

地下水排除工の効率的な点検手法及び定量的な健全度評価に関する研究(2)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 27～平 30

担当チーム：雪崩・地すべり研究センター

研究担当者：石田孝司、丸山清輝

【要旨】

地すべり等防止法施行（昭和 33 年 3 月 31 日）から 50 年以上が経過し、地すべり防止施設の老朽化が進んでいる。そこで、地すべりチームとの共同研究により、H27 年度から 4 カ年計画で地下水排除工の効率的な点検手法及び定量的な健全度評価に関する研究を開始した。当センターでは、この研究の中で集水井の効率的な点検手法について担当している。H27 年度は集水井内の遠隔点検手法として、集水井の天蓋からケーブルによりカメラを吊り下げ、集水井内を点検する方法を考案するとともに、吊り下げられたカメラを静止させる方法について検討した。

キーワード：地すべり、集水井、点検手法

1. はじめに

地すべり等防止法施行（昭和 33 年 3 月 31 日）から 50 年以上が経過し、この間に数多くの地すべり防止施設が設置されてきた。これらの施設には老朽化が進んでいるものもあり、施設の機能低下により地すべりの不安定化が懸念されている。地すべり斜面の安定を維持していくためには、地すべり防止施設の維持管理が重要であり、効率的な点検手法及び定量的な施設の健全度評価が必要とされている。

そこで、平成 27 年度から 4 カ年計画で地すべりチームと雪崩・地すべり研究センターとの共同研究により、地すべり防止施設中の地下水排除工の効率的な点検手法及び定量的な施設の健全度評価に関する研究を開始した。本研究の達成目標は、①地下水排除工の効率的な点検手法の提案、②地下水排除施設の定量的な健全度の評価手法の提案であり、雪崩・地すべり研究センターでは、①の中で集水井の遠隔点検手法の適用性の調査と安全かつ効率的な点検手法の検討を担当する。H27 年度は集水井内の遠隔点検手法として、集水井の天蓋からケーブルによりカメラを吊り下げ、集水井内を点検する方法を考案するとともに、吊り下げられたカメラを静止させる方法について検討した。

2. 集水井の遠隔点検手法の適用性調査

集水井は地すべり斜面の地下水を排除するための施設であり、その機能を維持して行くためには地下水を集水する集水管、井筒、集水井内に立ち入るための

トラップなどの老朽化の状態を点検し、老朽化が進んでいる場合には補修を行う必要がある。点検には、地上から集水井内を調査する概査と、集水井内に立ち入り調査する精査がある。ここでは、概査のための遠隔点検手法について検討した。

図-1 は、遠隔点検手法による集水井内の点検のイメージ

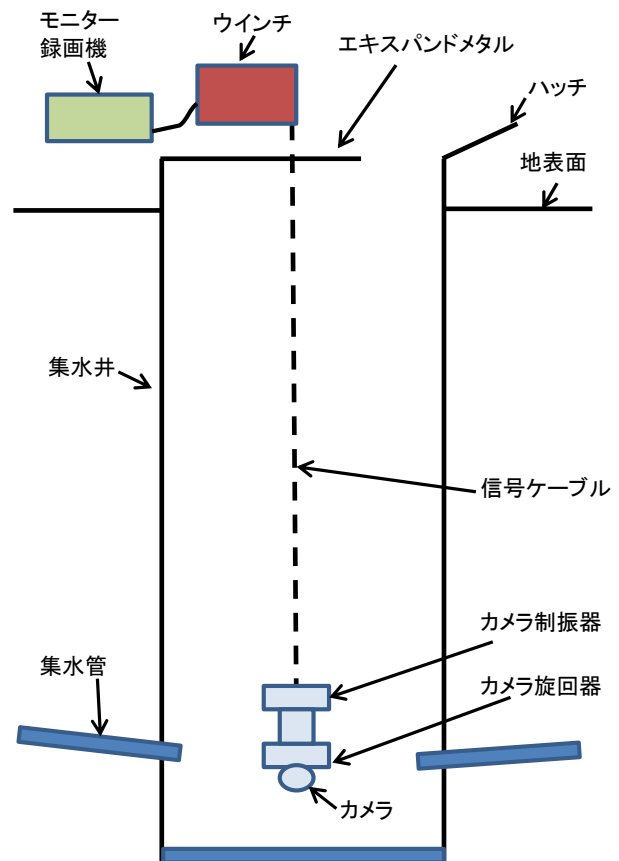


図-1 遠隔点検手法による集水井内の点検のイメージ

ージを示したものである。集水井の天蓋にはエキスパンドメタルの金網が用いられていることが多い。そこで、この金網の間隙から1本のケーブルを集水井内に降ろし、集水井内に入るためのハッチを開けてカギ付ポールを用いて一旦集水井外に取り出し、ケーブルにカメラを接続した後に、再び集水井内に戻し、カメラを吊り下げることで集水井内を点検する方法を考えた。この方法は集水井にカメラを入れるための穴を開けるなどの加工をする必要がなく、ケーブルをウインチで上下させるだけで点検ができる。この方法を実用化するためには、ケーブルで吊り下げられたカメラを目的の方向に向け、静止させる必要がある。

