

地すべりの観測技術

～大変位対応型孔内傾斜計，Aki-Mos～

国立研究開発法人土木研究所 土砂管理研究グループ 地すべりチーム

主任研究員 わしお よういち 鷺尾 洋一

1. はじめに

土砂災害は，過去10年（平成24年から令和3年まで）の平均で毎年1,450件発生している。これは，その前の10年と比較すると約1.3倍に増加している¹⁾。令和4年は，全国42の道府県で788件の土砂災害が報告された（令和4年12月21日時点。国土交通省砂防部調べ²⁾）。その内訳は，がけ崩れが551件と最も多く，次いで土石流が198件，地すべりは39件となっている。地すべりは，発生件数が少ないものの，ひとたび発生するとその規模が大きく，対策に時間を要することが多い。

地すべりの観測には，従来，孔曲がりにより計測が困難になった孔での孔内傾斜計観測や，アンカー設置後に後付けで緊張力を計測することなど，様々な課題があった。本稿では，国立研究開発法人土木研究所と民間企業がこれらの課題を解決するため技術開発を行い，近年現場で活用が始まっている地すべり観測技術について紹介する。

2. 大変位対応型孔内傾斜計

(1) 孔内傾斜計とは

孔内傾斜計（以下，「傾斜計」という）は，地

すべりのすべり面の位置（深さ），変位量，移動土塊の変形等の把握に使われる観測機器の一つである。

計測には，ボーリング孔にガイド管（ガイドパイプ，測定管などともいう）を設置し，その中に傾斜計のプローブを通過させて行う（図-1）。

ガイド管はアルミ製のものが多く使われ，内部に傾斜計の車輪が通過するための十字の溝が切っである。計測は，孔底まで挿入した傾斜計を引き上げながら50cm間隔で実施し，各計測深度で傾斜計の傾き（傾斜角）を記録する。記録された傾きを変位量に換算し，孔底から累積させることで，ほぼ連続的なボーリング孔の変形状態が計測できる。計測を定期的に（例えば週1回）実施し，変位が累積する位置（深さ）からすべり面を推定する（図-2）。

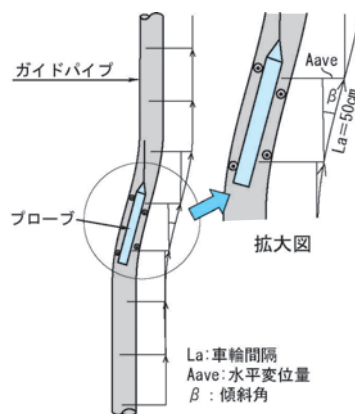


図-1 孔内傾斜計の測定方法³⁾

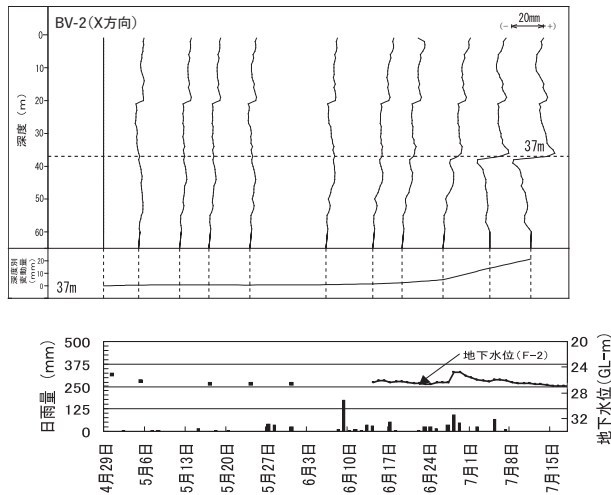


図-2 孔内傾斜計の計測結果の一例³⁾

(2) 大変位対応型孔内傾斜計の開発

傾斜計は、地すべりの活動が続き、ガイド管の変形が大きくなると変形箇所を通過できなくなる(図-3)。一般的に、ガイド管の延長50cmあたり2~4cm変形すると傾斜計が通過できなくなる⁴⁾。

この課題を解決するため、土木研究所と民間企業の共同研究で開発したのが大変位対応型孔内傾斜計である。本稿では、従来の傾斜計を構造はそのままに小型・軽量化した小型挿入式傾斜計(以下、「新型」という)を紹介する。

新型は、狭くなったガイド管の断面を通過できるように直径を小さく、ガイド管の曲がりに対応できるように長さを短くしてある。小型化されたため、重量も軽減された(図-4)。

あらかじめ変形させたガイド管を用いて通過性の試験を行ったところ、従来型は区間長50cmあたりの変位量が約30mmになると通過不能だったが、新型は約150mmまで通過できた。これは、従来型の約5倍の通過性となる(図-5)。

実際の地すべり地に設置されたガイド管で計測を行ったところ、計測できる深度が従来型より拡大できることが確認された。また、計測期間も従来の2倍となることが確認された(表-1)。通過性試験では従来型の約5倍の変位量を通過できており、理論上は計測可能期間も約5倍となる。今後計測を継続することで、計測期間は延びることが期待される。

