

2-26 山田地すべり (その1) -地質構造と地すべり機構-

株式会社 日本海開発 ○子川 桂二
島根県隠岐支庁農林部 来海 昭雄

1. はじめに

平成元年5月11日、山田地区東部の約3.2haが日雨量32mmによって滑動を開始した。地すべりは幅80~150m、長さ400m、すべり面深度10~15mの主地すべり(1ブロック)と幅50m、長さ100m、すべり面深度10mの側方二次すべり(2ブロック)である。1ブロックの地すべりは中央付近から約90°向きを変えて滑動し、地区を横切る県道や農道に開口亀裂を発生させ交通に支障を与えた。地すべり滑動は断続的で緩慢であったため、地質調査、すべり面調査、地下水調査及び地すべり移動観測を行い、地質構造及び地すべり機構を求め対策工の検討を行った。地すべり防止工事は現在も継続中であるが、防止工事の進行とともに明らかとなった地質構造と地すべり機構について報告する。

2. 地形と地すべり

地すべりが発生した斜面は図-1に示すように、凹状緩斜面地形を示し過去に何度か地すべり滑動が生じたことを示している。地表踏査の結果、図-1に示す亀裂が明らかとなった。1ブロックでは東側と南縁の側方亀裂が開口亀裂で、西側は隆起を伴う圧縮されつつせん断を受けたクローズドクラックである。また、南側ではR=150m程度の弧を描いて開口亀裂が点在する形態である。地すべり頭部の亀裂は開口亀裂である。

2ブロックでは馬蹄形を示し、北側で落差が大きく末端部に近い南側の亀裂は押しかぶさった形態を示している。

以上の亀裂の細部観察によりすべり面形は、1ブロックでは東側で浅く西側で深いことが推定できる。2ブロックでは北側でやや浅く南側でやや深い状態で、さらに南側の1ブロックで浅くなる状態を予測できる。

