

地すべり監視体制構築の手引き

-地すべり地の安全・安心のための効率的な地すべり監視体制-

農林水産省農村振興局農村環境課

平成 23 年 8 月

農 林 水 産 省

手引きのポイント

この手引きは、地すべり地の適正な管理を行うため、地すべり対策工事概成後も継続的な監視が特に必要とされる地すべり地*において、最適な地すべり監視体制を構築する上で参考とすべき事項をまとめたものである。

*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や、大規模で継続的な変動が予想される地すべりブロックなどで個々の地すべり地において検討する。(P. 19 1-4 地すべり監視体制構築の流れ 参照)

1. 地すべり監視の意義

地すべり現象の予知・予測は難しく、地すべり対策工事実施後にも地すべりが発生する場合がある。地すべり災害を未然に防ぐためには、継続的に地すべりを監視することにより、地すべり現象を早期に検知し、適切な対応を行う。

地すべり監視の基本は巡回目視である。巡回目視により地すべり前兆現象の把握や制限行為の監視、地すべり防止施設の機能の評価を適切に行う。

地すべり地の管理においては、過去の地すべり機構調査結果、対策工事の仕様や数量、経年的な各種観測データ、その後の地すべり監視結果などを蓄積しておくことが極めて重要である。

継続的な監視が特に必要な地すべり地の監視体制は、①観測機器の選定、②観測機器の配置、③観測方式の選定等について検討を行って、地すべり対策事業実施中に調べておく。また、観測結果を評価しながら、構築した監視体制は適宜見直す。

2. 地すべり監視の概要

地すべりの監視は、各種の観測機器を用いて行うことから、観測手法や観測方式についての最新の動向を踏まえる必要がある。

一方で、観測コストを抑えるために、巡回目視と併用できる簡易計測手法やコストの低い観測手法を有効に活用する。

3. 地すべり監視体制の構築

地すべりの監視体制における観測は、主に地すべりの移動状況を把握する観測と地下水位の観測である。地すべりの活動状況（変動レベル）を勘案し、機器を選定する。

地すべりの観測方式（手動方式、半自動方式、全自動方式）は、コストを考慮のうえ、地すべりの活動状況等を勘案し、必要とされるデータ期間、データ密度、データ品質、即時性の要否等を検討して選定する。

地すべりの活動状況を評価し、地すべり災害を予防あるいは被害を最小規模にとどめるため、観測結果による評価と活用の基準を事前に設定しておく。

目 次

地すべり監視体制構築のフローチャート	5
はじめに（手引きの目的）	6
第1章 地すべり監視の意義	8
1-1 地すべり監視の意義	8
1-2 地すべり監視の基本—巡回目視—	11
1-3 既往データ蓄積の重要性	15
1-4 地すべり監視体制構築の流れ	19
第2章 地すべり監視の概要	23
2-1 観測手法について	23
2-1-1 地表移動量	25
2-1-2 地中移動量	31
2-1-3 間隙水圧（地下水位）	34
2-1-4 気象・水文	38
2-1-5 地すべり防止施設の機能	38
2-2 観測方式について	40
第3章 地すべり監視体制の構築	42
3-1 観測機器の選定・配置	42
3-1-1 地表移動量	44
3-1-2 地中移動量	46
3-1-3 間隙水圧（地下水位）	50
3-1-4 気象・水文	52
3-1-5 地すべり防止施設の機能	53
3-1-6 その他の留意事項	55
3-2 観測方式の選定	58
3-3 観測結果の評価と活用	63
第4章 地すべり監視体制構築の事例	68
4-1 第三紀層地すべりにおける検討事例	69
4-2 破碎帯地すべりにおける検討事例	74
4-3 貯水池の地すべりにおける検討事例	79
第5章 新しい観測手法	84
5-1 ワイヤレスセンサー	85
5-2 地中移動量の併用観測手法	87
5-3 写真計測及びレーザプロファイラー計測	90
5-4 GPS計測他（豪雪地帯での検討）	94
5-5 その他の新しい観測技術の展望	97
おわりに	99
参考図書	100

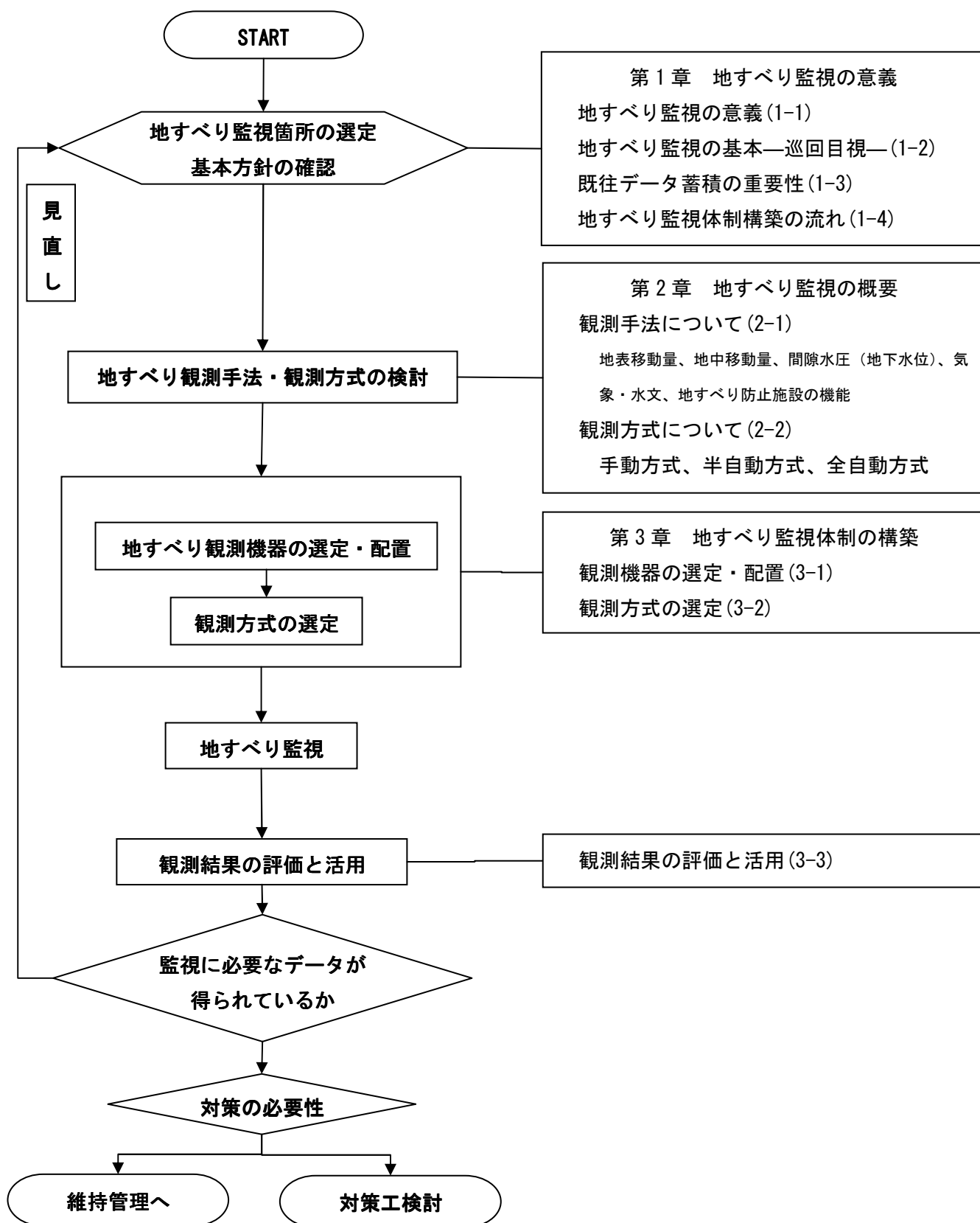
コラム一覧

農地地すべり地の維持管理の必要性と今後	9
観測データの蓄積と引継ぎの重要性	16
地すべり機構解明の観測と地すべり監視の観測の違い	21
地すべり監視における留意点	56

コストの検討事例

地表面変位量編	30
地中移動量編	33
地下水位編	37

地すべり監視体制構築をもとにした地すべり地管理のフローチャート



はじめに（手引きの目的）

この手引きは、地すべり地の適正な管理を行うため、地すべり対策工事概成後も継続的な監視が特に必要とされる地すべり地*において、最適な地すべり監視体制を構築する上で参考とすべき事項をまとめたものである。

*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や、大規模で継続的な変動が予想される地すべりブロックなどで個々の地すべり地において検討する。（P. 19 1-4 地すべり監視体制構築の流れ 参照）

近年、大型台風の上陸や集中豪雨の増加、大地震の発生などにより、地すべりをはじめとする斜面災害は増加傾向にある。斜面災害は山間地などで発生するが、山間地とその周辺にある農地の約1割弱が地すべり地にある。この中山間地域の農業農村は、食料の供給とともに多面的機能を有している。多面的機能とは、国土保全、水源のかん養、自然環境の保全、良好な景観の形成などであり、農業生産活動によって発揮されているもので、多くの国民の生命・財産と安定した生活を守る公益的な役割を果たしている。地すべり等斜面災害から中山間地域の農地及び農業用施設を保全していくことは、こうした多面的機能が将来にわたって発揮されるために大切なことである。地すべり災害を完全になくすことは困難であるが、地すべり前兆現象を早期に発見することにより、被害を最小限に食い止めることができる。

前兆現象を早期に発見するためには、地すべり地に暮らす住民の日常生活や農業を営む中で行える地すべり災害から身を守るための取り組みが重要である（**地すべり災害を予防・軽減するための活動の手引き（平成20年12月）農林水産省農村振興局農村環境課**）。

一方、地すべりが発生している、または地すべりを起こすおそれの大きい場所に対しては、地すべり等防止法に基づき地すべり防止区域に指定され、被害の除去や軽減のため地すべり対策工事が行われる。しかしながら、地すべり現象は複雑であり、技術が進んだ今日においても、地すべり対策工事概成後にも地すべり斜面が活発化することがある。したがって、地すべり対策工事概成後に発生する地すべり災害の予防や被害軽減のため、保全対象が多いなどの概成後も継続的な監視が特に必要とされる地すべり地においては、監視体制を構築する必要がある。

継続的な監視の必要性は、地すべりの規模、地すべり機構、活動パターン、保全対象、対策工事等を勘案して決定し、ある程度の期間、観測機器を用いた継続的な監視を行う。地すべり監視体制の構築は、設置・観測コスト等を勘案し地すべり対策工事实施中から検討する必要がある。また、観測の結果、地すべり災害に至る兆候が発見された場合には、地すべり対策事業の再開等必要な対策に結びつける必要がある。

地すべり災害から農地及び農業用施設を保全し、安全・安心な農村地域の暮らしを実現するためには、地すべり地の適正な管理を行っていく必要がある。

手引きの構成

本手引きは、地すべり対策事業の担当者及び事業概成後の管理担当者の業務上の参考として作成したものである。また、土地改良事業実施に伴い必要となった地すべり対策工事においても参考となるものである。

