

第4章 地すべり監視体制構築の事例

地すべり監視体制を具体的に構築した事例を下記の通り紹介する。

4-1 第三紀層地すべり（東北地方）

本事例は、下記の継続的な監視が特に必要な地すべり地のモデルとした。

- ・④大規模で継続的な変動が予想される地すべりブロック

4-2 破碎帯地すべり（四国地方）

本事例は、下記の継続的な監視が特に必要な地すべり地のモデルとした。

- ・①再活動により重要な保全対象に影響を与える地すべりブロック
- ・②再活動により重要な既設地すべり防止施設へ影響を与える地すべりブロック
- ・③その再活動が周辺のブロックに対して影響を与えやすい地すべりブロック
- ・⑤異常降雨時等に突発的な滑動が予想される地すべりブロック

4-3 貯水池の地すべり（北海道地方）

本事例は、下記の継続的な監視が特に必要な地すべり地のモデルとした。

- ・①再活動により重要な保全対象に影響を与える地すべりブロック

4-1 第三紀層地すべりにおける検討事例

全国に多く分布する第三紀層地すべりは、目視確認が難しい慢性型活動を示すものが多い。特に、大規模な岩盤タイプの地すべりほど、長期にわたって活動が継続し、対策工事施工後も活動収束までに期間を要し、継続監視が必要となりがちである。こうした条件下では「長期間の継続監視が可能な監視システム」が要求される。

本事例は、山形県最上郡大蔵村「滝ノ沢地すべり区域」のCブロック（以下『滝ノ沢Cブロック』と称する。位置と外観を、**図-4.1.1**に示す）をモデル例とし、こうした条件に最適な監視システムを検討した。このブロックの選定理由を記す。

- ・ 既往の観測データの蓄積があり、対策事業概成後を想定した適・不適の判断材料が豊富なこと。
- ・ 目視確認が難しい緩慢な活動が持続しており、計器による観測への依存度が高いこと。
- ・ 深層の岩盤地すべりを有し、難易度の高い監視システムが要求され、課題が多岐にわたるため、網羅的な検討ができること。



図-4.1.1 滝ノ沢Cブロックの位置と外観

(1) 検討の流れ

滝ノ沢Cブロックは現在も抜本対策が未施工であるが、概成後の地すべり監視体制は、**図-1.4.1**、**図-1.4.2**に示すフローに従って検討を行った。

(2) 現状の地すべりブロックの状況

滝ノ沢Cブロックの現在の状況を、**表-4.1.1**に示す。また、同ブロックの平面図と主観線断面図を、**図-4.1.2**に示す（平面図上には、既往の観測地点を観測手法別に図示した）。既往の観測手法の適応性を評価するには、監視対象となる地すべりブロックの状況が重要な判断材料となる。

表-4.1.1 滝ノ沢Cブロックの現在の状況

ブロックの規模	長さ 800m、幅 500m 活動すべり面深度 20～50m、潜在すべり面深度 60～75m
地すべりタイプ	第三紀層地すべり 慢性型岩盤地すべり
活動状況	数 cm／年の活動、ただし融雪期に集中 小雪年は非活動となる
想定される誘因	融雪に伴う多量の地下水供給～間隙水圧の上昇
施工済み対策工	地表水排除工、浅層地下水排除工(水抜きボーリング) 深層地下水排除工(集水井、末端部のみ)
今後想定される対策工	深層地下水排除工(集水井群または排水トンネル)

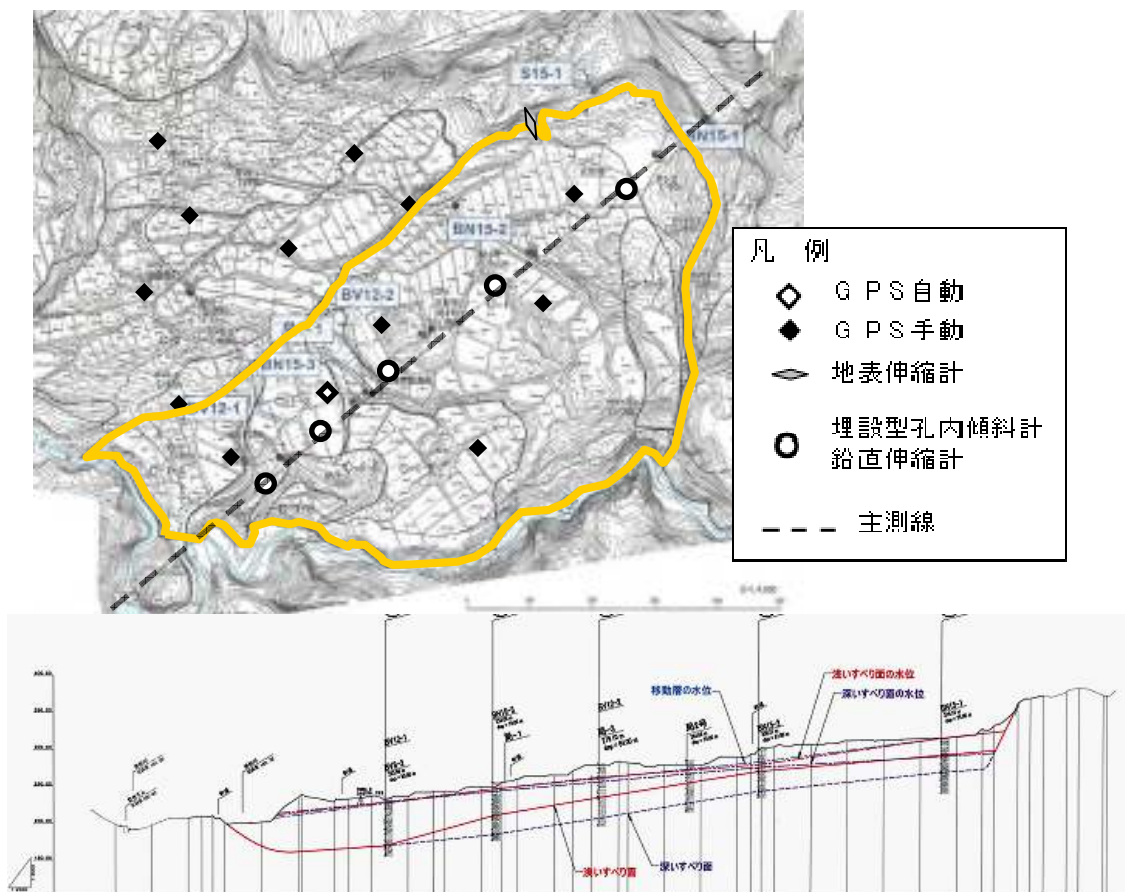


図-4.1.2 滝ノ沢Cブロックの平面図と主測線断面図

(3) 既往の監視体制の課題と評価

滝ノ沢Cブロックの既往監視体制で採用されている観測手法について、各手法の問題点を抽出したうえ、その解決策を検討し、滝ノ沢Cブロックの条件への適合性を評価した。その結果を表-4.1.2に示す。

