

斜面変状観測機器の始め

- 斜面変状を記録・監視する機器は、戦前～戦後にかけて亀の瀬地(大阪府)すべりや茶臼山地すべり(長野県)等の大規模地すべりで使われ始めたといわれている。
- 当時は、内務省土木研究所や鉄道技術研究所・京都大学等の研究所や大学を中心として各種計測機器が考案された。このなかで京都大学の伸縮計は、現在の伸縮計にも使われているインバ線やドラム式の記録方法などを採用している。
- 現在使われている技術は、70年前に考案されたこのような基礎技術から出発し、さらに新しい技術や工夫を積み重ねて発展し日本が誇る独自の技術となっている。

斜面変状の監視機器と設置事例

令和元年10月25日

株式会社 オサシ・テクノス 田中龍一

1. 斜面の調査

1.1 調査の方法

- 斜面の地質・性状を知るための調査ボーリング、斜面の深度方向の変状を知るためのすべり面調査、斜面の平面的な変状を知るための地表面移動調査などがある。

1.1.1 調査ボーリング

- 地下構造や土質及びすべり面と地下水の状況を調べるために行い、調査ボーリング孔は各種試験や観測(水位・変位・傾斜等)に用いられる。

1.1.2 すべり面調査

- 斜面変状のうち(特に地すべり)80%以上はすべり面が基盤あるいは基盤風化帯の表面付近に分布している。
- 基盤の分布を調べる事により斜面変状の概略を知ることができる。

a. ボーリング孔を利用してわかる事

- 掘進中の孔曲がりや抵抗、半月形のコアなどで判定。
- 孔内にパイプひずみ計、挿入式傾斜計用ガイド管等を設置して判定
- 孔内にパイプひずみ計、挿入式傾斜計用ガイド管等を設置して判定

1.1.3 地表面移動調査

地表面移動状況の調査は、目的と手段を大別すると次表になる。

目的	方法
運動の方向と絶対量を正確に求めることによって、地すべり地の方向性、活動性の分布を知る。	測量による方法
期間別あるいは季節別の移動の量を比較して、各季節因子(たとえば梅雨、融雪)台風などの関係を求める。	伸縮計による方法
連続的な運動の変化と、降雨や地下水位などの因果関係をさらに具体的に究明し、対策工法に関連づける。	伸縮計による方法
地表の動きが引張りか圧縮かによって、地すべり土塊を力学的な運動ブロックに分割して、安定解析を行う。	地盤傾斜計による方法
地表ひずみの累積状況により、地すべりの発生を予知したり、潜在性地すべり地を判定する。	伸縮計による方法

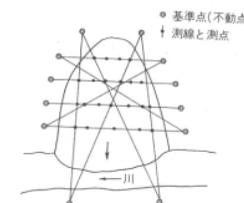
a. 測量による方法

- 一般には変状地外の固定点を基準点とする測量が多く用いられ移動量や方向を知る事が出来るが、定点観測には不向き。

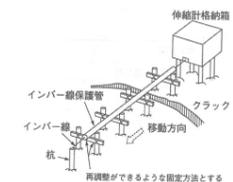
b. 伸縮計による方法

- 伸縮計は温度膨張の小さいインバ線を用いて2点間の地盤の伸縮量を測定します。

- 斜面の変状観測のためには主として引っ張り亀裂を跨いで設置することによってその移動速度の時間的変化を測定することができる。また、伸びと縮みを測定することにより斜面の応力分布を推定することができる。



測量の例

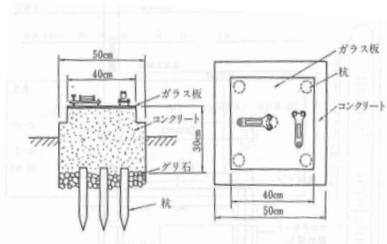


伸縮計設置例

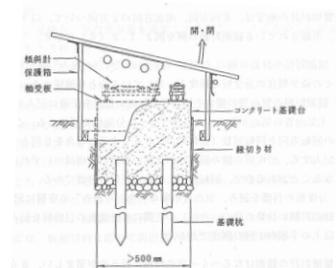
c.地盤傾斜計による方法

・高精度の傾斜計をN-S、E-W方向に設置して一定期間毎に観測、各方向毎の傾斜変動量を測定して合成する。

・利点としては、伸縮計でも測れない極初期の変動が検出できることや亀裂が無くても設置が可能であることがあげられる。
 欠点としては、基礎の設置が大掛かりであること、データの解析が難しい事があげられる。



