

# アンカー緊張力モニタリングシステムを活用した斜面評価マニュアルの開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 23

担当チーム：地すべりチーム

研究担当者：武士俊也、阿部大志

## 【要旨】

近年、社会資本の有効・長期利用が求められ、地すべりや斜面对策に用いられるグラウンドアンカー（以下、アンカー）においても維持管理手法の研究・開発が進み、個々のアンカーに対する評価方法が確立されつつある。共同研究「アンカーへの取付け交換が容易な新型アンカー荷重計の開発」においても“既設アンカーモニタリングシステム”が開発されている。しかし、これらの技術は個々のアンカーに対する評価方法のひとつにしかすぎなく、アンカーで対策された斜面を評価するまでには至っていない。アンカーは地すべり抑止機能に併せて、アンカーの緊張力ないしは荷重をモニタリングすることにより地すべり再滑動を検知する機能を有すると考えられる。この機能を共同研究で開発したシステムを用いて、有効的に活用することが斜面を評価する上で最も優位であり、それによって斜面を評価する技術の確立が望まれる。本研究では緊張力と荷重の変動および面的に偏って分布する要因を調査し、荷重変動速度の分布傾向から斜面の健全性を評価する方法を検討した。

キーワード：地すべり、斜面、グラウンドアンカー、モニタリング

## 1. はじめに

既設アンカーモニタリングシステムの開発やグラウンドアンカー維持管理マニュアルの出版など地すべりや斜面对策に用いられるアンカーにおいても維持管理手法の研究・開発が進められ、個々のアンカーに対するや評価方法が確立されつつある。これらアンカーで対策された斜面を予防保全的に維持管理するには、アンカーの緊張力の変動を連続的に捉え、斜面を評価することが重要である。

アンカーの緊張力は、施工時に導入した緊張力から様々な要因により変動し、その後の斜面における荷重は、偏った分布傾向になると考えられる。しかしながら、アンカーは構造的に複雑であり、また地すべりでは地盤状況が不均一であるため、容易にアンカーの緊張力が変動する要因を特定することはできない。現状ではアンカーの荷重変動から斜面の健全度を評価できる手法は確立されていない。そこで、前記した評価手法の構築を目的とし、アンカーの緊張力の計測データを含めた地すべりの動態観測のデータを収集し、地すべり土塊の変位とアンカーの緊張力ならびに荷重の変動との相関性について検討し、荷重変動速度の分布傾向から斜面変動のタイプ分類を行い健全性を評価することを検討した。

なお、本文の緊張力および荷重の用語の使い分けは、施工時にアンカーに与えられる力を「緊張力」と称し、その後に荷重計で計測される力を「荷重」と称した。

## 2. アンカーの緊張力の変動要因の検討

### 2.1 荷重の変動事例の分析

#### (1) 現場概要

アンカーの緊張力の変動を検討した現場の一例を以下に述べる。検討した現場は、道路建設に伴い発生した地すべりである。アンカーは、切土 4 段の法面すべてに施工されていた。地すべりは、法面の 2 段目から 3 段目の切土の途中に滑動し、それを抑止するために対策がなされた。

アンカーの施工段数は最大 10 段、施工総数は 517 本である。アンカー施工後の主な計測機器は、孔内傾斜計 10 基、アンカー荷重計 26 基である。これらの地すべりの動態観測は、切土の施工前から道路供用後まで継続して連続的に行われた。

#### (2) 荷重の変動と地すべり土塊の変位の相関

図 2.1 は荷重変動速度のコンターと地すべり移動ベクトルを示した平面図である。地すべり移動ベクトルは、孔内傾斜計のすべり面付近の計測値を整理

したものである。

荷重変動と孔内傾斜計の計測データを整理した期間は、孔内傾斜計を設置した直後から竣工までとし、荷重変動速度のコンターは、これらの計測期間をカバーする共用開始から3年間とした。