吊り下げられたものは、外力により回転運動や振り子運動をする。平成27年度は、図-1で示した吊り下げられたカメラの回転運動と振り子運動を静止させる方法（制振器）について検討した。

2.1 吊り下げられたカメラの

回転運動静止方法の検討

図-2には、吊り下げたカメラの回転運動を静止させるための機器のメカニズムを示した。フライホイールを鉛直に立てて高速回転させると、フライホイールには鉛直姿勢を保持しようとする力が発生し、フライ

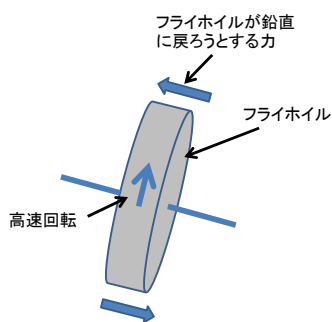


図-2 ジャイロ効果

は鉛直に戻ろうとする（ジャイロ効果と呼ばれている）。このことを利用して、回転している吊り荷を止めたり、吊り荷の姿勢を保持したり、能動的に吊り荷を回転させることが行われている¹⁾。そこで、このジャイロ効果を応用して、吊り下げられたカメラの回転運動静止方法について検討した。

図-3はフライホイールをモーターで高速回転させる構造のユニットのイメージ図を、写真-1にはそのユニットの試作機をそれぞれ示したものである。試作したユニットを作動させ、ユニットに回転力を与えると回転を止めようとする力が発生した。しかしながら、この時、ユニットが斜めに傾く状態となり、ユニット

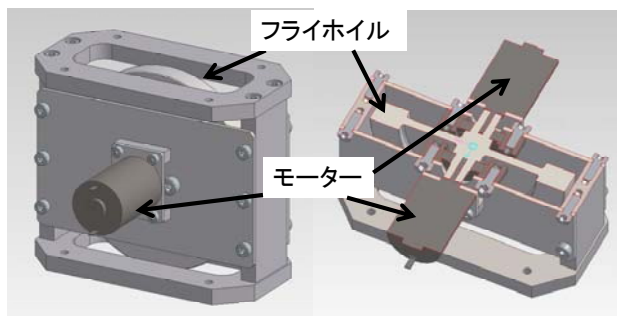


図-3 フライホイールをモーターで高速回転させる構造のユニットのイメージ図

の姿勢を水平に保持できなかった。そこで、この問題を解決するユニットを試作した。

図-4にはフライホイールをモーターで高速回転させる構造のユニットに、フライホイールの傾きを許す構造（ジンバル軸を設けた）を追加したものの



写真-1 試作機

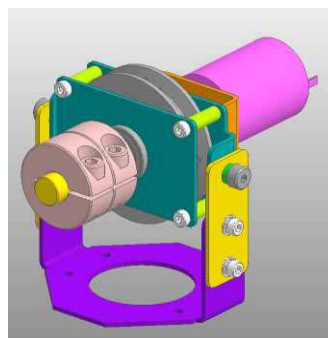


図-4 ジンバル軸を設けたユニット

イメージ図を示した。また、写真-2には、試作したユニットの動作確認試験の状況を示した。このユニットの動作確認試験は、オモリの下に試作したユニットを取り付け（総重量は206N）、確認試験



写真-2 試作機の動作確認試験

吊り下げた状態で実施した。その結果、ユニットに回転力を与えるとジンバル軸に取り付けられたフライホイール回転部が傾き、ジンバル軸を設けない場合よりも大きな回転を止めようとする力が発生することが確認された。また、吊り下げられた状態のオモリとユニットの回転運動は、ユニットの作動により静止することが確認された。この他、ユニットの回転運動を止めようとする力は、フライホイールの回転が高速になるほど大きくなるとともにジンバル軸に取り付けられたフライホイール回転部の傾きも小さくなることを確認された。

2.2 吊り下げられたカメラの

振り子運動静止方法の検討

振り子運動の静止方法として、遊具のブランコを漕ぐことをモデル化し検討した。すなわち、ブランコを漕ぐ時の重心の位置は前後や上下に動くと考え、この動きをRCサーボ（電子回路制御モーター）で作り、振り子運動を静止させる効果を確認するというものである。

写真-3は、X方向とY方向に移動するオモリを配置し、RCサーボでオモリを移動させるユニットを示したものである。このユニットは、振り子運動をするユニットの加速度の変化を計測し、加速度の最大時にオモリの位置を反対側に移動させ、振り子運動を静止さ

せようとするものである。効果を確かめるため、手動操作でサーボを駆動させ、静止状態から揺れを増幅させ、その後、逆動作で揺れを減少させようとする操作を試みた。その結果、X方向及びY方向とも揺れの増幅及び揺れを減少させる効果は認められなかった。

