

防災研究所工作室の製作物紹介

防災研究所技術室 情報グループ
山崎友也

防災研究所工作室は機械工作・電気工作等のための設備を備えた防災研究所の共通施設であり、所内の様々な工作依頼に対応している。本稿では 2018 年度に製作した工作物から以下の 3 件の事例を紹介する。

- ・噴石落下試験のための模型投下装置
- ・透水係数計測のための打ち込み杭
- ・リングせん断試験用試料採取治具

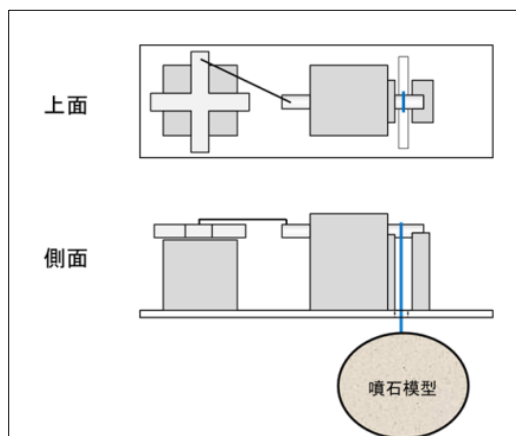
1. 噴石落下試験のための模型投下装置

概要

火山噴火によって生じた噴石が落下する際の挙動を検証するため、噴石模型の落下実験を実施する。実験ではドローンを用いて高度数百メートルから模型を落下させ、模型内部のセンサーで挙動を計測する。本件ではドローンに吊り下げた模型を遠隔操作で切り離すデバイスを製作した。

製作上の諸条件

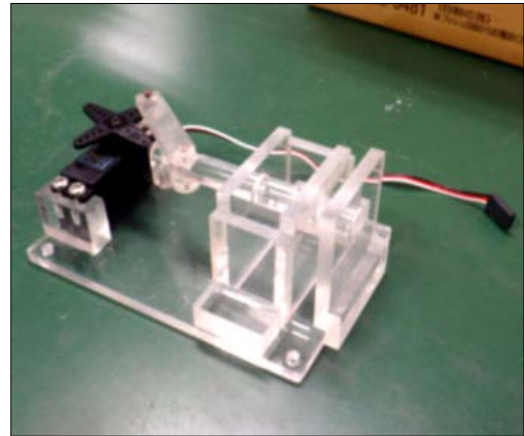
- ・ドローンはリモコンから最長 2 0 0 0 メートルの距離まで飛行可能であり、切り離しの遠隔操作も同程度の距離をカバーしたい。
- ・ドローンの積載重量制限より、切り離し装置の重量は 5 0 0 g までとする。
- ・飛行中に揺れが生じても模型が不用意に落下しないこと。



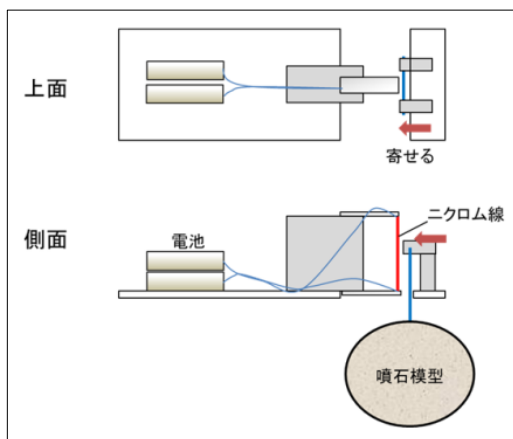
噴石模型の切り離しは 2 種類の方法を試すこととした。ひとつは機械式のかんぬき機構を構成し、模型を吊り下げる方式である。左図のとおり遠隔操作でモーターを作動させ、かんぬきを引くことで、模型を吊っているスリングが抜け落ちる仕組みとした。ドローン本体の受信機およびコントローラに空きチャンネルがあったため、かんぬき用モーターを制御できるよう設定した。これによりドローンが制御できる距離内において、投下装置もコントロール可能となった。