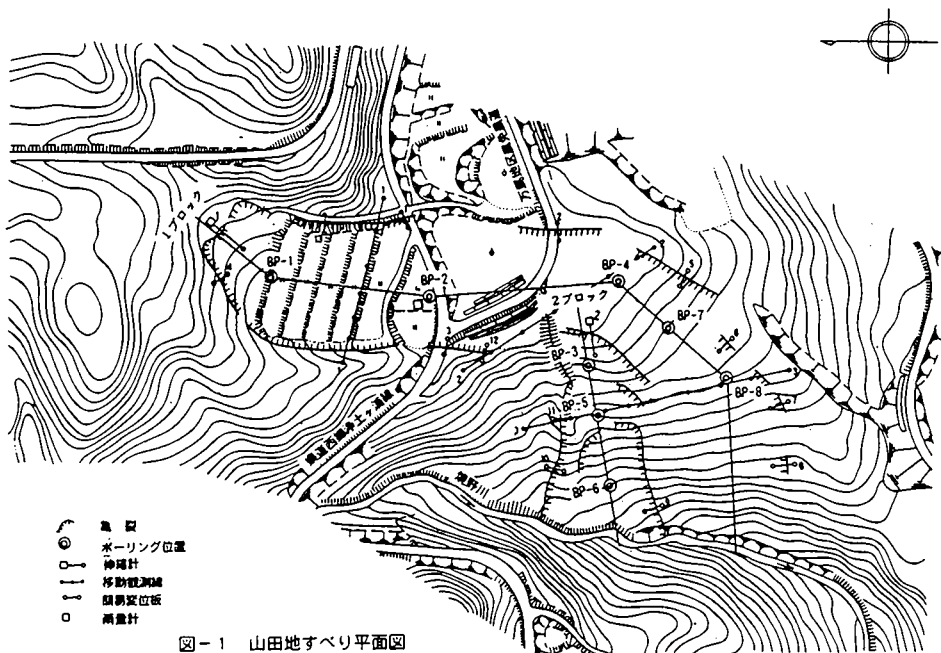


図-1 山田地すべり平面図

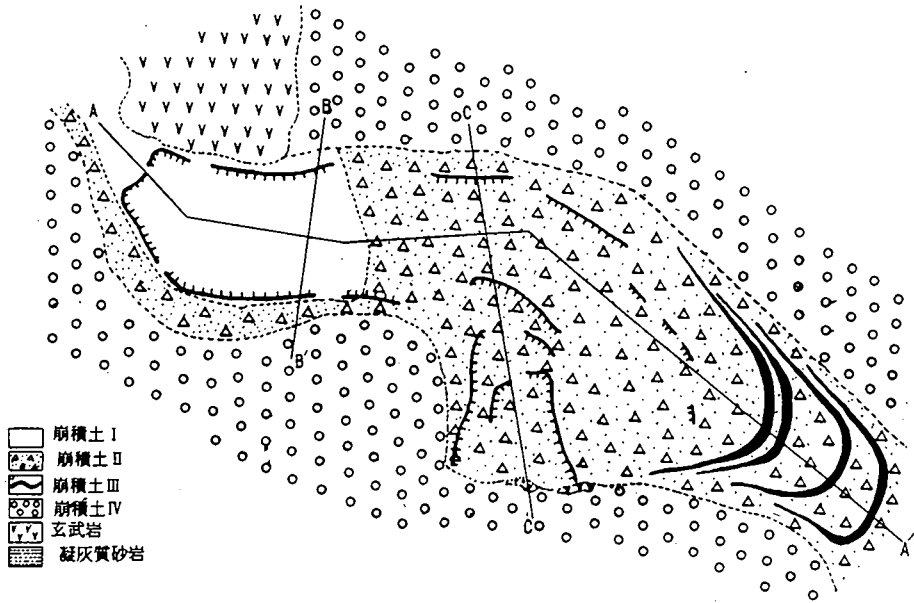
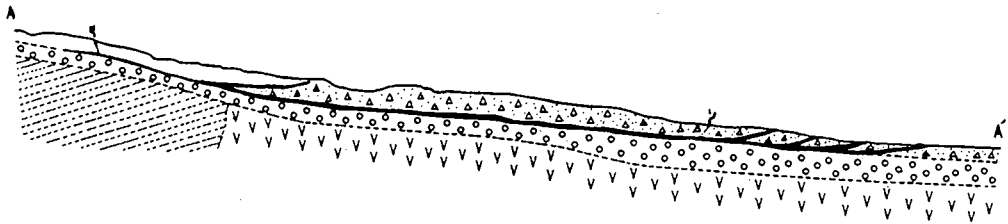


図-2 地質平面図



3. 地質構造

山田地区の地質は、主として酸性火山碎屑岩類、泥岩・砂岩・凝灰岩などからなる新第三紀中新統、これらを覆って崩積土が厚く堆積している。また、堆積岩中には玄武岩が貫入岩として分布している。

