

地すべりの長期観測を可能にする多段式水平孔内伸縮計の提案

応用地質(株) ○鈴木 祥子, 古宮 一典, 山本 益男, 吉田 浩, 山田 政典, 森山 豊

1. はじめに

Aダムは試験湛水時に貯水池周辺の複数箇所地すべりが発生したことから、地すべり発生箇所において対策工を施工し、ダムの運用に制限を設け、動態観測による監視を30年以上継続して供用されている。今後の運用条件向上のため、技術指針¹⁾に準拠した地すべり調査や観測、機構解析、対策工設計等が実施されている。最適な対策工を計画し、対策工施工後も監視を継続するためには、地すべり変動要因を特定できる高精度な連続データと、対策工施工前から施工後の効果判定の基礎資料となる長期間にわたる計測データの取得が必要となる。

しかし、現在使用されている観測手法では、長期間かつ高精度の観測が可能な手法はほとんどない。本報告では、地すべり土塊中の変形を直接、長期間計測することを目的として、平成28年12月より貯水池周辺地すべり主測線上で、孔内傾斜計観測により確認した変位方向に多段式水平孔内伸縮計を設置し、観測を開始した。その事例を紹介し、多段式水平孔内伸縮計の有効性を述べる。

2. 現在使用されている観測手法の特徴と課題

地すべりの変位を観測する手法には、地表観測手法と地中観測手法に大別される(表-1)。地表観測は、地中観測に比べて計測器の設置が容易で、地盤変動箇所の特定や、緊急の土砂災害時の大変位の監視として用いられることが多い。一方、地中観測はボーリング孔内に設置するため、設置の際にボーリング作業が付随して大掛かりとなるが、地表観測手法に比べ、気温変化や地表変位の影響を排除できるため、高精度の観測が可能となる。

表-1 各観測手法の特徴と課題

	計測器名	特徴	課題
地表観測手法	移動杭測量	・長期観測可能 ・運動方向や活動性の把握可能	・連続観測は困難 ・微小な変位は判定まで時間を有する
	航法衛星システム(GNSS)	・長期観測可能 ・運動方向や活動性の把握可能	・高頻度の維持管理が必要で高価 ・精度は衛星の数や場所に左右される
	地表面伸縮計	・連続観測による監視可能 ・安価で設置が簡易	・設置箇所の選定には経験が必要 ・外的要因により異常値が発生しやすい
地中観測手法	パイプ歪計	・連続観測可能で高感度 ・安価で基礎資料として利用可能	・変位量が不明 ・地下水のある場所では比較的低寿命
	挿入式孔内傾斜計	・全深度の計測が可能で高精度 ・せん断変位、移動方向の判定が可能	・連続観測は困難 ・固有誤差を有しデータ整理に経験必要
	設置式孔内傾斜計	・連続観測が可能で高精度 ・運動方向や活動性の把握可能	・変位量が大いとき短命 ・再設置するには費用が高額
	地中縦型伸縮計	・大変位に追従、長期連続観測可能 ・安価	・設置初期段階では、圧縮変位が生じ、引張り変位までに時間を要する
	(実証中) 多段式水平孔内伸縮計	・高精度で、長期連続観測が期待できる ・活動性の把握可能	・水平向き設置実績が少ない ・得られる値は水平変位と沈下量の合成

現状の観測手法にはそれぞれの長所・短所があり、観測の目的や設置箇所の条件、地すべりの活動性、必要な精度等を考慮した計測器が選択・設置されている。

現在、比較的精度よく長期間の連続計測が可能な観測手法として地表面伸縮計が使用されているが、設置箇所の選定が難しく、気温や表土の動きなど外的要因の影響

を受けやすい。また、落石、枝、動物の接触や変位が大きい場合は保護管の補修等の定期的なメンテナンスが必要であり、維持管理上の問題がある。また、従来の地中観測手法では、高精度かつ長期間の連続観測が可能な計測器がほとんどないことが課題であった。