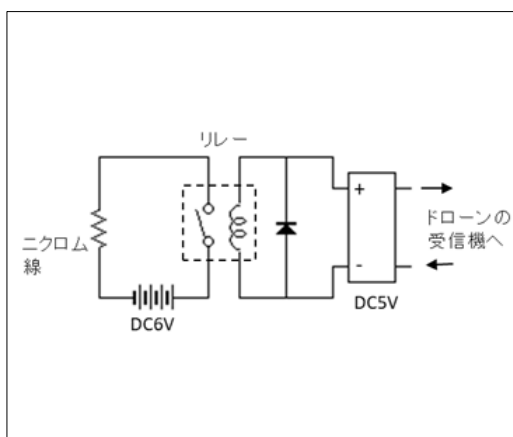
ドローン本体の受信機にラジコン用サーボを接続し、かんぬきを制御している。ドローンのコントローラで動作するように、空きチャンネルへの登録設定をした。



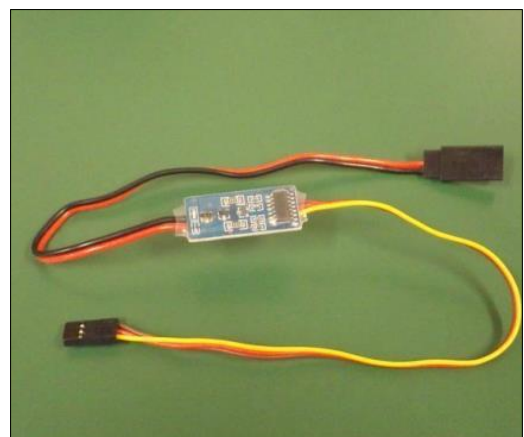
重量制限を考慮し、筐体はアクリル製とした(100g 程度)。画像の装置を上下反転させて、ドローンの底部に固定し使用する。



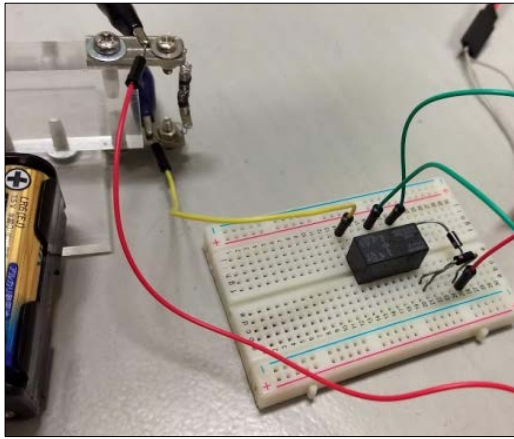
機械式かんぬき案は、ロッドのひっかかりなどによる動作不良が懸念としてあったため、予備案として、ニクロム線を熱してナイロンスリングを焼き切る方式を考案した。ニクロム線の電源には乾電池を使用し、電源 ON/OFF をドローンのコントローラで制御することとした。



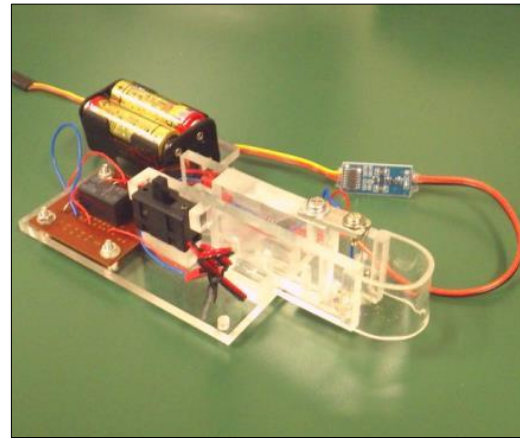
上図はニクロム線周辺の回路図である。ドローン本体には 5V の電源電圧があるが、これをニクロム線の発熱に用いた場合、消費電力が大きくドローンの飛行時間に影響する可能性があったため、リレースイッチ開閉のトリガーとして利用することとした。



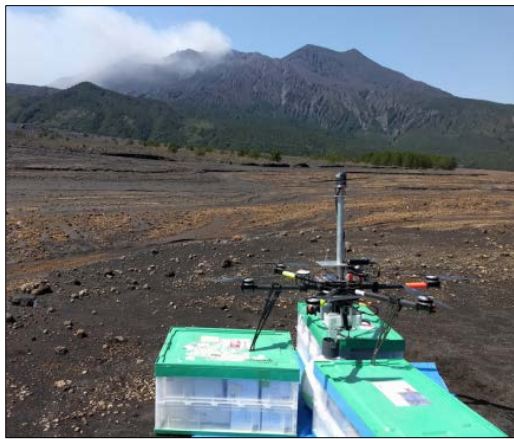
ドローン本体から電圧を取得するため画像のデバイスを使用した。「受信機の空きCHを使って簡単に電飾のON/OFFができるスイッチ」という名称で、Amazon で販売されている。コントローラの操作によりドローンの電源電圧を出力することができる。



