

10. 応急対策

(基準書 第3章、3.4.1関連)

応急対策は、恒久的な地すべり防止対策に先行して実施するものであり、急激な移動を伴う地すべりや突発的に発生した地すべりに対し、沈静化を図り被害を最小限にとどめることを基本とする。

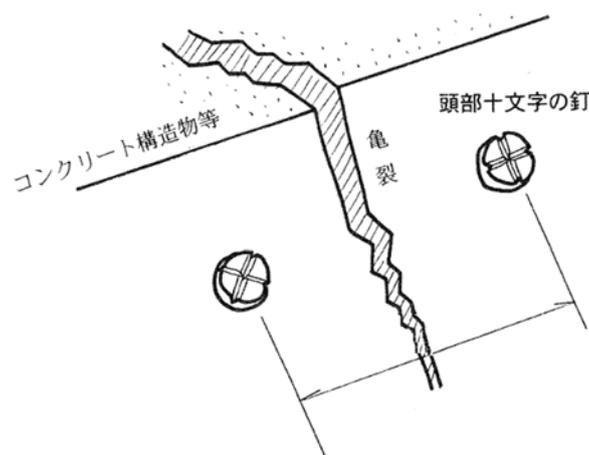
10.1 応急調査

(1) 亀裂等変状調査（クラックパトロール）

地すべりの予兆が発見された場合は、まず、亀裂、段差、陥没、隆起、立木の乱れ等の有無、各変状の発生場所や程度について調査し、これに基づいて地すべりの生じている範囲を確認する。その際、以下の点には特に注意を要する。

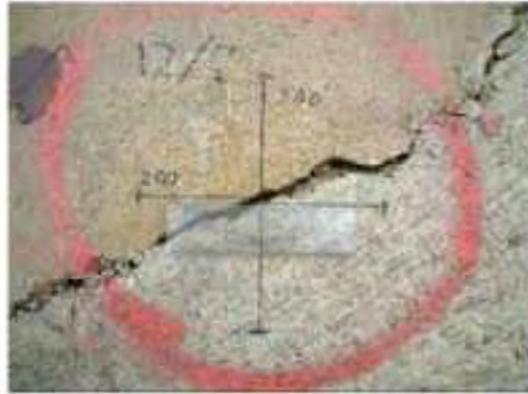
- ① 林地、荒地等の変状の目立ちにくい部分についても入念に調査すること。
- ② 地すべり頭部については予想以上に上部まで変状が及んでいることがあるので十分に調査を行うこと（大規模な地すべりの場合は、尾根の裏側にまで亀裂や陥没が及んでいることもある）。
- ③ 亀裂等については、その日時、位置、方向、長さ、幅、落差等についてその概要を地形図上に図示しておくこと。

亀裂等に対しては、拡大有無の目視確認を目的として図-3.10.1、図-3.10.2に示すような鉸やマークを設置して簡易計測を行うことが有効である。地すべりの生じている範囲に複数の亀裂が認められる場合は、地すべり範囲を踏まえ、複数設置する。予兆段階で簡易計測を速やかに開始することが、その後の対応に役立つ。



擁壁や舗装路等、人工の構造物に亀裂がある場合、亀裂を挟んで頭部十字の釘を打設して釘の中心間の距離をコンベックス等で測ることによって、亀裂の広がりを確認する。

図-3.10.1 コンクリート構造物の亀裂（目開き）の観測



コンクリート等の人工構造物に発生した亀裂に十字のマークを付け、その変化を計測することにより亀裂の拡がりを確認する。測定は簡便であるが、経年劣化により線の視認性が低下するため長期の観測には不向きである。

図-3.10.2 クロスマーキング法による亀裂の観測

(2) 移動速度調査

地すべりの範囲が確認できたら、今後の地すべり活動の予測や、避難指示等を判断するための管理基準値設定の基礎資料とすることを目的とし、地すべりの移動速度を調査する。調査手法には次のようなものがあるが、少なくとも1か所以上は伸縮計（自記）を設置することが望ましい。

