

地すべりモニタリング

—IT地盤傾斜計、無線式距離計測システム—

独立行政法人 土木研究所土砂管理研究グループ
地すべりチーム

川崎地質 株式会社
曙ブレーキ工業 株式会社
坂田電機 株式会社
株式会社 共和電業
株式会社 エイト日本技術開発



発表項目

- 1 開発の背景
- 2 IT地盤傾斜計(重力加速度計)とは
 - 2.1 計測原理
 - 2.2 重力加速度計の利用事例
 - 2.3 IT地盤傾斜計の特徴
 - 2.4 活用事例の紹介
- 3 無線式距離計測システムとは
 - 3.1 地盤伸縮計の課題
 - 3.2 無線式距離計測システムの特徴
 - 3.3 活用事例の紹介
4. まとめ



1. 開発の背景

1.1 地すべり調査に関する質問

～地すべりによると思われる亀裂が生じたらどうしますか～



写真1.1.1 路面変状の拡大

写真1.1.2 擁壁にクラック発生

写真1.1.3 擁壁変状の拡大

1.2 地すべり調査(緊急時の処置)

地すべりにより斜面やのり面に変状が確認された場合は、以下の対応を検討する。

- (1) 変状範囲と地すべり移動方向の確認 ← 踏査により確認
- (2) 移動量、変位量等の計測 ← 今回の対象
- (3) 発生機構(素因、誘因)の推定
- (4) 移動土塊の挙動の予測
- (5) 拡大の可能性の検討
- (6) 影響範囲の推定
- (7) 監視機器の設置及び連絡体制の整備
(地すべり防止技術指針及び同解説 p67)

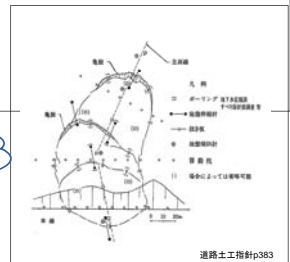


図1.2.1 計測機器の一般的な配置図

(1) 現地踏査(変状範囲、移動方向等の把握)



写真1.2.1 滑落崖の状況

写真1.2.2 斜面崩壊状況

写真1.2.3 道路の隆起状況

(2) 移動量、変位量の計測

①地盤伸縮計(斜面上部)

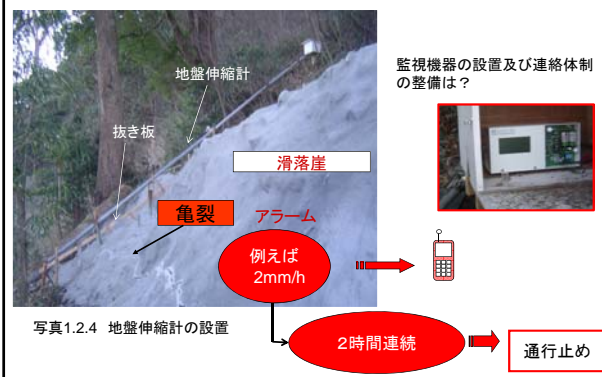


写真1.2.4 地盤伸縮計の設置



1.3 特殊条件下での観測

- ・地すべり背後斜面への崩壊の拡大の可能性がある場合(派生的な地すべりの検出)
- ・地すべり土塊の動きが比較的大きい、泥滓化・流動化した地すべり場合(長期間の立ち入りが困難な場合)
- ・測定範囲を超える移動速度、移動量が生じる可能性がある場合
- ・.....

既存の計測機器では、観測が困難である

地すべりの動きを計測したいが、特殊な条件下では観測が困難...