崩積土はその特徴から次の4種類に分類することができる。

(1)崩積土 I 最も新しい堆積物で粘土を主体とする。地すべり頭部の凹地を埋めて堆積している。

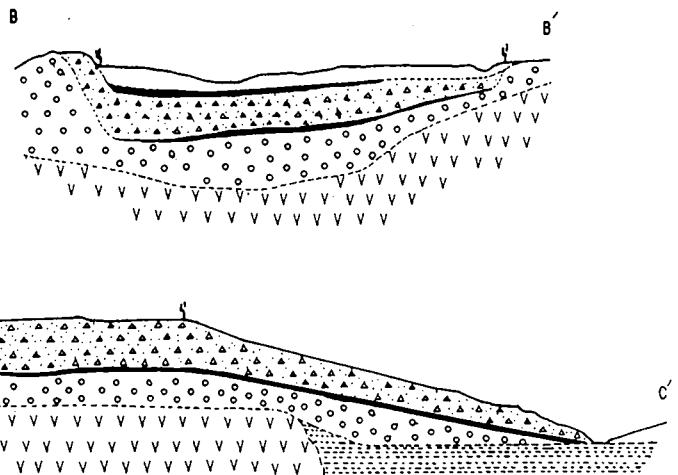


図-3 地質断面図

(2)崩積土Ⅱ 流紋岩の礫・転石を主体とする粘土混じり砂・礫よりなり、滞水層として斜面中央から下方にかけて分布している。

(3)崩積土Ⅲ 黒色泥岩及び青灰色凝灰岩の二次堆積物で10～30mmの礫を含み礫の表面は光沢を呈している。鏡肌を形成している。厚さ1～3m。

(4)崩積土Ⅳ 玄武岩の礫・転石を主体とする礫混じり粘土層で、礫は円礫を主体としている。

崩積土Ⅲは南部の露頭で4層確認し、N82°E, 23°Nの走向傾斜を示すのに対し、ボーリング調査の結果では1層しか確認されなかった。したがって、図-2及び図-3に示す地質分布と地質構造を求めた。崩積土Ⅲの分布は全体としては流れ盤構造となっているが、南部では20°前後の受盤構造となる。露頭で確認された4層の崩積土Ⅲは、地すべり末端部の隆起部分に位置し、過去の地すべり活動により移動し形成され地すべり斜面に対して受盤状に分布している。もともと1層として存在していた崩積土Ⅲが過去の地すべり活動の繰り返しにより、末端部分で隆起することにより地表面では4層見ることができる。

地すべり頭部に分布する崩積土Ⅰは、崩積土Ⅱを地すべり移動土塊とする地すべり運動により形成された頭部の陥没領域に堆積したものと推定される。

4. 地すべり機構

山田地すべりの特徴は、地すべり斜面の途中で移動方向が約90°変化していることである。移動方向の変化は、南-南西-西へと変化し、曲がりの外縁の亀裂は約150mの円を描いている。

(1)地すべり移動方向と移動量

地すべりの地表面での変動を調べるために、移動観測測量及び簡易変位板による測定を行った。その結果を図-4に移動方向及び移動量として示している。1ブロックの地すべり移動方向は南南西から南西へと変化し、さらに西に向かっている。斜面上部の南南西への移動は、東側の側方亀裂が開口亀裂であるのに対し西側側方亀裂が圧縮を伴っている現象と一致している。折れ曲がり付近の移動方向は、外側が南西方向であるのに対し内側が南へ向かっている。内側の移動は2ブロックの側方に地すべりの活動により南へ引っ張られている状態がうかがえる。移動量は斜面上部で大きく斜面下方で少なくなっている。また、折れ曲がり付近での移動量は内側で大きく外側で少なくなっている。この現象は南側に分布している崩積土Ⅲが抵抗土塊となり移動量を少なくしている。

2ブロックの移動方向は西方であり地すべり頭部付近の北側では西南西に向かって移動している。移動量は1ブロックと比較して3～5倍を示し、地すべりの中央が大きく両端が少ない値を示している。2ブロックの大きな移動は、地すべり形態が末端開放型であり