- ① 丁張による測定：地すべりの頭部及び側端の亀裂等に図-3.10.3に示すような丁張を設置し、地すべりに伴って生ずるズレを定期的に測定する。なお、丁張中央部は設置時にのこぎりで切断しておく。
- ② 伸縮計による測定：測定の原理、測定方法等については、技術書「Ⅱ調査編、9. 地すべり移動量調査」を参照する。

なお、応急調査用として用いる場合には、以下の点に留意する。

- (ア) 地すべりの頭部に亀裂等をまたいで設置することを原則とし、側端亀裂や移動の激しい亀裂がある部分にも設置する。測定は単一の亀裂の変動を調べるものではなく、地すべり全体の移動速度を把握することを目的とするため、測線長は10m程度以上と長めにする。
- (イ) 伸縮計は警報器としても作動させ、民家等の付近に連動したベルを設置し、避難等の目安として用いる。この場合、警報発令のセットは2～4mm/hとすることが多いようである。

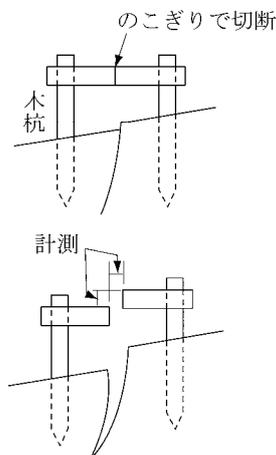


図-3.10.3 丁張による測定

- ③ GNSS計測による測定：測定の原理、測定方法等については、技術書「Ⅱ調査編、9. 地すべり移動量調査」を参照する。

揚津地区（福島県）では、平成30年の融雪期に非常に活発な地すべり活動が発生したため、応急対策として地すべりブロック背後にディープウェル工が実施された。応急対策実施前から行ったGNSSによる自動観測の結果、**図-3.10.4**に示すとおり、ディープウェル工の効果により、地すべり変位速度が低下したことを確認することができた。

