

近づけない斜面へのボーガンによる 測量点設置と斜面監視 ～崩壊斜面の緊急計測手法(RE・MO・TE)～

地すべりチーム 上席研究員 石井 靖雄
RE・MO・TE 研究会 会 長 下村 博之

近づけない地すべり・崩壊発生斜面



新潟県中越地震 (2004年11月)



岐阜県揖斐川町 (2006年6月)

人命救助

崩落土砂の除去作業

二次災害の恐れのある危険な斜面での作業にあたっては、
斜面の移動状況を把握して安全に対応することが求められる。

RE・MO・TE 2 (Remote Monitoring Technology 2) ～崩落斜面の緊急計測技術～

ターゲットの設置

変位計測



- ・斜面遠くからボーガンで測量ターゲットを設置
- ・ノンプリズム型トータルステーションで地盤変位を計測

地上型合成開口レーダ-(SAR)による監視

2013年4月23日4:20a.m.発生。
静岡県浜松市門島地区



崩壊の拡大が懸念された斜面

地上型SAR設置状況

観測結果

- ・レーダー波を対象物に照射し、反射波を定期的に計測することで相対変位の把握が可能。
- ・夜間や降雨時（弱雨まで）でも観測可能。
- ・災害発生後の斜面監視に、日本で初めて採用。

RE・MO・TE2の研究開発

■共同研究の実施

研究名: 地すべり地末端の崩落斜面における地盤変位の計測
手法に関する共同研究

目的: 崩壊斜面直下における人命救助, 崩落土砂の除去作業,
地すべり調査等の作業の安全確保に資するため, **危険な斜面に立ち入らずに遠隔から速やかに地盤変位を監視**
する計測技術の開発を目的とする。

期間: 平成17年度～平成18年度

研究者: 土木研究所(地すべりチーム)

株式会社興和

株式会社パスコ

株式会社レイディック

■RE・MO・TE研究会

RE・MO・TE技術の向上及び普及の促進を通じて、安全・安心な斜面保全・斜面防災に貢献するため活動



斜面に立ち入らずに遠隔から監視する技術



■既往の観測手法

- × 伸縮計・傾斜計 (斜面への立ち入りが必要)
- △ 目視調査・画像観測 (微小な変化・変位量の把握が困難)

■測量機器(トータルステーション)の活用

- 特性
- ・測距+測角機能
 - ・プリズム利用の光波/プリズム不要のレーザー光
 - ・計測精度 ±3mm～

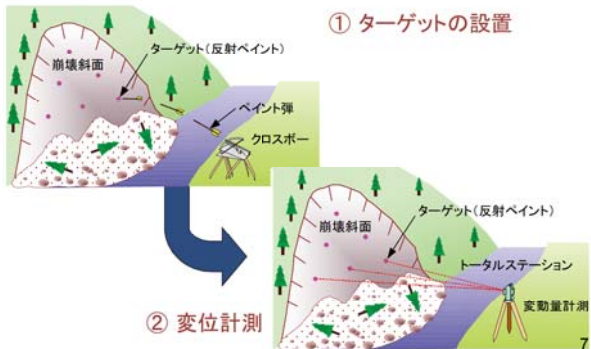
- 利点
- ・高精度で地盤変位を監視可能
 - ・視認により特定の地点を繰り返し計測可能
 - ・3次元的な変位を把握可能
 - ・繁用されており、緊急時に調達が容易

- 課題
- ・崩落斜面では目印が乏しく、視認時の誤判読がある



新手法「RE-MO-TE2」の概念

■斜面に遠隔からクロスボーを用いてターゲットを設置し、トータルステーションでターゲットを視準し、地盤変位を計測する。



「RE-MO-TE2」の特徴

■クロスボーと発射架台



クロスボー

- ・強力なクロスボーを使用 (矢の初速100m/s)
- ・安定性を持つ丈夫な発射台
- ・不整地盤にも適用できる三脚式
- ・発射仰角を自由に設定
- ・資格・免許、特殊技能は不要

発射架台

8

「RE-MO-TE2」の特徴

■ペイント弾とターゲット用塗料



ペイント弾

ペイントカプセル

- ・クロスボーに適合する矢を使用
- ・矢じり部に、ガラス製カプセル装着
- ・カプセル内に視認性の高い速乾性塗料(ピンク色)
- ・塗料に含まれる50 μ mガラスビーズにより高い反射性能