表-4.1.2 滝ノ沢Cブロックの既往の観測手法ごとの課題、解決策、評価結果

観測手法	課題	解決策	評価
GPS	・表層地盤の傾動、表層地すべりと深層地すべりの重複による異常値発生	・架台の基礎を、 $N \geq 20$ 以上の地盤または平坦地に打設。手測りの場合は架台を設けず、測定時に三脚を持参・設置。 ・表層地すべりを避けるか(分離小丘が適地)、表層地すべり単独の変位を別計測し補正。	○
	・原理的に発生する値のばらつき、測定誤差の発生	・開空率(特に南側)を十分確保し、衛星捕捉数を向上。 ・固定点をできるだけ近傍に設定。	
地表伸縮計	・部分崩壊等の局所変動の影響による異常値	・局所変動しうる地形段差や亀裂を回避。 ・基礎部をできるだけ地下深部に設置。	×
	・活動ブロック境界からのズレによる無感応	・初期段階で長測線を分割測定するか、面的配置可能なGPS観測(手測り)により、ブロック境界を特定。 ・上記を経ても、慢性型地すべりの場合は、短スパンで正確にブロック境界を捕捉することは困難。	

設置型孔内傾斜計(有線式)	・変位の累積に伴う孔破断に起因する故障	・すべり面から若干ずらして設置(絶対変位量は得られないが、変動の有無確認は可能)。 ・完全な解決は、原理的に不可能。	○
鉛直方向伸縮計	・測定深度が深くなるほど、ワイヤ弛みによる無感応のリスクが増大	・設置時に注意。また、孔仕上げと同時に設置(仕上げ後の設置を避ける)。 ・ワイヤ固定深度を無用に深くせず、測定したいすべり面の直下とする。	△
	・一定量の変位が累積するまでの無感応期間	・保孔管の外側に、チューブに入れたワイヤを密着させて設置。 ・設置後当分の期間は、孔内傾斜計を併用。	
	・活動すべり面の深度と変位方向の特定が不可能	・設置後当分の期間は、孔内傾斜計を併用。または同一地点でGPS観測を行いクロスチェック。 ・多層移動量計の採用により、深度特定は可能。	

さらに、実際に監視システムを運用する上で課題となる事項について(表-4.1.3に示す)、各観測手法に対し評価を行い、これらの評価結果を、事業概成後の監視体制検討に反映させた。

表-4.1.3 各観測方法について評価した事項

課題となる事項	評価するうえでの着目点
耐久性(5年間を想定)	計器の自然劣化、特異気象による故障リスクなど
精度、感応性	観測値の精度・定量性、検知限界など
操作性、汎用性	計測・維持管理における労力や特殊技術の必要性
連続性、耐候性	天候等に関わらない連続データ、定時データ取得の可否
即応性	緊急時の計測・解析への即応性
設置コスト	設置、調整に要する経費
運用コスト	計測、解析、維持管理に要する経費

(4) 滝ノ沢Cブロックで事業概成後に想定される要監視事項

滝ノ沢Cブロックの形態と機構から想定される抜本対策は、深層の地下水排除工であるが、その効果発現から地すべり活動の収束までには、ある程度の年数を要する可能性がある。

このため、抜本対策工事の完了後もしばらくの期間は、融雪期において現在の変動Aレベルではなくとも、変動BないしC程度の活動が継続する可能性が否定できないことから、5年程度は挙動を監視し、活動の緩速化～収束をモニタリングすることが必要と考えられる。

(5) 滝ノ沢Cブロックの事業概成後の監視体制

滝ノ沢Cブロックの既往監視体制下の各観測手法の評価結果と、抜本対策後に想定される地すべり変動状況から、事業概成後の監視体制を表-4.1.4及び図-4.1.3～4.1.4のとおり、検討・机上構築した。

ここでの検討は、次の①～④の手順で行った。

①滝ノ沢Cブロックの現在(抜本対策未施工)の活動特性から、事業概成後(抜本対

- 策施工後)の活動特性を予測。
- ②上記①において、事業概成後の活動パターンを「対策工の効果が発現途上で、活動が収束しつつある段階」と「対策工効果が十分に発現し、活動が収束した段階」に区分。
- ③既往システムの観測手法のうち、改良によって問題点の解決が図れる場合、改良を検討。具体的には「鉛直方向孔内伸縮計」を、感度良好な「改良型多層移動量計」とする。
- ④既往システムの観測手法の評価結果に基づき、適用可能な観測手法の短所（特に解決困難な問題点）を相互補完するシステムを検討。③で改良した手法については、改良後の手法を検討対象とした。
- ⑤上記②～④の結果に基づき、事業概成後の滝ノ沢Cブロックで最も効果的・効率的な観測を行うための手法・配置を選定。