地盤傾斜計設置例1

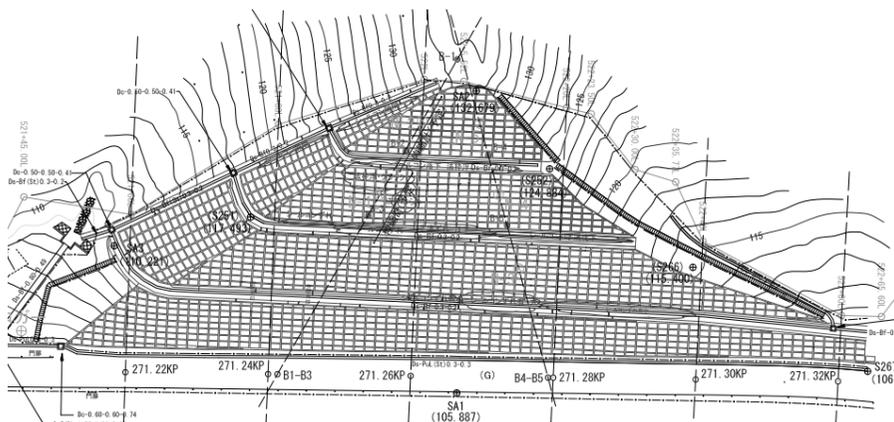


地盤傾斜計設置例2

2.設置例(1)