3. 多段式水平孔内伸縮計について

(1) 多段式水平孔内伸縮計の概要

多段式水平孔内伸縮計は、水平ボーリング孔内の任意の深度にアンカーを設置し、変位を計測するものである(図-1、図-2参照)。これは従来、トンネル掘削の緩みや盛土等による鉛直方向の地盤の層別沈下を計測する方法を応用し、水平方向に設置して地すべり変位を計測するものである。水圧式アンカーを使用するため、湧水箇所や上向き孔でも確実に固定できる。

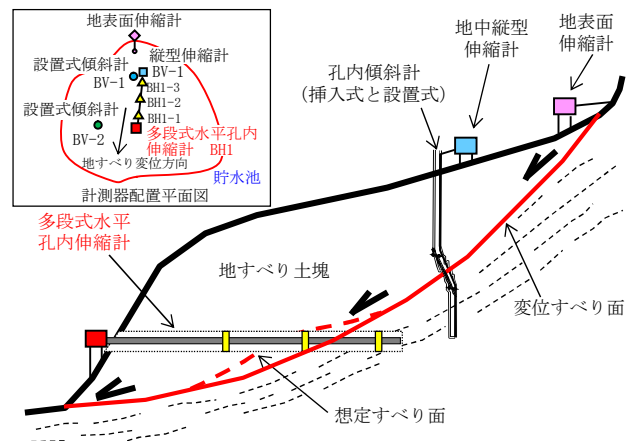


図-1 多段式水平孔内伸縮計の設置概要

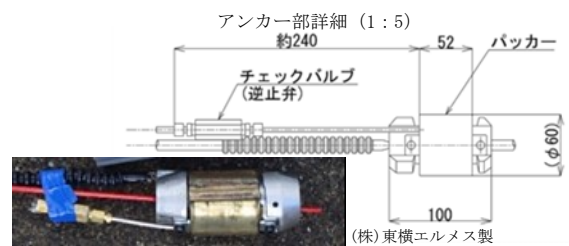


図-2 水圧式アンカーの詳細図と写真

(2) 多段式水平孔内伸縮計の設置方法

比較的変位速度の速い(5cm/年程度)、秩父帯の岩盤地すべりに多段式水平孔内伸縮計を設置した。設置手順を以下に示す。

- ① 設置場所の選定：既存調査、動態観測結果を踏まえてすべり面深度を推定し、変位方向を考慮して水平ボーリングの実施方向を決定する。
- ② アンカーの設置：本孔では変位すべり面と地すべり土塊内での変位状況を把握するため、アンカーを、変位すべり面を確実に貫いた不動地盤(BH1-3)、変

位すべり面とコア観察で推定されたすべり面との間の地すべり土塊内（BH1-2）、推定すべり面と孔口との間の土塊内（BH1-1）の3深度に、コア状況よりバツカーが確実に定着可能な深度に設置した（図-1）。

- ③ 伸縮計の設置：アンカーから孔口まで伸ばした鋼線に、伸縮計を設置する。

4. 地すべり動態観測結果の比較

(1) 観測結果

同一の地すべり内に設置されている地表面伸縮計，地中縦型伸縮計，設置式孔内傾斜計，多段式水平孔内伸縮計の各計測器の変位量を比較するため，H28.10.1を基準にした観測結果図を示す（図-3）。

地表面伸縮計 S-1は，ブロック頭部と滑落崖を跨いで設置され，明瞭な引張変位が累積しており，H30.7豪雨時にも明瞭な変位の増加が観測されているが，枝の接触等，外的要因による異常値も認められる。

地中縦型伸縮計 BV-1は設置から約5年が経過しているが，観測開始から圧縮変位で累積している。地中縦型伸縮計は，すべり面傾斜，変形域の厚さ，変位速度により引張変位となるまでに時間を要する²⁾。H30.7豪雨時に変位が表れたが，他の計測器に比べて変位量は小さい。

設置式孔内傾斜計は，設置深度毎の変位を計測するため，地すべり全体の変動量を観測している計測器と比較できるよう設置深度の変位量を全深度合成してグラフを作成した。BV-1、BV-2とも変位量の明瞭な増加が観測され，降雨等のイベント時の詳細な変位データも取得されている。ただし，BV-1は設置から3年半後に，1深度の計測器の累積変位量が66mm以上となり，計測不能となった。