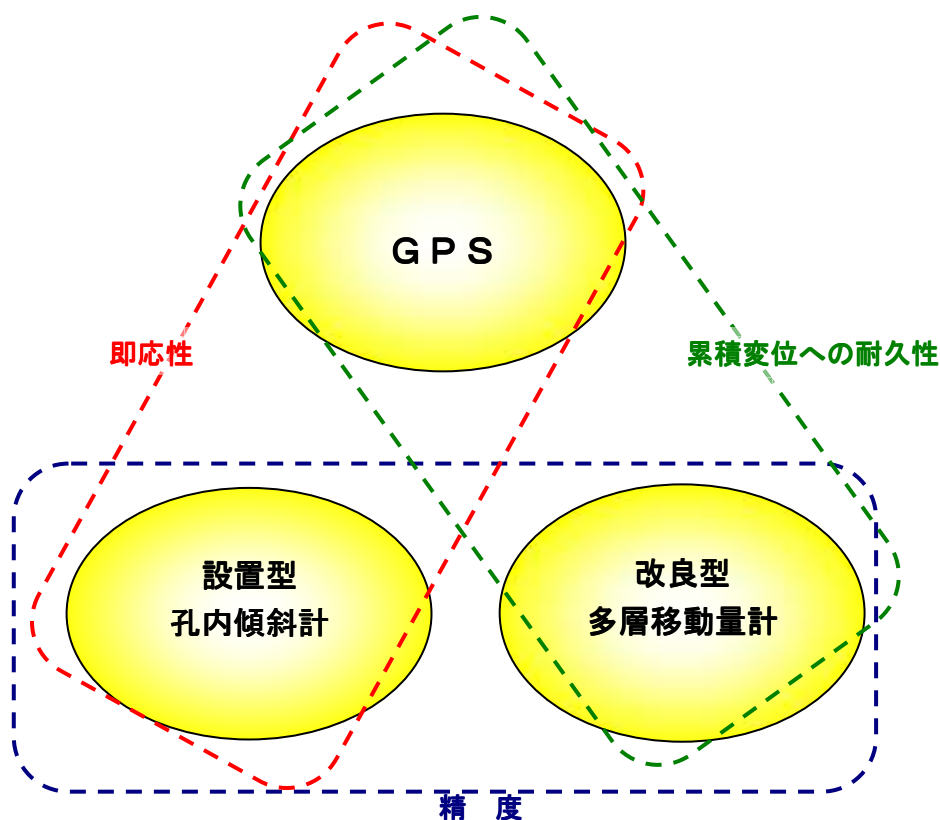


図-4.1.3 滝ノ沢Cブロックにおける観測手法の相互補完イメージ

表-4.1.4 滝ノ沢Cブロック事業概成後の観測手法の選定（案）

観測手法		活動収束中の配置	活動収束後の配置
地表変位	G P S 全自動	主測線の 1 点	G P S 手測りで変動を認めた場合のみ計測
	G P S 手測り	数点で年 2 回	数点で年 1 回
地中変位	埋設型孔内傾斜計(半自動)	主測線の 3 点 副測線の 1 点	— (耐久性低につき廃止)
	改良型多層移動量計(半自動)	埋設型孔内傾斜計に同じ	同左 (G P S 手測りで変動を認めた場合のみ計測)

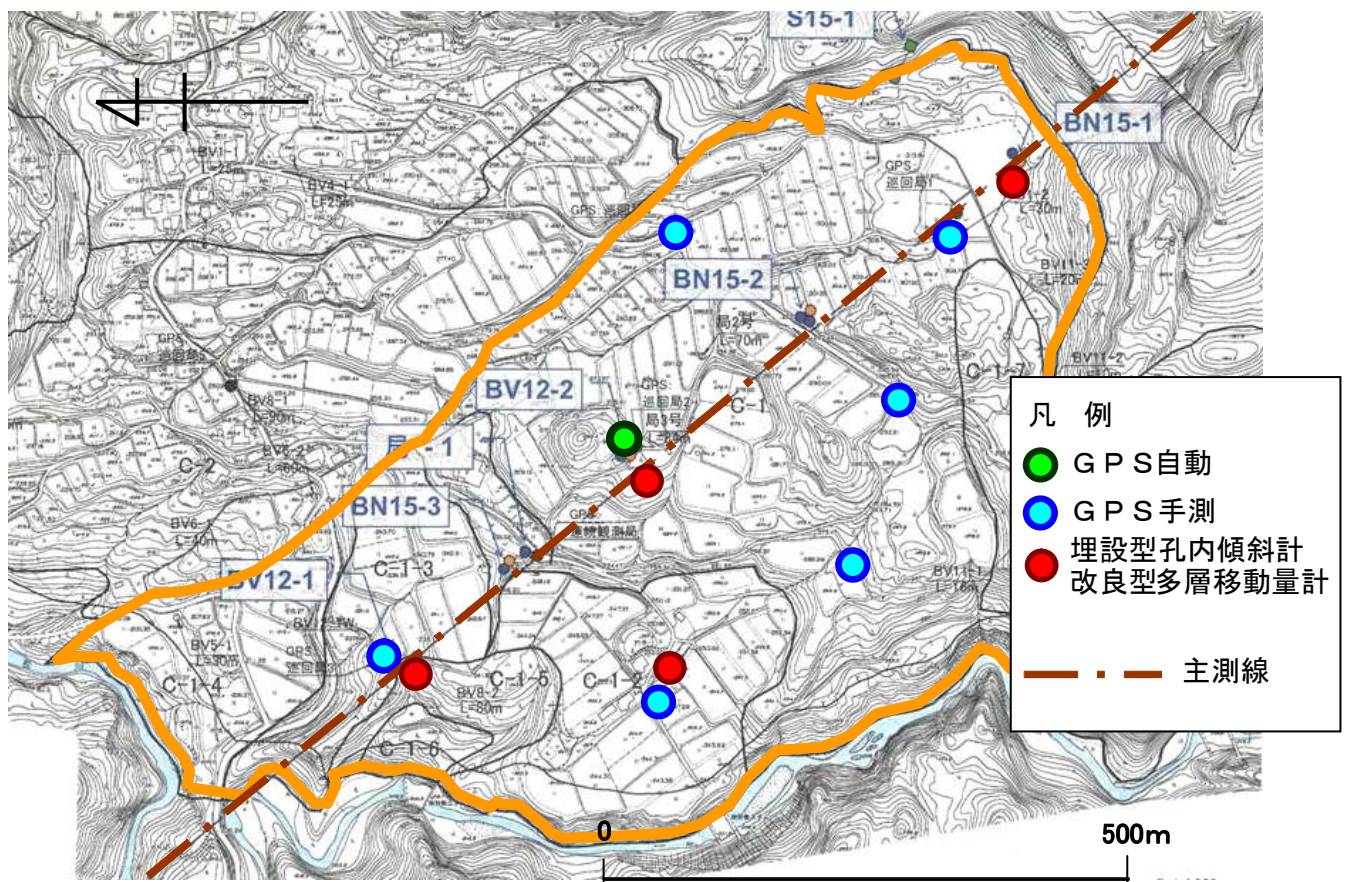


図-4.1.4 滝ノ沢Cブロックを対象とした観測機器の配置（案）

4-2 破碎帯地すべりにおける検討事例

高知県長岡郡桃原地区は三波川変成帯に属し、中生代に形成した結晶片岩が分布している。Cブロックでは深度 100m 近い大規模なブロック（風化岩地すべり）から小規模なブロック（崩積土地すべり）まで多様な地すべりブロックが、一連の長大な斜面に分布している。また、これまで豪雨時に孔内傾斜計観測孔が破断するなど急激な活動のあったこと、地下水は多重構造で地すべり機構は複雑であることなど破碎帯地すべりに多く見られる特徴を有する地すべりである。

Cブロックはこれまでに排水トンネルをはじめとする対策工がほぼ完了し、概成が間近となっている。Cブロックは大きくC1～C5の5つのブロックに区分されるが、前述のように大規模なブロックがあり、現状においても若干の変動の見られるブロックがあること、また人家等重要な保全対象があることなど、概成後も継続的な監視が特に必要とされる地すべり地であると考えられる。このため、概成後の地すべり監視体制の検討を行った。