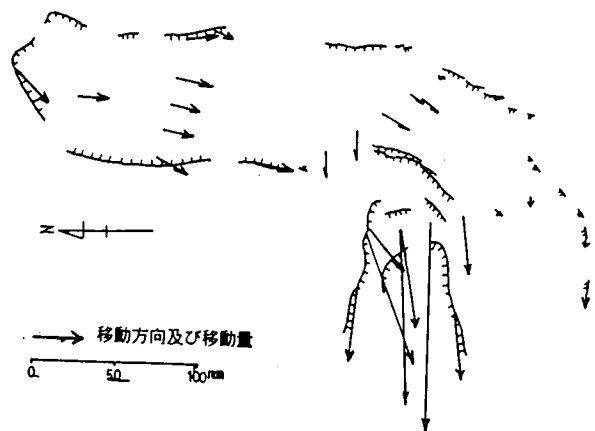


図-4 地すべり変動図

末端部分が焼野川の侵食攻撃を受けていることにある。

(2) すべり面とすべり面形成層

すべり面の深度を明らかにするために孔内傾斜計の観測を行った。その結果を図-5に示す。

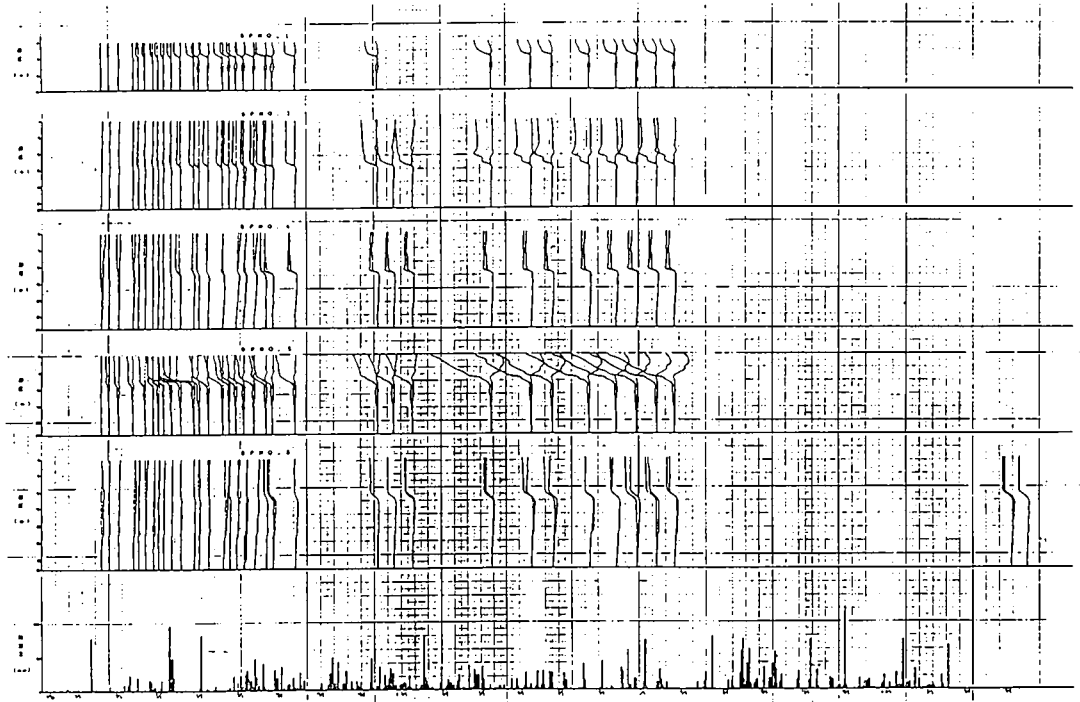


図-5 孔内傾斜計変動図

孔内傾斜計により得られたすべり面の位置には崩積土Ⅲが分布しており、崩積土Ⅲをすべり面とし崩積土Ⅰ・Ⅱを地すべり移動土塊とするすべり形態が明らかとなった。したがって、地すべりの移動速度や移動方向には崩積土Ⅲの分布状態が大きく作用しており、すべり面には鏡肌が形成され、その分布は直線ではなく波打った状態である。

5. まとめ

山田地すべりにおいて、発生した亀裂の状態と移動方向・移動量及びすべり面の分布状態が密接に関係していることが判明した。地すべりの活動は、降雨後の地下水上昇で活動を開始し3～7日で停止する断続的な動きを示していた。現在は地すべり防止工事が進行し地すべり停止まで至っている。

地下水及び伸縮計の変動状況や地すべり対策工については『山田地すべり(その2)』で述べる。

2-27 山田地すべり（その2）

—対策工法と効果について—

○ 島根県隠岐支庁農林部 米海昭雄

㈱ 日本海開発 子川桂三

1. はじめに

山田地区地すべりは島後の五箇村に位置し、指定面積72.0haで昭和44年に構造改善局所管の地すべり防止区域として指定を受けた。

昭和45年度から昭和50年度にかけて第一期地すべり防止工事を総事業費120,000千円で水路、排水トンネル、杭工等を実施した。さらに、昭和53年度から昭和55年度に総事業費23,100千円で承水路、集水井、水抜ボーリングの追加施工を行った。

以上の様に対策工事を実施し地区の安定が図られていたが、地区西部の松林・水田・県道・農道から牧場に至る斜面で平成元年5月の降雨により、県道、農道には段差及びクラックが発生し、水路は破損、陥没し、農地のいたる所にクラック発生した。

