

大規模斜面を対象とした緊急時遠隔計測システムの開発

(財)砂防・地すべり技術センター ○中里 薫、松井宗廣、山口恭史
 国土交通省雲仙復興事務所 秦 耕二、大林和幸

1. はじめに

雲仙・普賢岳における溶岩ドームは平成7年5月にほぼ成長を停止したが、現在噴出時の原型をそのまま保った不安定な状態にあり、地震等に伴う崩落の可能性が依然として懸念されている。そこで、溶岩ドーム表面の変位を遠隔から計測するシステムを開発した。

2. システムの概要

今回開発した手法は重さ約1tonのコンクリートブロックの上に反射プリズムを配置し、これをヘリコプタにより現地に運び光波測距のターゲットとすることで数キロメートルの遠隔計測を可能とするシステムである。

観測躯体は計測終了後にヘリコプタにより回収し、次の計測に備えることができることが大きな特徴である。

この観測躯体は強風・豪雨・降雪・寒冷・高温に耐え、火山ガス等の影響を受け難い強固な構造とした。また回収可能なため、環境・景観への対応や一時的な土地の借用などに有利である。

3. システムの要求条件と計測手法

火山活動に伴い不安定化した斜面や大規模地すべりを緊急に計測する場合、計測対象から1km以上離れた場所から観測しなければならない場合が多い。また対象地点は急崖地や山間地であるため基本的に電源が取れないことが多い。このような斜面を緊急に計測するための条件を表1に示した。

表1の条件により既存計測手法を評価した結果(表2)、光波・レーザ測距(プリズムあり)をベースとした回収可能なシステムの開発を検討するに至った。

4. 計測システムの基本コンセプトとイメージ

以上の条件を検討の上、計測システムは遠隔観測が可能で堅固な観測躯体をヘリコプタにより運搬・設置し、観測終了時または補修が必要なときに回収することを基本コンセプトとした。図1に緊急時遠隔計測システムのイメージを示す。

5. 開発システムの特徴

上記の計測システムのうち、今回は反射プリズム観測躯体構造について開発した。図2に開発した観測躯体を示した。

表1 緊急時計測を行うための条件(大規模斜面を対象)

項目	必要条件
①計測点の設置	人が現地に立入ることなく設置が可能
②測定可能距離	1km以上離れた場所から遠隔計測が可能
③精度	地すべりの一般的な変位速度である1~2cm/日が継続的に計測できる精度 ¹⁾
④電源	商用電源が無い状態で必要なデータを取得できる
⑤環境に対する耐性	強風・豪雨・降雪・寒冷・高温・火山ガス等の影響に対して一定の耐久性を有す
⑥環境・用地への配慮	緊急時の一時的な土地借用や景観・周辺環境への影響を配慮し、回収可能な構造

表2 これまでの計測手法の比較(大規模斜面対象)

手法	計測手法	表1の計測条件					
		①	②	③	④	⑤	⑥
面的な観測	・航空写真測量 ・航空レーザ計測 ・衛星・航空リモートセンシング ・他	○	○	×	—	—	—
	・光波・レーザ測距(プリズムあり) ・傾斜計・GPS ・他	○	○	○	○	○	×
定点の観測	・ノンプリズム型の光波・レーザ測距	—	×	○	—	—	—

○:適用可能 ×:適用不可 —:対象外

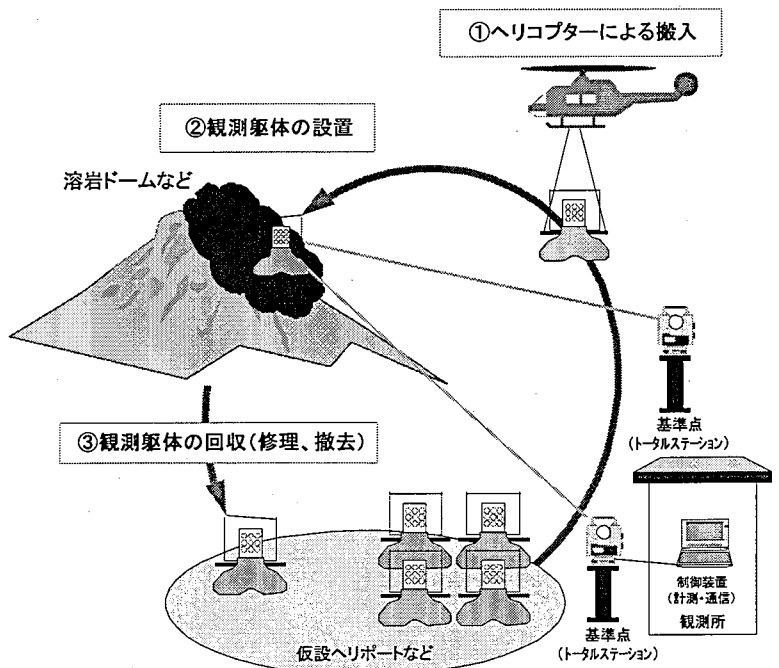


図1 計測システムのイメージ

(1)回収装置の設置 (図2①)

非金属製の環状ロープからなる吊り下げ装置をブロック上部に取り付け(許容引張強度11ton)、これを両端にフックを備えたガイドバーを用いてヘリコプタにより吊り上げ、人の手を用いず回収できる機構とした。