桃原地区の位置図・地質略図を図-4.2.1に示す。

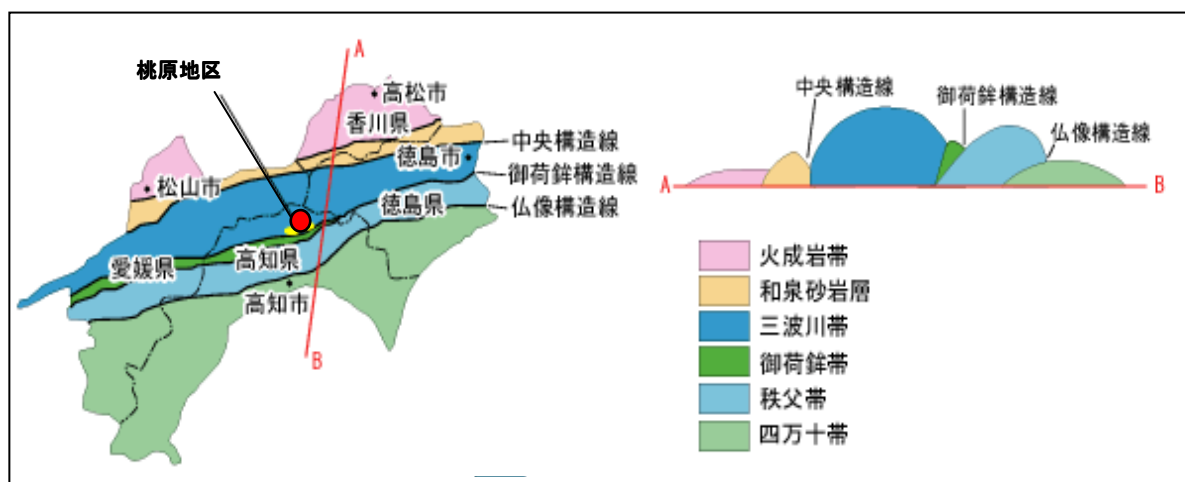


図-4.2.1 桃原地区の位置図・地質略図

(1) 検討の流れ

概成後の地すべり監視体制は、図-1.4.1、図-1.4.2に示すフローに従って検討を行った。

(2) 現状の地すべりブロックの状況

概成後の適切な地すべり監視体制を構築するためには、対象となる地すべりブロックの現状を把握する必要がある。よって、地すべりブロックの現状を表-4.2.1に整理した。また、地すべりブロックの平面図・断面図を図-4.2.2に示す。

表-4.2.1 桃原Cブロックの現在の状況

ブロック	C1	C2	C3	C4	C5
ブロックの規模	幅 750m 延長 600m 深さ 95m 大ブロック	幅 350m 延長 350m 深さ 60m 大ブロック	幅 300m 延長 300m 深さ 25m 中ブロック	幅 300m 延長 300m 深さ 35m 中ブロック	幅 200m 延長 130m 深さ 15m 中ブロック
地すべりタイプ	破砕帯地すべり 風化岩地すべり	破砕帯地すべり 風化岩地すべり	破砕帯地すべり 風化岩～崩積土地すべり		破砕帯地すべり 崩積土～風化岩地すべり
地下水状況	頭部に厚く分布	右側頭部に厚く、左側頭部に薄く貯留	頭部に約 20m と厚く貯留	頭部に約 20m と厚く貯留し、末端部は、薄く貯留	全体に地下水を貯留
分化状況	一体化して活動		2～3 ブロックに分化して活動しやすい	降雨により小ブロックに分化しやすい	
活動状況と現在の変動レベル	定常的な変位 変動レベル C 未満 (4mm/年)	定常的な変位主体 (一部降雨に应答) 変動レベル C (7mm/年)	降雨に应答する変位と定常的な変位が混在 変動レベル C 未満 (1mm/年)	降雨に应答する変位が多い 変動レベル C (10mm/年)	降雨に大きく应答する 変動レベル C 未満 (1mm/年)
対策工	集水井、排水トンネル	集水井主体	集水井、水抜きボーリング主体		水抜きボーリング主体