第1章では、「地すべり監視の意義」として、地すべり監視の目的や監視の基本となる巡回目視の方法、データ蓄積の重要性、地すべり監視体制構築の流れについて述べた。

第2章では、「地すべり監視の概要」として、地すべり監視に用いられる様々な観測手法や観測方式についてその全般的な概要を整理した。

第3章では「地すべり監視体制の構築」として、様々な観測機器の選定・配置、観測方式の選定、観測結果の評価と活用についての方法や留意点を述べた。

第4章では、「地すべり監視体制構築の事例」として、第三紀層地すべり・破碎帯地すべり・貯水地の地すべりにおいて地すべり監視体制を検討した事例を紹介した。

第5章では「新しい観測手法」として、地すべり観測において導入されつつある新技術とその展望について紹介した。

第1章 地すべり監視の意義

1-1 地すべり監視の意義

地すべり現象は不明確な面も多く、その発生を完全に予知・予測することは難しく、地すべり対策工事实施後にも地すべりが発生する場合がある。地すべり地においては継続的に地すべりを監視することより、地すべり現象を早期に検知し、適切な対応により被害を最小規模にとどめることができる。

地すべりの観測はその目的により、①地すべり機構解明のための観測と、②地すべり監視のための観測に分けられる（表-1.1.1）。この手引きでは地すべり監視のための観測について述べるが、この二つの観測は明瞭に区分できない部分も多い。一般的に、対策工事完了後に行う監視のための観測は、対策工事实施時に行われた地すべりの機構解明のための観測を引き継ぐものであり、これら対策工事实施時に構築された観測体制を有効に活用することが重要となる。このため、対策工事完了後も引き続き継続的な監視が特に必要とされる地すべり地においては、監視体制の構築は対策工事实施中から検討する。地すべり監視のための観測では、地すべり前兆現象の早期発見、移動量の予測、地すべり防止施設の機能点検などが求められる。

なお、地すべり監視体制は地すべり防止区域管理者である都道府県、市町村、地元住民、観測業者などからなる人的体制作りについても十分考慮する必要がある。

表-1.1.1 地すべり観測の目的の区分

区 分	内 容
①地すべり機構解明 のための観測	地すべりの発生機構や滑動機構を明らかにし、地すべりの素因と誘因に対応した適切な対策計画を立てるために実施される観測。 地すべり対策事業実施中は、種々の観測が比較的短期間で実施される。
②地すべり監視 のため観測	地すべりのモニタリングにより、保全対象を地すべりの被害から未然に防いだり、地すべり発生箇所を予測したり、対策工の効果を判定するための観測。 地すべり対策事業概成後の観測や巡回目視などは、地すべり監視のための観測である。 このほかに、広域的な地すべり発生箇所の予知・予測のための観測もある。

農地地すべり地の維持管理の必要性和今後

三重大学大学院生物資源学研究科 教授 酒井俊典

日本は急峻な地形で平野部が少ないため、古来より中山間地域の急峻な場所で農業が営まれてきています。この急峻な場所で農業を行う場合、地すべり地が良好な農地となることを昔の人はよく知っていました。地すべり地が良好な農地である理由としては、長年にわたり土壌が移動することで、土層が厚くなり肥沃で耕作がしやすくなることに加えて、農業にとって最も必要な水が豊富にあることです。このように昔の人は、地すべり地の良さを理解し、自分たちで適切な維持管理をしながら自然と共生して農業を続けてきました。

ところで、農地は原生自然に人間の手が加わり、長年にわたって維持管理されてきているいわゆる2次的自然です。言い換えると、農地は人間が人工的に作り出した自然であるため、現状を維持するためには必ず定期的な管理が不可欠です。地すべり地の多くは、棚田や段々畑として利用され、美しい景観や多様な生物をはぐくむ場ともなっています。また、このような農地の多面的機能は、国民生活や経済活動の安定にとって大きな役割も果たしてきています。しかし、この農地の多面的機能を維持するためには、草刈り、水路や畦畔の補修などの定期的な管理が不可欠で、今までこれらの管理は農家の人達の多くの手によって行われてきています。現在、農家の高齢化が進み、特に地すべり地が多く存在する中山間地域では、高齢化に伴って農業に従事する人が大きく減少し、放棄された農地が目立つようになってきています。こういった中で、地すべり地の棚田や段々畑などの農地が放棄されることは、景観や多様な生物の生息空間が失われるだけではなく、長年にわたり活動し続けている地すべり地の管理にとっても大きな問題となります。

ところで、災害は人間生活に不都合を生じさせることではじめて災害と認識され、人間の生活に影響がないと災害とは言いません。地すべり地の放棄された農地において人間が関与しなくなり、生活に支障が無ければ災害とは言えないかもしれません。しかし、地すべりは、地形・地質など自然条件に依存する面が大きく、もともとはそれらの自然条件の下、放棄された農地だけではなく、それらの地点を含む広い範囲で地盤が動いている現象です。このため、放棄された農地の管理をしないと、その地点の被害だけで終わらず、徐々に地すべりの動きが拡大し、場合によっては耕作を続けている周辺を含む地域全体で地すべり活動が活発となり、住宅等が多くある下流域に大きな被害を及ぼすことも考えられま

す。特に、近年の集中豪雨等の異常気象の発生を考えると、中山間地域における地すべり地の適切な維持管理の継続は、国民の安心・安全な生活を確保する上で重要な課題だと思います。

現在まで生活の利便性・快適性のため各種構造物が建設され、国民の生活は大変便利になりました。しかし、これらの構造物の機能を保持するためには維持管理が不可欠で、適切な維持管理を怠ると大きな問題が発生する可能性があります。この中で2次的自然である棚田や段々畑のような地すべり地における農地の維持管理は、先に述べたように農家の人の見回りや補修などある意味ボランティアを基本に、自然とうまく共存する形で行われてきました。現在、農業人口が減少し放棄農地が増加する中、国民の安心・安全な生活を確保し、適切な国土保全を行うためには、農地保全の観点から新たな維持管理の方法を考えることが必要であると思います。地すべり地における対策や維持管理を考える場合、道路や鉄道などの施設と農地とは考え方が少し違うかもしれません。農地において地すべりの動きを止めるために地すべり対策を行う場合、水抜きなどの対策により地下水位が低下し斜面が安定しても、地下水が減少し農業に影響が出るかもしれません。また、杭やアンカーといった抑止構造物を作ることによって、耕作できる農地が減少することがあるかもしれません。このようなことを考えると、地すべり地にある農地は、道路や鉄道のように動かないことを念頭に考える維持管理ではなく、農業や自然とうまく共生し、若干の動きを許容できる維持管理であっても良いかもしれません。また、地すべりの動きは地形、地質など地域による特徴があり、地域ごとに地すべりに対する維持管理の認識も異なっています。このため、地域性を考えることも必要かもしれません。

人口が減少するとともに高齢化が進み、投資余力が減少するこれからの時代、「つくる」発想から過去に生み出した資産を「活用する」といった発想への転換が必要になってきています。2次的自然であり多面的機能を持つ農地も、過去から引き継がれた大切な資産と考え、これを活用し保全していくことが重要であると思います。特に地すべり地にある棚田や段々畑などは、農地の多面的機能の保持とともに、国土保全において大きな役割を果たしており、将来にわたって維持管理を続け保全していくことが必要です。しかし、公共投資が減少する中、これからの農地地すべりの維持管理においては、従来の地すべりを止めることを念頭に置いたハード面を中心にした維持管理だけではなく、地域性を考慮し、農業の継続や農家・農村の生活、および農地の多面的機能を基本に、自然とうまく共生できることを考えた、地域に根ざしたリスクマネジメントを取り入れるような新たな考え方による維持管理によって、将来の国民の安心・安全かつ快適な生活に繋げていくことが必要ではないかと考えます。

< 2/2 >

1-2 地すべり監視の基本—巡回目視—

地すべり監視の基本は巡回目視である。巡回目視により地すべり前兆現象の把握や制限行為の監視、地すべり防止施設の機能の評価を適切に行う。

地すべり監視を助けるために現在、様々な観測機器が開発されている。しかしながら、人手による簡単な地すべり監視手法である巡回目視が最も重要であり、地すべり監視の基本である。巡回目視は、地すべり防止区域管理者である都道府県や市町村、地元住民も含めた人的な地すべり監視体制を構築する上でも重要である。なお、巡回目視は継続的な監視が特に必要な地すべり地だけでなく、すべての地すべり地において実施する必要がある。

巡回目視では、地すべり前兆現象の有無や地すべりにおける制限行為及び地すべり防止施設の機能について点検・監視を行う。巡回目視は、年間1回～数回程度の定期点検と不定期点検（異常降雨時、大規模地震発生時等）に分けられる。

なお、地域住民にその監視を委ねる巡視員制度が設けられ、効果を上げている事例もある。

(1) 巡回目視の方法

巡回目視は特別な機器は必要ないが、下記のような道具を携行して行う。

- ・地形図
- ・筆記用具
- ・カメラ
- ・ポールや巻尺等
- ・カルテやチェックリスト

巡回目視は、現地の状況に精通した人により行われることが望ましいが、担当者の交代もあり、適切に引き継ぎが行われる必要がある。また、巡回目視の結果は経時的な変化を記録し、いつでも参照できるようにファイルなどに整理しておく。

高知県農業振興部では地すべり防止区域と地すべり危険箇所における目視点検結果を図-1.2.1に示す「**地すべり斜面カルテ**」として整理しているが、このようなカルテ形式を採用することが有効である。

巡回目視の頻度としては、年1回～数回の定期的なものと豪雨後や地震後に行う不定期なものが一般的である。さらに巡回目視時に併せて、地元住民に地すべり兆候に関する聞き取りを行うことも有効である。

(2) 地すべり前兆現象の監視

地すべり活動が始まると、下記のような前兆現象が発生する。

- ① 亀裂
- ② 段差・はらみ出し
- ③ 樹木の傾きや変化
- ④ 井戸水や湧水の変化
- ⑤ 山鳴りなどの音

これらの現象は、巡回目視やそれと併せて行う地元住民への聞き取りで確認することができる。巡回目視においては、道路、水路、家屋の土台、水田など目視で地すべり変状の判明しやすいところを中心に確認する。

後述する地表移動量の簡易計測手法や防止施設の機能点検は、この巡回目視に合わせて行うことが効果的である。簡易計測手法を併用することにより、変動量を定量的に把握することができる。

巡回目視時には、地すべり対策事業実施中に判明している変状の大きい箇所は念入りに確認する。そのためには、事業実施中に巡回目視のルートを選定し事前記録（地すべり変状を記録した「地すべり斜面カルテ」など）を整備しておく。巡回目視の実施に伴い、新たな地すべり変状や地元情報が得られた場合にはルートを追加・変更する。

巡回目視のルートについては、重要度に応じて、車上からの概査ルートと踏査による精査ルートなどを設定することも考えられる。

(3) 制限行為の監視

地すべり等防止法第 18 条により地すべり防止区域内では地すべりに対して有害となる行為には制限が設けられている（表-1.2.1 地すべり防止区域内における行為の制限の一覧表）。巡回目視では、地すべりにおける制限行為の有無についても監視する。