(2)プリズム配置と計測視角の拡大 (図2②)

反射プリズムは内部気密性の高い機種を選定した。1個の反射プリズムが反射できる光の方向範囲角度(以後「計測視角」という)は上下・左右それぞれ60度である。設置時の観測躯体の方向制御の難しさや多方向からの観測を可能とするためには計測視角を大きく取っておくことが有利である。また、1個のプリズムに比べ複数のプリズムの方が高い反射光強度が得られることが確かめられており、霧など悪条件下での計測に有利である。

上記を考慮のうえ、円柱の上に縦横各3列で計9素子の反射プリズムを配置し、左右120度、上下60度の計測視角が確保できるようにした。

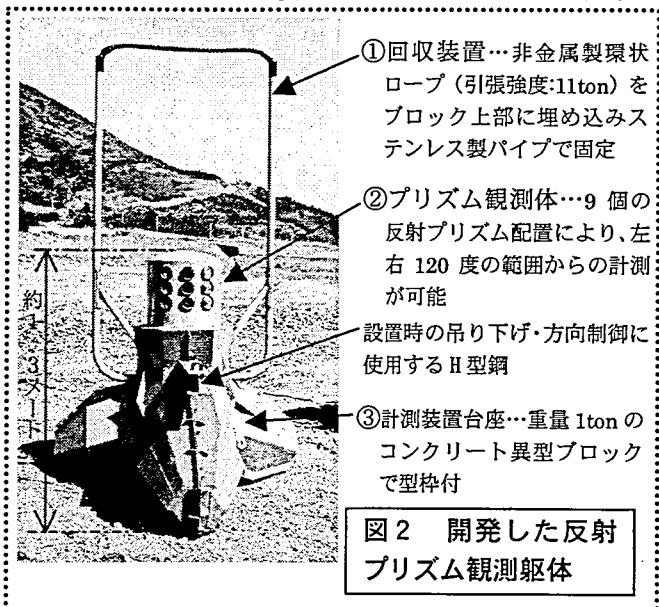
(3)プリズム観測体の強度補強

観測体は径約30cmの硬質塩化ビニル管と径約40cmのダンボール製管の二重管構造とし(図3)、内空にはコンクリート及び硬質ウレタンフォームを充填し堅固な構造とした。

また、プリズムと観測躯体の表面は各種コーティングを施し、熱・紫外線・火山ガスに耐えられるようにした。

(4)計測装置台座の構造と重量 (図2③)

計測装置の台座は重心が低くより安定が保てる市販異型コンクリートブロックとした。重量は「運搬の容易性」と「現地での安定性」のトレードオフを検討の上、1tonとした。



6. 観測躯体による計測精度・性能について

雲仙・普賢岳において、今回作成した試作体を用いた精度・性能の確認試験を実施した。測距儀はライカ TSP1201 を用いた。

(1)プリズム観測体の測定能力

測距離について8500mまでの計測を確認した。

計測視角について試作体を回転させ、正対方向に対し左右60度(計測視角120度)、上下30°(同60度)を確認した。

(2)測定精度

2500~3500m離れたプリズムをターゲットとし、測距儀自身を移動させ、移動させた距離と計測値を比較した結果、計測誤差は±8mm(計測距離×3ppm)と見積もられた。

観測体が回転することで計測値にばらつきが出ることを予想される。約3600m離れた箇所観測体を回転させ、回転角度と計測値(斜距離)との関係を確認した(図3)。回転角度が±30度以内であれば計測値は概ね1cm以内に収まっていることがわかった。

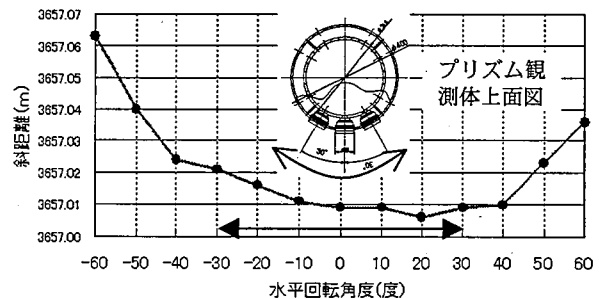


図3 プリズム観測体回転角度と計測斜距離との関係

7. おわりに

地震・火山・豪雨等により不安定化した大規模斜面の近傍に保全対象がある場合、警戒避難や工事中止の意思決定資料を得るために、緊急的に当該斜面の挙動を計測する必要が生じる。このような斜面は危険性が高く、人の立入りが困難な場合が多い。

本システムはこのような場合、事前に観測躯体を準備しておくことで、緊急対応に活用が期待できる。

今後、反射プリズムの他に、GPS、地震計、積雪深計等各種計測機器を搭載することにより、広汎な計測への応用が期待できる。

本システム開発に当り、雲仙・普賢岳溶岩ドーム挙動観測検討委員会(委員長 小橋澄治京都大学名誉教授)、特に太田一也九州大学名誉教授、松島健九州大学地震火山観測研究センター助教授には多くのご指導を承った。また、朝日航洋株式会社には躯体構造の検討について多くの協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本道路協会.1999、道路土工のり面工・斜面安定工指針