多段式水平孔内伸縮計はすべり面を跨ぐ不動地盤に設置した BH1-3のみ明瞭な累積変位が観測されており，降雨等のイベント時の詳細な変位データも得られている。一方，地すべり土塊内に設置した BH1-1，BH1-2には，ほとんど変位は認められていない。

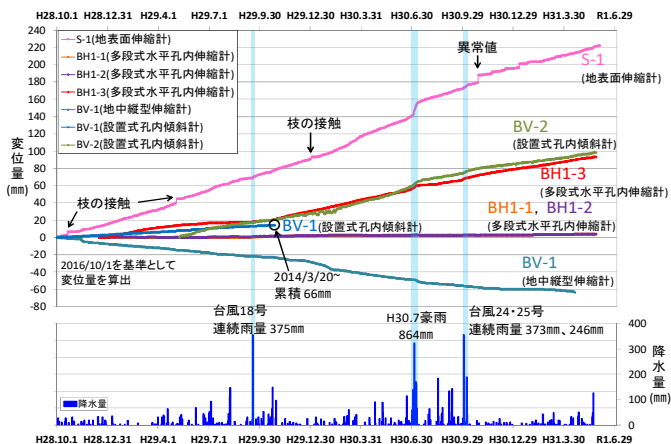


図-3 各計測器の動態観測結果

※雨量：国土交通省 A ダム観測所観測データ

(2) 観測結果の考察

地表面伸縮計 S-1は，降雨時も変位量の増加を明瞭に

捉えており，地すべりの活動を評価できる観測結果であるが，外的要因による異常値が発生しがちである。また，他の計測器よりも大きい変位が検出されている。

地中縦型伸縮計 BV-1は，これまで圧縮傾向の累積変位を観測している。豪雨時に他の計測器同様，変位量の増加を捉える期間もあるが，他の計測器が反応しない誘因が不明な時に著しい増加が認められることもあるため，変動要因分析で用いるには精度が十分とは言えない。

設置式孔内傾斜計は，地すべり変位を他の計測器より高精度に連続観測し，降雨等の誘因に敏感に反応して変位を捉えていることから，変動要因分析や安定解析の基礎資料として利用されている。しかし，変位が大きいと孔曲りに追従できず短命で計測不能となる。設置式孔内傾斜計 BV-2は，深度毎の累積変位は51mmと47mmを観測しており，累積変位量66mmで観測不能となったBV-1を参考にとすると，ガイド管が閉塞し観測不能となる時期が近い。

水平多段伸縮計は，設置式孔内傾斜計の精度に比べて遜色なく，降雨等の誘因に敏感に反応した変位を連続的に捉えている。また，90mm以上の大きな変位にも追従でき，土塊内での変位の有無も確認することができている。

5. 多段式水平孔内伸縮計の評価

多段式水平孔内伸縮計は，これまでの観測結果で最も精度の高い設置式孔内傾斜計とほぼ同等の変位量を示し，降雨時の変位量の変化を連続的に捉えていることから高精度の観測が可能であると考えられる。また，大きな変位（現時点で90mm）に追従しており，長期観測が可能な計測器と評価できる。さらに，変位すべり面を跨ぐ不動地盤の他に，地すべり土塊内にアンカーを設置することで，地すべり土塊内の変動も観測することが可能である。

6. おわりに

今回設置した多段式水平孔内伸縮計で変位量が明瞭に得られているのは，すべり面深度より奥側の不動地盤に確実にアンカーを設置し，コア状況からアンカーの定着深度を適切に決定することができたことによる。

本計測器は設置から約3年半が経過するが，異常値なく観測できている点，設置式孔内傾斜計に劣らず高精度で長期連続観測が可能である点，すべり面と地すべり土塊内の変位量観測が可能である点で，高精度で長期間観測可能な地中観測手法と考える。今後も観測結果を蓄積し，その適用性，精度，耐久性等の問題を検討していく。

《引用・参考文献》

- 1) 国土交通省河川局治水課：貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）・同解説。2009。
- 2) 菅秀哉，山本和彦。地すべり変動と地中伸縮計の変位について。全地連「技術e-フォーラム2008」高知。2008，vol. 88，no. 8，P. 888-888。