そこで平成元年度において、災害関連緊急地すべり対策事業で採択を受け、対策工事を実施中である。

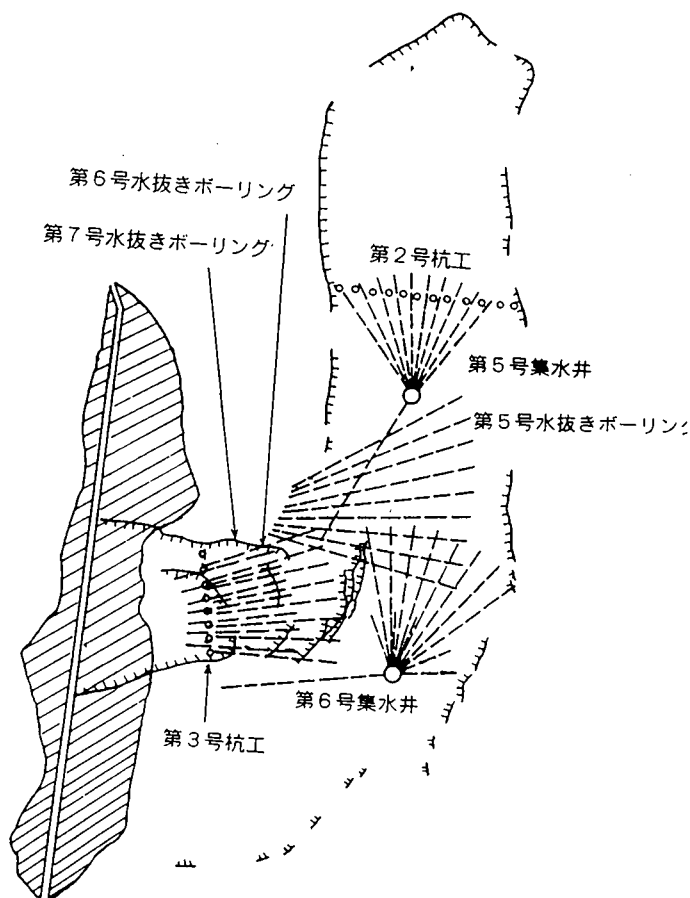
本稿は、本地区でも地すべり規模、被害等の最も大きい第1、2ブロックの対策工法と現在までの効果をまとめたものであるが、2ブロックについては現在施工中であり、効果が明らかでないため1ブロックについて述べる。なお、本地区の地質構造、地すべり機構については、別稿（その1）で述べられているので参照されたい。

2. 地すべり対策工法

2-1 対策工法の選定と施工位置

地すべり活動の原因が地下水にあることは別稿（その1）で明らかであり、地下水排除工による地すべり停止を目的として対策工法の選定を行なった。

地下水排除工は、地すべり頭部付近で地下水排除を行なえば最も効果的であるが、当地すべりブロックの場合地すべり頭部付近の地下水がすべり面以深の基岩付近に位置しているためこの位置での地下水排除は効果が少ない。



第1号押え盛土工

図-1 対策工平面図

よって、地すべり斜面中位部に滞水層が厚く分布し地下水が高い状態であるため、最も地下水排除効果が得られる斜面中位部に地下水排除工を計画した。地下水排除工の規模は、地すべり活動が停止したと判断できる安全率 $FS=1.05$ を目標に計画した。

さらに本ブロックの目標安全率 $FS=1.20$ を満足させる工法として杭工を採用した。

まず、地下水排除工であるが、本ブロックは活動中の地すべり

であり地すべりブロック外から水抜ボーリングを施工、し $FS=1.00$ まで増加させる。次に、斜面中位部のブロック内で集水井により $FS=1.05$ を目標に計画した。

集水井の深度は活動中の地すべりであることを考慮し、集水井が破壊される恐れがあるためすべり面よりも浅くした。

また、斜面の末端部の焼野川では側方浸食が活発で地すべりを助長しているため、押え盛土工を計画し浸食防止と受働域の増大を図った。

2-2 杭工の位置選定と機能

抑制工（水抜ボーリング・集水井）の計画安全率に対する不足分を補うため、抑止工（杭工）を計画し斜面の安定を図る。

杭工の施工位置は、主働域と受働域の境界付近が最も有効であるが、本ブロックは保全対象となる最も重要な道路への変形を防ぐこと、地すべり移動方向が斜面中位部で折れ曲がっていること、また斜面下方は地すべりの幅が広く開放されていることを考慮して、県道の上部に施工した。

地下水排除工による斜面安定度が $FS=1.05$ であり、地すべり滑動はほぼ停止した状態と判断できるため剪断杭として計画した。ただし、杭の位置が斜面上位部にあるため、曲げ破壊に対する安全性の検討も行い杭の規模を決定した。