この現場では①アンカー荷重増加速度が大きいほど、地すべり面付近の変位量は大きく、②孔内傾斜

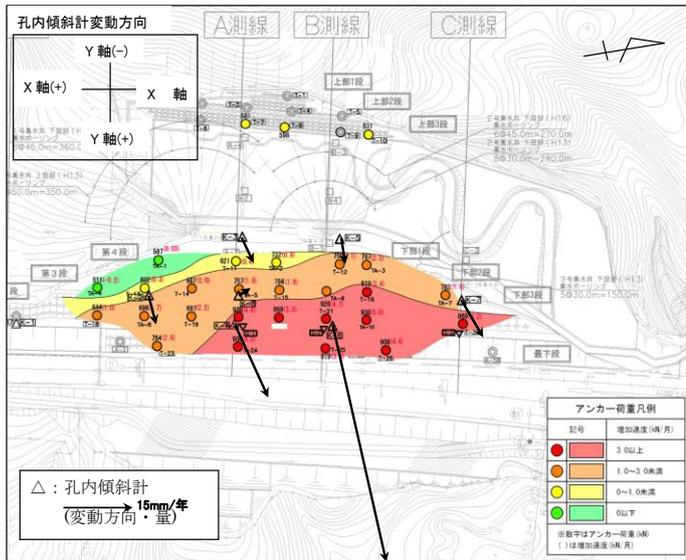


図 2.1 荷重変動速度のコンターと地すべり移動ベクトル

計のベクトルの平面方向と荷重変動速度のコンターの傾斜方向は調和的であることが分かった。

## 2.2 アンカーの緊張力の変動要因の検討

複数の荷重計を用いてアンカーの荷重が計測されている 12 地区の事例を対象として、地すべりの挙動がアンカーの緊張力の変動に与える影響を検討した。検討を実施する箇所を選定にあたっては、①アンカーの設置されている範囲全体の緊張力および荷重が把握できる。②荷重の増加している現象を評価できる連続した経時的なデータ期間がある。③荷重の減少している現象を評価できるデータ期間があることに着目して荷重変動図、荷重分布コンター図、地すべり移動ベクトル図等を作成し、検討を行った。

アンカー施工後に緊張力から荷重の増加した現場の変動要因 (12 箇所中 9 箇所) を整理すると以下の特徴がみられた。

①アンカーの荷重は、気温の高い夏季に増加し、気温の低い冬季に下がる傾向が見られ、アンカーの緊張力および荷重は、季節変動の影響を受ける。②アンカーの荷重の増加している箇所では、パイプひずみ計や孔内傾斜計等の地すべり計測機器でも地す

べり滑動を確認でき、地すべりの滑動により荷重は増加した。

## 3. 緊張力と荷重の面的な分布と偏りの傾向

### (1) 荷重変動速度が負の場合

検討を行った 12 地区のうち 3 地区では、アンカー施工後においてもアンカーの荷重の増加は認められなかった。また、孔内傾斜計や地盤伸縮計の観測による地すべり滑動も認められなかった。これらの地区での計測された荷重は緊張力よりやや減少する傾向であった。

### (2) 荷重変動速度が正の場合

検討を行った 12 地区のうち 4 地区では、図 2.2 に示されるようにアンカーを施工した範囲のほぼすべてのアンカーの荷重は増加していた。すべての荷重の分布には上下方向の階調変化がみられ、荷重増加速度の分布は下段のアンカーほど高い。特にアンカーの施工された範囲の中心付近の増加が顕著であった。これらの地区では、地盤伸縮計や孔内傾斜計などの観測機器でも地すべり滑動が確認された。

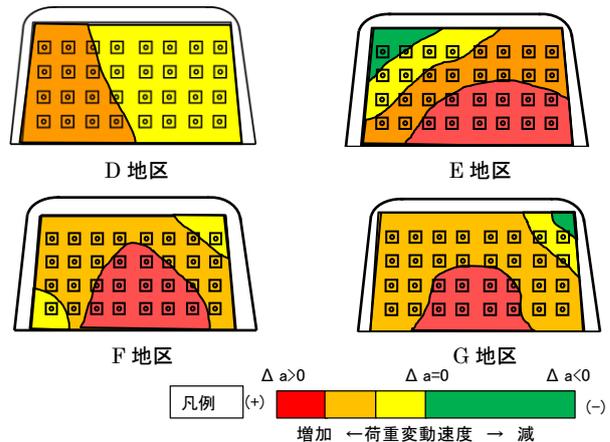


図 2.2 荷重変動速度が正の場合のコンター

### (3) 荷重変動速度が正の場合と負の場合が混在している場合

検討を行った 12 地区のうち 5 地区では、図 2.3 に示されるように緊張力よりも荷重の増加している箇所と減少または一定を示す箇所の混在が見られた。これらの地区では、荷重の増減に偏りがみられ、荷重増加速度の分布には水平方向に階調変化するなど不規則な荷重変動速度コンターであった。

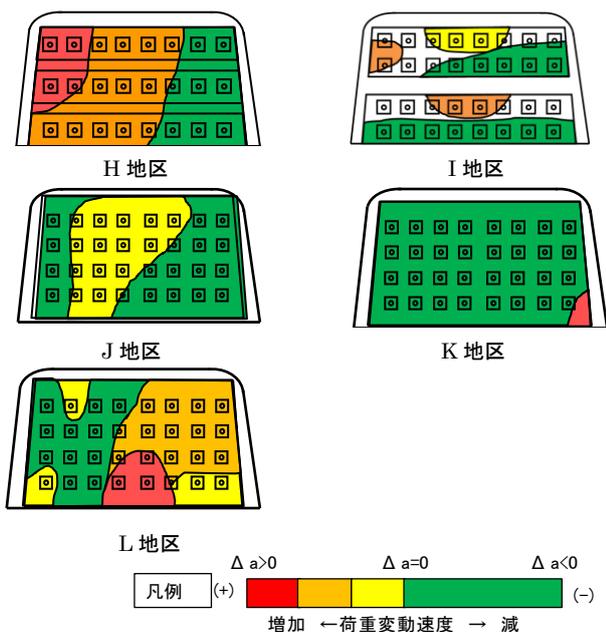


図 2.3 荷重変動速度が正の場合と負の場合が混在している場合のコンター

#### 4. 荷重変動速度の分布傾向と斜面変動のタイプ

緊張力と荷重の面的な分布と偏りの傾向から表 1 に示されるよう①荷重が増加しないまたは一定の場合、②荷重の増加する場合、③荷重の増減に偏りがある場合の 3 つに区分すると、②と③の斜面変動には次のような特徴が認められた。

