

地すべり対策工に対する長期自動観測事例

(株) 藤井基礎設計事務所 勝部 祐治

1. はじめに

砂防ダムの施工にあたり、床掘時に左岸側の斜面に地すべりが発生した。ダム位置の変更なども考慮したが、位置選定が困難であり、地すべり地にそのままダムを設置することとなった。地すべり対策工は、「アンカー工」と「押え盛土工」を主体とした工法を選定した。この砂防ダムが、地すべり地に設置されるという特徴的なダムであるため、地すべり対策工の安定性を確認するため、各種の計測調査を実施した。

計測調査期間は3年6ヶ月にわたり、各種調査は自動計測機を用いて実施した。この長期観測により観測された、特色ある現象についてとりまとめ、地すべり対策工の安定性の評価結果について述べる。

2. 地すべり対策工の概要と計測調査計画

図-1に平面図(対策工、計測調査位置を示す)、図-2に断面図を示した。以下に地すべり対策工の概要と計測調査計画の概要を示した。

<地すべり対策工>

検討断面	対策の考え方	備 考
N0.0	将来的にはダムが押えの役割を果たす 仮想的にアンカー工を計画	設計アンカー力 46.1 t 設計定着長 3.5m n=12本
N0.0-10	永久アンカー工を計画 アンカー支承版は張コンクリート 押え盛土の用地的余裕がない	設計アンカー力 73.4 t 設計定着長 5.5m n=15本 設計アンカー力の40%程度で定着
N0.0-20	押え盛土工を計画 のり留めとして補強土盛土を計画	盛土材：礫質土($\gamma=2.0\text{t/m}^3$) 盛土量：1,900 m^3

<計測調査計画>

計測内容	計測の目的	位置・数量
パイプ歪計	地すべり土塊全体の動きを観測する 地下水位の変化、地すべり脚部の掘削に対して安定性を評価する。	N0.0-10の斜面中央部に計画 1箇所(P-1)
地下水位	地すべり地全体の水位形態を把握する。	パイプ歪計観測孔と既存の水位 観測の2孔を計画(W-1、W-2)
伸縮計	地すべり土塊の平面的な動きを観測する。	N0.0、N0.0-10、N0.0-20の3測 線を計画(S-1、S-2、S-3)
土圧計	ダムに与える地すべり土塊の土圧の 変化を把握する。	ダム軸上に2箇所計画 (D-1、D-2)