道路切土法面に発生した変状に伸縮計×2、ばらまき型傾斜計×5を設置して観測

伸縮計は、亀裂を挟んで設置し、ばらまき型傾斜計は、変状範囲を判定するために広範囲に設置した。



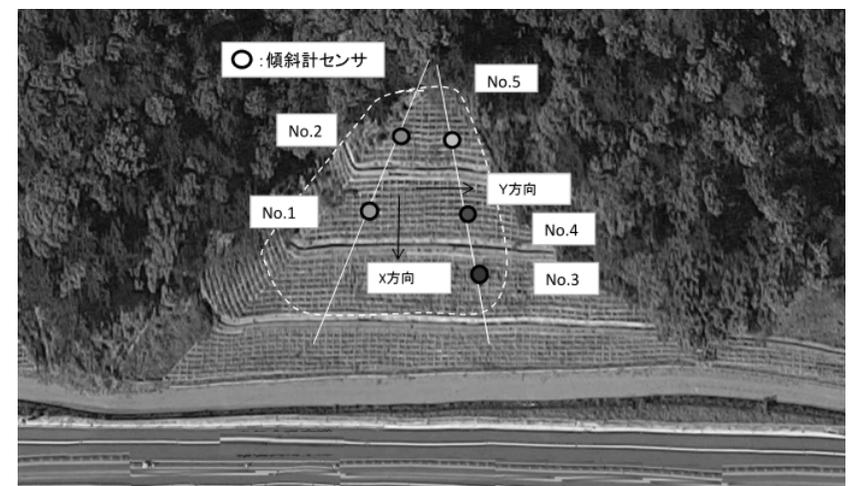
1.2観測方法の比較

各計測器の観測方法も手動観測～自動観測があり現場に応じて選択する。

最近、通信機材や通信料金の価格が安くなり全自動観測現場が増える傾向がある。

斜面変状観測方法の比較			
	手動観測	半自動観測	全自動観測
概要	計測現場で観測結果を表示部や記録紙等へ計器毎直接表示させる方式	計測現場で観測結果を表示部や記録紙等へ計器毎に表示するとともに一定期間データを現場計器に保存する方式。	計器毎に観測結果をデータとして集約して遠隔地へ自動伝送しデータの表示・記録・蓄積を行う方式。
データの集約度	観測員の派遣時のみ記録するので間欠的なデータである(間欠データ)	保存したデータを一定期間毎に収集することによって連続したデータを確保することが出来る。(連続データ)	即時的データを収集し表示・記録・蓄積することが出来る。(連続+即時性)
省力化の程度	観測員の労力が大、観測員の確保も困難な場合が多い。(小)	若干観測員の労力がかかる。(中)	全くの省力化(大)
機器コスト	安価である(小)	記録装置に費用がかかかかる(中)	初期コストが高くなる(大)
データ価値	コストに比べてデータ数が少ないため、データ数当たりのコストは高価になる。	中間的価格	初期コストは高いが、大量高密度のデータを得ることが可能なため、データ数あたりの単価は安価である。(小)
データ活用の利便性	観測時からグラフ化まで時間を要し、斜面変状の総合把握までに時間がかかる。	データ記録媒体の収集までに時間を要するので、即時性に欠ける。	即時的にグラフ化が可能となり、リアルタイムでデータを取得する必要がある場合、保全対象の重要性が高い場合に適している。
適用性	小規模な斜面や保全対象の重要性度が低い場合に適している。	保全対象の重要性度は相対的に低い、機構解析等を行う必要がある場合に適している。	斜面変状範囲が広かったり、リアルタイムでデータを取得する必要がある場合、保全対象の重要性が高い場合に適している。

2.1傾斜計センサ設置位置と測定方向



2.1現場写真



写真1 小段排水の湧水



写真2 斜面上部状況

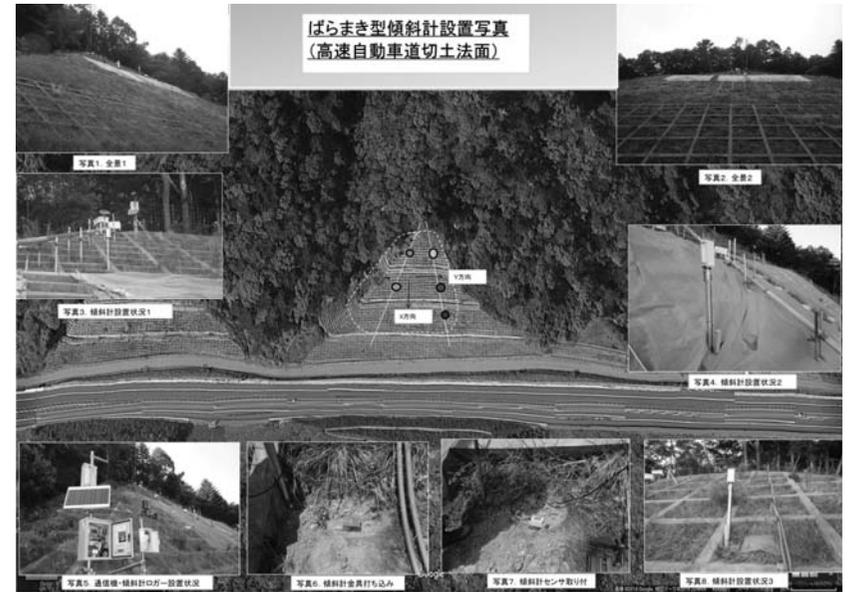


写真3 小段変状1



写真4 小段変状2

2.2設置写真



2.2傾斜計設置写真(1)



写真5 設置前



写真6 掘削(10~15cm)



写真7 取付金具打込み



写真8 取付金具2取付け

2.2傾斜計設置写真(2)



写真9 傾斜計取り付け



写真10 傾斜計取付け(2)



