

グラウンドアンカーの維持管理技術

リコス アキモス
『Licos・Akimos』

中野 亮¹

¹日特建設株式会社 技術本部 技術開発第一部.

これまで、グラウンドアンカーの維持管理においては、アンカー tendon の緊張力をモニタリングすることは少なかった。現在、グラウンドアンカーの老朽化に対する対策が大きな課題となっており、緊張力の計測が必要となる場面は今後一層増えていくものと見込まれる。本稿では、グラウンドアンカーの緊張力計測に関して、新しく開発した技術を紹介し、維持管理に役立てられることを期待するものである。

キーワード：緊張力計測、リフトオフ試験、荷重計

1. はじめに

グラウンドアンカー工法（以下、「アンカー」という）は、脆弱な地質構造の我が国では、効率的に社会資本を整備する上で必要不可欠な技術である。近年、高度経済成長期に建設された社会資本は更新の時期を迎え、大量の社会資本に対し、従前の対処療法的な維持管理から予防保全型の維持管理への移行が求められている。こうした社会背景に応じ、地すべり対策や斜面安定対策に用いられた既設アンカーに対しても、予防保全型の維持管理が求められはじめています。

本稿では、アンカーの維持管理には欠かすことができない緊張力計測に資する技術として、独自開発した「アンカーリフトオフ試験管理システム（Licos：リコス）」（以下、「Licos」という）と、（独）土木研究所と民間8社（当社を含む）との共同研究で開発した「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）」（以下、「Aki-Mos」という）について紹介する。

2. アンカー緊張力計測の重要性と課題

(1) アンカー緊張力計測の重要性

アンカーは、その構造から、斜面の変形に応じて緊張力が変動する特性がある。また、アンカーの劣化によっても変動する。したがって、アンカーは、緊張力を計測することで斜面の動態ならびにアンカーの健全性を捉え

るセンサーとなることができる。

しかしながら、供用中の既設アンカーは、必ずしも十分な緊張力計測が行われているわけではない。予期せず、腐食によってアンカーが破断したり、想定外の地すべり滑動により破断した現象が発生している（写真-1,2）。

仮に、こうした現場においてアンカー緊張力の計測を経時的に実施していれば、その変動から斜面の安定性やアンカーの健全性を評価することにより、破断前に対策を講じて被害を最小限に食い止め、さらには経済性に優



写真-1 腐食によって破断したアンカー



写真-2 地すべり滑動によって破断したアンカー

れた対策ができる可能性がある。このように、アンカー緊張力を経時的に計測すること、すなわちモニタリングにより監視していくことは、非常に重要であると言える。

(2) アンカー緊張力の計測手法と課題

アンカー緊張力を計測する手法として代表的なものに、アンカーの施工と同時に荷重計を取付ける方法がある(写真-3)。荷重計は、連続データが得られ経時的な緊張力の変動を把握するのに有効な手段である。しかしながら、荷重計の耐用年数は一般的に5~10年¹⁾と言われ、アンカーの供用年数に比べて大幅に短く、供用期間を通して継続的に計測できない事例が多数ある。また、故障した場合に交換したり、アンカーの供用後に計測する必要が出た場合に後から取り付けることも困難である。

荷重計以外のアンカー緊張力計測手法としては、リフトオフ試験がある(写真-4)。リフトオフ試験は、アンカーテンドンを油圧ジャッキで引張ることにより、供用中のアンカーが有する残存引張り力を調べるものである。任意の時期に行うことが可能であるが、試験時における1点のデータしか得られない。多時期の比較をする場合には、多額の費用と手間を掛けて試験を繰り返す必要があり効率的な手法ではない。

このように、アンカーの緊張力を計測する従来の手法にはそれぞれ一長一短があり、現場のニーズに必ずしも応えられていない状況から、新しい技術の開発が望まれていた。



写真-3 荷重計によるアンカー緊張力計測



写真-4 リフトオフ試験によるアンカー残存引張り力測定

3. アンカーの新しい維持管理技術

(1) アンカーリフトオフ試験管理システム (Licos)

Licos は、従来手動で操作していた油圧ジャッキを、PCで制御することにより、スムーズかつ正確な載荷・保持・除荷を可能にした技術である。Licosのシステム概要を図-1に、使用装置を写真-5に示す。システムは、コンパクトな装置で、コントロールPC、管理装置、バルブユニットから構成される。