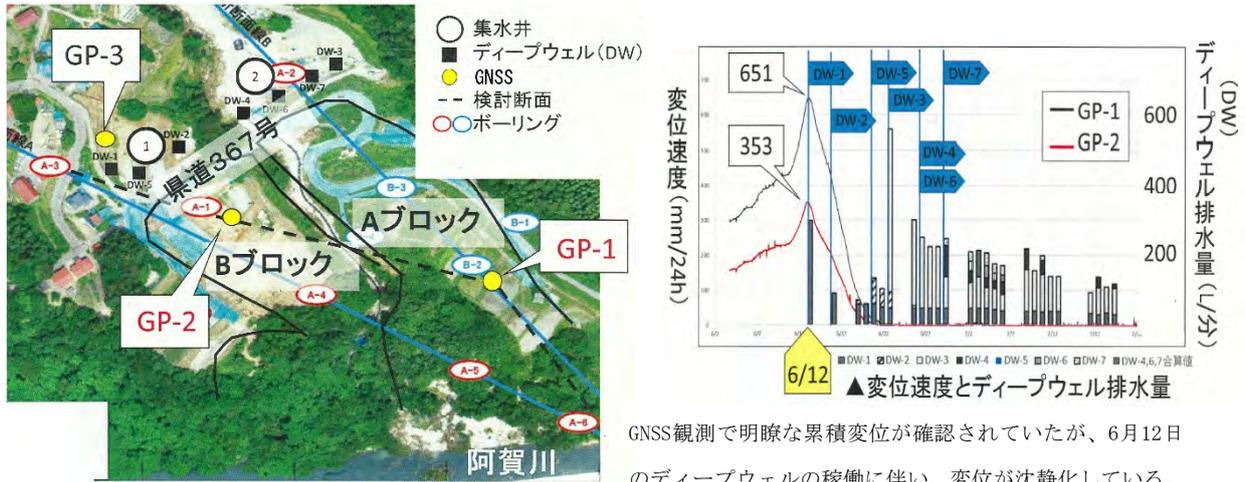


図-3.10.4 GNSSの自動観測による応急対策効果の確認例（揚津地区（福島県））

(3) 湧水及び漏水状況調査

地すべりの発生には地下水が関わっている場合が多く、そうした場所では湧水量の増加や濁り、新規湧水の発生等がよく認められ、場合によっては地下水が噴出していることもある。また、逆に、亀裂の発生や変動によってため池や水路、河川等から水が地下に浸透し、地すべりを更に助長していることもある。応急工事を考える上で、このような現象の生じている位置及びその程度を把握する必要がある。

(4) 警戒避難体制の構築等

移動速度の確認結果を踏まえて設定された管理基準値等により、移動速度に応じて、「警戒」、「避難」、「立ち入り禁止」等の措置がとれるように、関係者とともに警戒避難体制を構築する。警戒避難の基準値を設定する際に参考となる管理基準値の設定例を表-3.10.1～表3.10.3に示す。

なお、警戒避難体制を解除するに当たっては、管理基準値をそのまま適用するのではなく、より安全側の判断が求められる。例えば、応急対策等によってある程度の安全が確保されていることや、さらなる変状が発生していないことを確認する等慎重に判断する必要がある。

表-3.10.1 代表的な管理基準値（伸縮計）*1

計測器種類	機関名または研究者	管理基準値				備考	
地表伸縮計	渡(1985)	警戒態勢/必要に応じて避難		1mm/day以上が5~10日継続 または 1cm/day以上が2日以上継続			
		緊急避難・地区内立入り禁止		2~4mm/h以上			
	西嶋(1991)	警戒体制		5~10mm/日以上		農水省技術検討委員会「緊急時に於ける地すべり対策」で発表分。延15年間の長野県下の地すべり調査・対策・施工結果のまとめ。	
		避難体制		2~3mm/h以上			
	(財)高速道路調査会 昭和63年2月	調査・設計段階の管理基準値	・異常値と認められる最小値	0.5mm/日		計測誤差を超えた計測値を「異常値」という。	
			・活動中地すべりと判定すべきとき(上記に加えて) (1)計測値に経時的な累積性が認められる場合 (2)複数の計測機器で同時に同様な変動傾向を示す場合 (3)降雨・降雪に関連して累積変動を繰り返す場合(回転・回帰変動を含む) (4)とくに、パイプひずみ計や地中傾斜計など地中変位計測ですべり面と認定できる計測結果が得られた場合				
		施工段階の管理基準値	・点検・要注意または観測強化	5mm以上/10日			
			・対策の検討	5~50mm以上/5日			
			・警戒・応急対策・通行止検計	10~100mm以上/1日			
		維持管理段階の管理基準値	・点検・要注意または観測強化	10mm以上/30日			
			・対策の検討	5~50mm以上/5日			
			・警戒・応急対策・通行止検計	10~100mm以上/1日			
			・嚴重警戒・通行止め	100mm以上/1日			
		斉藤(1972)	日常変化	10 ⁻⁷ /分以下			単位は地表歪速度
	要注意		10 ⁻⁷ /分以上	〃			
	要警戒		10 ⁻⁶ /分以上	〃			
	嚴重警戒		10 ⁻⁵ /分以上	〃			
	建設省 河川砂防技術(案) ・調査編	警報	4~1mm/h以上	市販の警報器について			
地すべりの運動形態の予測(一部のみ抜粋)							
新鮮又は弱風化の岩盤突発性		突発性					
風化岩盤		急速性, 1cm/日以上になる					
隙混じり土砂		断続性, 1mm~10cm/日					
藤原(1979)	地盤変動種別一覧				総合判定		
	変動種別	日変位量(mm)	累積変動量(mm/月)	一定方向への累積傾向	変動形態(引張り、圧縮、断続)	変動判定	活動性ほか
	変動A	1以上	10以上	顕著	引張り	確定	活発に運動中 表層・深層すべり
	変動B	0.1~1	2~10	やや顕著	引張り・断続	半確定	緩慢に運動中 粘質土・崩積土すべり
	変動C	0.02~0.1	0.5~2	ややあり	引張り・圧縮	潜在	継続観測必要
	変動D	0.1以上	なし	なし	規則性なし	以上	局所的な地盤変動・その他