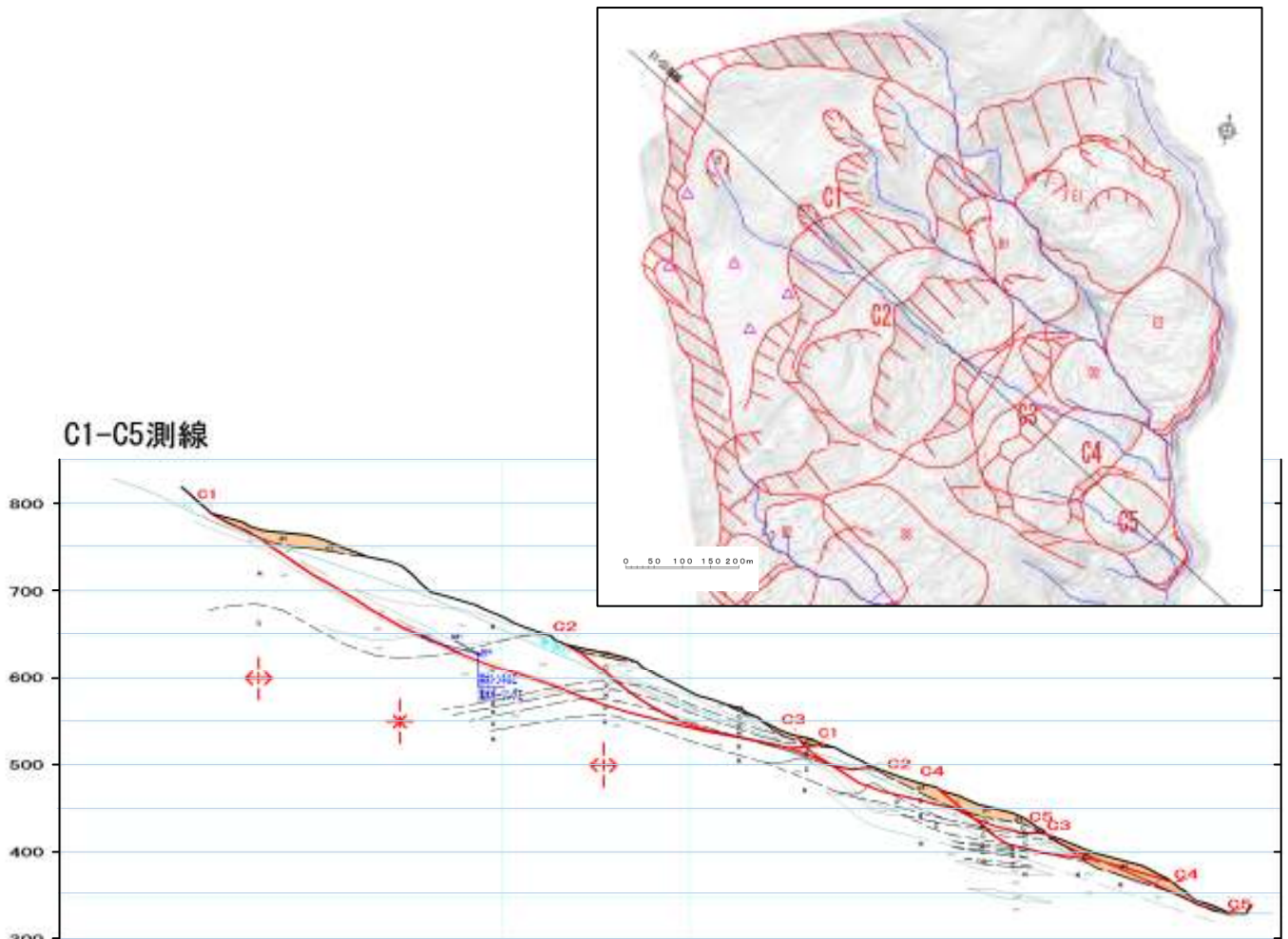


図-4.2.2 桃原Cブロックの平面図と主側線断面図

(3) 対策後の評価・観測体制の課題を抽出

(2)より桃原地区のCブロックの状況が判明したため、対策工の評価を確認し、概成後の観測を行うに当たっての課題を抽出した。表-4.2.3に対策後の評価及び概成後の課題を示す。

表-4.2.3 対策後の評価及び概成後の課題

ブロック		C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
対策後の 評価	地下水位	水位低下あり	水位低下あり	水位低下不明瞭	水位低下あり	水位低下不明瞭
	変位	変動C未満の変位が継続	変動Cの変位が継続	変動C未満の小さい変位が継続	変動Cの変位が継続	変位停止
概成後の課題		・大規模な地すべりの定常的な小変位の評価と監視 ・大規模な地下水排除工の長期にわたる機能監視 ・監視体制の見直し方針		・中規模な地すべりの定常的な小変位の評価と監視 ・豪雨による大規模変位に対する評価と監視 ・地下水排除工の長期にわたる機能監視 ・観測計器を設置した場合の計器破損への対応 ・監視体制の見直し方針		

(4) 概成後の地すべり監視体制の方針

表-4.2.3に示した課題を解決するために、地すべり監視体制の方針を表-4.2.4のように検討した。

表-4.2.4 地すべり監視体制の方針

ブロック		C1	C2	C3	C4	C5
概成後に 求められる 監視体制方針	全体	変動の見られるブロックの継続的監視と末端ブロックの豪雨時等の監視が重要				
	巡回目視	地すべり観測の主体として実施が必要				
	変位観測	地中観測の継続的な監視が必要		巡回目視時に異常が認められた場合、地中観測等による監視が必要	地中観測による継続的な監視が必要	巡回目視時に異常が認められた場合、地中観測及び簡易な地表面観測等による監視が必要
	地下水位観測	地下水位の連続観測は実施しない。(変位に対する応答性が低い)				
	既存観測孔	概成判断に利用した観測孔を存置する(異常発生時、再観測に利用)				
	対策工機能確認	主要対策工(排水トンネル・重要な集水井及び重要な抑止工)で効果確認が必要				

(5) 地すべり観測の手法の選定・配置

表-4.2.4に示した地すべり監視体制の方針に従って、各ブロックの観測手法を選定・配置した(表-4.2.5、図-4.2.4)。コスト面が大きな課題である概成後の監視体制なので「①巡回目視を主体とする、②観測は手動方式を主体とする、③観測頻度は年に2~4回程度を想定する」ことを基本方針とした。

ただし、C2ブロックでは、観測コストとしては手動方式と半自動方式に大きな差がないが、大規模なブロックで観測深度が深く概成後の観測作業をできるだけ省力化したいことと、地下水排除工の効果に伴う変位速度の緩速化傾向を早期に把握したいことなどから、半自動の孔内傾斜計観測を選定した。

また、巡回目視中に変位が発生すると想定される箇所には、簡易計測が可能な鉈等設置することとした。

表-4.2.5 地すべり観測手法の選定・配置

ブロック	全体		C1	C2	C3	C4	C5
概成後の最適な観測手法	・観測手法 概成後は、巡回目視が主体となる。 ・観測方式 概成後は手動方式が主体となる。 ・観測頻度 定期観測は、当初年2～4回程度実施し、現地状況により観測頻度を変更する。 臨時観測は豪雨や地震後に実施する。	巡回目視	重要度に応じて、精査ルートと概査ルートの巡回ルートを設定する。 重点確認箇所などの事前記録を用意する。 変位発生予想部に、鉈等を設置し、巡回目視時に測定する。 (定期・臨時)			重要度に応じて、精査ルートと概査ルートの巡回ルートを設定する。 重点確認箇所などの事前記録を用意する。 変位発生予想部に、鉈等を設置し、巡回目視時に測定する。 精査時に、異常がないか確認する。 (定期・臨時)	
		既存観測孔	既存観測孔を存置する(孔口の保全)。				
		地表移動量	堅固な測量基準点を1～2箇所程度設置しておく(排水トンネル坑口、集水井等の対策工や堅固な構造物に設置、異常確認時の臨時観測用)。				
		地中移動量	巡回目視時に、排水トンネル内の点検・監視を行う。特に <u>すべり面位置周辺</u> 。 (定期、臨時)	孔内傾斜計観測を行う(半自動～手動)。 (定期、臨時)	異常発生時には、存置した観測孔で、孔内傾斜計観測を行う(手動)。 (臨時)	孔内傾斜計観測を行う(手動)。 (定期、臨時)	異常発生時には、 存置した観測孔で、孔内傾斜計観測を行う(手動)。(臨時観測) 変位状況に応じて、 孔内傾斜計観測孔を地中伸縮計に切り替える。
			巡回目視時に確認できるよう、簡易計測が可能なすべり面測定管等を設置する。				
		地下水位	巡回目視等で異常発生時に観測を実施。				
		地すべり防止施設の機能確認	排水トンネルからの排水量の経時観測及び巡回目視を実施。 (定期、臨時)	巡回目視を実施。 (定期、臨時)			
		監視体制の見直し	変状や変位の発生や拡大傾向が認められない場合は、必要に応じて、観測体制(測定頻度、手法)を見直す。				