図-2は、リフトオフ試験の結果例について、従来行われていた方法とLicosを使用した場合のグラフを対比したものである。

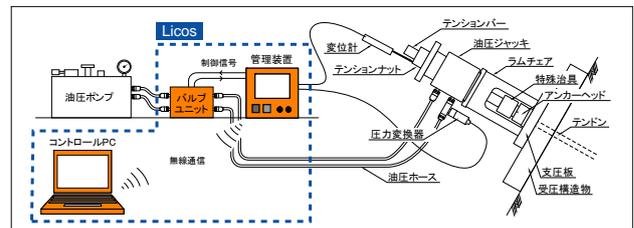


図-1 Licosのシステム概要



写真-5 Licosの使用装置

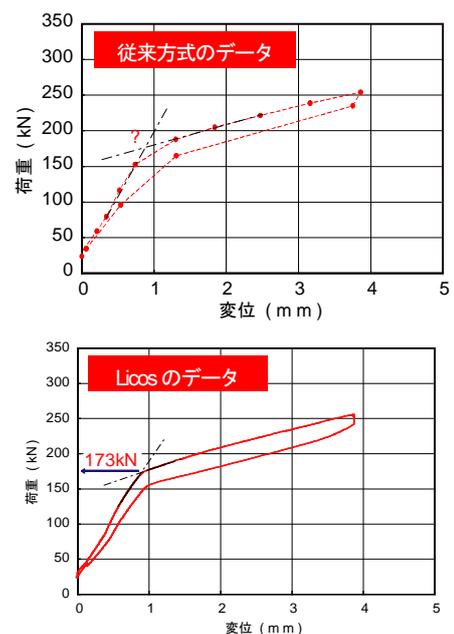


図-2 リフトオフ試験結果(例)の対比

リフトオフ試験では、荷重-変位曲線においてグラフが折れ曲がった時点（リフトオフ）での荷重をもってアンカーの残存引張り力としている。したがって、正確な値を算出するには細かくデータを取得することが望ましく、従来方式ではデータ点数が十分とは言えなかった。Licosにおいてはデータの取得間隔を0.5秒～10秒の範囲で設定できるため、図-2のように連続的なグラフが描かれる。従来方式のデータに比べて、Licosのグラフの方が格段に滑らかな曲線になっており、リフトオフを示す折れ点も明瞭なことから適用性が高いと言える。

なお、開発当初のLicosは、リフトオフ試験に用いることを目的としていたが、現在では改良を加えてアンカーを新設する際の基本調査試験や品質保証試験、緊張定着作業まで適用範囲を広げている。特に、試験が非常に長時間に及ぶ場合には、手動による油圧ジャッキの操作では多大な労力を要するが、PCで管理することにより操作が大幅に省力化できる利点がある。

(2) 既設アンカー緊張力モニタリングシステム (Aki-Mos)

a) 概要

Aki-Mosは、これまで困難だった供用中の既設アンカーに後から荷重計を取り付け、その荷重計が壊れた場合でも容易に交換することを可能にした画期的な技術である。システムの適用範囲は、アンカーの緊張力が1,000kN以下のものを基本的な対象とし、500kNタイプと1,000kNタイプ2種類の荷重計をラインナップしている。アンカーの種類については、アンカー頭部の定着方式がくさび式、ナット式、くさび・ナット併用式の全てに対応している。ただし、くさび式ではPC鋼線の再緊張余長が一定以上必要である。

システムは、3つの要素技術、①“荷重計”，②荷重計を取り付け・交換するための“緊張治具”，③荷重計の計測値を取得するための“計測データ取得システム”からなる（図-3.a, 3.b）。荷重計を取付ける作業は、写真-6に示す手順で行う。

荷重計は、センターホール型を基本としている。ひずみゲージ式、差動トランス式、油圧式の3種類があり、現場の条件に合わせて選定する。

緊張治具は、荷重計と共にアンカー頭部に存置される存置治具と荷重計の取付け作業時に使用する緊張装置に区別される。定着方式がくさび式の場合の存置治具は、ジョイントスリーブ、テンションスリーブ、定着ナット、ヘッドキャップの4つである。緊張装置は共通で、ラムチェア、油圧ジャッキ、テンションロッド、テンションナットである。なお、油圧ジャッキは、ストロークを50mmとすることで、施工時の緊張定着作業に使用するものより小型・軽量化を図っている。