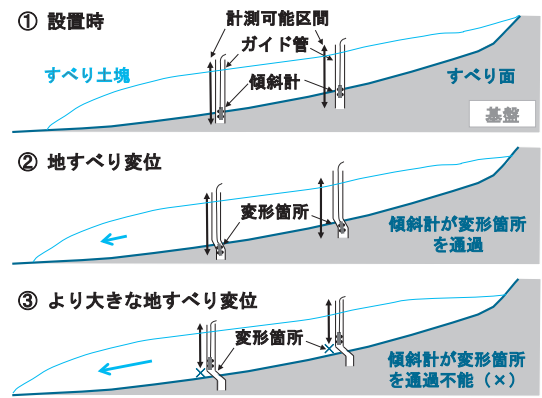


図-3 地すべりの変位に伴うガイド管の変形

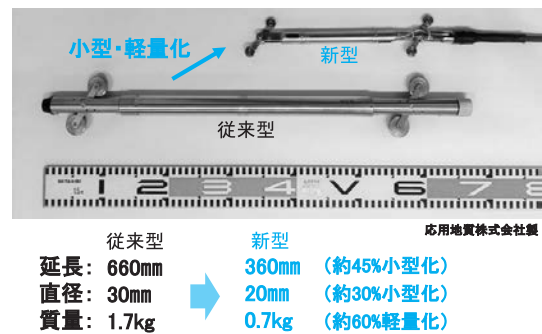


図-4 共同研究で開発された新型の一例⁵⁾を元に加筆

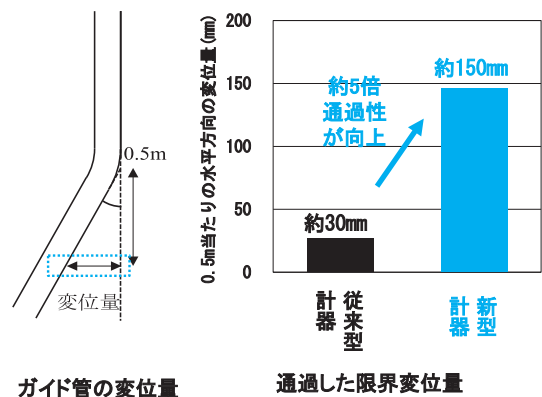


図-5 通過性試験結果⁵⁾を元に加筆

表-1 現場での計測期間延長の一例

孔番	計測開始日	計測最終日	計測期間(年)	計測日	計測期間(年)	計測延長期間(年)	従来型に対する新型の計測期間の比
A	2000/11/16	2009/12/7	9.1	2021/1/7	20.2	11.1	2.2
B	2011/4/13	2016/3/2	4.9	2021/1/7	9.7	4.9	2.0
C	2016/2/15	2020/7/1	4.4	2021/1/8	4.9	0.5	1.1

(3) 新型のメリット

新型の主なメリットは、①長期連続観測の実現、②観測孔の再設置コストの縮減、③観測作業

の負担軽減である。

長期連続観測を実現することで、解析に用いる計測データの空白期間解消が期待される。観測孔の再設置が必要なくなることで、再設置費用が削減できる。また、新型は小型・軽量化されたため、従来 50 cm 間隔で行っていた計測が 25 cm 間隔になるものの、計測時の傾斜計の引き上げ・計測深度での固定作業の負担軽減、足場の悪い斜面を移動することが多い計測地点への運搬作業の安全性向上が期待される。

(4) 新型の活用方法

新型を活用するケースとして、従来型の挿入が困難となった場合が考えられる。新型での計測を試みるにあたり、新型がガイド管の変形箇所を通過できるか確認するための「パイロットプローブ」も作成されている。これは新型とほぼ同じ形状・重量だが、センサー部がないもので、特別な技術なしに誰でも容易に通過性の確認ができる。

「パイロットプローブ」の通過が確認できた後に新型で計測することで、手戻りのない計測が可能である。また、今後観測孔を新設する際、観測開始時点から新型で計測することも考えられる。

3. 既設アンカー緊張力モニタリングシステム(Aki-Mos:アキモス)

(1) グラウンドアンカー

グラウンドアンカー(以下、「アンカー」という)は、地すべり対策に用いられる工法の一つである。施工後のアンカーの緊張力低下や破断は、斜面の安定性低下につながる恐れがあるため、アンカーは常に健全な状態を維持することが求められる。施工後のアンカーの健全性を確認する方法の一つに、緊張力の計測がある。

(2) アンカーの緊張力計測方法と課題

アンカーの緊張力を計測する方法として、リフトオフ試験や荷重計がある(図-6)。しかし、リフトオフ試験は試験時の緊張力しか計測できず、連続観測ができない。荷重計は、アンカー施工時に設置する必要がある、施工後に緊張力を低