計測の方法は、以下のとおりである。

地下水位計測：水位トランスデューサ-V/F型を使用して自動連続観測を行う

伸縮計計測：スライドセンサーを用いて自動連続観測を行う

土圧計、パイプ歪計計測：センサーは一般のものを用いた。

全てのデータ記録はデータロガー-McDSCを用いて行った。現場でのデータ収録はノートパソコンを用いて行った。

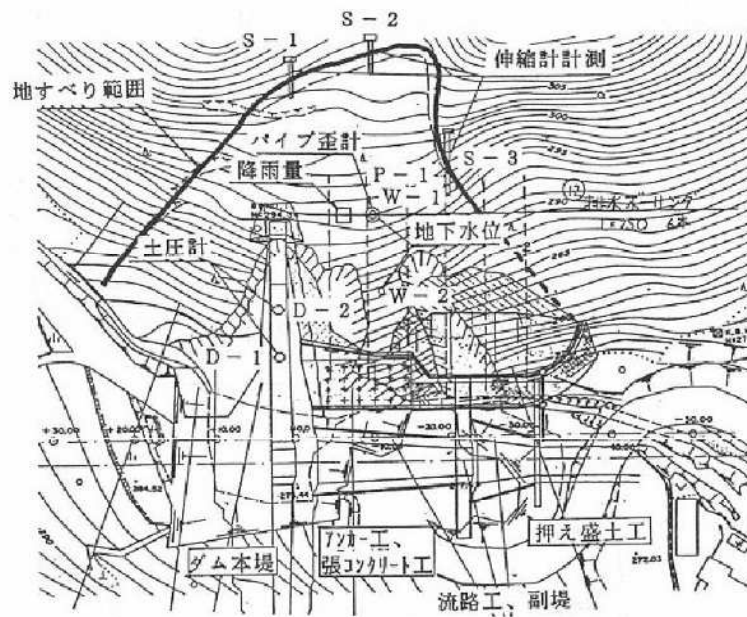


図-1 平面図（対策工、計測調査位置）

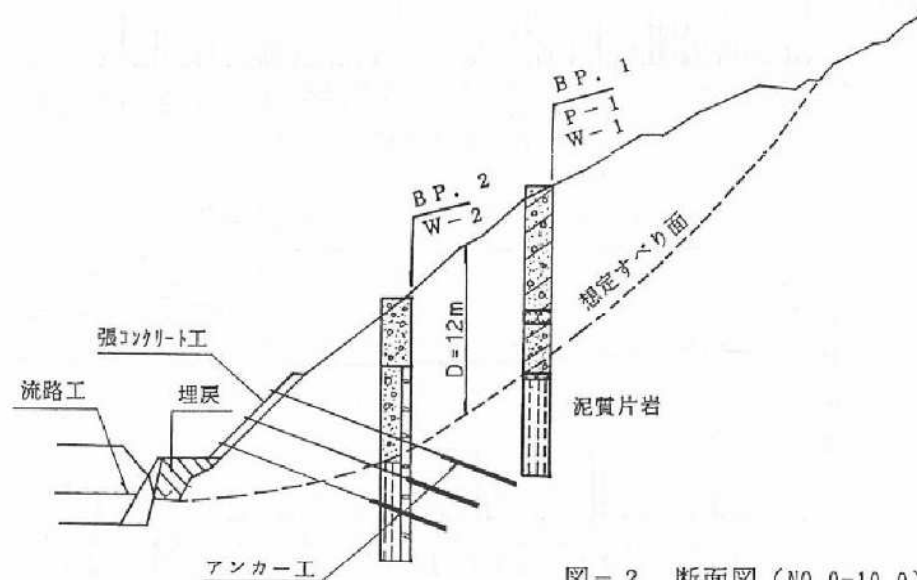


図-2 断面図（NO.0-10.0）

3. 長期計測結果と施工工程

長期計測結果と施工工程をまとめて図-3～図-5に示した。

図-3：地下水位計測結果 図-4：伸縮計計測結果 図-5：パイプ歪計計測結果
各図から得られる特徴を以下に示す。

- ①1992年8月までは、ダム本堤の施工（ダムコンクリートの打設）を中心に行なわれており、地すべり土塊への直接的な行為は行っていない。また、この間ダム下流の地すべり脚部には、暫定的に押え盛土を行った。このため、伸縮計・パイプ歪計の計測値には大きな変化は見られない。
- ②1992年8月以降は、アンカー工の施工が行なわれ、続いて流路工・副堤工の施工が行なわれた。アンカーの施工後から伸縮計・パイプ歪計に地すべり性の動きが観測された。特に、伸縮計（S-2）は引張方向の累積性の変位が見られ（最大8mm）、地すべりの安定性に不安が生まれた。

- ③伸縮計・パイプ歪計の変位は、1993年3月以降は累積性がなくなり安定した。1993年の6月～7月は記録的な冷夏で、多量の降雨（最大日雨量115mm）があったが、各種計測に大きな変化は見られず、地すべり土塊は安定したと考えられた。
- ④地下水位は、1990年10月～1991年7月までは水圧センサーの不備があり、水位が安定していなかった。センサーの交換後は地下水位は安定した状況を示した。地すべり土塊が透水性の高い礫質土であるため、降雨がタンクされない構造であったと考えられる。しかし、1993年6月～8月の降雨では4mほどの水位上昇が見られた。これは、アンカー工による地盤へのセメントグラウトと、張コンクリートにより地盤の透水性が低下したこと及び、大量の降雨による地下水形態の変化が原因と考えられる。