計測データ取得システムについては省略する。詳細は、参考文献2)を参照されたい。

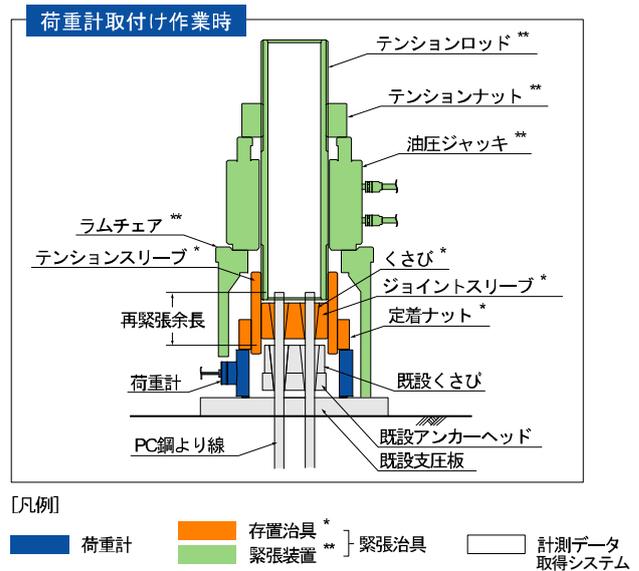
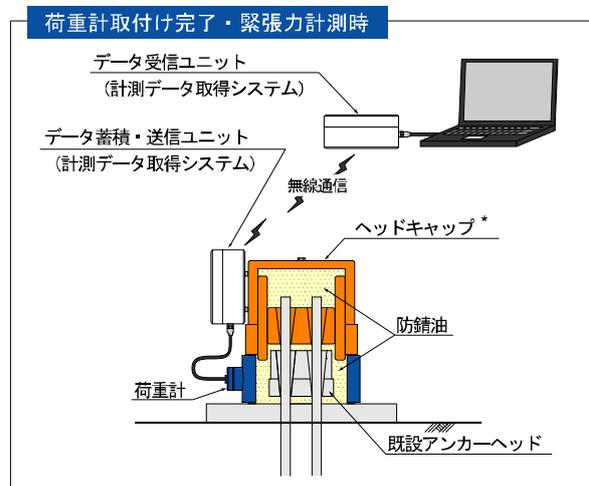


図-3.a Aki-Mosの詳細構造（取付作業時）



※VSL工法 E5-4に対する取付け構造 特許取得済

図-3.b Aki-Mosの詳細構造（取付完了後）

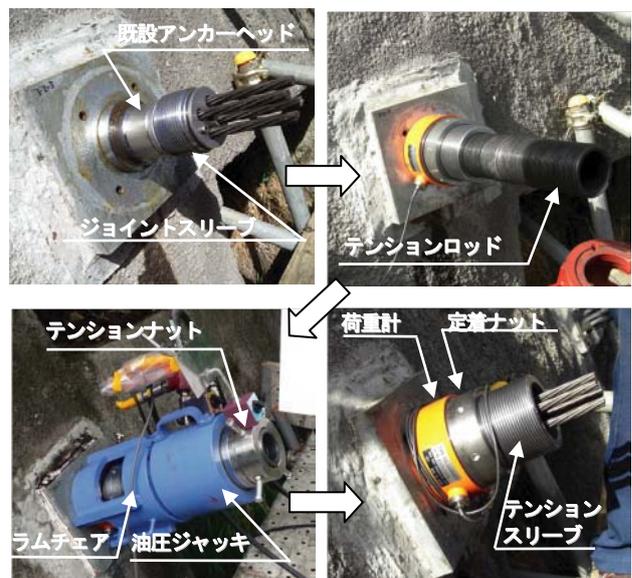


写真-6 Aki-Mosの設置手順（くさび式の場合）

b) 施工実績

Aki-Mos は、開発段階における現場実証試験を経て、平成22年9月に兵庫県にて最初の施工を行った。その後、平成25年3月までに累計で17件、延べ58台の施工実績がある(表-1)。発注者の内訳を見ると、最も多いのが高速道路関係の7件、次いで国土交通省の6件となっている。一方で、地方自治体における実績は1件と少ない。これらの傾向から、規模が大きい組織の方がアンカーの維持管理について取り組みが進んでいることが伺える。

また、Aki-Mosは、VSLアンカー工法を対象として開発がスタートしたが、実用段階に入ると、これ以外にもスーパーフレックアンカー工法、SEEEアンカー工法、KTBアンカー工法、EHDアンカー工法など主だったアンカー工法に対して実績を上げている。さらに、1,000kNを超えるアンカーに対しても、個別の検討により対応が可能になったことからAki-Mos全体の適用性が向上し、今後の採用増加が見込まれる。

c) 施工の目的と事例

荷重計によるアンカーの緊張力を計測する目的は様々であるが、これまでにAki-Mosを導入した実績について施工目的を整理すると、主だったものは以下の通りであった。これらのケースはAki-Mosが開発される以前であれば、現場ニーズに応えることが難しかったものである。