共同研究で開発した計測機器

- ・民間企業4社と「厳しい条件下での使用に耐える地すべり観測装置の開発」共同研究を実施、共同研究を通じて計測機器の開発を実施
- ・土木研究所と民間5社(曙ブレーキ・川崎地質・坂田電機・共和電業、エイト日本技術開発)とで構成される「特殊な地すべり環境下で使用する観測装置の開発研究会」で引き続き、技術の向上・普及を目的に活動中

【実用試験済あるいは試験中】

- ①IT地盤傾斜計測システム
- ②大変位伸縮計
- ③無線式距離計測システム

【試験段階】

- ④音響式距離計測システム
- ⑤転倒式土塊到達検知システム
- ⑥振動デバイス式土塊到達検知システム



①IT地盤傾斜計、③無線式距離計測システムを紹介

2. IT地盤傾斜計(重力加速度計)とは

2.1 計測原理

(1) 加速度の検知原理

- ①加速度により可動電極に力が発生し、可動電極が動く。
- ②可動電極と固定電極間の距離が変化し、静電容量が変化する。
- ③C/V変換回路により、静電容量を電圧に変換する。

C/V変換：静電容量Capacitanceを電圧Voltageに変換する。

- ④信号増幅回路により、電圧を実用的な値まで増幅する。

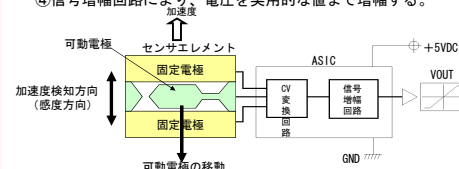


図2.1.1 加速度センサ検知原理

(2) 角度の検知原理

- ①加速度センサで重力加速度を検知。
- ②加速度センサが角度 θ 傾いた時は、加速度センサの感度方向の分力は、 $\sin\theta$ であり、これが加速度センサの出力となる。
- ③加速度センサの出力電圧 $V = a \cdot \sin\theta$ (a : 加速度センサの感度)より、傾斜角度 $\theta = \sin^{-1}(V/a)$ で求められる。

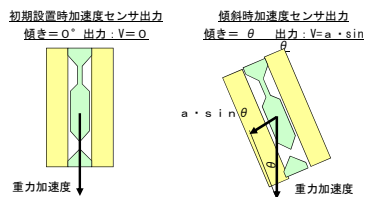


図2.1.2 加速度センサによる傾斜角検知概要図

2.2 重力加速度計の利用事例(身近なもの)

自動車の車体制御用センサ(重力加速度計)を利用し、安価に精度よく地盤の傾動を検知

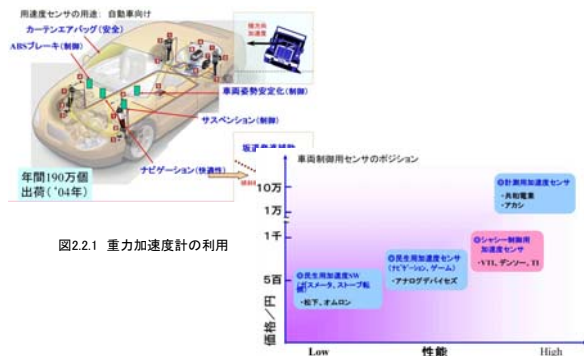


図2.2.1 重力加速度計の利用

2.3 IT地盤傾斜計の特徴

- ①1台のデータロガーに対し最大100台のセンサを繋げて面的な多点計測ができる(1本のケーブルで50箇所までセンサを連結可能)
→頭部背面に拡大する派生的な地すべりの面的検出に!

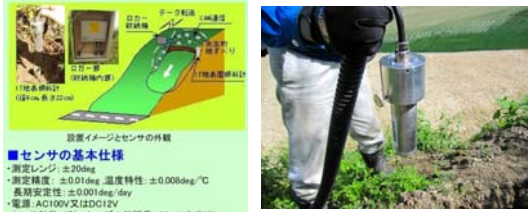


写真2.3.1 IT地盤傾斜計

図2.3.1 IT地盤傾斜計の設置イメージと仕様

- ②測定精度 $\pm 0.01^\circ$ (36秒) \times 測定レンジ $\pm 20^\circ$ (幅広い)
→活発な地すべりに向いている(測定レンジが広い)

*IT: Information Technology (情報技術)
Intelligent Transducer (知能を持ったセンサ)