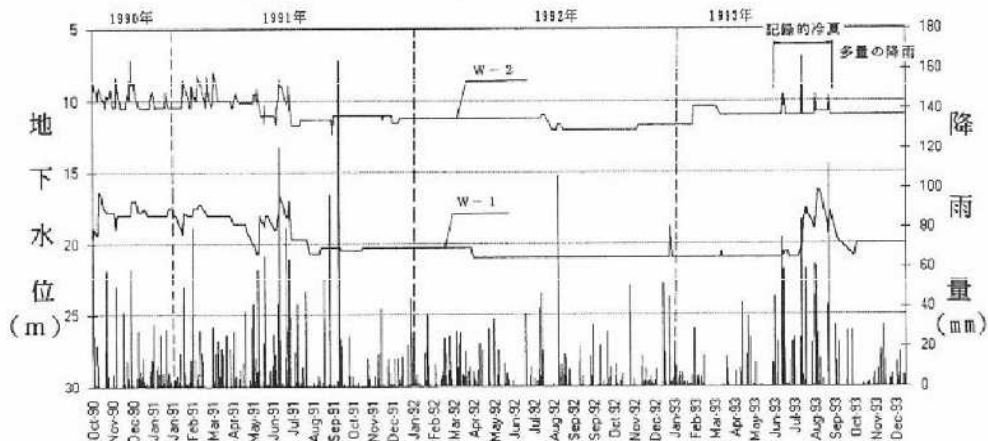


図-3 地下水位計測結果

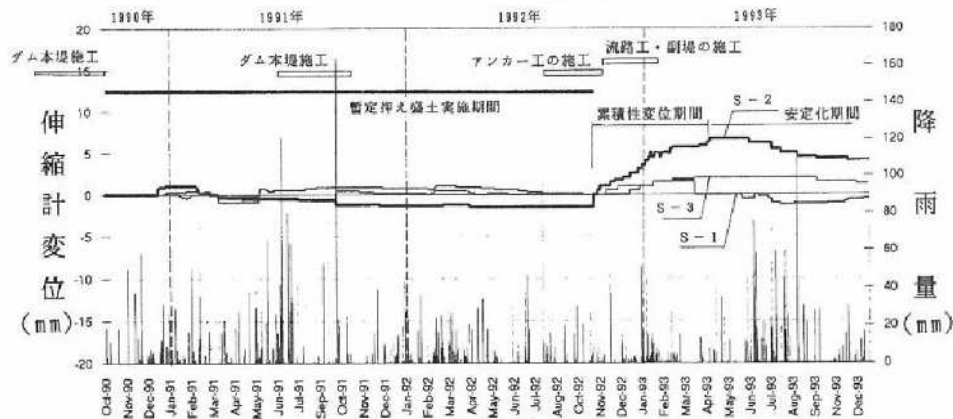


図-4 伸縮計計測結果

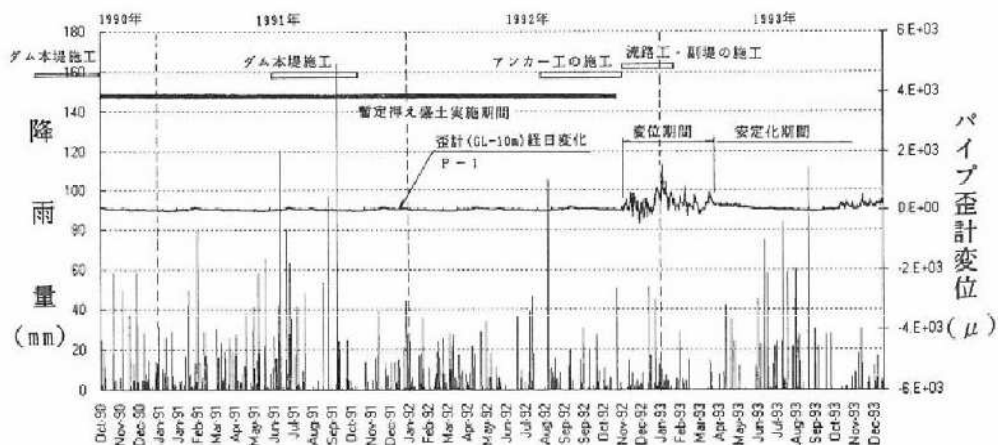


図-5 パイプ歪計計測結果

4. 地すべりの安定性に対する評価

3年6ヶ月の計測を通して、最も地すべりの安定性に不安を感じたのは、前項に示した伸縮計の累積性のある変位であった。この原因として、以下の3つの現象を考えた。

- ① 押え盛土の撤去による地盤の膨張とアンカーの緊張による地盤の収縮により、地すべり土塊を構成する礫質の地盤が締め固められた形になり、土粒子の再配列がおこり伸縮計に変動を与えた。
- ② 押え盛土の撤去によるすべり抵抗力の低下はアンカー工により補う計画になっているが、アンカーは引き止め効果を期待して計画しており緊張力は設計の40%程度となっている。従ってある程度変形が進んだ段階でアンカーが効果を発揮するため、現段階で変動が生じている。
- ③ 地形の変化や地下水位形態の変化により、当初設定していたすべり面より大きなすべり面が形成され、アンカーの効果以上のすべり力が発生している。

①または②の理由であれば伸縮計の変動に対して問題はないが、③の理由では大きな問題となる。①、②の理由の場合伸縮計の変動は一定値を越えれば安定すると考えられた。

その後の観測により、伸縮計の変位は安定化に向かい、1993年の記録的な降雨に対しても安定を示していた。このため、伸縮計の変位の原因は②の現象によるものと考え、アンカー工の効果が地すべりの安定化をもたらしたものと評価した。

5. 長期自動計測の利点と欠点

長期自動計測を行った上で、得られた経験からその利点と欠点を以下に考察した。

[利点]

- ・ 観測は機械にまかせているため、1回/月のペースでデータの収録を行えば良く、人件費が節約できる。
- ・ データがデジタルの数値データであるため、データ処理がパソコンにより行え、加工が容易である。(降雨データと変位データの組合せ等)

[欠点]

- ・ 今回の計測は、電話回線を使ったものではないため、リアルタイムのデータ変化を目視していない。1回/月のペースで現場を確認しているが、突発的な変位に対応できない体制であった。(アナログ計測では、1回/週で用紙の交換を行うため、現場確認回数が多い。自動計測だと安心感から現場に行く回数が減る。)
- ・ センサーの不備の発見が遅れると、計測結果が信頼性のおけないものになってしまう。

6. おわりに

自動観測による地すべり対策工の長期計測を行なった事例を紹介した。この調査で土圧計をセットしたが、計測値に変化が見られず考察することができなかった。長期自動計測は、利点もあるが欠点もあるため、機器の選定や使用方法に十分注意する必要があると感じた。

アンカー工は引き止め機能を重視して、定着力を40%に抑えたため、地すべり脚部の施工時に変位を生じたが、一定の変形の後安定しアンカー工の有効性を確認することができた。

今後、数値解析やモデル実験などによって、地すべりと変形の関係について追求してみようと考えている。

[参考文献]

- 道路土工のり面工・斜面安定工指針 (日本道路協会)
建設省河川砂防技術基準