画像はニクロム線の発熱テストの様子である。電源として単三電池 4 本を直列で使い、 $\Phi 0.8\text{mm}$ 、長さ 250mm のニクロム線をコイル状にして接続した。



画像は電池やスイッチ等をアクリル管体に取り付けた状態である（重量は 350g）。ニクロム線の前面には、温度低下を防ぐためアクリル製のフードを取り付けた。



画像は鹿児島県桜島での試験の様子である。これより以前にあらかじめ 2 種類の投下装置をテストした。その結果ニクロム線方式は、溶けたナイロンスリングがニクロム線に固着し、繰り返し使用することが難しいと判断されたため、本番ではかんぬき式を採用することとなった。桜島では 400m までの高度で複数回試験を実施し、全てのケースで問題なく模型を落下させることに成功した。

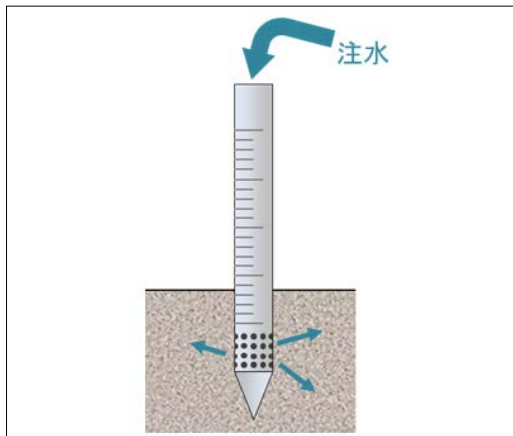
2. 透水係数計測のための打ち込み杭

概要

河床部の透水性を検証するため、パイプを河床に打ち込み、注水する観測を実施する。パイプ下部には一定面積の穴を設け、注水した水がパイプから抜け出す時間を測定する。本件ではこのパイプ杭を製作した。河床にパイプを貫入する深さも計測のパラメータとするため、パイプ側面にはスケールを表示させる。

製作上の諸条件

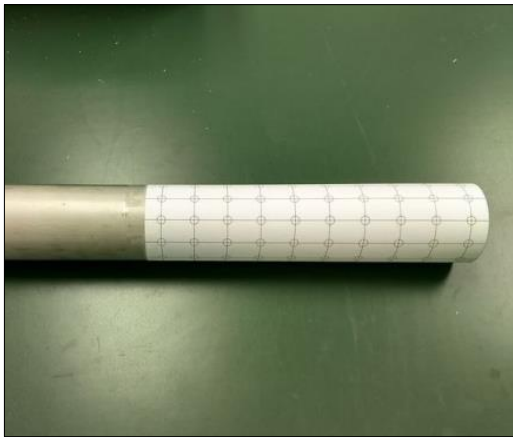
- ・一度の観測で多数回打ち込むため、パイプに耐久性が必要。
- ・錆びないようにステンレス製とする。



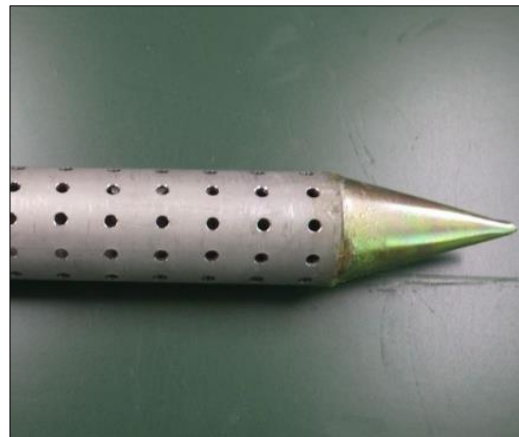
製作物の概要は図のとおりとなる。先端が円錐状となり、その上部に水抜き用の穴を設ける。パイプ側面にはスケールを表示する。



パイプ先端には、既成の打ち込みパイプ用先端金具を取り付けることとした。ホームセンター等で安価に入手でき、交換が容易であると考えた。



注水した水の流路として、パイプに $\Phi 5\text{mm}$ の穴を等間隔に110個設けた。曲面の採寸が難しかったため、実寸図面を貼付けた上からポンチを打った。