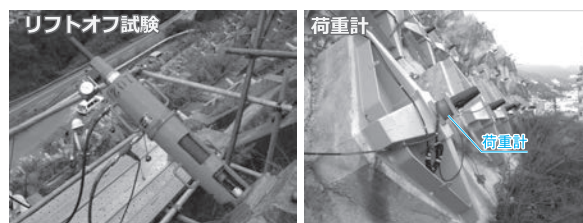


図-6 リフトオフ試験, 荷重計⁶⁾を元に加筆

下させずに後付けすることが困難だった。また、荷重計の耐用年数はアンカーの供用年数よりも短く、交換が困難だった。

(3) Aki-Mos

これらの課題を解決するために、土木研究所が民間企業8社と共同で開発したのが既設アンカー緊張力モニタリングシステム(以下、「Aki-Mos」という)である。Aki-Mosは既設アンカーに導入されている緊張力を低下させることなく、荷重計を後付け・交換でき、無線通信で荷重の計測データをリアルタイムで取得可能なシステムである(図-7)。

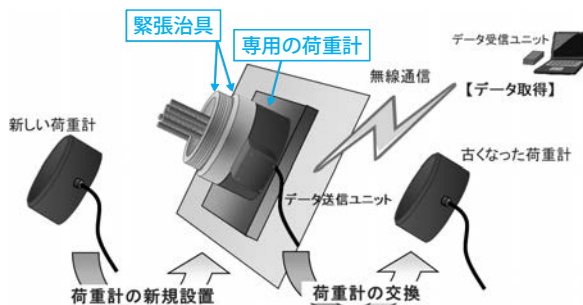


図-7 Aki-Mos 概要⁶⁾の図表を元に一部加工

(4) システムの構造

Aki-Mosは、「荷重計」、「緊張治具」、「計測データ取得システム」から構成される。

荷重計は、既設のアンカーに後付けするため、アンカーヘッドの外側に設置する構造となっており、形は円筒形をしている。荷重計にはひずみゲージ式、差動トランス式、油圧式の3方式があり、定格容量 500 kN, 1,000 kN の2タイプが用意されている。さらに、これら以外も特注可能となっている。

緊張治具は、アンカーに作用する緊張力を荷重



図－8 既設アンカーへの荷重計取り付け手順⁷⁾

計へ移行させる装置である。作業性や安全性向上のため、コンパクトかつ軽量化されている。

計測データ取得システムは、荷重計に接続される「データ蓄積・送信ユニット」と「データ受信ユニット」からなり、荷重計の場所まで行かなくとも遠隔で計測データを取得可能である。

(5) 取り付け作業

既設アンカーへの荷重計取り付け手順を図－8に示す。

(6) Aki-Mos の活用

Aki-Mos は平成 22 年に第 1 号が施工されて以降、令和 4 年 3 月時点で 121 件 537 台が施工されている。施工現場は全国に及び、道路、河川、ダム、砂防、港湾等の現場で活用されている。

当初 Aki-Mos は、荷重計が設置されていない既設アンカーへの後付けや、既設荷重計の交換を目的に開発された。一方で、後付け・交換が可能である利点を活かし、既設アンカーに隣接した施工を行う際に既設アンカーへの影響を監視するため、施工期間中だけ設置したり、将来の交換を見越しアンカー新設時から Aki-Mos を設置したりする、新しい利用も行われている。

4. まとめ

本稿では、地すべりの観測技術として大変位対

応型孔内傾斜計と Aki-Mos について紹介した。いずれも、従来計測できなかったものを測れるようにする技術である。具体的な活用場面として、前者は調査段階から、後者は施工段階からが想定される。

両技術に関する詳細は土木研究所ホームページに掲載しているので参照いただきたい^{5),6)}。また、Aki-Mos については Aki-Mos 研究会のホームページに技術資料や積算資料を掲載して

いるので、併せてご参照いただきたい。

末筆になりますが、両観測機器の開発にあたり、ご協力いただきました皆さまに深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 国土交通省砂防部：令和 3 年の土砂災害，https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r3dosha/r3dosha_saigai.pdf
- 2) 国土交通省砂防部：令和 4 年 全国の土砂災害発生状況（2022 年 12 月 21 日時点），<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001580066.pdf>
- 3) 国土交通省砂防部，独立行政法人土木研究所：地すべり防止技術指針及び同解説，2008
- 4) 独立行政法人土木研究所，応用地質株式会社，坂田電機株式会社，日本工営株式会社：地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル，2010
- 5) 国立研究開発法人土木研究所，応用地質株式会社，多摩川精機株式会社，坂田電機株式会社，株式会社オサシ・テクノス：長期観測を可能にする地中変位観測技術の開発 - 孔内傾斜計の小型・軽量化 -，共同研究報告書第 530 号，2021
- 6) 独立行政法人土木研究所，日特建設株式会社，守谷鋼機株式会社，ライト工業株式会社，株式会社共和電業，株式会社エスイー，株式会社東横エルメス，坂田電機株式会社，株式会社東京測器研究所：アンカーへの取り付け・交換が容易な新型アンカー荷重計の開発，共同研究報告書第 407 号，2010
- 7) 既設アンカー緊張力モニタリングシステム研究会：Aki-Mos パンフレット，<https://www.aki-mos.com/index.html>