(4) 防止施設の機能の監視

地すべり防止施設が本来の目的である地すべり防止効果を発揮するように、巡回目視による点検を行い、施設の機能発現を妨げる原因を早期発見し、取り除く。

巡回目視により、構造物の破損や排水機能低下、浸透水の増加、浸食洗掘、施設の不法占有などが生じていないか点検・監視を行う。

表-1.2.1 地すべり防止区域内における行為の制限の一覧表

区分	許可を受けなければならない行為	許可を要しない行為
I. 地下水に関する行為	地下水を誘致する行為 } 地下水を停滞させる行為 } で 地下水を増加させるもの 地下水の排水施設の機能を阻害する行為 その他地下水の排水を阻害する行為	① 有効断面積 45cm ² 以下の管渠（漏水の少ないもの）により、区域外から地下水を引く行為 ② 一馬力以下の動力又は、知事の指定する一定の深さより上位から地下水を汲み上げる行為 ③ 水道管、ガス管の埋設（但し、有効断面積 45cm ² をこえる管きよにより、区域外から地下水を引く場合を除く） ④ その他知事が指定する軽微な行為
II. 地表水に関する行為	地表水を放流する行為 地表水を停滞させる行為 地表水の浸透を助長する行為	① 水田（地割れ等により地下浸透が発生しやすい場合を除く。②③も同じ）への地表水の放流停滞。 ② かんがいのための放流 ③ 日常生活にかかわる放流 ④ 海、河川等の公共水域又は用排水路への放流 ⑤ ため池等の貯水施設への放流 ⑥ その他知事が指定する軽微な行為
III. のり切又は切土に関する行為	のり長 3 m 以上ののり切 直高 2 m 以上の切土	
IV. 施設の新設又は改良に関する行為	用排水路 ため池、池、その他の貯水施設 載荷重 10t/m ² 以上の施設又は工作物	断面積 600cm ² 以下のもの（地割れ等により、地表水の浸透しやすいものを除く。） 容量 6 m ³ 以下のもの（地割れ等により、地表水の浸透しやすいものを除く。）
V. 上記以外の行為	地表から深さ 2 m 以上の掘さく 地すべり防止施設から 5 m（知事が指定した場合はその距離）以内の地域における掘さく 載荷重 10t/m ² 以上の土石その他の物件の集積	直径 35cm 以下のボーリング（地表水の浸透を助長するものを除く。） 地すべり防止施設から 1 m 以上離れたところにおける 50cm 未満の掘さくで、直ちに埋め戻すもの
VI. 他法と重複する行為		森林法、砂防法の許可行為と同一の内容のものについて、両方いずれかの許可を受けた行為については、新たに地すべり等防止法に基づく許可を受けることを要しない。

（注） 本表は制限行為の内容に関し、地すべり等防止法及び同法施行令を一部簡略化して作表してある。

（出典：よりよき地すべり事業の実務ガイド(平成 7 年 3 月) 農地地すべり研究会)

1-3 既往データ蓄積の重要性

地すべり地の管理においては、過去の地すべり機構調査結果、対策工事の仕様や数量、経年的な各種観測データ、その後の地すべり監視結果などを蓄積する。

地すべり地の管理においては、地すべり地における既往データを蓄積することが極めて重要である。地すべり対策事業概成後の地すべり地における既往データとしては、通常下記の資料がある。

- ・ **地すべり防止区域指定及び事業実施関係事務書類（平面図、計画平面図、実施平面図など）**
- ・ **地すべり調査設計報告書（測量、地質調査、観測、解析、設計など）**
- ・ **地すべり対策工事報告書（工事図面、工事写真など）**
- ・ **地すべり防止区域台帳（防止施設位置図、構造図など）**

資料の保管状況はまちまちで、昭和 30～40 年代の報告書は保管されていないことも多い。また、その後の報告書もその数が膨大となると処分されていることもある。近年においては、報告書は電子媒体(CD 等)として保管されるようになっている。これらの資料の中には、過去の地すべり変動の記録（図面、写真、観測データ）が残されている。地すべり地の管理を行う上で、これらの資料を既往データとして蓄積することは極めて重要である。

地すべり対策事業概成後の地すべり監視においても、その監視データ（巡回目視結果、各種観測結果）を既往データとして蓄積する。蓄積したデータは、担当者が変わっても引き継ぎを行い、継続的に整理保管する体制を構築しておく。巡回目視結果の整理保管においては、**1-2 地すべり監視の基本—巡回目視—**において紹介した「地すべり斜面カルテ」など県内で統一された様式により保管しておく。

観測機器による観測データについては、表やグラフにした紙媒体の資料のみでなく、CD などの電子媒体によりデジタルデータとして蓄積することが有効である。この時、挿入型孔内傾斜計のように個々の機器で特性が異なる計器については、観測データの連続性を確保しにくいことにも留意する。

コラム

観測データの蓄積と引き継ぎの重要性

NPO長野県地すべり防止工事士会理事長 内藤 哲

昭和33年「地すべり等防止法」が施行されて以来、積極的な地すべり防止工事が施工されて来た。しかし、より多くの地すべり地に対する手当てが急がれたことから、施工後の防止施設に対する維持管理や修復作業が後手に回っていた感は否めない。このような中、活発な動きを見せる地すべり地は少なくなったものの、公共工事の経費が圧迫され始め、施設の維持管理や修復作業への気遣いも難しい社会状況を迎えている。現在の急務は、既存施設の機能を最大限に発揮させて地すべり活動の再発を防ぐこと、活動の予兆を出来る限り早期に把握して、防災・減災に努めることであろう。このためには、各防止施設的设计思想を明確にしておくと共に、地すべり活動のメカニズムを後任者に解り易く整理しておくことが重要である。

地すべり防止施設は、計画時点での地下水状況に対応して設計されたものであり、気象条件の変化にまで対応できる安全率を保有しているものではない。従って、昨今の気象変動を鑑みると、設計時点での計画安全率が、しばしば脅かされるような状況が発生していることも懸念されるところである。

自然地すべりの発生原因の80%が地下水にあると言われることから、防止施設の計画はまず『抑制工』の検討が為され、この不足分を『抑止工』で補うという手順を取っている。施設の計画は、地すべり活動のメカニズムを把握するための各種調査・観測を経て実施されたものであり、計画時点での地下水状況に対応して設計されたものである。また、防止工事施工後の観測は工事効果を確認するだけでなく、当該地すべり活動のメカニズムを再確認する意味で重要な手段である。ここでは、【概成】後の地すべり地において「再活動の予兆」が確認された際の対策手法を述べ、観測データの保存・蓄積と引き継ぎに関する手法に言及した。

<1/3>

1. ≪再活動の予兆≫が確認された際の対策手法

・再活動の予兆とは

ここで言う≪再活動の予兆≫とは、既に各種観測行為が中断されている【概成】後の地すべり地において、地表面に地すべり活動を疑わせる変位が発見された場合を言う。

・対策手順と手法

まず、変位が地すべり活動によるものか否かの現地判断を行う。この際、過去の調査孔の孔内水位を測定し、過年度の観測データと比較することが重要である。孔内水位が危険なものではなく、変位が局部的で当該地すべりブロックの再活動によるものではないと判断された場合は、小規模な修復工事で様子を見る。

・再活動による疑惑がある場合

当該地すべりブロック内にある、過去の調査孔の配置と観測手法の再開が可能か否かを現地確認する。再開できるものは直ちに再開する。この際、パイプひずみ計に関しては、指示値が限界値（10,000 μ S）を超えているか否かの確認が重要である。限界値を超えている場合には、観測の続行は意味を持たないものとして断念する。孔内水位の観測だけでも『限界水位』を見据えることで十分な監視が出来る。何れにしても、≪地すべり活動のメカニズム≫に照らし合わせて変位の重要性を判断しなければならない。この際、過去の調査報告書に網羅されている≪地すべり活動のメカニズム≫が重要な判断材料となることから、これらが簡潔に整理された『地すべり台帳』の完備が必要となる。過年度に想定された≪地すべり活動のメカニズム≫に照らし合わせて、過去の対策の配置や不足が指摘される場合、勇気を持って『地すべり台帳』の記載事項の加筆や修正を行い、不足工法を検討・設計、施工することになる。

変位が重要なものであり、かつ「すべり面」深度を確認する必要がある場合には、適切な位置に調査孔を再掘削して、新しい観測装置を設置する必要がある。

〈2/3〉

2. 観測データの保存・蓄積と引き継ぎに関する手法

再活動の予兆が発生した際の対応には、《地すべり活動のメカニズム》が簡潔に網羅されている『地すべり台帳』や『過年度の観測データ』が重要であることを述べた。しかし、現況では、残念ながら、これらの資料が完備されているとは言い難い。この理由のひとつとして、様式の煩雑さが挙げられるのではあるまいか。昨今の気象変動により、計画時点での地下水状況よりも悪条件の発生が予測される今、後任者は必ずしも「地すべり工学」に精通しているとは限らないのであるから、【概成】前の資料とは別に【概成】後を見据えた『簡易な資料』を整備し、後任者へと引き継ぐ必要性を痛感している。必要最小限の項目を以下に列記し、その様式の整備を促したい。

1) 平面図と断面図（様式のトップページ）

2) 孔内水位の情報；地すべりブロック名、観測孔番号、観測孔のブロック内位置（頭部外・頭部内・上部・中腹・下部など）、対策計画時の最高水位と目標水位、過年度の対策効果の有無、観測年度・期間、期間内最高水位、期間内最低水位、（可能であれば平均水位）、気象と水位変動の関係、その他（観測孔の状態など）

3) すべり面の変動情報（パイプひずみ計や孔内傾斜計等が観測可能な場合）；地すべりブロック名、観測孔番号、観測孔のブロック内位置（頭部外・頭部内・上部・中腹・下部など）、過年度の対策効果の有無、観測年度・期間、開始測定値、終了測定値、変動の有無と気象と水位変動の関係、その他（観測孔や測定値の状態など）

4) 地表面や施設の情報；観測年度・月日（状況に応じて写真を添付）

※ 観測年度以降の情報は、受託業者等の責任で追加・加筆を行うこと

<3/3>

1-4 地すべり監視体制構築の流れ

継続的な監視が特に必要な地すべり地の監視体制の構築にあたっては、地すべりの規模、地すべり機構、活動パターン、保全対象、対策工事等を勘案し、①観測機器の選定、②観測機器の配置、③観測方式の選定等について検討を行う。監視体制の検討と機器の設置は、基本的に地すべり対策事業実施中に行い、概成後の観測機器は必要最小限とする。また、観測結果を評価しながら、構築した監視体制は適宜見直す。

図-1.4.1に地すべり監視体制構築の流れを示した。

継続的な監視が特に必要な地すべり地は、地すべり規模・地すべり機構・活動パターン・保全対象・対策工事を総合的に勘案して決定する。

決定にあたっては、例えば、下記のような地すべりブロック（または、地すべりブロック群）について検討する。

- 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
- 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
- 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