写真11 保護シート設置



写真12 無線部設置

2.3伸縮計設置写真



写真13 取付台設置



写真13 伸縮計設置



写真14 保護管設置

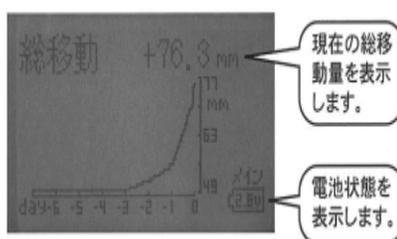
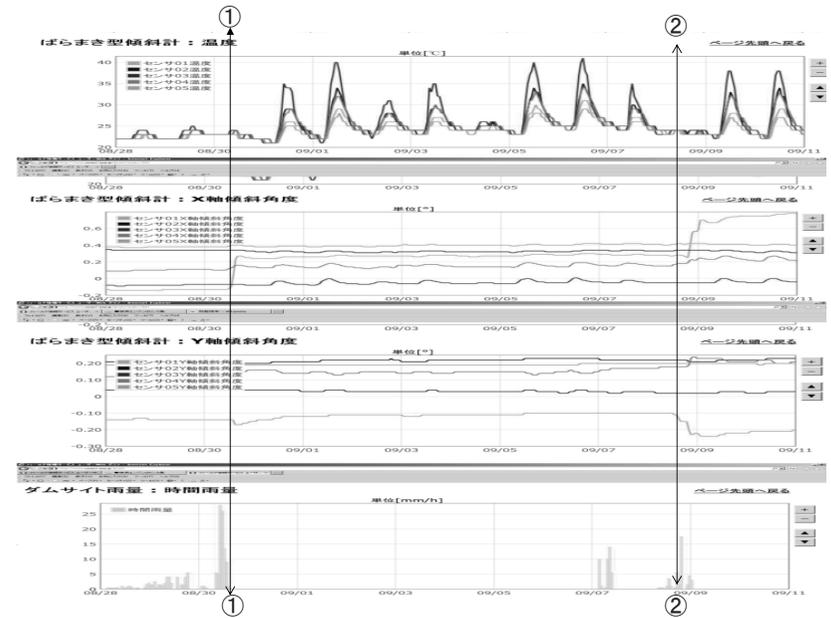
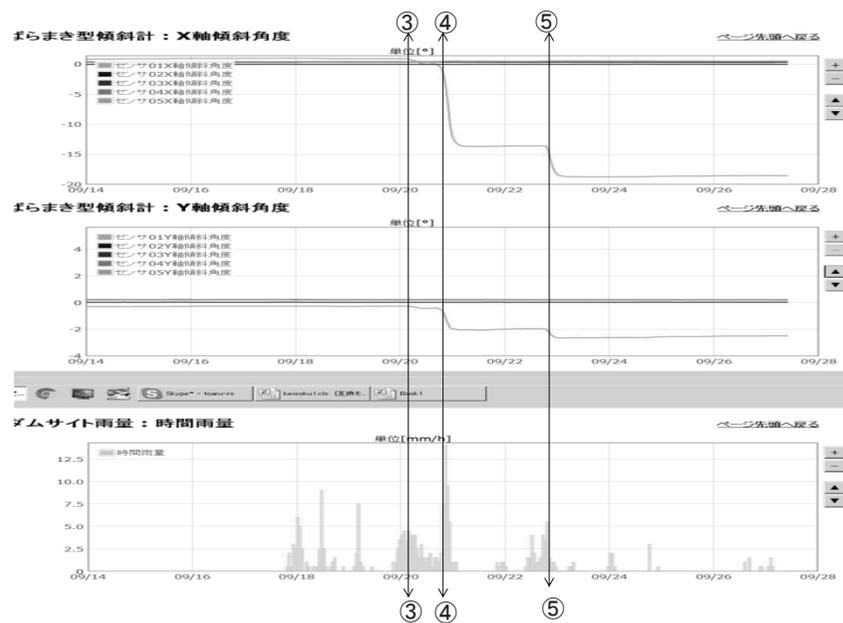


写真15 伸縮計表示例

2.4観測データ(1)



2.4観測データ(2)



2.5観測結果

観測期間		観測結果一覧				
No. 1						
番号	観測期間	X軸変動値 (度)	Y軸変動値 (度)	合成角度 (度)	変動要因	備考
1	8月30日 11:00 ~ 8月30日 18:00	0.40	-0.03	0.40	103mm/日の降雨	主にX軸方向変動
2	9月8日 12:00 ~ 9月9日 1:00	0.45	-0.13	0.47	80mm/2日の降雨	Y軸方向先行して変動
3	9月20日 2:00 ~ 9月20日 13:00	-0.96	-0.13	0.97	95mm/2日の降雨	X軸方向逆転
4	9月20日 16:00 ~ 9月21日 4:00	-13.63	-2.01	13.78	同上	X軸方向逆転
5	9月22日 19:00 ~ 9月23日 2:00	-5.02	-0.68	5.07	30mm/日の降雨	X軸方向逆転