- ③0.5MPaの耐水圧性能を有する。→ 水深50mまで計測できる。

- ④特定小電力無線通信システム及び携帯電話回線等を用いて遠隔監視ができる。



図2.3.2 特定小電力無線通信システム及び一般電話回線接続概要図 (石淵ダム管理支所の場合)

- ⑤打設した単管にセンサを挿入・固定するだけで迅速に設置ができる。

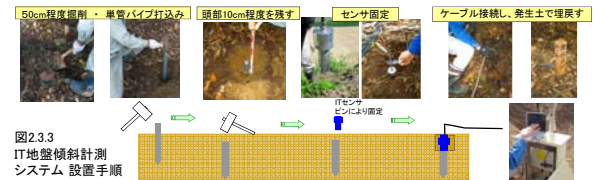


図2.3.3 IT地盤傾斜計システム 設置手順

2.4 活用事例の紹介

2.4.1 地すべりブロックの確認

→複数の地すべりで構成される地すべり地での活用→

(1) 観測地の概要

- ①観測地 : 塩の川地すべり
- ②地すべりの規模等 : 長さ: 320m、幅250m
約3年間で約1mの移動量(平均変位量10mm/月)

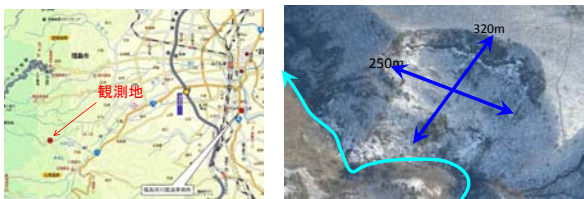


図2.4.1 観測地の位置図

写真2.4.1 塩の川地すべり全景
提供: 福島河川国道事務所

(2) 設置位置

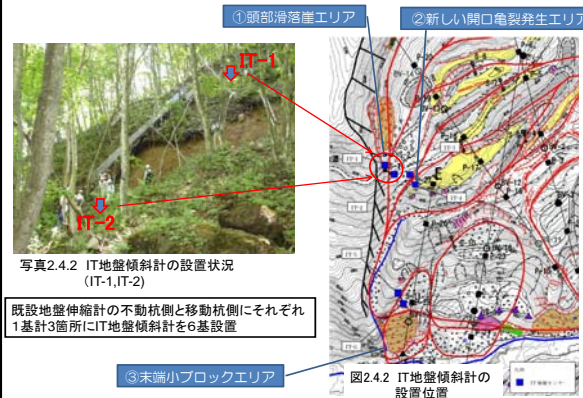


写真2.4.2 IT地盤傾斜計の設置状況 (IT-1, IT-2)

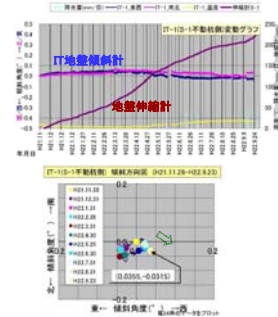
既設地盤伸縮計の不動杭側と移動杭側にそれぞれ1基計3箇所にてIT地盤傾斜計を6基設置

図2.4.2 IT地盤傾斜計の設置位置

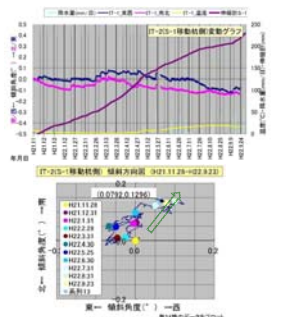
(3) 観測結果 (IT-1・IT-2の観測結果事例)

①経時変化

【IT-1】不動杭側



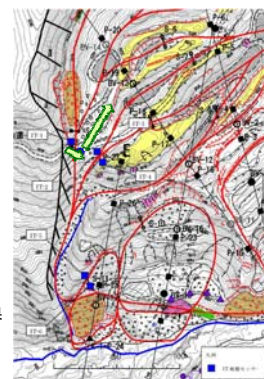
【IT-2】移動杭側



0.6秒/日・103.4秒/月 評価: D (累積性に乏しい) 1.8秒/日・76.7秒/月 評価: B (活発な傾動)