実際に上記のような地すべりブロックにおいて地すべり監視体制を構築した事例を第4章に記載した。継続的な監視における観測機器の選定、配置、観測方式は、対策事業実施中に検討を行う。観測孔や観測機器は、地すべり対策事業で設置したものを事業概成後に活用するのが基本である。観測は必要最低限とするが、将来の異常時等に十分な対応が可能なように観測孔等の維持管理に努める。

なお、継続的な監視により地すべり前兆現象等が確認されない場合は、概成後の経過時間に応じて、監視体制を段階的に簡素化することも検討する。

図-1.4.2に継続的な監視体制検討の流れを示した。

継続的な監視体制の検討にあたっては、まず、対象となる地すべり地の特徴（形状・規模・機構・保全対象・対策工事・既観測施設・積雪条件など）を十分に把握・整理する必要がある。次に対策工事効果について評価し、概成後の課題を抽出する。これらの評価や課題を踏まえて、継続的な監視体制・観測手法・観測機器の配置について具体的に計画する。

継続的な監視体制は計画平面図や計画断面図、年次計画表などに整理する。なお、将来の監視体制の見直しも考慮し、監視体制の検討内容については一覧表に整理し保管しておく。

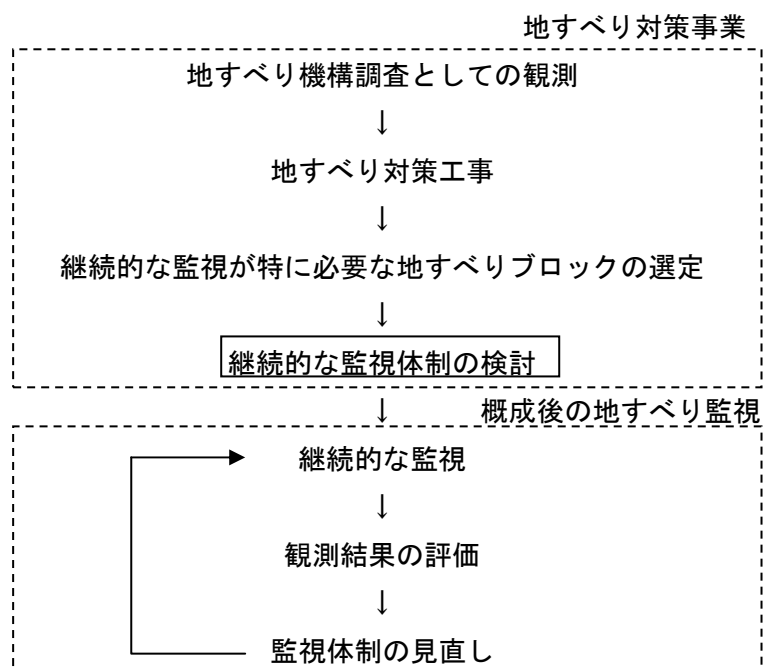


図-1.4.1 地すべり監視体制構築の流れ

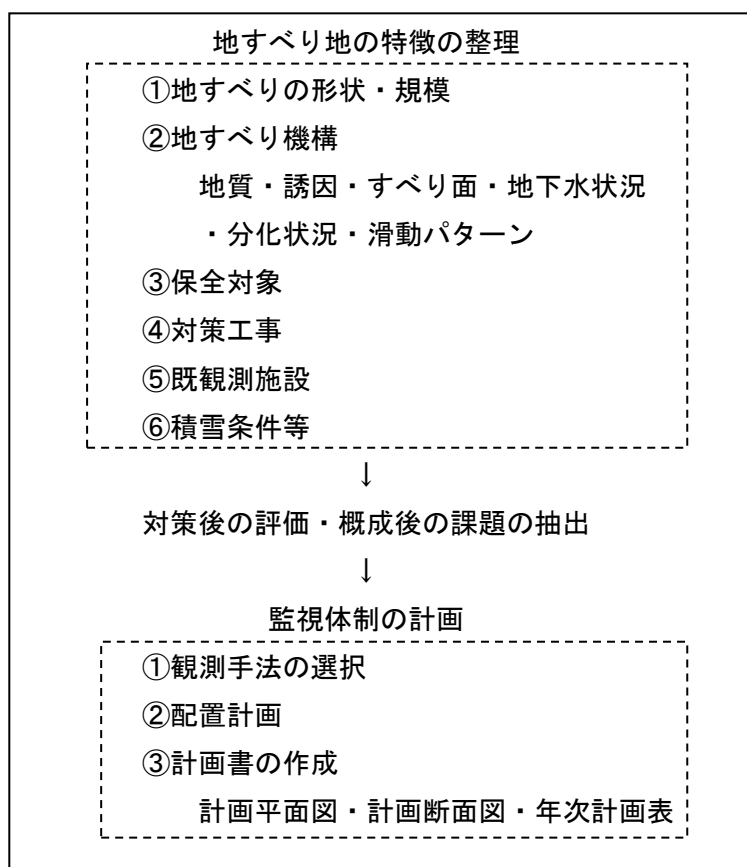


図-1.4.2 継続的な監視体制検討の流れ

地すべり機構解明の観測と地すべり監視の観測の違い

(独) 農研機構 農村工学研究所 川本 治

地すべり機構解明の観測は地すべりの発生機構や滑動機構を明らかにし、地すべりの素因と誘因に対応した適切な対策計画を立てるために実施される(表-1.1.1)。地すべり機構解析は諸調査結果を総合して斜面内部の応力状態(せん断応力とせん断抵抗力のバランス及びその変化)を生じさせている諸要因とその相互関係を明らかにするために行うものであり、応力状態の数値的な表現は安定解析により行われる。従って、安定解析を行う際に直接関連する各種調査(たとえば地すべり土塊を構成する岩・土の単位体積重量やすべり面上のせん断強度を評価するための土質調査・試験等)と併せて、すべり面の形態(測線上またはその近傍の調査点における地中変位測定によって推定されるすべり面深度等)や地下水賦存状態(測線上またはその近傍の調査点における孔内水位測定によって推定されるすべり面上での間隙水圧等)を把握するための各種観測が重要となる。地すべり機構解明の観測には、地すべり防止対策の工法選定、施工順序、地すべりの予測等の検討に先立って行われる地すべりブロックの危険度分級のための観測も含まれる。この際の観測はブロック相互間の位置づけを明らかにするために行われ、たとえば点数法を用いた危険度分級では、地すべりの素因・誘因を明らかにするための地形・地質調査に加えて地下水や移動状況の観測が必要となる。地すべり機構解析の観測でも初期段階では地盤状況の迅速な把握のために簡易的な観測が行われるが、設置・観測のコストが大きくなる高精度(または高能率)のセンサを用いた観測の結果が、最終的には採用されることが多い。

地すべり監視の観測の詳細については各章に記述されているとおりであり、地すべり監視体制は地すべり防止区域担当者である都道府県担当者、市町村関係者、地元関係者、観測業者からなる人的体制作りについても十分考慮する必要がある(「1-1 地すべり監視の意義」参照)。地すべり対策事業概成後に地すべり防止施設及び地すべり活動の兆候等について日常監視を行い、被害の未然防止を目的として地元(関係区域)関係者の代表を含む地すべり監視体制が構成される場合に、地元関係者の参加・協力は異常を監視するための巡回目視と簡易的な手法による観測が中心となる。従って、事業概成後の地すべり監視では、地すべり防止対策計画時の高精度(または高能率)手法を引継いだ観測と、簡易的な手法による観測が併行される場合があるので、両者の特性を把握した上でこれらを相補的に活用して有効な地すべり監視を行うことが重要になる。まず、各手法による測定の精度及び信頼性に留意すべきである。たとえば代表的な地表移動量調査手法については表-2.1.1.1に、地表移動量調査手法については表-2.1.2.1に示されており、実用精度は手法

<1/2>

により大きく異なっている。「3-3 観測結果の評価と活用」には管理基準値を設定される計器が示され表-3.3.1～表-3.3.3には管理基準値が設定される計器と基準値の事例が示されているが、管理基準値を超過する観測結果が得られた場合には、この結果が得られた観測手法の実用精度の範囲内にあるか確認することが重要である。第2章には各種の計器を用いる場合の注意点についても詳述されているので、測定に際してこれらが守られて十分な精度で観測が行われているかについても留意する必要がある。また、「3-3 観測結果の評価と活用」には計器の設置状態や人的な誤差、計測機の特性によって異常データが発生する場合が記述されており、この観点からのチェックも重要である。これらに加えて、地すべり監視の観測によって、地すべり土塊全体の安定性とのかわりか認められない小規模な法崩れ等が観測される場合もあり、地すべり機構解明の調査・観測結果を始めとする各種データとのクロスチェックが重要となる。

現在はある意味で情報過多の時代である。数多くの警報が発令されても何事も無く、関係者の緊張が弛緩して行く一方で、実際には後日甚大な災禍をもたらす可能性のある地盤のひずみが人知れず累積する、といった状況を回避することに留意すべきである。各種の調査・観測結果を継承・蓄積してクロスチェックを行ったうえで、最適の場所に地すべり監視の観測測器を設置し、慎重に観測結果の判断を行うことが重要である。

<2/2>

第2章 地すべり監視の概要

地すべりの監視は、各種の観測機器を用いて行うことから、観測手法、観測方式についての最新の動向を踏まえる必要がある。

2-1 観測手法について

地すべり監視における観測手法は、観測すべき対象により、地表移動量、地中移動量、間隙水圧（地下水位）、気象・水文、防止施設の機能の監視に区分される。

地すべり監視では、主に表-2.1.1に示されるような観測手法が用いられる。

地すべり監視は、複数の観測手法の組み合わせで行うことが多いため、地すべりのタイプや規模に応じた効率的な組み合わせを検討する。なお、観測技術の進歩により、様々な新しい機器も現れてきている。これら技術や機器の最新の動向も踏まえる必要がある。しかし、観測機器の選定にあたっては、いたずらに高精度のみを考慮するのではなく、3-1で後述するように観測目的を勘案し決定する。

なお、地すべり対策事業概成後の地すべり監視においては、観測コストを抑える必要があり、1-2で述べた巡回目視と併用できる簡易計測手法やコストの低い観測手法を有効に活用する。

表-2.1.1 主な地すべり観測手法の分類

項目	観測手法			観測対象 (明らかにされる 情報・数値の概要)
	大項目	名称	細目	
地表移動量	観測機器 による手法	伸縮計 (地盤伸縮計)	－	2点間の移動量
		地表面傾斜計 (地盤傾斜計)	－	地すべり地塊の回転による傾動 運動
	測量 による手法	移動杭	－	杭の水平・鉛直移動量
		G P S 測量	－	地表面の三次元移動方向と移動 量
		空中写真判読	－	空中写真内の基準点の移動
	簡易計測 による手法	抜き板 (丁張り)	－	2枚の板の水平・鉛直移動量
地中移動量	観測機器 による手法	パイプひずみ計	－	すべり面深度と移動状況
		孔内傾斜計	挿入型孔内傾斜計	すべり面深度、移動方向、移動 量
			設置型孔内傾斜計	移動量
		鉛直方向伸縮計	地中伸縮計 (縦型伸縮計)	地すべり移動量
			多段式伸縮計 (多層移動量計)	すべり面深度と移動量
	簡易計測 による手法	すべり面測定管	－	すべり面深度
間隙水圧 (地下水位)	地下水位測定	地下水位計	－	孔内水位
	間隙水圧測定	間隙水圧計	－	間隙水圧
気象・水文	－	降水量（雨量計）	－	降水量
		積雪深	－	積雪深、融雪量
		気温（温度計）	－	気温、急激な融雪
防止施設の 機能	－	排水量計	地下水排除工	排水量
		孔内傾斜計	杭工	杭工の変形
		緊張力計	アンカー工	アンカーの緊張力