2.6 まとめ

1. 斜面変状の形態

No. 1に顕著な傾斜が観測された。変動方向は、南側測線方向、降雨との相関性が見られた。またX側の変動方向が途中で逆転した。

降雨によりNo.1の表層付近が発生しX方向は谷側へ傾斜、その後円弧すべりに形態が変化しX方向は山側へ傾斜した。

2. 誤差について

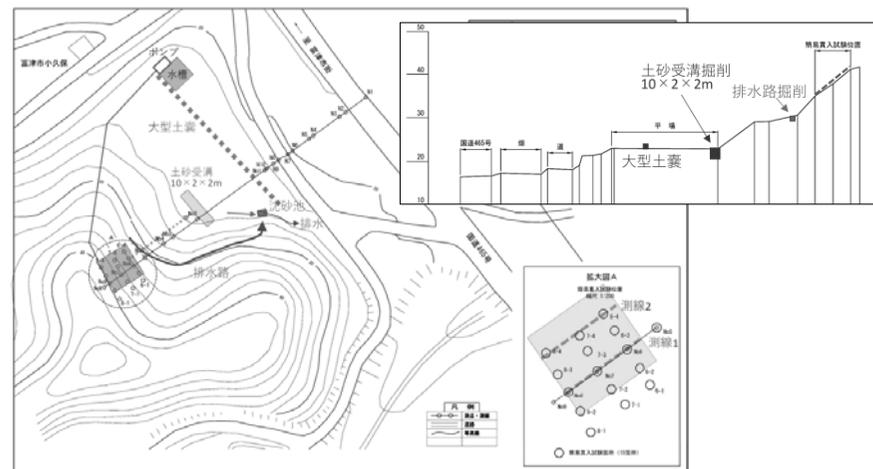
観測期間中、1日の気温変化は最大20°Cにも達し傾斜計も約0.1度変化している。また、気温変化の少ない時期は傾斜計の変動も少ない事が観測された。

気温による変動が顕著であることから、温度変化による誤差を考慮する必要がある。観測精度を上げるために雨量計や伸縮計などの他の観測機器と併用する事が重要。

3. 設置例(2)

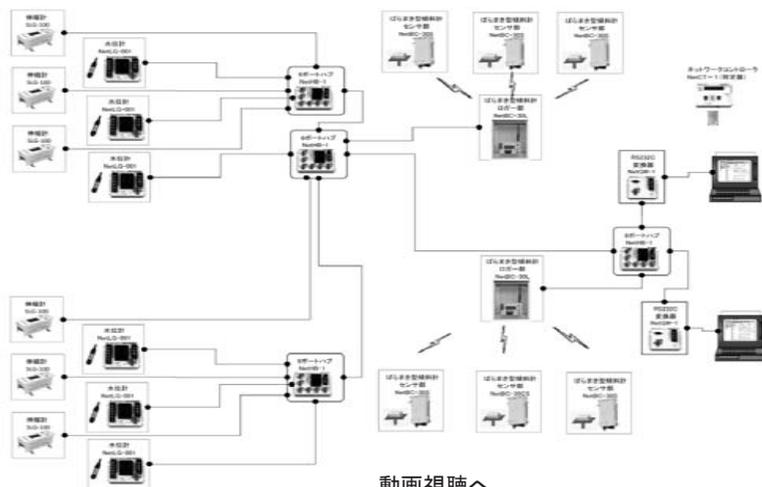
2018年12月11日～12日に斜面崩壊実験を行った。(NHK放送)