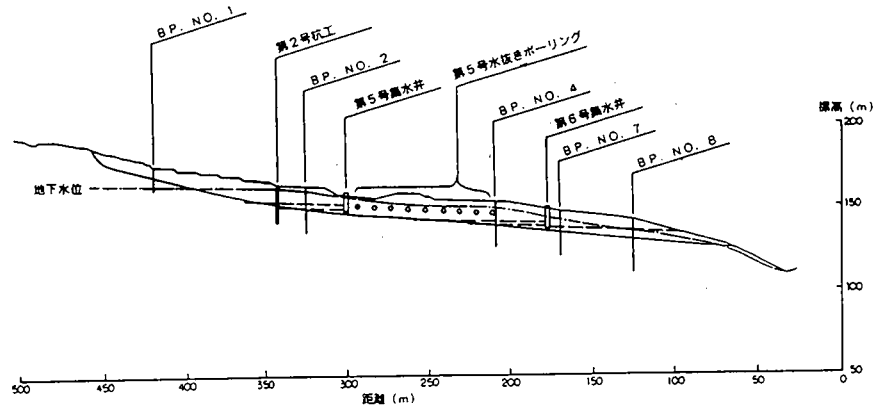


図-2 対策工平面図（1ブロック）

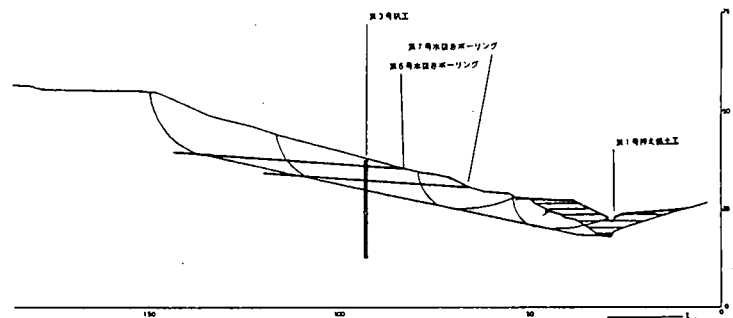


図-3 対策工平面図（2ブロック）

3. 対策工の効果

3-1 効果判定材料

対策工の効果判定材料（資料）としては、次のものが上げられる。

- 1) 地下水位測定
- 2) 伸縮計の測定
- 3) 移動観測杭等の観測

3-2 効果の判定

1) 地下水排除工

- ・平成元年度施工
- ・第6号水抜きボーリング
- ・第5号集水井（下段集水井ボーリング）
- ・第6号集水井（下段集水井ボーリング）

地下水観測と並行して、上記の対策工を行った。施工前と施工後の地下水位を比較すると、斜面上位部で6m、中位部で3mの地下水低下があった。（図-4）

その時点で、断続的な移動を示していた伸縮計の変動も停止した。（図-5）

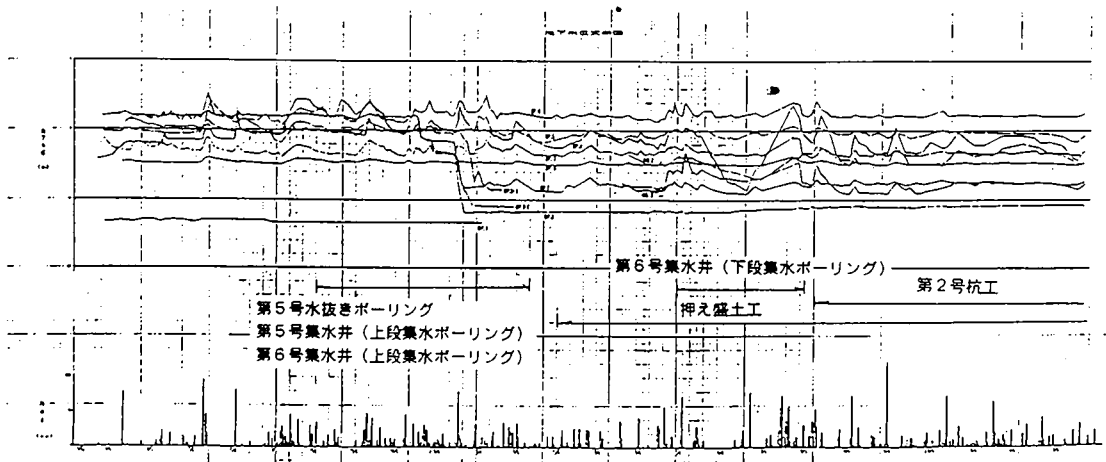


図-4 地下水位変動図

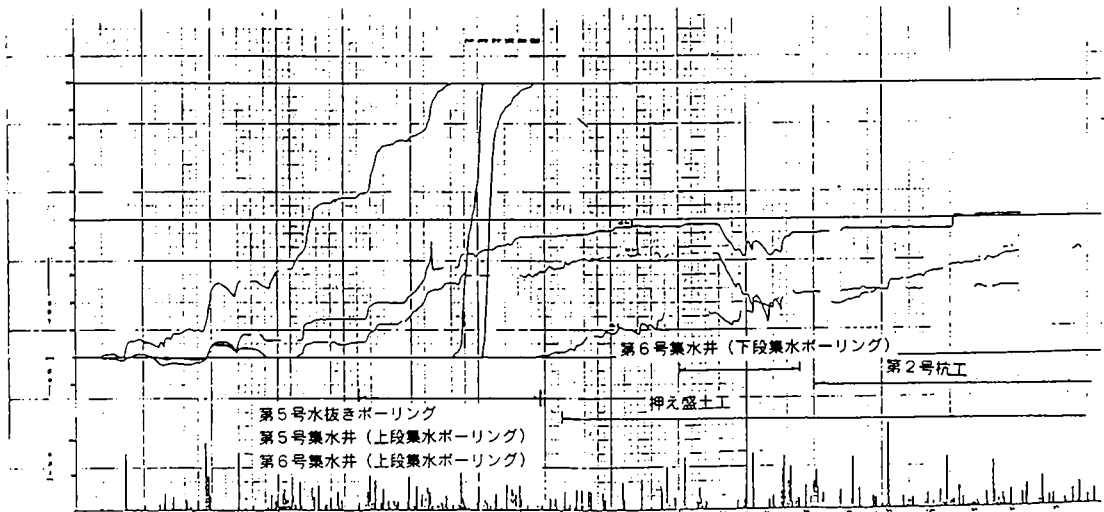


図-5 伸縮計変動図

地下水位低下後の斜面の安全率は、 $FS=1.056$ となった。平成元年度地下水位観測データから、平成2年度の対策工の検討を行った。その結果、第5号集水井付近ではこれ以上の水位効果を望むことは困難であり、上段集水ボーリングは不施工とした。

また、第6号集水井についてはさらに水位効果が望めるため、上段集水ボーリングを計画通り行うこととした。

- ・平成2年度施工
- ・第6号集水井（上段集水ボーリング）

施工後の地下水位観測結果より、斜面の安全率は $FS=1.068$ まで改善することができた。

これ以上の地下水排除には限界があり、計画安全率 $FS=1.20$ に対する不足分は、杭工で補うこととした。