(6) 観測結果の評価と活用

観測結果に基づく管理基準値と対応方針を事前に設定し、迅速に対応できるようにする。管理基準値は、当初は一般的なものを使用するが、観測状況により柔軟に見直していくこととする。また地すべり監視体制そのものについても見直していくこととする。

一般的な地すべり観測計器の耐用年数は5年程度といわれていることから、これら計器による観測は5年程度を予定する。その後は巡回目視を主体とした監視体制に移行することを想定しているが、地すべりの活動状況によっては観測計器の更新も検討する。

地元住民や関係機関への連絡体制についてもあらかじめ十分な体制を作っておくこととする。

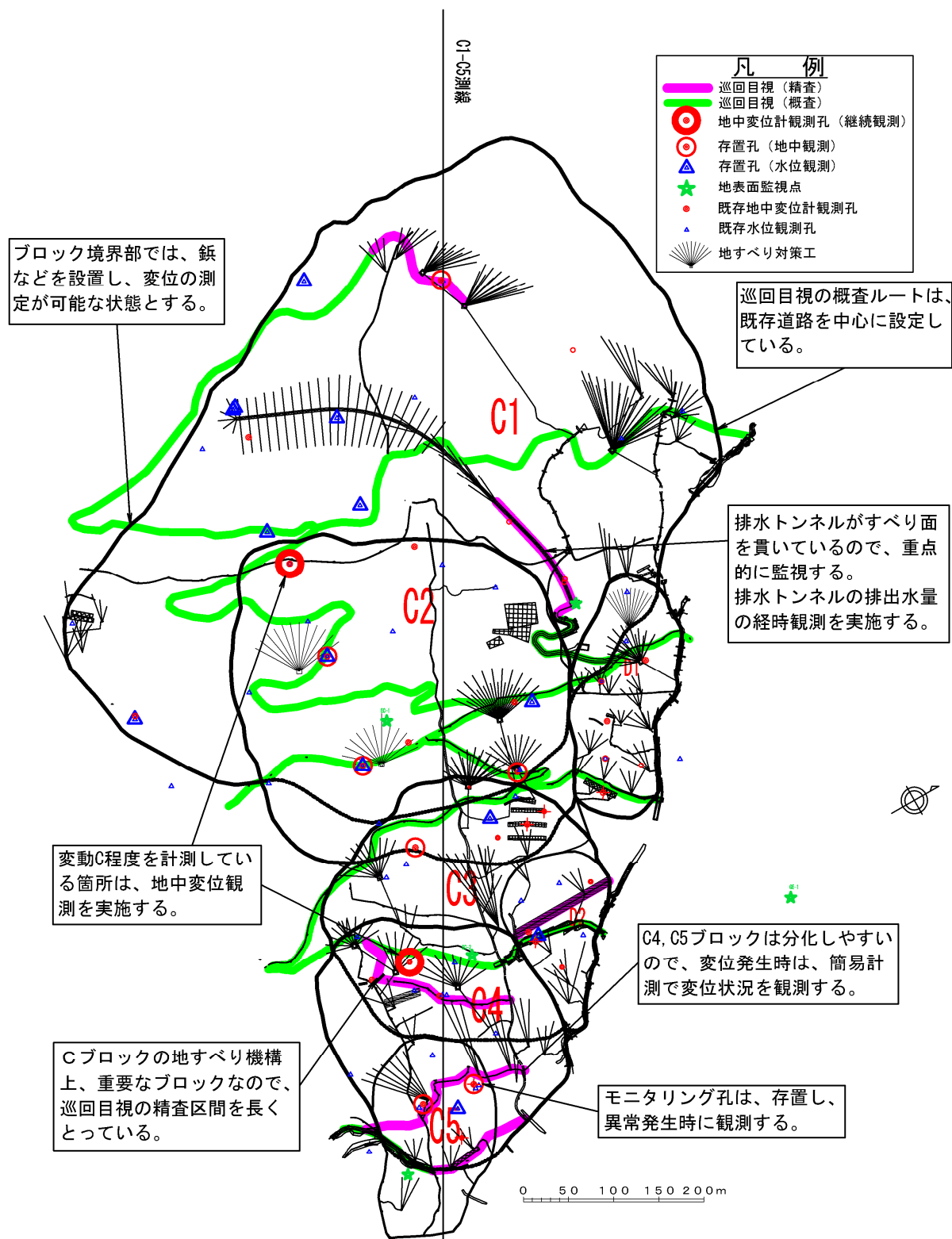


図-4.2.4 桃原Cブロックを対象とした観測機器の配置

4-3 貯水池の地すべりにおける検討事例

貯水池周辺地すべりは、再活動した場合にはダム本体及び貯水機能に大きな影響を与える恐れがあることから、地すべり対策事業概成後も継続して監視が必要である。貯水池周辺地すべりにおける最適な監視体制を明らかにするため、北海道内のAダム貯水池左岸に位置し地すべり対策事業実施中の地すべりについて、概成後における監視体制の予察的な検討を行った。Aダムは年間最大積雪深が2m 近くになる積雪地帯の農業用ダムであり、貯水池の左岸部全体が地すべり防止区域に指定されている。

(1) 検討の流れ

概成後の地すべり監視体制は、**図-1.4.1**、**図-1.4.2**に示すフローに従って検討を行った。

(2) 現状の地すべりブロックの状況

検討対象の地すべりは、長さ110m、幅約85m、最大すべり面深度約15mの規模である。地質が軟質化しやすい第三紀の泥岩から構成され、さらにブロック内の地下水位が高いことが地すべりの要因となっている。地すべりの状況を**図-4.3.1**～**4.3.3**に示す。