*1 (社)斜面防災対策技術協会：地すべり観測便覧、p.402~403(2012)を引用(一部変更)

表-3.10.2 代表的な管理基準値（パイプひずみ計）*1

計測器種類	機関名または研究者	管理基準値				備考	
		警戒体制		避難体制			
パイプひずみ計	西嶋(1991)	警戒体制		10 ⁻⁴ strain / 日以上		農水省技術検討委員会「緊急時に於ける地すべり対策」で発表分。延 15 年間の長野県下の地すべり調査・対策・施工結果のまとめ。	
		避難体制		2×10 ⁻³ strain / 日以上			
	(財)高速道路調査会 昭和 63 年 2 月	調査・設計段階 の管理基準値	・異常値と認められる最小値		50~100μstrain / 7 日		計測誤差を超えた計測値を「異常値」という。
			・活動中地すべりと判定すべきとき(上記に加えて) (1)計測値に経時的な累積性が認められる場合 (2)複数の計測機器で同時に同様な変動傾向を示す場合 (3)降雨・降雪に関連して累積変動を繰り返す場合(回転・回帰変動を含む) (4)とくに、パイプひずみ計や地中傾斜計など地中変位計測ですべり面と認定できる計測結果が得られた場合				
		施工段階 の管理基準値	・点検・要注意または観測強化		10 ⁻⁴ strain 以上(累積)		
			・対策の検討		10 ⁻³ ~5×10 ⁻² strain(累積)		
	・警戒・応急対策・通行止検査		-				
	・嚴重警戒・通行止め		-				
	藤原 (1979)	地盤変動種別一覧					
		変動種別	日変位量 (μstrain/月)	変動形態		すべり面の存在の地形・地質学的可能性	総合判定
累積傾向				変動状態	変動判定		活動性ほか
変動 A		5,000 以上	顕著	累積変動	あり	確定	活発に活動している岩盤・崩積土すべり
変動 B		1,000 以上	やや顕著	〃	〃	準確定	緩慢に活動しているクレープ型地すべり
変動 C		100 以上	ややあり	累積断続擾乱回帰	〃	潜在	すべり面存在有無を断定できないため、継続観測が必要
変動 D	1,000 以上(短期間)	なし	断続擾乱回帰	なし	異常	すべり面なし。地すべり以外の要因	

表-3.10.3 代表的な管理基準値（孔内傾斜計）*2

計測器種類	機関名または研究者	管理基準値		備考	
		警戒体制			
孔内傾斜計 (挿入型)	西嶋(1991)	警戒体制		農水省技術検討委員会「緊急時に於ける地すべり対策」で発表分。延 15 年間の長野県下の地すべり調査・対策・施工結果のまとめ。	
		避難体制			10mm / 日以上
	(財)高速道路調査会 昭和 63 年 2 月	調査・設計段階 の管理基準値	・異常値と認められる最小値		計測誤差を超えた計測値を「異常値」という。
			1mm~10mm/ 回		
		・活動中地すべりと判定すべきとき(上記に加えて) (1)計測値に経時的な累積性が認められる場合 (2)複数の計測機器で同時に同様な変動傾向を示す場合 (3)降雨・降雪に関連して累積変動を繰り返す場合(回転・回帰変動を含む) (4)とくに、パイプひずみ計や地中傾斜計など地中変位計測ですべり面と認定できる計測結果が得られた場合			
施工段階および 維持管理段階の 管理基準値	・点検・要注意または観測強化		1mm 以上 / 日		
	・対策の検討		5~50mm 以上 / 日		
	・警戒・応急対策・通行止検査		-		
・嚴重警戒・通行止め		-			