(参考：土地改良事業計画設計基準・計画「農地地すべり防止対策」基準書・技術書(平成16年3月)農林水産省農村振興局)

2-1-1 地表移動量

地表移動量調査の手法を**表-2.1.1.1 地表移動量調査手法一覧表**に整理した。地表移動量調査の手法には、観測機器による手法、測量による手法、簡易計測手法がある。

(1) 観測機器による手法

観測機器による手法は、地表面傾斜や短区間の距離を観測する手法である。連続的な観測が可能であるため、微小な変位を監視する場合に有効である。ただし、測定箇所が限定されるため、設置場所を十分に考慮しなければならない。

① 地表面傾斜計

地表面の微小な傾斜変動を測定する手法であり、以下の特徴を有する。

- ・測定感度が高い。
- ・移動量は測定できない。
- ・地すべり傾動以外のノイズが含まれることがある。

② 伸縮計

2点間の距離を連続的に測定する手法であり、以下の特徴を有する。

- ・連続観測が可能であり、変位量の測定が容易である。
- ・移動方向と異なった方向に設置すると、正確な移動量を測定できない。
- ・亀裂や滑落崖をまたぐように設置する必要がある。

(2) 測量による手法

測量による手法は、地すべり変位を多点的、面的に監視する場合に有効な手法である。

観測機器による手法に比べて観測距離が長い場合、微小な変位の測定は難しいが、大規模な地すべりブロックや変位量が大きい地すべりブロックに対して適用される場合が多い。

① 移動杭

地すべりブロック内に杭を設置し、測量によって、杭の水平・鉛直移動量を求めることにより地すべり移動状況を把握する方法である。

- ・基準点が不動点である必要がある。
- ・測定に時間と労力がかかる。

② GPS 観測

計測は、受信機で GPS 衛星からの信号を受信し、そのデータを用いて測定対象の位置を解析することで測定する。測定地点間の距離の制約はないが、信号受信ができる上空の視界の確保が必要とされる。

③ 写真計測

空中写真を撮影して計測するため、測定費用はやや高く、大規模かつ継続的な動きのある地すべりなどで適用される。また、近年、デジタルカメラの急速な高機能化と解析ソフトウェアの発展を受けて、地上撮影による計測方法も利用されている。

④ レーザープロファイラー

崩壊地など立ち入りが困難な場合に適用されるが、測定費用はやや高い。

表-2.1.1.1.1 地表移動量調査手法一覧表

観測機器による手法		測量による手法			簡易計測手法					
手法	地表面傾斜計 (地盤傾斜計)	伸縮計 (地盤伸縮計)	移動杭 (見通し線法・三角測量法)	GPS 観測	写真計測	レーザ・プロファイラ- (レーザースキャナ-)	抜き板 (丁張り)	鉾間測定	簡易 見通し杭	簡易 地盤傾斜計
概念図					-	-				
計測対象	・地盤の変位 (方向) ・移動範囲の確認	・地盤の変位 (移動量)	・地盤の変位 (方向、移動量) ・移動範囲の確認	・地盤の変位 (方向、移動量) ・移動範囲の確認	・地盤の変位 (方向、移動量) ・移動範囲の確認	・地盤の変位 (方向、移動量) ・移動範囲の確認	・地盤の変位	・地盤の変位	・地盤の変位 ・移動範囲の確認	・地盤の変位
測定範囲	±1° (気泡管式) ※3 ±30°±50° (電気式) ※3 ±5°±10° (電気式) ※3	数 10cm ※4 300mm (自記式) ※3 50mm～ (電気式) ※3	-	-	-	-	-	-	-	-
分解能	1 秒 (気泡管式) ※3 10～20 秒 (電気式) ※3	0. 2mm (自記式) ※3 0. 02～0. 5mm (電気式) ※3	-	-	-	-	1mm	1mm	1cm	-
精度	±1 秒 (気泡管式) ※3 ±0. 05～0. 5% (電気式) ※3	0. 1～0. 2mm ※4 ±1%以内 (自記式) ※3 1%以内、0. 5mm (電気式) ※3	トータルステーション 1 秒読み・5mm 以内 レベル 0. 01mm ※4	測位精度 (1 σ) 数 cm ※4 約 5～10mm ※5	撮影高度の 1/5000 程度 縮尺 1/4000 高度 600m で ±12cm ※4	距離 30m で 1cm 距離 100m で 10cm ※6	-	-	-	-
実用精度	±5 秒以内/日 (気泡管式) ※1	0. 5mm (自記式) ※1 測定限界 0. 2mm (自記式) ※4	±3mm ※4 測定限界 3～5mm ※4	測定限界 60mm～ ※4 (空中写真) 数 cm (地上撮影)	-	距離約 100m で数 cm ※5	数 mm～数 cm	数 mm	数 cm～数 10cm	数度
耐用年数	10 年 (気泡管式) ※2	数年 ※2	数年～長期	長期	長期	長期	数年	長期	数年	数年
測定・ データ回収	手動・半自動・全自動	半自動・全自動	手動	手動・半自動・全自動	手動	手動	手動	手動	手動	手動
特徴及び 問題点	・地すべり土塊の回転運動に伴う、微小な傾斜変動の把握を目的に使用される。 ・特に、地すべり活動が活発化しラックが発生した場合に、移動状況を把握の目的で用いられる。 ・移動量が測定できる。 ・急傾斜面では設置が困難である。 ・地すべり以外の要因でも変動が生じる場合がある。 ・気泡管式 (= 水管式) の場合、目盛の読取に個人差が出る場合がある。	・地すべりの移動状況を把握する目的で設置観測される。 ・特に、地すべり活動が活発化しラックが発生した場合に、移動状況を把握の目的で用いられる。 ・移動量が測定できる。 ・急傾斜面では設置が困難である。 ・地すべり以外の要因でも変動が生じる場合がある。 ・気泡管式 (= 水管式) の場合、目盛の読取に個人差が出る場合がある。	・地すべりブロックの両岸の不動地に基準点を設け、両岸を点通す直線から直角方向への杭の変位を測定する (見通し線法)。 ・不動地に基準点を設け、三角測量により地すべり地内の杭の水平及び垂直移動量を測定する (三角度測量法)。 ・広範囲の地すべり状況を把握できる。 ・測定に時間と労力がかかる。 ・高い精度が要求される。	・受信機で GPS 衛星からの信号を受信し、そのデータを用いて、測定対象の位置を解析することで測定する。 ・測定時間の距離の制約がなく、測定の移動量に制限がない。 ・受信装置の上空の見通しを十分に確保する必要がある。 ・垂直方向の移動は、水平方向の移動に比べて精度が落ちる。	・定期的に空中写真を撮影し、その写真から、複数の基準点座標を読み取り、移動量を測定するものである。 ・近年、地上からのデジタルカメラ撮影による計測方法も利用されている。 ・地表の状況を撮影できるため、地表面の経年変化をとらえることができる。 ・変位を正確にとらえるためには、対空補正を設置する必要がある。 ・天候に左右されるため、測定時期を選ぶ。	・ターゲットに向かって、レーザーパルスを照射して、反射走時を計測し、距離の変化を変位として測定する。 ・崩壊地など、立ち入り困難な現場でも使用できるという特徴を持つ。 ・一度に広範囲が測定できる。 ・計測位置までの距離が長くなるほど変位の計測精度が落ちる。	・地すべり頭部や測端部の亀裂をまたいで丁張りを設置する。 ・地すべりに伴って生ずるズレを定期的にメジャーで測定する。 ・水平変位、鉛直変位、移動方向を確認できる。 ・変動状況を目標により直感的に判断できる。	・構造物に生じた亀裂等をまたいで鉾を設置する。 ・地すべりに伴って生ずるズレを定期的にメジャーで測定する。 ・複数設置することにより移動方向が確認できることとある。	・不動地～地すべり地に一定方向に定めた測線上にポール等を設置する。 ・定期的に見通しを行い移動範囲や移動量を求める。	・沈下や傾動の微候のある地盤上に設置する。 ・長さ 50cm 程度の 2 本の板を組み合わせた上に気泡を入れ、たべットボルトを固定する。 ・地すべりに伴って生ずる傾斜の変化を定期的に気泡の移動状況で測定する。
データ量	○ (手動) ◎ (半自動・全自動)	◎	△	△ (手動) ◎ (半自動・全自動)	△	△	△	△	△	△
感度	◎	○	○	○	△	△	△	△	△	△
耐久性	◎ (手動) ○ (半自動・全自動)	○	○	-	-	-	△	△	△	△
経済性	○	○	△	△ (手動) × (半自動・全自動)	× (空中写真) △ (地上撮影)	×	◎	◎	◎	◎
危険度の 目視判定	△	△	△	×	×	×	◎	○	◎	◎

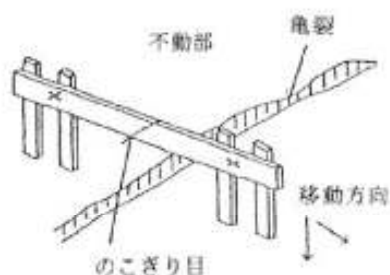
(出典：※1 地すべり観測便覧 p.73(平成 8 年 10 月)地すべり対策技術協会、※2 地すべり観測便覧 p.96(平成 8 年 10 月)地すべり対策技術協会、※3 地すべり観測便覧 p.103～106(平成 8 年 10 月)地すべり対策技術協会、※4 土地改良事業計画設計基準「農地地すべり防止対策」基準書、技術書 p.142～152(平成 16 年 3 月)農林水産省農村振興局、※5 地すべり防止対策技術指針及び同解説 p.27～33(平成 20 年 4 月)国土交通省砂防部、※6 地盤調査の方法と解説 p.622(平成 16 年 6 月)地盤工学会)

(◎～×は相対的なものであり、適否を表すものではない)

(3) 簡易計測手法

簡易計測による手法は、巡回目視により確認された地すべりの前兆現象を監視する手法として有効である。また、地すべり活動状況を目視により確認することが容易であり、移動状況を早期に把握できる。巡回目視により確認された地すべり前兆現象については、**図-2.1.1.1～2.1.1.6**（出典：地すべり災害を予防・軽減するための活動の手引き（平成 20 年 12 月）農林水産省農村振興局農村環境課）に示すような簡易計測手法でまず観測を始めることが、その後の対応に役立つ。

