を、高強度の引張材で連結させ、引張力を利用してのり面を安定させる工法である。現在供用されているグラウンドアンカー工の中には、老朽化が進み、補修や更新が必要とされているものが多く存在している。そのため、グラウンドアンカーの残存効果を適切に評価する方法がある。グラウンドアンカー工の残存効果を評価する方法として、リフトオフ試験が一般的に行われている。しかし、リフトオフ試験は、直接アンカーの引抜試験を行うことで、残存緊張力を把握するため、時間と労力がかかり、非効率的である。そこで、効率的かつ簡便にアンカーのり面の健全度を評価する方法として、微動計測による健全度評価法が考えられる。

本研究では、地震計を用いてアンカー台座と地山の微動計測を行い、短時間かつ少ない労力で広範囲を調査できる手法の確立を目的とする。岐阜県と三重県の 2ヶ所のアンカーのり面で微動計測を実施し、その結果を基にアンカーのり面の健全度について検討した。

2. 健全度評価の方法

微動計測は、人工的な起振を行わず計測地点で微振動を計測する調査手法である。本研究では、地山とアンカー台座の相対的な揺れの違いが、アンカーの緊張力の評価に繋がる可能性の有無について検討する。グラウンドアンカーの健全度評価方法には、RMS 速度振幅比を用いる。RMS 速度振幅比とは、アンカー台座と地山の振動の振幅値をそれぞれ二乗して平均し、平方根 (Root Mean Square) したものの比である。RMS 速度振幅比の値が 1 に近いとアンカー台座部が地山部と同じように揺れており、アンカー機能が有効でない判断される。RMS 速度振幅比 R は以下の式で表される。

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2/n}{\sum_{i=1}^n X_i^2/n}} \quad (1)$$

ここで、 X は地山の振動記録の時系列、 Y はアンカー台座の振動記録の時系列、 n はデータ数である。

3. 微動計測

平成 20 年度に行われた岐阜県美並 IC 付近のアンカーのり面の計測²⁾では、地山の微動計測地点が対象とするアンカーから離れていたため、RMS 速度振幅比を正しく評価できなかった。このため本研究では、平成 20 年度と同じのり面で微動計測を再度実施した。

本研究で実施した計測では、アンカーと地山の微動計測地点の距離を近くし、対象のアンカー台座と地山に固有周期 28Hz の地震計を設置し、斜面に対し垂直方向の振動を計測した。図 1 に示すように、アンカー台座の計測には、地震計を油粘土でアンカー台座に固定し、地山の計測には、スパイクを用いて地山に固定した。地山表面がラス網により浮いている場合や、岩盤が露出しており、スパイクを用いて地震計を設置することが困難な場合には、油粘土を用いて吹き付けコン

クリート上に地震計を設置した。図 2 に地震計の設置状況を示す。

本研究では、自動車の走行によるノイズを起震源とし、サンプリング間隔 1000 μ 秒で約 60 秒間の微動計測を 10 回繰り返して行った。一度の計測で、アンカー 10 数基と地山を同時に計測した。

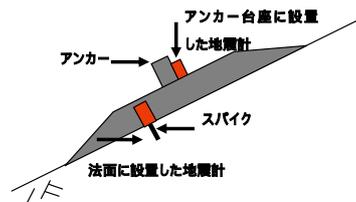


図 1 地震計の設置方法イメージ



図 2 地震計の設置状況

4. 美並 IC 付近のアンカーのり面微動計測結果

岐阜県美並 IC 付近のアンカーのり面の微動計測では、2 段目、3 段目、4 段目の計測を行った。図 3 に微動計測現場を示す。



図 3 計測現場 (岐阜県美並 IC 付近)

10 回の微動計測により得られたデータを、それぞれフーリエ変換し平均スペクトルを求めた。図 4 に、平均スペクトルデータの一例を示す。縦軸に速度スペクトル、横軸に周波数を示している。結果から、昨年と同様、地山は幅広い周波数領域で振動し、アンカー台座は低い周波数領域で振動している傾向がみられた。

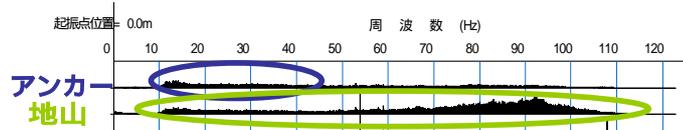


図 4 平均スペクトルデータ

微動計測より得られたデータを用いて RMS 速度振幅比を算出した。10 回の計測を行ったため、各測定ごとの RMS 速度振幅比を算出し、それらの標準偏差を算出

した。平成 20 年度に行われた計測の結果では、標準偏差が最大で 163.0%、最小で 17.0%であったが、今年度は標準偏差が最大で 48.2%、最小で 2.1%となった。

平成 20 年度に行われた計測は、地山の微動計測地点が対象とするアンカーから離れていたが、今回行った計測では、アンカーと地山の微動計測地点の距離を近くしたため、RMS 速度振幅比の標準偏差を小さくすることができたと考えられる。したがって、アンカー近傍の地山で計測を行うことで、計測精度が高くなるといえる。

美並 IC 付近のり面では、リフトオフ試験が行われ、数基のアンカーの残存緊張力が把握されている。図 5 に、微動計測により算出された RMS 速度振幅比と、リフトオフ試験により得られたアンカーの設計緊張力に対する残存緊張力の比の関係を示す。