3.1 機器設置位置図



3.2 システム図

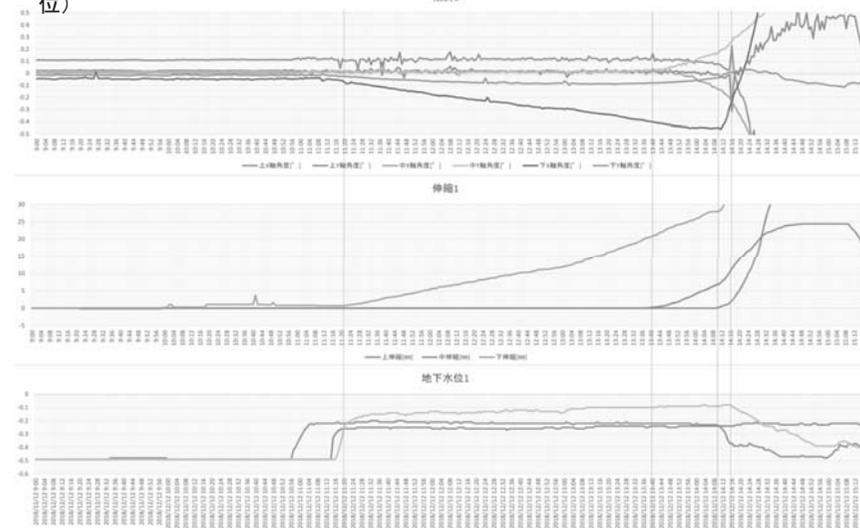
- 2側線：(伸縮計×3、地盤傾斜計×3、水位計×3)/側線
- 観測方法：自動観測(1分観測)



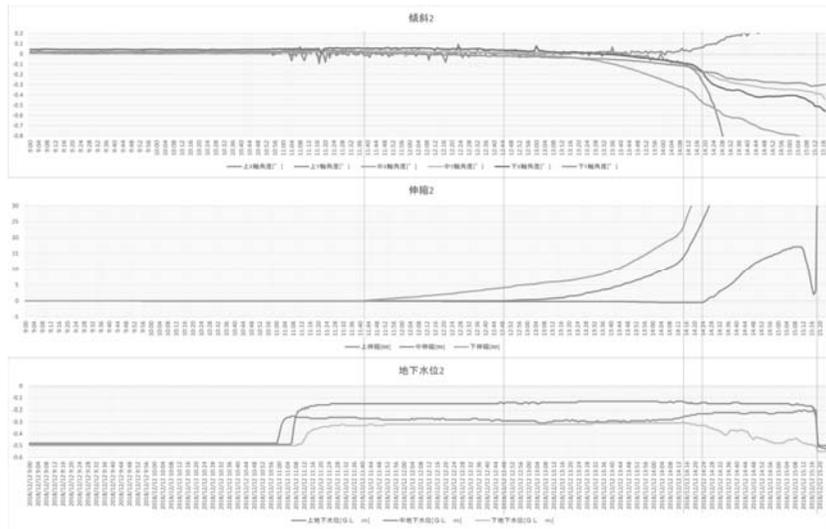
動画視聴へ

3.3 観測結果

(1) 測線1グラフ(上: 傾斜計、中: 伸縮計、下: 地下水位)



(2)測線2グラフ(上:傾斜計、中:伸縮計、下:地下水位)



3.4 まとめ

①.測線1(向かって左側)の変動

(伸縮計と傾斜計の変動開始 11:20~)

- ・傾斜計の変動は、下部(X・Y方向)→中間(X・Y方向)→上部(X・Y方向)の順で変動
- ・伸縮計は、下部→中間→上部の順で変動
- ・地下水位は、上部→中間→下部の順で上昇、崩壊時に減少

②.測線2(向かって右側)の変動

(伸縮計変動開始 11:42~)

- ・傾斜計の変動は、全体的に徐々に変動→中間(X方向)→壊時に全て変動
- ・伸縮計の変動は、下部→中間→上部の順で変動
- ・地下水位は、上部→中間→下部の順で上昇、崩壊時に減少

各側線でほぼ同時刻(10:56~)に地下水位が上部・中間・下部の順に上昇した後、伸縮計が下部・中間・上部の順に変動している。側線1の傾斜計下部は、伸縮計下部と同時刻に変動を開始している。

* 降雨→地下水位は斜面上部から満水→斜面下部から変動開始

斜面の機構解析や計測器の配置に決める際の参考データとなった。

皆様ご清聴

ありがとうございました