2) 押え盛土工

平成2年1月～2月にかけて、2ブロックの地すべり滑動が活発化したため、当初計画していた地すべり末端部での押え盛土工を検討し、平成2年4月より工事に着手した。

平成2年度に応急押え盛土工が完了し、現在は計画断面に向けて施工中である。

3) 杭工

杭材は、SCW490-CF($\phi 318.5\text{mm}$ $t=33\text{mm}$)を使用し、計画本数30本のうち平成2年度に4本施工を行ない、残りの26本については現在施工中である。

4. 今後の課題

今後の課題として次の点が考えられる。

1) 杭工完了後の地下水状況（ダムアップ現象）

杭工のグラウト施工により、斜面上位部の地下水が上昇する可能性があるため、今後も地下水位観測を継続し行なう必要がある。

2) 杭工の間のすりぬけ

土質が、レキ、玉石転石混じり土であるため、 N 値の信用性が低い。また、杭と杭の間、杭本体に孔内傾斜計を設置し観測を行なうことにより、すりぬけに対処する必要がある。

5. おわりに

島根県下の農地地すべりの規模は、一部を除いて小さく今回紹介した山田地区地すべりは、単一ブロックとしては被害、面積、深度とも大きいものに属する。この大きな地すべりを力で完全に抑止することは、膨大な費用と自然の大幅な改変を必要とするため、抑制工（水抜ボーリング・集水井工）主体の対策工が良いと判断した。

施工は、1ブロックについては平成3年度にすべて完了する予定であり、2ブロックについても水抜ボーリングを本年度施工し、杭工を平成4年度に施工する予定である。

最後になったが、島根県山田地すべりは、平成2年度地すべり学会の現地見学会の会場となった地区であるので、昨年度の資料も参考にいただければ幸いである。

また、隠岐島は太平記の舞台となった所でもあるので、機会があればぜひお越しください。