打ち込み用先端金具を取り付けた状態。金具は差し込み式になっている。金具内部は空洞であり、水が溜まると測定に影響するため、シリコンを充填した。



打ち込み時の打面となるキャップも既製品を購入した。打ち込み後キャップを取り外し、上部から注水する。



パイプ側面のスケールとして、1cm刻みの目盛りと、5cm毎のラベルを設けた。塗装は剥がれ落ちるため、スケールはパイプに刻み付けた。



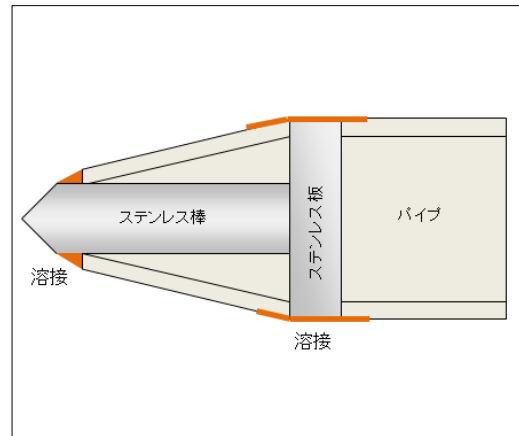
実際に使用したところ、打ち込みにより打面キャップが変形し取り外しが難しいことが分かった。対策としてリング状の金具をパイプに溶接し、打面とした。



先端金具も打ち込んだ際に容易に外れてしまうため、パイプに溶接することとした。パイプと先端金具の間に、厚さ 1cm のステンレス円盤を挟み、溶接している。なお鋼とステンレスの異種溶接となった。



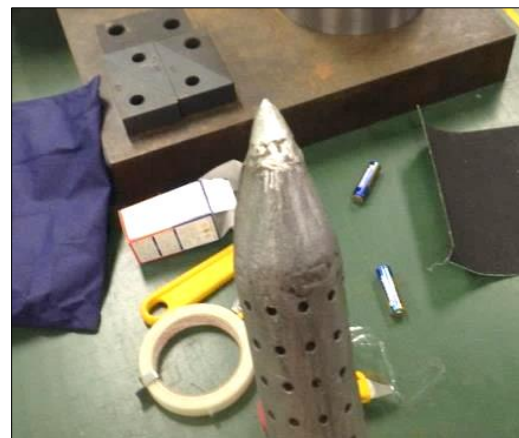
溶接により先端金具の脱落は防げたが、繰り返しの打ち込みにより変形が生じた。金具内部が空洞であり、厚さが 2mm 程度と薄いため、強度が不十分であった。



対策として先端金具にステンレス丸棒を挿入し補強することとした。上は補強部分の断面図であり、オレンジ色で示す部分を溶接している。



先端金具の変形した部分を切り取り、先端を加工したステンレス丸棒を挿入する。棒の直径は 20mm。



先端部分の溶接が完成した状態。このあと観測において使用されたが、繰り返しの打ち込みにも変形は生じなかった。

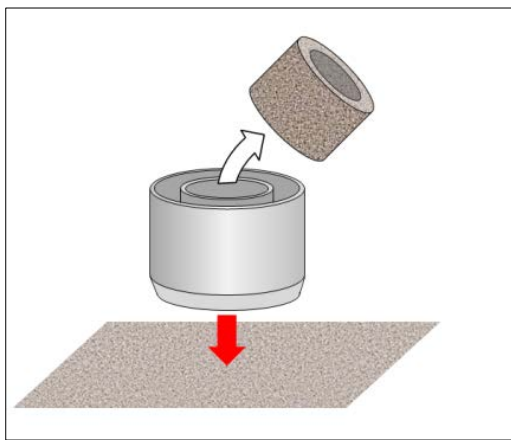
3. リングせん断試験用試料採取治具

概要

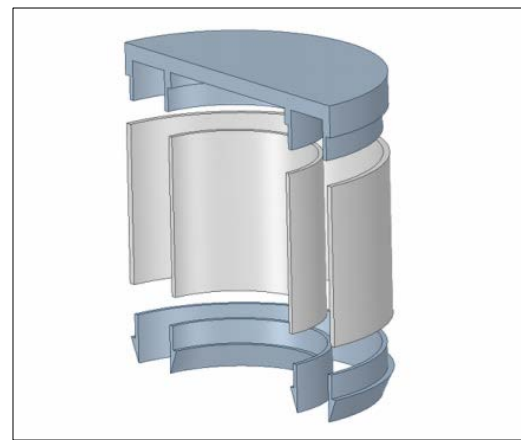
斜面崩壊地で土砂を採取し、リングせん断試験を実施する。円筒状の杭を地盤に打ち込み、リング状に土砂を抜き取ることで、リングせん断試験機に直接セットすることができる。本件ではリング型採取治具を製作した。