図2.4.3 IT地盤傾斜計観測結果(傾動量) (IT-1, IT-2)

②傾動方向



IT-1
見かけ上
北西(谷側)へ

IT-2
転倒と回転を繰り返しながら南東へ

図2.4.4 IT地盤傾斜計観測結果(傾動方向) (IT-1, IT-2)

【参考】東北地方太平洋沖地震前後の動き

表4.4.1 地震前後の変動量

観測地点	日平均変動量		
	震災前	震災前後	震災後
IT-10-1(不動観測)	0.7	178.1	5.0
IT-20-1(移動観測)	1.4	1063.5	4.6
IT-20-2(移動観測)	1.7	398.1	3.0
IT-40-2(移動観測)	7.8	447.4	6.1
IT-50-2(移動観測)	1.7	908.8	2.2
IT-60-2(移動観測)	4.2	832.4	2.6

地震(震災)前 : H21.11.28~H23.3.10
 地震前後 : H23.3.11~H23.3.14
 地震後 : H23.3.15~H23.4.30

※4月は融雪期なので、昨年度は、変動量が大きくなる傾向がみられました。

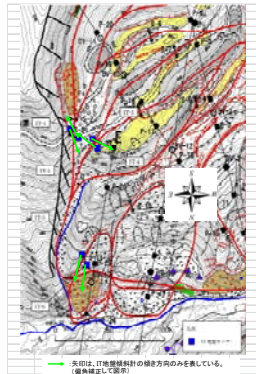


図2.4.5 地震後の傾動方向

2.4.2 道路法面の安定性の確認

①災害の概要

- ・崩壊の規模 長さ: 130m、幅: 120m
- ・河川や道路が崩壊土砂で埋塞。



写真2.4.3 災害直後の状況

②対策

- ・上部斜面の不安定土塊を撤去する擁土工と、土塊を直接抑止するアンカー工を計画

- 上部斜面については擁土工が完了し、安定している状況である。
- 下部斜面については亀裂の多い岩塊が点在し、不安定な状況である。

- 下部斜面について対策工が必要である。
- 対策後は、下部斜面の監視体制が必要。



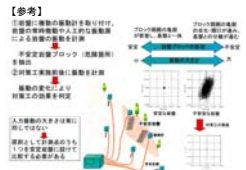
写真2.4.4 斜面状況

③不安定岩塊の除去にあたっての留意点

- ・岩塊の安定性を、地震計を用いて確認する。
- ・不安定な岩塊は静的破砕剤を用いて除去する。
- ・岩塊撤去後、下部斜面をソイルセメント吹付で被覆し金網を設置する。
- ・緩みが大きいと判断された岩塊については、IT地盤傾斜計で監視する。



写真2.4.5 地震計による岩塊の安定性確認



※詳細は土木研究所資料第4051号(平成19年7月)を参照



写真2.4.6 IT地盤傾斜計による監視

2.4.3 湛水が予定されている斜面観測



本システムは、陸上での計測を想定して開発したものであるが……。
 水深50mまで計測が可能(0.5MPaの耐水圧性能)

水没斜面での計測の適用

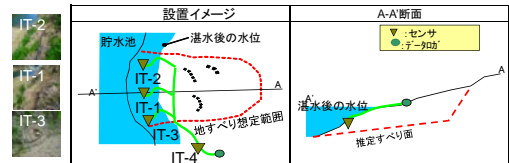


図 2.4.6 設置状況イメージ

※詳細は、ダム技術2011年3月号を参照

3. 無線式距離計測システムとは

3.1 地盤伸縮計(従来の技術)の課題

地盤伸縮計とは、地すべりによる亀裂や段差をはさむ区間の伸縮量を測定する計測機器である。

課題

- ①インバーの張り替え(測定範囲(数十cm))
- ②オーバーハング斜面
- ③豪雪地への設置
- ④小崩落への対応(埋没)