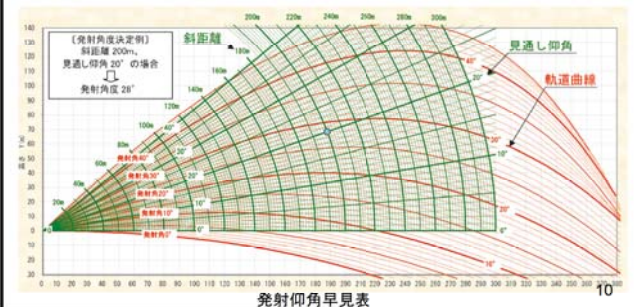


9

「RE-MO-TE2」の特徴

■発射仰角とターゲット設置範囲

- ・実験結果からペイント弾の軌道曲線を設定 ハンディ距離計
- ・目標点までの斜距離・見通し仰角を測り、発射仰角を決定
- ・水平360m、垂直130mまで設置可能



発射仰角早見表



10

「RE-MO-TE2」の特徴

■ターゲット設置

- ・斜面到達時にカプセルが割れ、岩盤に塗料が附着→固着化
- ・目標点の ± 50 cm内に設置



ターゲット拡大写真

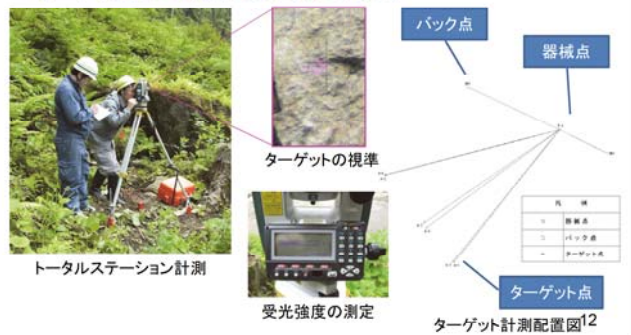


11

「RE-MO-TE2」の特徴

■トータルステーションによるターゲット計測

- ・器械点(トータルステーション)、バック点によりローカル座標系確立
- ・ターゲット位置を視準と受光強度で確認



12

現場適用事例

◆岩盤急崖斜面における適用

■ 測量用反射シート
● ターゲット(RE・MO・TE2)

測量用反射シート

ターゲット (RE・MO・TE2)

観測項目ごとの変位(mm)

2日目 3日目 4日目 10日

● 反射シート
● 反射シート
● RE・MO・TE2
● 崩壊(シフト)

➢ 斜面全体にターゲット設置可能
➢ ターゲット設置により計測精度向上

現場適用事例

◆工事期間中の安全確保のための計測事例

➢不安定な岩塊にターゲットを設置
➢工事期間中に監視を継続

ターゲット設置位置

計測位置

工事範囲

観測項目ごとの変位(mm)

6/14 6/18 6/20 6/22 6/26 6/28 7/2 7/5 7/7 7/11 7/13 7/14

● ターゲット(RE・MO・TE2)設置位置

14

現場適用事例

◆崩壊斜面末端部における計測

Extensometer

RE-MO-TE2

Failure slip

Slip surface

観測斜面の模式図

変位量(mm)

138mm

降水量(mm/時間)

Number of days after disaster

土塊の押し出しに敏感に反応

伸縮計の約3倍の変位量を観測

15

まとめ(RE・MO・TE2)

- 立ち入りが危険な斜面において、遠隔から安全かつ速やかに標的を設置し、精度よく斜面を監視できる手法
- 最大水平距離360mまでターゲットを設置
- ターゲットの設置精度: 直径100cm内
- 短時間でターゲットを設置(10点 / 2~3時間)
- 計測精度: $\pm 3\text{mm}$ ~(トータルステーション)
- 斜面中の特定点の3次元変位を追跡可能
- 崩壊面では、伸縮計と同等以上に敏感に計測

【参考】

- 「地すべり地末端の崩壊斜面における地盤変位の計測手法マニュアル」(土木研究所資料第4072号)
- 土木研究所地すべりチームHP:「RE・MO・TE2」で検索
http://www.pwri.go.jp/team/landslide/kanriya/remote2/remote2_zo.html

16

崩壊斜面の緊急計測手法(RE・MO・TE)に関するお問い合わせは、

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

担当: 石井靖雄, 西井稜子
電話番号: 029-879-6787

- 国立研究開発法人土木研究所(地すべりチーム)
- 株式会社興和
- 株式会社パスコ
- 株式会社レイディック

17