- ① 既存の荷重計が耐用年数到来によりアンカー緊張力モニタリングが実施できなくなったため
- ② 荷重計が1台も取付けられていない法面でアンカー緊張力のモニタリングを開始するため
- ③ 地すべり対策の既存アンカーに対して、近傍に追加する対策工が与える影響を既存アンカーの緊張力変動から評価するため
- ④ 地すべりブロックの範囲や深さ、移動速度などを把握する上で参考とするため
- ⑤ 新設アンカーに対して荷重計を設置する際、将来故障した場合にアンカーの緊張力を除荷することなく交換することが可能なため

次に、地すべり対策のアンカーで採用されたAki-Mosの施工事例を示す。この現場は、ダム貯水池内の地すべりに累積的な移動が確認されている箇所である。地すべりの移動が既存アンカーにどのように影響しているかをモニタリングするために緊張力を計測する必要があった。この事例の場合、アンカーが貯水池の常時満水位以下になり荷重計が水没環境にさらされることが課題であった。検討の結果、出力電圧が大きく絶縁低下に強いという特徴がある差動トランス式の荷重計を採用した。本事例では、施工後半年経過しても問題無く計測が行われており、地すべりの動態観測に活用されている。

表-1 Aki-Mosの施工実績一覧

| (2013年4月現在) | | | | | |
|-------------|------|----------|--------------|---------------|-----|
| 番号 | 施工場所 | 発注者 | アンカー規格 | 荷重計容量 | 台数 |
| No.1 | 兵庫県 | NEXCO西日本 | SFL-3 | 500kN | 3台 |
| No.2 | 静岡県 | NEXCO西日本 | SFL-2~4 | 500 & 1,000kN | 11台 |
| No.3 | 長野県 | NEXCO西日本 | SEEE F110UA | 1,000kN | 5台 |
| No.4 | 長野県 | NEXCO西日本 | SFL-1 | 500kN | 3台 |
| No.5 | 高知県 | 国土交通省 | VSL E5-12 | 2,000kN | 1台 |
| No.6 | 北海道 | 国土交通省 | KTB K5-2H | 500kN | 2台 |
| No.7 | 北海道 | 国土交通省 | SFL-1 | 500kN | 1台 |
| No.8 | 栃木県 | NEXCO東日本 | EHD5-7 | 1,000kN | 2台 |
| No.9 | 長崎県 | 長崎県 | KTB K5-2H~4H | 500kN | 5台 |
| No.10 | 新潟県 | 農林水産省 | EHD5-4 | 500kN | 3台 |
| No.11 | 青森県 | 国土交通省 | EHD5-9 | 2,000kN | 2台 |
| No.12 | 北海道 | 北海道 | SFL-1 | 500kN | 4台 |
| No.13 | 長野県 | NEXCO東日本 | VSL E5-4, -5 | 1,000kN | 4台 |
| No.14 | 千葉県 | 民間 | G5-6 | 500kN | 3台 |
| No.15 | 愛媛県 | 国土交通省 | KTB KM5-8 | 1,000kN | 2台 |
| No.16 | 大阪府 | NEXCO西日本 | SFL-2 | 500kN | 5台 |
| No.17 | 富山県 | 国土交通省 | VSL E5-5 | 1,000kN | 2台 |

※Aki-Mos研究会調べ

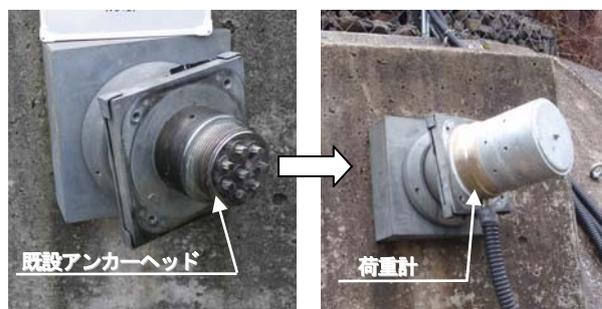


写真7 Aki-Mosの施工事例 (差動トランス式, KTB工法)

4. おわりに

アンカーの維持管理に資する技術として開発したLicosとAki-Mosは、実績を積んで既存アンカーの緊張力計測に対して有効であることが確認された。今後も、より現場のニーズに即した技術にブラッシュアップさせて、多くの現場で活用されることを期待したい。

さらには、アンカーの維持管理は、緊張力を計測するだけでは不十分である。長期的な展望として、LicosやAki-Mosを用いた緊張力計測によって得られたデータの評価方法や、問題が発見されたアンカーに対する補修・補強方法などについても、今後検討して行きたい。

参考文献

- 1) (独) 土木研究所・(一社) 日本アンカー協会：グラウンドアンカー維持管理マニュアル，2008。
- 2) (独) 土木研究所：既存アンカー緊張力モニタリングシステム運用マニュアル，土木研究所資料第4171号，2009。