① 抜き板



（出典：NPO長野県地すべり防止工事士会）

亀裂を跨いで丁張を設置し、のこぎり目を入れます。のこぎり目の動きによって、亀裂の広がりや地形の隆起・沈下がわかります。

図-2.1.1.1 丁張りによる亀裂の観測

② 鉋間測定



（出典：NPO長野県地すべり防止工事士会）

擁壁や舗装路などの人工の構造物に亀裂がある場合、亀裂をはさんで頭部十字の釘を打設して釘の中心間の距離を測ることによって、亀裂が広がりを確認できます。

図-2.1.1.2 コンクリート構造物の亀裂（目開き）の観測

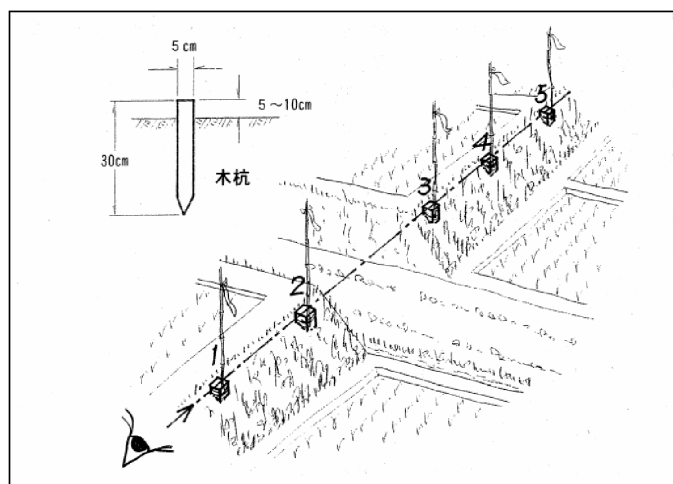
③ 亀裂測定



コンクリートなどの人工の構造物に生じた亀裂に長さを設定して十字のマークを付け、その変化を観測することによって、亀裂が広がりを確認できます。簡単に測定できますが、時間がたつと線がかすれてきてしまうので、長期の観測には不向きです。

図-2.1.1.3 クロスマーキング法による亀裂の観測

④ 簡易見通し杭

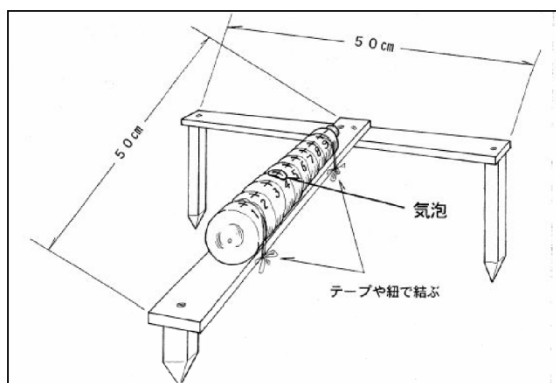


(出典：NPO長野県地すべり防止工事士会)

見通し杭を直線的に配置しておき、そのズレを観察することにより地盤の変状が容易に把握できます。

図-2.1.1.4 見通し杭による観測

⑤ 簡易地盤傾斜計



(出典：NPO長野県地すべり防止工事士会)

長さ50cm程度の2本の板を組み合わせた上に気泡を入れたペットボトル(ヒダのあるものが良く、図は醤油ボトル)を固定し、気泡の移動状況を記録します。これによって地盤の傾きが把握できます。

図-2.1.1.5 ペットボトルを利用した地盤傾斜計

⑥ 樹木移動観測



針金や伸縮性の無いロープ等で地すべりの危険が高い場所の樹木と比較的安定な場所の構造物や樹木を結び、針金やロープの状況を見ることで、樹木の移動を観測することができます。

図-2.1.1.6 針金を利用した樹木移動の観測

コストの検討事例（１）～地表面変位量編～

一般的に地表面の変位量は、地表面傾斜計（半自動・手動）ないし伸縮計（半自動）により測定することが多い。ここでは、地表面変位計測の代表的な手法である地表面傾斜計と伸縮計の観測費用を以下の事例で算出した。表-(1)に各種観測機器の設置・観測費用の比較を示す。

観測費用算出条件

観測回数 1回/月(半自動観測の場合、連続観測でデータ収録が1回/月)
 メンテナンス回数 1回/年
 メンテナンス費用 交換費用を除く
 その他 移動費用・諸経費を除く

地表面傾斜計(手動)の場合

1方向 1基
 機械損料 観測装置

地表面傾斜計(半自動)の場合

1方向 1基
 機械損料 データ読取装置・記憶媒体

伸縮計(半自動)の場合

延長 L=13m
 機械損料 データ読取装置・記憶媒体

表-(1) コスト比較一覧表

観測手法	地表面傾斜計 (手動)	地表面傾斜計 (半自動)	伸縮計 (半自動)
設置費用 (1基当たり)	89 千円	591 千円 (センサー・収録器含む)	304 千円 (センサー・収録器含む)
観測費用 (1箇所1回当たり)	7 千円	14 千円	14 千円
機械損料 (1箇所1ヶ月当たり)	11 千円	1 千円 (読取装置他含む)	1 千円 (読取装置他含む)
メンテナンス費用 (1箇所当たり)	-	3 千円	3 千円
1年当たりの 総費用(1箇所)	305 千円	774 千円	487 千円
5年当たりの 総費用(1箇所)	1,169 千円	1,506 千円	1,219 千円

※手動方式と半自動方式を比較した場合、収録データ量に違いがある。

2-1-2 地中移動量

地中移動量調査の手法を**表-2.1.2.1 地中移動量調査手法一覧表**に整理した。地中移動量の観測ではボーリング孔を利用する。

(1) 観測機器による手法

観測機器による手法は、地盤内で発生する変位をボーリング孔内に設置した計器で観測する手法であり、いくつかの手法がある。

①パイプひずみ計

ボーリング孔内に挿入したパイプに対し、一定間隔に設置したひずみ計のひずみ量を測定し、すべり面深度・すべり方向・活動状況を測定する手法であり、以下の特徴を有する。

- ・高感度であり、微小な変位をとらえやすい。
- ・移動量は直接測定できない。
- ・半自動～自動観測が容易である。
- ・数年で絶縁不良となり、測定不能となりやすい。

② 孔内傾斜計

ボーリング孔内に設置したケーシングパイプの傾斜角を測定することにより、すべり面深度・すべり方向・移動量を測定する方法である。センサーを手動でパイプ内に挿入する挿入型と、センサーをケーシングパイプ内やボーリング孔内に設置する設置型があり、以下の特徴を有する。

- ・移動の絶対量が小さいが、継続的に活動している場合に有効である。
- ・パイプひずみ計に比べて耐用年数が高い。
- ・移動量が大きくなると測定不能となる。
- ・挿入型では半自動～自動観測が難しい。(設置型の場合は可能)

③ 鉛直方向伸縮計

ボーリング孔内にワイヤーを設置し、ワイヤーの伸縮を測定することにより、すべり面深度・移動量を測定する手法である。一定区間ごとに複数のワイヤーを設置する多段式伸縮計と1本のワイヤーを設置する地中伸縮計があり、以下の特徴を有する。

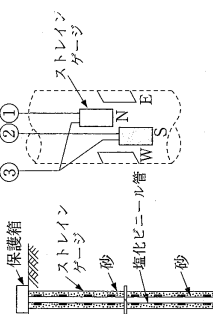
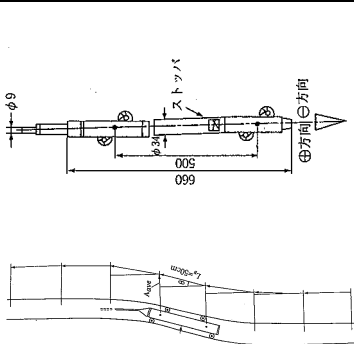
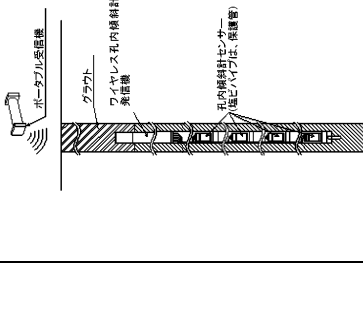
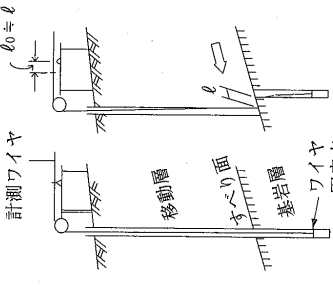
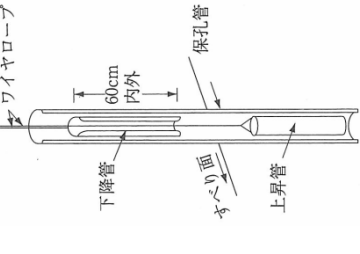
- ・移動量の大きな地すべりの観測が可能である。
- ・多段式伸縮計ではすべり面深度を測定することができる。
- ・耐用年数が高い。
- ・微小な変位の検出はワイヤーの伸びや摩擦のため困難である。
- ・初期無感期間や地盤の沈下等により良好なデータの取得ができないことがある。

(2) 簡易計測手法

① すべり面測定管

ボーリング孔に設置された保孔管と測定管を利用して、地すべり変位の有無やすべり面深度を簡易に確認する手法である。移動量の大きな地すべりのすべり面の把握に適している。