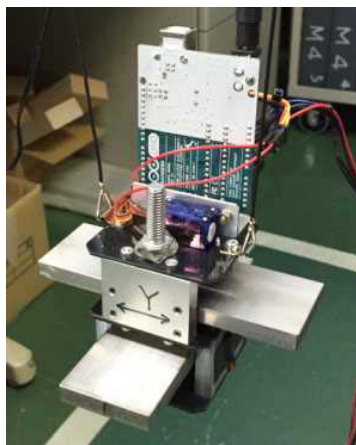


写真-3 XY方向振動制御ユニット

写真-4には、上下方向に移動するオモリを配置し、RCサーボでオモリを移動させるユニットを示した。このユニットは、振り子運動をするユニットの加速度の変化を計測し、RCサーボにより加速度の最大時にオモリの位置を上側に移動させ、振り子運動の両端の位置(加速度=0)でオモリの位置を下側に移動させることで(位置エネルギーを減少させる)、振り子運動を静止させようとするものである。

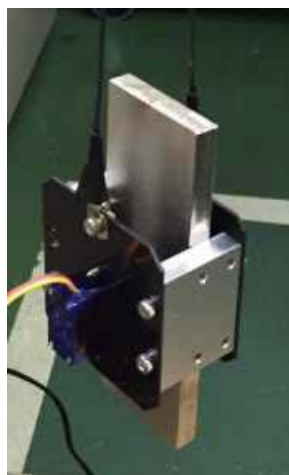


写真-4 上下方向振動制御ユニット

効果を確かめるために、ユニットを手動で振り子運動をさせた。その結果、このユニットの振り子運動を減衰させる効果は認められなかった。

これらの結果は、振り子運動の大きさに対して、試作したユニットにおける重心の位置の移動量が小さいことによると考えられる。ユニットにおける重心の位置の移動量を大きくすることは、今後の課題である。

2.3 カメラ制振・旋回器の試作

写真-5は、検討結果をもとに試作したカメラ制振・旋回器を示したものである。大きさは、高さ29.5cm、直径16.0cm、重さ約50Nである。回転運動の静止は高速回転するジンバル軸を設けたフライホイールで行い、カメラの旋回はギヤとモーターで行っている。今回は本体の吊り下げはワイヤー1本で行い、フライホイール回転のON-OFF及びカメラ旋回器の回転制御の信号伝達と、電源の供給をそれぞれケーブル1本で行っているが、全体を1本のケーブルにまとめる予定である。吊り下げられた本体がほぼ静止した状態でフライホイールを回転させると、本体に回転を防ぐ静止力が作用し、きちんと静止することが確認された。集水井内の観察は、カメラ制振・旋回器を目的の深度に吊り下げほぼ静止させた後、フライホイールを回転させ、きちんと

と静止させた上で、カメラ旋回器で目的の方向にカメラを向けることにより可能となる。

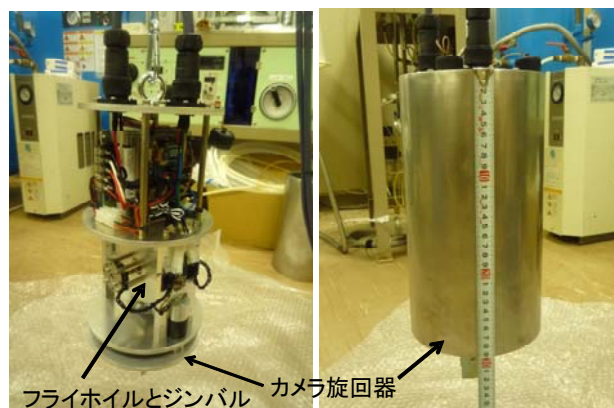


写真-5 試作したカメラの制振・旋回器

3. 今後の課題

今後は、以下に示す改良を行う必要がある。①モーターを制御の不要な安価なものにする。②本体の寸法を小さくし、重量も軽くする。③本体を1本のケーブルで吊り下げようとする。④振り子運動の制御方法を検討する。

参考文献

- 井上 文宏、渡辺幸次、池田雄一、脇坂達也：ジャイロモーメントを利用した吊荷制御装置の開発、大林組技術研究所報 NO. 53、pp. 93～98、1996年

Research on efficient inspection method and evaluating quantitative soundness for maintenance of groundwater drainage works

Budgeted : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2015-2018

Research Team : Erosion and Sediment Control
Research Group(Snow Avalanche
and Landslide Research Center)

Author : Koji Ishida

Kiyoteru MARUYAMA

Abstract : More than 50 years have passed since the Landslide Prevention Act came into force, and landslide control facilities become older. Through the concern, 4-years collaborative research with the Landslide Research Team started in 2015. In this collaborative research, we research an efficient inspection method for water catchment wells. In the last year (FY2015), we devised the remote inspection method for water catchment wells in which we hang a camera from the wells' canopy. We also considered the way to keep hanging camera immobilized.

Key words : landslide, water catchment well, inspection method