図-4.3.1 地すべりの全景（落水時）



図-4.3.2 地すべりの水没状況

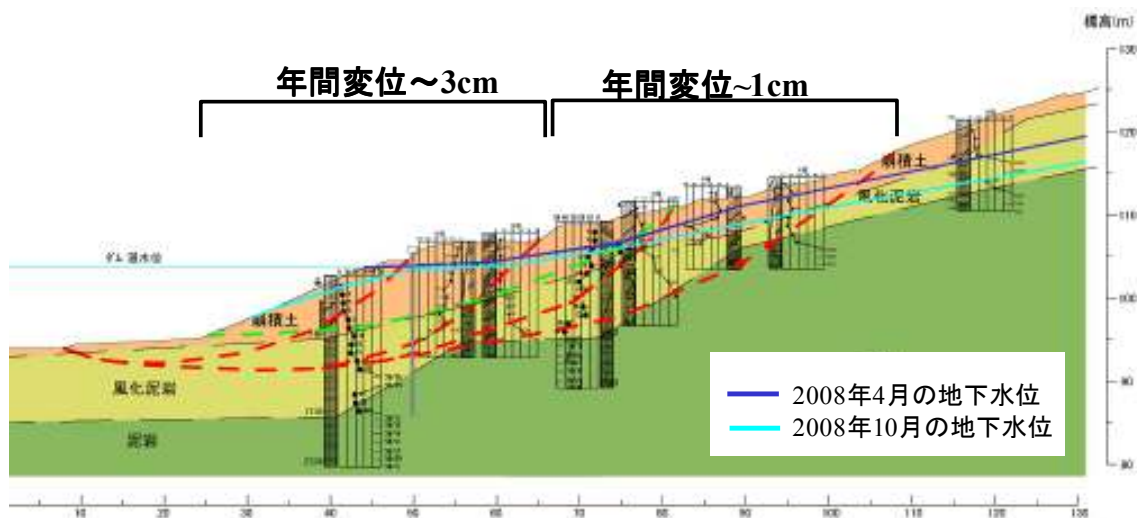


図-4.3.3 地すべりの主側線断面図

地すべり対策工として平成 11 年度までに水抜きボーリング工、杭打工、押え盛土工、護岸工等が実施されているが、その後も地すべり滑動が継続して生じている。図-4.3.3 の断面図に示すとおり、地すべりは 4 ブロック程度に区分でき、上部ブロックの動きはほとんど見られないが、中～下部ブロックは活動的で年間最大 3 cm 程度貯水池方向に移動している。現在、孔内傾斜計 10 孔、地下水位観測 5 孔、移動杭観測 7 点において地すべり観測が実施されており、今後、押え盛土による対策が予定されている。

(3) 地すべり監視体制の課題

上記のような地すべりの特徴から、地すべり監視に当たっては、ブロック毎の滑動状況を面的に把握すること、貯水池の保全のため積雪期を含め地すべりの徴候を早期に発見することが課題である。

また、北海道では、地すべり対策事業概成から 3 年間は専門技術者へ委託して計器を用いた地すべり観測を実施し、4 年目以降は市町村あるいは土地改良区等が北海道の委託を受けて巡回目視を主体とした地すべり防止区域の管理を行っている。このため、本地すべりにおいても概成後 4 年目以降は、土地改良区が地すべり監視を行うことが想定され、長期に渡って低コストで実施でき、かつ、できるだけ専門知識を必要としない観測方法が求められていた。

(4) 概成後の地すべり監視体制の方針

貯水池周辺地すべりでは、貯水位の人的操作が地すべりの安定性に影響を与え、地すべり土塊の水没による浮力の発生や地下水位の上昇、貯水位の急速な下降による残留間隙水圧の発生が地すべり発生の要因とされている。さらに、水際斜面の浸食・崩壊が地すべり土塊を不安定化させる。このような貯水池周辺地すべりの監視に当たっては、地すべり移動量の観測に加えて、貯水位変動にともなう間隙水圧の動向に着目するとともに、特に水際斜面（下部ブロック）の変状に注意する必要がある。このような貯水池周辺地すべりの特徴及び本地すべりの特徴・課題を踏まえて、地すべり監視体制を構築する。

概成後 3 年間は、既設の孔内傾斜計観測孔、地下水位観測孔・観測計器、移動杭を利用して、専門技術者が地すべり観測を行う。また、積雪期においても地すべり変位を早期に発見するために、積雪の影響を受けにくい地中移動量のリアルタイム遠隔自動観測を行う。

下部ブロックを対象として長期に渡って低コスト・簡便に面的な地すべり観測を行うため、測量手法を用いた地表移動量観測を実施する。さらに、地表変状の確認及び地すべり防止施設の点検のため、巡回目視を行う。概成後 4 年目以降の地すべり監視は、地表移動量観測、巡回目視、手測りによる地下水位観測を主体とする。

また、ダム堤体・貯水池の点検・観測と連携して地すべり監視を行い、観測データを適切に整理、蓄積、評価し、地すべり防止区域やダムの管理に活用する。

(5) 地すべり観測の手法の選定・配置

① 地表移動量観測の適用性

測量手法を用いた地表移動量観測は、ボーリング孔を利用した地中移動量観測に比較して低コストで長期に渡って面的な観測が可能である。地表移動量観測の方法には GPS やトータルステーション (TS) による多点観測、写真計測、レーザープロファイラー (LP) 計測等がある。地表移動量観測は、計測精度が特に植生の影響を受けることから、本地すべりを植生条件から図-4.3.4に示すとおり5区域に区分し、各観測方法の精度の比較を行った。その結果、植生の無い護岸構造物や抑止杭設置箇所に比較して、草地や樹木のある区域では計測精度が低くなるか、現地作業性が悪くなることが明らかとなった(表-4.3.1)。なお、地上写真計測では、観測対象範囲にターゲットを多数設置してその位置を計測するとともに基準点(座標既知点)を写真画像内に写し込む等により、計測誤差を数 cm まで低減可能である。



図-4.3.4 地すべりの空中写真と植生区分図

表-4.3.1 地表移動量観測手法の観測精度とその特徴

	区域	GPS 計測	地上写真計測	LP 計測	TS 計測
観測精度	高木	誤差：10cm 以上 開空率が不足し計測不能な場合有	植生により計測不可能	樹木によるノイズのため、誤差：50cm 以上	観測点が見通せない場合には、伐開や見通しが可能な箇所まで計器を移動させることが必要
	低木	誤差：5～10cm 開空率が不足し計測不能な場合有		樹木によるノイズのため、誤差：30～50cm	
	草地	誤差：1～2cm	誤差：10cm (計測方法の工夫により数 cm まで低減可能)	誤差：3cm	誤差：～1cm
	抑止杭				
	護岸構造物				
特徴		上空視界が必要。 固定点から離れている場合等に適する。 経費はやや高価。	精度はやや低いが、現地作業は非常に簡便。 解析には習熟が必要。 経費は安価。	現地作業は非常に簡便だが、解析に技術者が必要。 経費はやや高価。	精度が高い。固定点が多く近く視通が容易な場合に適する。 経費はやや高価。

上記のように、植生の影響が小さい箇所における地表移動量観測の計測誤差は数 cm オーダーであり、移動量の大きい地すべりの観測には適用可能である。これらの方法の中でも、写真計測は、現地作業が非常に簡便であり、長期的、低コストに地すべり監視を行うのに適している。