表-2.1.2.1 地中移動量調査手法一覧表

観測機器による手法							簡易計測手法
手法	孔内傾斜計			鉛直方向伸縮計		すべり面測定管	
	パイプひずみ計	挿入型	設置型	地中伸縮計 (縦型伸縮計)	多段式伸縮計 (多層移動量計)		
概念図							
	計測対象	・すべり面深度 ・変位方向 ・変位量	・(すべり面深度) ・(変位方向) ・変位量	・(すべり面深度) ・(変位方向) ・変位量	・変位量	・すべり面深度 ・変位量	
	測定範囲	±5000～±10000×10 ⁻⁶ ※3	±30° ～±50° (サーボ加速度式)※3 ±2.5° ～±10° (ひずみゲージ式ほか) ※3	±30° (サーボ加速度式)※3 ±10° (ひずみゲージ式)※3	±5°	ワイヤー余長 通常 10m※4	
	分解能	1×10 ⁻⁶ ※3	10秒(サーボ加速度式)※3 0.01mm(ひずみゲージ式ほか) ※3	10秒(サーボ加速度式)※3 0.01mm(ひずみゲージ式ほか) ※3	10秒以下	1mm※4	
	精度	±0.5%以内※3	±0.05%以内(サーボ加速度式)※3 ±0.2～0.5%以内(ひずみゲージ式ほか) ※3	±0.05%以内(サーボ加速度式)※3 0.5%以内(ひずみゲージ式ほか) ※3	±0.5%	-	
実用精度	100 μ ※1	3mm 以内/10m※1	3mm 以内/10m※1	-	測定限界 数 mm※4		
耐用年数	1～3年(埋設センサー) ※2	約5年(センサー) ※2 長期(パイプ)	約5年(センサー) ※2 長期(パイプ)	5～15年(埋設センサー) 5～15年(内蔵電池)	数年		
測定・データ回収	手動・半自動・全自動	手動	半自動・全自動	半自動	半自動・全自動		
特徴及び問題点	・高感度である為微小な変動を検出できる。 ・深度が深くひずみ計の点数が増える と、リード線の本数が増加し、設置が 難しい。 ・すべり面把握のために設置間隔は1m 以内とすることが望ましい。 ・水位観測孔と併用して、砂詰めを行 った場合、観測精度が低下する。 ・移動量は把握できない。 ・耐用年数は1～3年程度と短い。 ・半自動～自動化は容易である。	・高感度である為微小な変動を検出できる。 ・ガイドパイプが正常な状態である限り測 定可能である。 ・2方向から変動方向を把握できる。 ・変動量を定量的に把握できる。 ・水位観測孔と併用して、砂詰めを行った 場合、観測精度が低下する。 ・プロープの長さが50cm程度有り、孔曲が りが進行すると測定不能となる。 ・手動計測が主体で、半自動～自動化は難 しい。	・高感度である為微小な変動を検出でき る。 ・ガイドパイプに設置するタイプと埋め込 むタイプがある。 ・孔内傾斜計の設置数に制限がある。 ・変動量を定量的に把握できる。 ・自動観測で測定間隔を短く取ること で変動をより確実に捉えることができる。	・高感度である為微小な変動を検出 できる。 ・センサ埋設深度付近が正常な状態 である限り測定可能である。 ・変動量を定量的に把握できる。 ・自動観測で測定間隔を短く取ること で変動をより確実に捉えることができる。	・連続して10m 前後の移動を、長 期間にわたって測定することが出来る が、単独ではすべり面深度を把握で きない。 ・ワイヤーの伸び等により微小な変 位は、測定困難である。 ・保孔管のクリアランスの大きさに 対応した初期無感帯がある。 ・地盤が沈下して、ワイヤーの抜け あがり現象がある場合、移動量が測 定できない場合がある。	・連続して10m 前後の移動を、長 期間にわたって測定することが出来る。 ・一般的に測定深度は25～40mで あるが、100m までの実績がある。 ・0.5～2.0mの範囲で測定間隔を 設定できるが、標準は1m である。 ・保孔管のクリアランスの大きさに 対応した初期無感帯がある。 ・地盤が沈下して、ワイヤーの抜 けあがり現象がある場合、移動量 が測定できない場合がある。	
データ量	○(手動) ◎(半自動・全自動)	○	◎	◎	◎(手動) ◎(半自動・全自動)	△	
感度	◎	◎	◎	◎	◎	△	
耐久性	△	◎	○	○	◎(手動) ○(半自動・全自動)	○	
変位許容量	△	△	△	△	◎	-	
経済性	○	○	△	△	○	◎	
実績のある併用手法	・孔内傾斜計	・地中伸縮計	-	-	・孔内傾斜計	-	

(※1 地すべり観測便覧 p.73(平成8年10月)地すべり対策技術協会、※2 地すべり観測便覧 p.96(平成8年10月)地すべり対策技術協会、※3 地すべり観測便覧 p.103～106(平成8年10月)地すべり対策技術協会、※4 土地改良事業計画設計基準「農地地すべり防止対策」基準書、技術書 p.152～161(平成16年3月)農林水産省農村振興局、※5 地すべり防止対策技術指針及び同解説 p.17～26(平成20年4月)国土交通省砂防部)

(◎～△は相対的なものであり、適否を表すものではない)

コストの検討事例（２）～地中移動量編～

一般的に地中移動量は、パイプひずみ計（手動・半自動）、挿入式孔内傾斜計（手動）、設置式孔内傾斜計（半自動）ないし地中伸縮計（半自動）により測定することが多い。この項では、地中移動量観測の代表的な手法であるパイプひずみ計、設置式・挿入式孔内傾斜計と地中伸縮計の観測費用を算出した。表-（２）に各種観測機器の設置・観測費用の比較を示す。

観測費用算出条件

掘削延長 L=30m（掘削費用は除く）
 観測回数 1回/月（半自動観測の場合、連続観測でデータ収録が1回/月）
 メンテナンス回数 1回/年
 メンテナンス費用 交換費用を除く
 その他 移動費用・諸経費を除く

パイプひずみ計（手動）の場合

1方向 2ゲージ 設置間隔 2m
 機械損料 観測装置

パイプひずみ計（半自動）の場合

1方向 2ゲージ 設置間隔 2m
 機械損料 データ読取装置・記憶媒体

挿入式孔内傾斜計（手動）の場合

50cm間隔 全深度（L=30m）
 機械損料 観測装置

設置型孔内傾斜計（半自動）の場合

すべり面（GL-25m）付近 3深度
 機械損料 データ読取装置・記憶媒体

地中伸縮計（半自動）の場合

延長 L=30m
 機械損料 データ読取装置・記憶媒体

表-（２） コスト比較一覧表

観測手法	パイプ ひずみ計 （手動）	パイプ ひずみ計 （半自動）	挿入式 孔内傾斜計 （手動）	設置式 孔内傾斜計 （半自動）	地中伸縮計 （半自動）
設置費用 （1基当たり）	239千円	605千円 （センサー・収録器含む）	278千円	1,314千円 （センサー・収録器含む）	247千円 （センサー・収録器含む）
観測費用 （1箇所1回当たり）	15千円	14千円	42千円	14千円	14千円
機械損料 （1箇所1カ月当たり）	1千円	1千円 （読取装置他含む）	2千円	1千円 （読取装置他含む）	1千円 （読取装置他含む）
メンテナンス費用 （1箇所当たり）	-	3千円	-	3千円	3千円
1年当たりの 総費用（1箇所）	431千円	788千円	806千円	1,497千円	430千円
5年当たりの 総費用（1箇所）	1,199千円	1,520千円	2,918千円	2,229千円	1,162千円

※手動方式と半自動方式を比較した場合、収録データ量に違いがある。

2-1-3 間隙水圧（地下水位）

間隙水圧調査の手法を表-2.1.3.1 間隙水圧（地下水位）調査手法一覧表に整理した。

ボーリング孔に設置した保孔管内の地下水位を測定し、間隙水圧として代用することが一般に行われているが、直接間隙水圧を測定することもある。どちらもボーリング孔を利用する。地下水位観測孔の構造模式図を図-2.1.3.1 に示した。また、既設の井戸を利用する簡易計測手法もある。

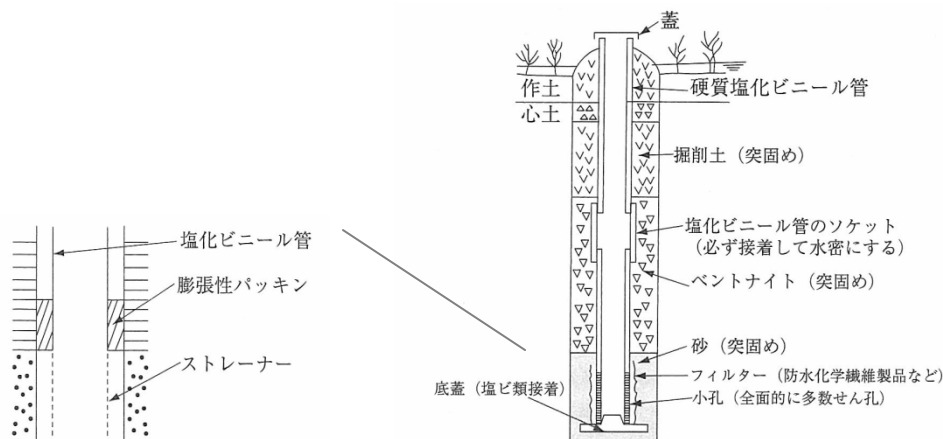


図-2.1.3.1 地下水位観測孔構造模式図

（出典：土地改良事業計画設計基準「農地地すべり防止対策」基準書、技術書

p.134～135(平成16年3月)農林水産省農村振興局)

(1) 地下水位計

地下水位計は、すべり面にかかる間隙水圧をボーリング孔内の地下水位として測定する手法である。

① 触針式地下水位計

観測孔内に触針式地下水位計を挿入して地下水位面を測定する方法である。水の電気伝導性を利用するもので、電極が水面に着くと電流が流れ、これを記録するものである。

② 水圧式地下水位計

観測孔内のある深度に水圧センサーを設置し、測定される圧力から水位を測定する方法である。連続観測を行う場合に利用される。

(2) 間隙水圧計

すべり面付近に作用する間隙水圧を直接測定する方法である。

① 開放型間隙水圧計

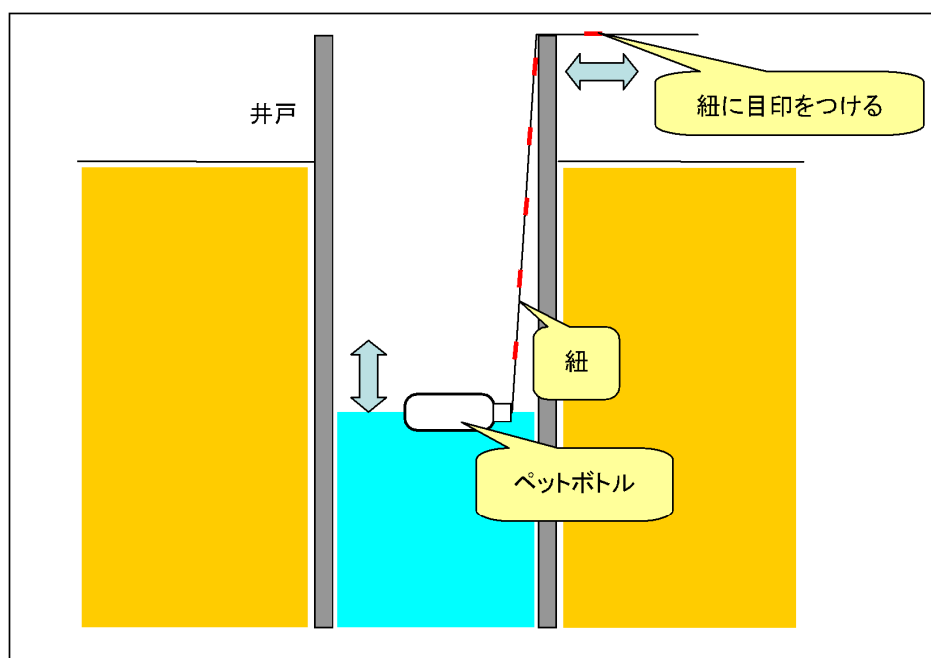
すべり面付近の水圧を細いパイプで地表まで導いて測定する方法である

② 閉鎖型間隙水圧計

すべり面付近の測定したい区間に間隙水圧計を設置し観測する方法である。

(3) 簡易計測手法

地下水位の変化については、既設の井戸において、**図-2.1.3.2（出典：地すべり災害を予防・軽減するための活動の手引き（平成 20 年 12 月）農林水産省農村振興局農村環境課）**に示すような方法で観測することができる。