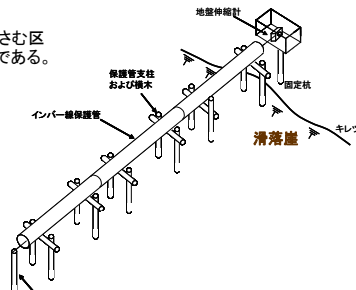


図3.1.1 地盤伸縮計の設置イメージ

3.2 無線式距離計測システムの特徴

【システムの特徴】

- ・電磁波強度によるワイヤレス変位計測システムである。
- ・センサが発信した磁気信号を受信アンテナで受信して、測定器が信号の強度から変位センサと受信アンテナの距離を求める。
- ・1kHz以下の周波数を使用しているため、媒質での反射、減衰の影響がほとんど無いため、土(土被り)・水(冠水)・植生(密集した植生・倒木)の影響が無い
- ・長スパン伸縮計のワイヤレス化(15~30m)
- 精度: 距離30mで50mm以下、15mで20mm以下(実績)

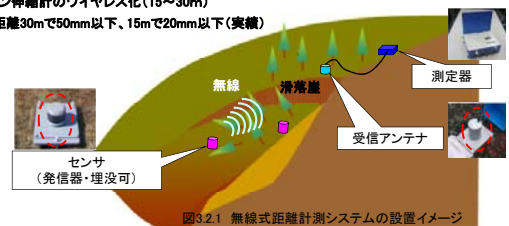


図3.2.1 無線式距離計測システムの設置イメージ

3.3 活用事例の紹介 ー地盤伸縮計との比較ー

(1) 観測地の概要

場所: 塩の川地すべり

- ・IT地盤傾斜計と同様の場所(詳細はIT地盤傾斜計の活用事例を参照)
- ・地盤伸縮計の平均変位量10(mm/月)
- ・鉛直方向の変動が比較的大きい
- ・冬の積雪が数m



写真3.3.1 無線式距離計測システムの設置状況

図3.3.1 無線式距離計測システム設置位置図

(参考)現場状況(東北地方太平洋沖地震後)

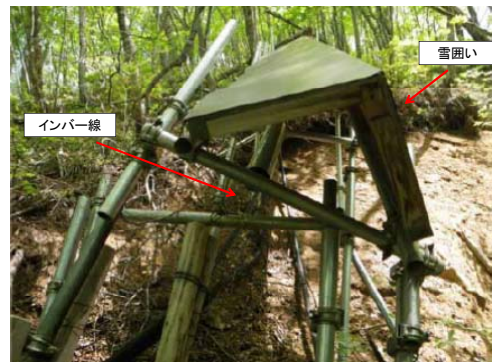


写真3.3.2 地盤伸縮計の状況(東北地方太平洋沖地震後)

(2) 無線式距離計測システムの観測事例

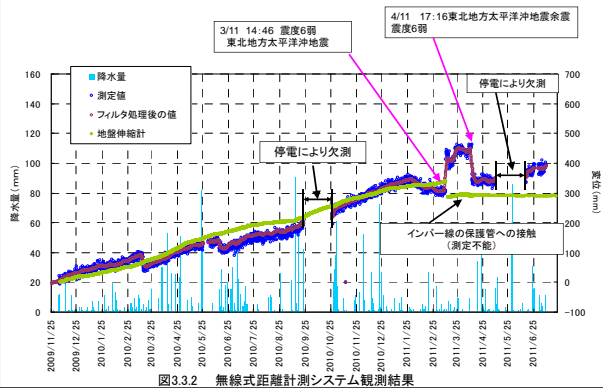


図3.3.2 無線式距離計測システム観測結果

4. まとめ

- ・IT地盤傾斜計、無線式距離計測システムの基本的な特徴や活用事例を説明した。
- ・現場への適用にあつては、現場状況に応じた工夫が必要である。
- ・何かありましたら、土木研究所地すべりチームあるいは「特殊な地すべり環境下で使用する観測装置の開発研究会」の関係者にご相談下さい。

ご静聴、ありがとうございました