② 検討対象地すべりにおける最適な監視体制

本地すべりにおいて、地すべり移動量が大きく、護岸構造物で覆われ植生の影響を受けない下部ブロックを面的に観測するために、測量手法を用いた移動量観測の中でも安価で容易に実施できる写真計測を採用する。計測（撮影）は、落水後の 10 月に実施する他、豪雨や地震後等にも行う。写真計測の精度を高めるためには基準点の正確な座標を与えることが望ましいため、必要に応じて TS 等により基準点の測量を実施する。

植生で覆われている上～中部ブロックでは、既設ボーリング孔を利用した挿入型孔内傾斜計観測を行う。孔内傾斜計観測は、データロガーによる地下水位観測のデータ回収と合わせて、融雪期（5 月）、夏の多雨期（7 月）、初秋の落水期（9 月）、晩秋の降雪前（10 月）の年 4 回実施する。地すべりの移動量を面的に把握するためには、GPS や TS による多点観測も有効であるが、本地すべりの規模では、写真計測と孔内傾斜計観測のみでも面的な観測は可能である。

地中移動量のリアルタイム遠隔自動観測には、比較的安価に設置できる鉛直方向伸縮計観測が適当であり、地すべり移動量が比較的大きい下部ブロックに 1 箇所設置し、ダム管理棟までデータを送信したのち、携帯電話網等を通じてリアルタイム観測を行うことが考えられる。鉛直方向伸縮計については、大深度の観測等で不具合が生じている事例もあるが、本地すべりでは最大すべり面深度が 15m 程度と比較的浅く、正常な観測が期待できる。

本地すべりでは、融雪時期と秋から冬にかけての時期に地下水位が高い傾向がある。このため、5 月と 10 月に既設ボーリング孔を利用した手測り観測を行って地下水位の状況を把握するとともに、横ボーリング工の排水量の計測を行い、排水機能を評価する。

また、植生の少ない 5 月・10 月及び豪雨・地震後に地すべり地全域の巡回目視を行う。

以上の検討を踏まえて、本地すべりにおける最適な監視体制案を表-4.3.2 と図-4.3.5 に示す。このような監視は、表-4.3.3 に示す A ダムの管理と一体的に行うこととした。

表-4.3.2 検討対象地すべりにおける監視体制（案）

観測の目的	観測方法	実施箇所	実施時期
地すべり移動層の変位の把握	挿入型孔内傾斜計観測 （手測り）	既設ボーリング孔を利用して、植生の多い上～中部ブロックを中心に観測（10孔）	概成後3年間 年4回（5,7,9,10月）
積雪期を含む地すべり変動の早期発見	鉛直方向伸縮計 （リアルタイム遠隔自動観測）	地すべり変位が比較的大きい下部ブロックで観測（1箇所）	概成後3年間 （連続観測）
地表移動量の把握	写真計測（地上撮影） 必要に応じてTS等による基準点測量を実施	地すべり変位が大きい下部ブロック造物で観測	年1回（10月） 豪雨・地震後
地表変状の確認 地すべり防止施設の点検	巡回目視	地すべり地全域 地すべり防止施設設置箇所	年2回（5,10月） 豪雨・地震後
地下水状況の把握 地すべり防止施設の機能の評価	地下水位観測 （データロガー半自動観測）	既設ボーリング孔（6孔）	概成後3年間 データ回収 年4回（5,7,9,10月）
	地下水位観測（手測り）	既設ボーリング孔（6孔）	年2回（5,10月）
	横ボーリング工の排水量計測	横ボーリング工（2施設）	年2回（5,10月）

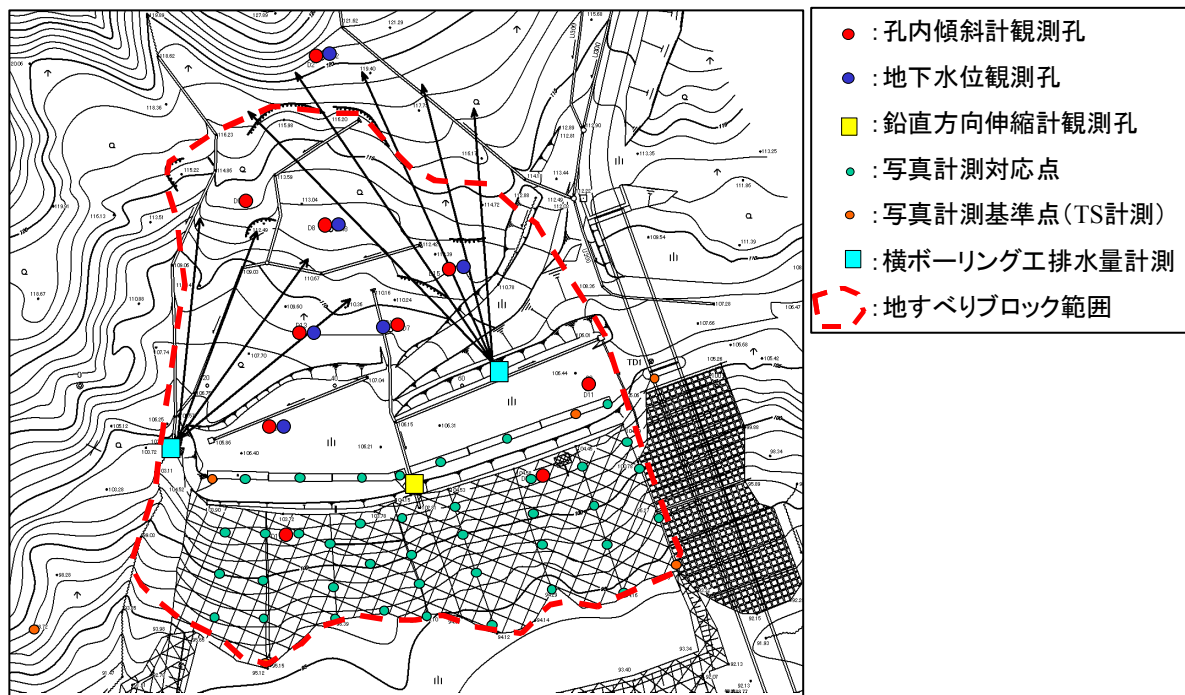


図-4.3.5 検討対象地すべりにおける観測機器の配置

参考 A ダムの管理状況（一部）

項目	内容	実施時期
ダムの変形	堤体表面変位量の測量	年4回（5,7,9,10月）
堆砂の状況	貯水池内及びその末端付近の横断測量	年1回（10月）
点検及び整備	ダム及び貯水池等の点検及び整備 （貯水池附近の土地の形状の変化の観測等を含む）	定期及び時宜 （特に洪水、暴風雨、地震等の発生後）
地震発生後の臨時点検	取付部周辺地山及び貯水池周辺地山における漏水、亀裂、崩落、地すべりの状況の点検	震度4の地震発生後