#### 4.1 荷重の増加する場合 (Ⅱ)

荷重の増加が認められた地区は、地すべりが拡大し、施工ブロックよりも上部斜面の地盤伸縮計で引張変動が見られたり、幾つかの深度でパイプ歪計が観測不能となるまで継続的に滑動していた地区であった。荷重の増加速度は、定着しているアンカー長の短い下段の箇所が高くなる。

すべてのアンカーの荷重が増加している場合には、地すべりの平面的な範囲拡大の地すべり発生の可能性がある。

#### 4.2 荷重の増減に偏りがある場合 (Ⅲ)

荷重の増減に偏りがみられる場合においては、アンカー体よりも深いすべり面と浅いすべり面の存在により地すべりが滑動している可能性がある。このような場合、各ブロックのすべり面の挙動は複雑となり、地すべりの変動にブロックごとに違いが生じると考えられる。

### 5. まとめ

限られた事例ではあるが、アンカー施工後の荷重変動速度の面的な偏りが現れることに着目し、斜面の健全性を評価するため、斜面変動のタイプ分類を試みた。

アンカー施工時に面的に荷重計を配置した場合、その後に継続して荷重を計測することにより、荷重変動速度の分布傾向に応じて、荷重減少(Ⅰ)、荷重増加(Ⅱ)、荷重増減に偏り(Ⅲ)のように斜面区分がで

表 1 荷重変動速度の分布に応じた地区の区分

区分	荷重の減少 (Ⅰ)	荷重の増加 (Ⅱ)	荷重の増減に偏り (Ⅲ)
地すべりの挙動	停止	滑動	滑動
アンカー荷重変動速度 $\Delta a$	$\Delta a < 0$	$\Delta a > 0$	$\Delta a < 0, \Delta a > 0$
模式			
アンカー荷重変動速度の分布	全体的に荷重が減少	全体的に荷重が増加	荷重に偏り
模式			
地区数	3 地区(A,B,C)	4 地区(D,E,F,G)	5 地区(H,I,J,K,L)

き、斜面変動のタイプ分類を行って健全性を評価することは可能であると考えられる。

ただし、地すべりの挙動は現場ごとに複雑であり、本検討では、それらに対応して施工されたアンカー自体の構造や定着方式、定着時緊張力、逆巻き順巻などの工法によっても荷重変動に違いが生じると考えられ、今後データの蓄積が必要である。

最後に研究を実施するにあたり事例を提供していただきました事務所ならびに施設管理者の皆様に、お礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所ほか：アンカーへの取付け・交換が可能な新型アンカー荷重計の開発,共同研究報告書,整理番号第407号,2010.
- 2) 独立行政法人土木研究所：既設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2009.
- 3) 独立行政法人土木研究所・社団法人日本アンカー協会：グラウンドアンカー維持管理マニュアル,鹿島出版会,2008.
- 4) 中野亮・阿部大志・石田孝司・武士俊也・藤澤和範・柴崎宜之：平面的な荷重分布を考慮したアンカーの機能評価に関する検討,第51回日本地すべり学会研究発表会講演集,(社)日本地すべり学会,Vol.51,pp.43-44,2012.
- 5) 竹家宏治・武士俊也・阿部大志・濱浦尚生・田端裕司・中野 亮：グラウンドアンカーの荷重変動と土塊変位の関係について,第51回日本地すべり学会研究発表会講演集,(社)日本地すべり学会,Vol.51, pp.92-93, 2012.
- 6) 沓澤武・奥野倫太郎・阿部大志・武士俊也：アンカー荷重計測結果の整理手法に関する考察,第51回日本地すべり学会研究発表会講演集,(社)日本地すべり学会,Vol.51, pp.94-95, 2012.
- 7) Taishi ABE, Toshiya TAKESHI, Ryou NAKANO, Hisaki HAMAURA: Report of Experiment of loading to ground anchor constructed slope model, The 4th Japan-Korea joint symposium for landslide disaster mitigation 2011,pp.130-135,2011.

## **Development of an evaluate method for estimation on tension monitoring system of ground anchors**

Budgeted : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2009-2011

Research Team : Erosion and Sediment Control Research Group (landslide )

Author : Toshiya TAKESHI & Taishi ABE

### **Abstract:**

This report is investigating the factors that distribution surface with the variation of the load occurs and tension of the ground anchor. Further, this study shows how to evaluate the stability of the slope of the distribution tendency of the speed of the load is measured. The number of field of investigation is 12 in Japan. As a result, it is considered that the evaluation of the slope, there is a possibility that it can be classified as follows focusing on the load variation rate. 1) decrease of load, 2) increase of load, 3) increase or decrease of load.

### **Key words:**

Landslide, Ground-anchor, Slope, Monitoring