ペットボトルに紐を付けたものを井戸の中に入れ、紐が井戸の縁にあたる所に印を付けることによって、水位の概ねの変化を観測することができます。

図-2.1.3.2 ペットボトルを利用した簡易水位計

表-2.1.3.1 間隙水圧（地下水位）調査手法一覧表

計器	地下水位計		間隙水圧計	
	触針式	水圧式	開放型	閉鎖型
概念図				
計測対象	・地下水位（≒すべり面の間隙水圧）の把握	・地下水位（≒すべり面の間隙水圧）の把握	・すべり面の間隙水圧の把握	・すべり面の間隙水圧の把握
測定範囲	0～100m	0～5m～0～30m※3	圧力計・水位計による※3	50-2000kPa～100-3000kPa ※3 (0.5-20kg/cm ² ～1-30kg/cm ²) ※3
分解能	1mm※1	0.1～1mm※3	圧力計・水位計による※3	0.1%FS※3
精度	5mm※1	±0.5～1%FS 以内※3 (FS: フルスケール)	圧力計・水位計による※3	±0.5～1%FS※3 (FS: フルスケール)
実用精度	5～50mm※1	5～50mm	-	-
耐用年数	長期	約5年※2	長期	約5年※2
測定・データ回収	手動	半自動、全自動	手動、半自動	半自動、全自動
特徴及び問題点	・構造は極めて単純で、保守点検性に非常に優れる。 ・測定機器が簡易で、昔から最もよく用いられている。 ・スクリーニング加工やグラウトを適切に行わないと、複数の地下水帯が有る場合には正しい水位を計測できない。 ・手動式が主体である為、観測頻度によっては解析上不十分となることが多い。	・継続的な観測が可能である。 ・計器の設置が比較的容易である。 ・スクリーニング加工やグラウトを適切に行わないと、複数の地下水帯が有る場合には正しい水位を計測できない。 ・触針式水位計でも水位を確認しておくことが必要である。 ・予測される水位変動を考慮し、適切な測定範囲や精度を有するセンサーを選定し、設置する必要がある。 ・地下水排除工の対策効果により地下水位が低下した場合などには設置深度の変更が必要となる場合がある。	・すべり面の間隙水圧を観測できる。 ・手動の場合、目読による測定である。 ・非金属性で電気回路を有していないため腐蝕に強く、長期間の観測ができる。 ・精度的に優れているが、目読による測定のためあまり使用されていない。	・すべり面の間隙水圧を観測できる。 ・継続的な観測が可能である。 ・測定器にかかる水圧を電氣的に変換して測定する。 ・変化に対する応答時間が短い。 ・機器の異常値を確認する方法はない。 ・耐用年数は開放型に比べて短い。 ・1孔のボーリング孔の複数深度に間隙水圧計を設置することも可能であり、複数のボーリング孔における地下水位計観測より経済的な場合もある。 ・ゼロ点移動やヒステリシスが測定値に影響を与えやすい。
データ量	△	◎	△（手動） ◎（半自動）	◎
耐久性	◎	○	◎（手動） ○（半自動）	△
経済性	◎	○	○	△

(※1 地すべり観測便覧 p.73(平成8年10月)地すべり対策技術協会、※2 地すべり観測便覧 p.96(平成8年10月)地すべり対策技術協会、※3 地すべり観測便覧 p.103～106(平成8年10月)地すべり対策技術協会、※4 土地改良事業計画設計基準「農地地すべり防止対策」基準書、技術書 p.152～161(平成16年3月)農林水産省農村振興局、※5 地すべり防止対策技術指針及び同解説 p.17～26(平成20年4月)国土交通省砂防部)
(◎～△は相対的なものであり、適否を表すものではない)

コストの検討事例（3）～地下水位編～

一般的に間隙水圧（地下水位）は、触針式地下水位計（手動）、水圧式地下水位計（半自動）により測定することが多い。また、閉鎖型間隙水圧計（半自動）でも間隙水圧を測定することもある。この項では、間隙水圧（地下水位）観測の代表的な手法である触針式地下水位計、水圧式地下水位計及び閉鎖型間隙水圧計の観測費用を算出した。表-（3）に各種観測機器の設置・観測費用の比較を示す。

観測費用算出条件

掘削延長 L=30m(掘削費用は除く)
 観測回数 1回/月(半自動観測の場合、連続観測でデータ収録が1回/月)
 メンテナンス回数 1回/年
 メンテナンス費用 交換費用を除く
 その他 移動費用・諸経費を除く

水圧式地下水位計(半自動)の場合

機械損料 データ読取装置・記憶媒体

触針式地下水位計(手動)の場合

機械損料 観測装置

閉鎖型間隙水圧計(半自動)の場合

機械損料 データ読取装置・記憶媒体

表-（3） コスト比較一覧表

観測手法	触針式地下水位計 (手動)	水圧式地下水位計 (半自動)	閉鎖型間隙水圧計 (半自動)
設置費用 (1基当たり)	86千円	410千円 (センサー・収録器含む)	455千円 (センサー・収録器含む)
観測費用 (1箇所1回当たり)	2千円	14千円	14千円
機械損料 (1箇所1カ月当たり)	1千円	1千円 (読取装置他含む)	1千円 (読取装置他含む)
メンテナンス費用 (1箇所当たり)	-	3千円	3千円
1年当たりの 総費用(1箇所)	122千円	593千円	638千円
5年当たりの 総費用(1箇所)	266千円	1,325千円	1,370千円

※手動方式と半自動方式を比較した場合、収録データ量に違いがある。

2-1-4 気象・水文

地すべり移動に関係する気象・水文データとしては、降水量や積雪深が特に重要である。これは、地すべり活動の誘因である降水量や積雪深と地すべり移動の相関関係を明らかにすることを目的としている。積雪地帯においては、融雪量を推定するために積雪深を測定する。**図-2.1.4**に山形県滝ノ沢区域における最大積雪深と地表移動量の関係を示した。最大積雪深が大きいほど変動量も大きくなっており、最大積雪深と変動量に高い相関が見られる。このように地すべり地の活動の誘因との関係を明らかにすることにより地すべり活動の事前予測に活用することが可能になる。

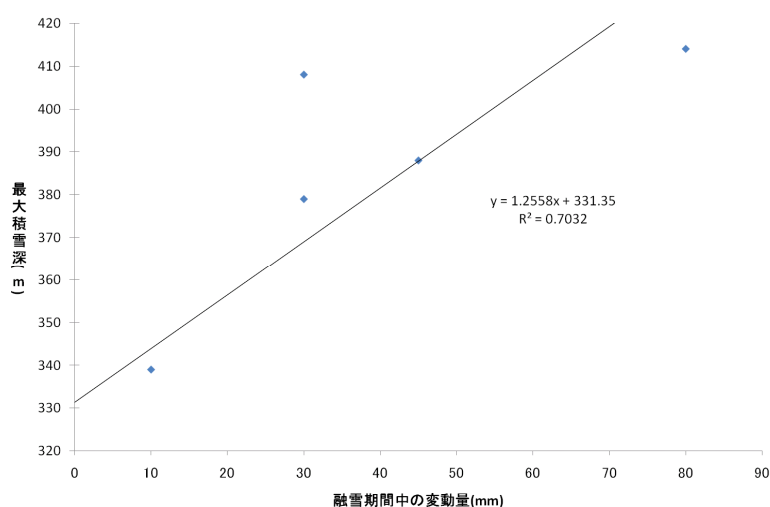


図-2.1.4 最大積雪深と地表移動量の関係の例

(山形県滝ノ沢区域における H11～20 の最大積雪深と融雪期間中の変動量より作図)

2-1-5 地すべり防止施設の機能

施工された地すべり防止施設も年月の経過とともに機能低下が生じる。機能低下には、水路工の閉塞や水抜きボーリング工の目詰まり（**「水抜きボーリングの目詰まり原因とその対策（平成 20 年 3 月）農林水産省農村振興局企画部資源課」参照**）、アンカー工の鋼材の劣化などがある。機能低下が進むと地すべりが再活動する危険性があるため、十分な点検と適切な対応をとる（詳細調査、機能回復工事など）。

地すべり防止施設の機能については、巡回目視により下記のような事項については定性的には確認できるが、機能低下の程度を定量的に把握するためには、観測や原位置試験が必要となる。

- ① 構造物の破損（継目・食い違い、傾動、転倒、沈下・埋没）
- ② 排水機能低下（堰堤工水抜き口の閉塞、地下水排除孔の孔詰り、地下水位の上昇、通水能力の不足）
- ③ 地下への浸透水増加（水路の欠損、落差工の埋没、排水管継ぎ目の漏水）

④ 浸食洗掘（水路裏込め材の洗掘、開口部付近の洗掘）

⑤ 施設の不法占拠、目的外使用

（出典：土地改良事業計画設計基準「農地地すべり防止対策」基準書、技術書 p. 71（平成 16 年 3 月）農林水産省農村振興局）

2-2 観測方式について

地すべりの観測方式は、手動方式、半自動方式、全自動方式に区分される。

表-2.2.1 地すべり観測方式比較表に手動方式、半自動方式、全自動方式の特徴、メリット・デメリットを示す。

表-2.2.1 地すべり観測方式比較表

方式	手動	半自動	全自動
測定	現地測定	自動	自動
記録	野帳記入、測定時収録	電子データを蓄積	電子データ
データ回収	－	現地でのデータ回収	有線・無線回線による伝送
データ密度	測定時のみ	連続	連続
データ取得	測定時のみ	回収時のみ	リアルタイム
現地労力	大	中	ほとんどなし
機器コスト	安い	中間	高い
データ単価	高い	中間	安い
データ利便性	計測、整理に時間を要する	データ収集に時間を要する	リアルタイム
使用される観測機器の例	・ 地表面傾斜計（水管式） ・ 挿入式孔内傾斜計 ・ 触針式水位計	・ 伸縮計、自記伸縮計 ・ 設置型孔内傾斜計 ・ 鉛直方向伸縮計 ・ 水圧式水位計、自記水位計 （用紙交換型の自記記録計器も半自動に含めた。自記記録計器は、近年は採用が少なくなっている。）	・ 伸縮計 ・ 設置型孔内傾斜計 ・ 鉛直方向伸縮計 ・ 水圧式水位計

観測対象となる地すべりブロックの規模や活動状況、保全対象の重要度に応じて、適切な観測方式を採用する。

手動方式は、**コストの検討事例（1）～（3）**に記載したように機器の初期費用は3方式中もっとも安価であるが、観測コスト等を含めた費用では最も高くなる。しかし、巡回目視時にあわせてデータ回収を行うことで計測人件費を低減することが可能である。半自動方式は、初期費用は手動方式よりは高く、全自動よりは安い、計測管理に要する費用は、手動方式より安く全自動方式よりは高くなる。この方式は、リアルタイム計測ができないため、比較的緩慢な動きを示す地すべり地の挙動の解明や地すべり対策の効果判定を行う場合に適用される。全自動方式は、一般に初期費用は最も高くなるが、計測人件費は計器

の維持管理経費を考慮しても最も低くなる。融雪期などこれまで立ち入ることができなかった時期にもデータが得られるため、地すべり挙動に関する新たな知見が得られる。また、大規模な地すべりなど観測地点が多く、計測頻度が高い場合などに非常に有効な方式である。加えて、地すべりの活動状況が高い場合には、避難措置等の対応も必要となるため、より迅速にデータを取得できる利点がある。