製作上の諸条件

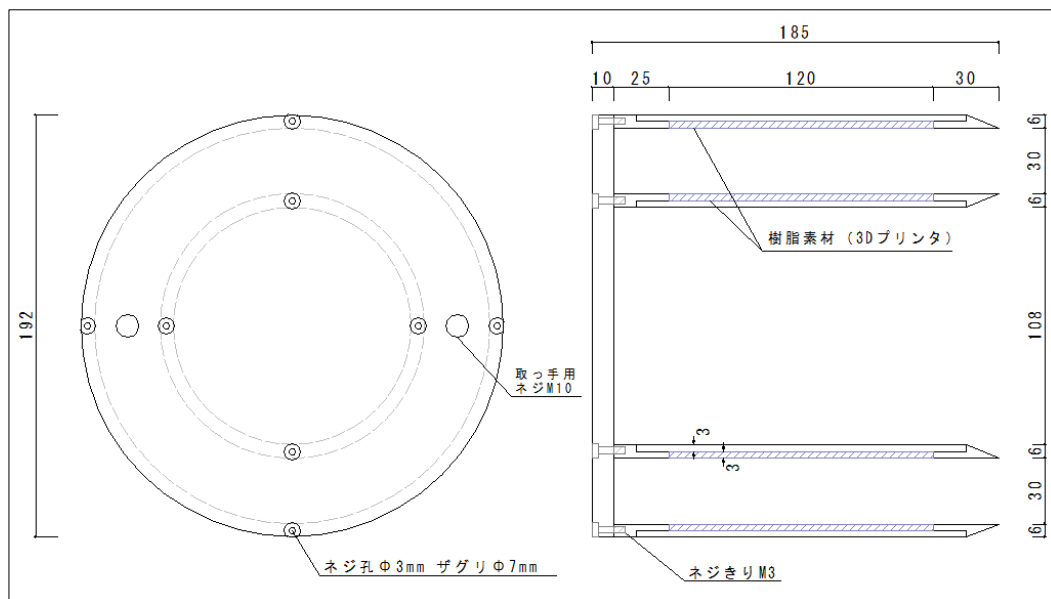
- ・ 採取した土砂はリング形状を保ったまま取り出し、その状態で保管する。
- ・ 繰り返し使用するため耐久性が必要。



製作する治具の概要は図の通りとなる。2重の円筒を地面に打ち込み、切り出した土砂をリング状に取り出すことを目的とする。



治具は、上部の打面、中間の鋼管、下部の刃先の3つのパーツから構成されている。上部及び下部パーツは、旋盤で鋼管を切削加工し製作した。



治具の内部には、3Dプリンターで製作した円筒形の樹脂素材が収納される（図の青色部分）。鋼材パーツを分解すると、土砂が円筒樹脂にコーティングされた状態で取り出すことができる。円筒樹脂を入れ替えれば、再度サンプルの採取が可能となる。



打面となる部分を裏側から見た状態。リング部分は鋼管を切削加工した。リング部分にねじ穴を設け、丸鋼板と接続している。



打面を上部から見た状態。打ち込み時にねじが破損しないよう、ねじ止め部分はザグリを設けている。



中間鋼管と下部刃先を取り付けた状態。上部リングと下部リングの凸部によって厚さ 3mm の円筒樹脂を挟み、固定する。



全てのパーツを組んだ状態。内部の白い部分が 3D プリンターで造形した樹脂部分となる。



地盤に打ち込んで土砂が充填された後、治具を引き抜くために、取っ手を取り付けた。



斜面崩壊地での使用状況。木づちで打ち込んだ。治具の刃先は鋭利ではあるが径が大きいので、打ち込みにはかなりの労力を要した。



地盤に打ち込んだ状態。治具に変形や破損は生じなかった。繰り返し使用するうちに刃先の修復は必要になると思われる。



金属パーツを分解し、円筒樹脂に土砂が充填されていることが確認できた。写真は、土砂サンプルの不要な部分を切り取っている作業の様子。



取り出した土砂サンプルは樹脂素材でコーティングされているが、上下の固定が出来ておらず、持ち運びの際にずれ落ちる恐れがある。そのため 3D プリンターとアクリルにより、固定治具を製作した。



固定治具を取り付け、土砂サンプルを挟み込んだ状態。形状が安定し、持ち運びが可能となった。この後、土砂サンプルは CT スキャンした上で、リングせん断試験が実施される予定となっている。