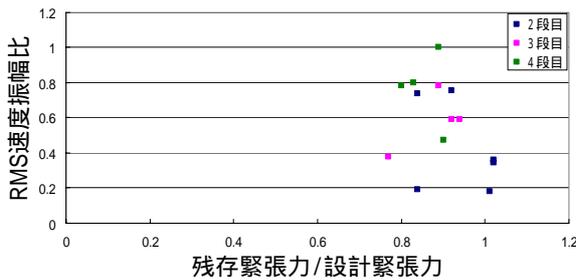


図 5 リフトオフ試験と RMS 速度振幅比の関係

図 5 より、RMS 速度振幅比とアンカーの設計緊張力に対する残存緊張力の割合には概ね負の相関がみられた。これより、RMS 速度振幅比を用いることでリフトオフ試験を行うアンカーの選定ができると考えられる。

5. 三重県市瀬アンカーのり面微動計測結果

三重県市瀬のアンカーのり面の微動計測では、1 段目、2 段目、3 段目の計測を行った。図 6 に計測現場写真を、図 7 にアンカーの配置図を示す。

岐阜県美並 IC 付近の計測と同様に、微動計測を行った。なお、サンプリング間隔 2000 μ 秒で約 30 秒間の計測を 10 回繰り返して行った。



図 6 微動計測現場 (三重県市瀬)

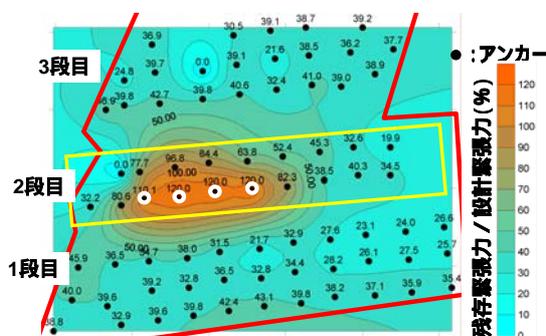


図 7 アンカーの配置図

微動計測より得られたデータを用いて、RMS 速度振幅比を算出した。図 8 に、2 段目のアンカーごとの RMS 速度振幅比を示す。

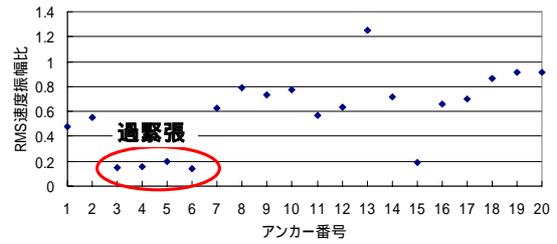


図 8 各アンカーの RMS 速度振幅比

三重県市瀬のり面のアンカーは、既にリフトオフ試験が行われており、残存緊張力が把握されている。図 7 のオレンジ色の部分は設計緊張力に対する残存緊張力の比率が大きい部分であり、特に、白く囲われた 4 基のアンカー(左からアンカー番号 3,4,5,6)は 120%を超えており、過緊張状態である。

図 8 より、過緊張状態のアンカーの RMS 速度振幅比は、他のアンカーの RMS 速度振幅比に比べ、小さい値になることが確認できる。

図 9 に、微動計測により算出された RMS 速度振幅比と、リフトオフ試験により得られたアンカーの設計緊張力に対する残存緊張力の比の関係を示す。

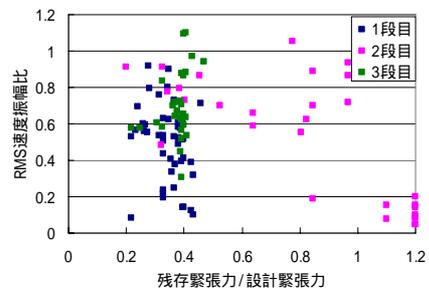


図 9 リフトオフ試験の結果と RMS 速度振幅比の関係

図 9 より、2 段目は岐阜県美並の微動計測と同様に、負の相関がみられたが、1 段目と 3 段目では負の相関はみられなかった。これは RMS 速度振幅比を算出する際、全周波数帯の計測結果を用いたためであると考えられる。その結果、アンカーが揺れやすく地山が揺れにくい高周波数帯でのデータも、データ処理の際に考慮されてしまい、結果に影響が出たものと考えられる。

6. まとめ

微動計測より、以下のことがわかった。

- ・ アンカー近傍の地山で計測を行うことで、計測精度が高くなる
- ・ RMS 速度振幅比とアンカーの設計緊張力に対する残存緊張力の割合には、概ね負の相関がみられる
- ・ 過緊張状態のアンカーの RMS 速度振幅比は、小さい値になる

今後は微動計測で得られたデータを整理し、地山が最も揺れている周波数帯で RMS 速度振幅比を評価し、リフトオフ試験の結果との相関性を確認する。

謝辞

本研究は、道路保全技術センターの道路防災研究開発により遂行しました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路公団試験研究所土工研究室:落石危険度振動調査法調査マニュアル(案), 2002.
- 2) 八嶋厚ら: 物理探査手法を用いたのり面ならびにアンカー工の評価手法の研究, 第 44 回地盤工学研究発表会発表講演集, No.72, pp.143-144, 2009.