*1 (社)斜面防災対策技術協会：地すべり観測便覧、p.404~405 (2012) を引用 (一部変更)

*2 (社)斜面防災対策技術協会：地すべり観測便覧、p.405 (2012) を引用 (一部変更)

(5) 地すべり破壊時刻の予測方法

地すべりによる急激な移動（ここでは「地すべり破壊」と呼ぶ。）の発生時刻の予測に関してはいくつかの研究があるが、まだ完全と言えるものはない状況にある。しかし、その中では斎藤（1966）^{*1}や福園（1985）^{*2}によって提唱された方法が伸縮計等のデータに基づいて比較的簡便に行えるものとして、ある程度実用に供されている。これらについては、技術書「IV資料編、6. 地すべり破壊時刻の予測」を参照する。

(6) UAVを用いた災害調査

地震や豪雨に伴う斜面災害現場では、従来であれば安全性が確保されていなければ立ち入ることができず、迅速な調査ができないことも多かった。

こうした状況に対して、UAV（無人航空機）は遠隔操作によって上空から被災箇所へ接近することが可能であり、近年多くの実績があるとともに、汎用的な調査手法として活用されてきている。

これらについては、技術書「II調査編、3. 地形調査」や、「農地等斜面災害調査手引き」（農林水産省）を参照する。

10.2 応急対策

(1) 地表水排除

地すべりブロック上部に池、沼、湿地等がある場合には、できるだけ開削やポンプ排水等により水を地すべり地域外へ排水して地すべりの誘因を除去する。亀裂はビニールシート等で被覆する等して亀裂内への地表水の浸透を防止する。また、湧水、水路からの漏水及び沢についても浸透を防止するためビニール等で被覆した応急排水工により処理する。ブロック外から水路、沢等を通じて流入する地表水については、ブロック外で別流域への水替えにより処理する。水田等では、土嚢や開削水路により処理する。

(2) 地下水排除

地表水の排除を実施した後も地すべり活動が活発な場合は、地すべり頭部やブロック内に発生している亀裂の中で移動方向に対して直角で連続した主なものを選び、その地点の地表面下の亀裂を貫くように水抜きボーリングを行い、亀裂内の地下水を排除する。なお、地すべり滑動による水抜きボーリング孔の破壊や、削孔時の送水による地すべり活動の活発化が起きないように、十分注意する。

また、地すべり、地下水ともに浅く、残留土塊や崩壊土砂の含水量が多い場合、地すべり縦断方向に粗粒材との置換え等による暗渠工を施工し、排水を促進することも考えられる。

なお、規模が大きく、地下水位が深い地すべりに対して、応急対策により地すべり活動を抑制する必要がある場合は、-3.10.5に示すディープウェル工による地下水排除が有効である。庄内あさひ地区（山形県）においては、平成21年の融雪期に-3.10.6に示すB-1ブロックで非常に活発な地すべり活動が発生したため、関係機関が連携し、平成21年6～7月にかけてディープウェル工（山形県19本、農林水産省23本、国土交通省13本）が実施された。ディープウェル工による地下水の強制排除の結果、-3.10.7のように地下水水位の低下及び-3.10.8のようにGNSS観測による地

*1 斎藤（1970）：斜面崩壊発生時の予知に関する研究、鉄研報告、No. 706

*2 福園（1985）：表面移動速度の逆数を用いた降雨による斜面崩壊発生時刻の予測法、地すべり、22. 2、pp. 8～13

すべり活動の抑制が確認された。この後に実施された恒久対策の集水井工により、地すべり活動が沈静化した。

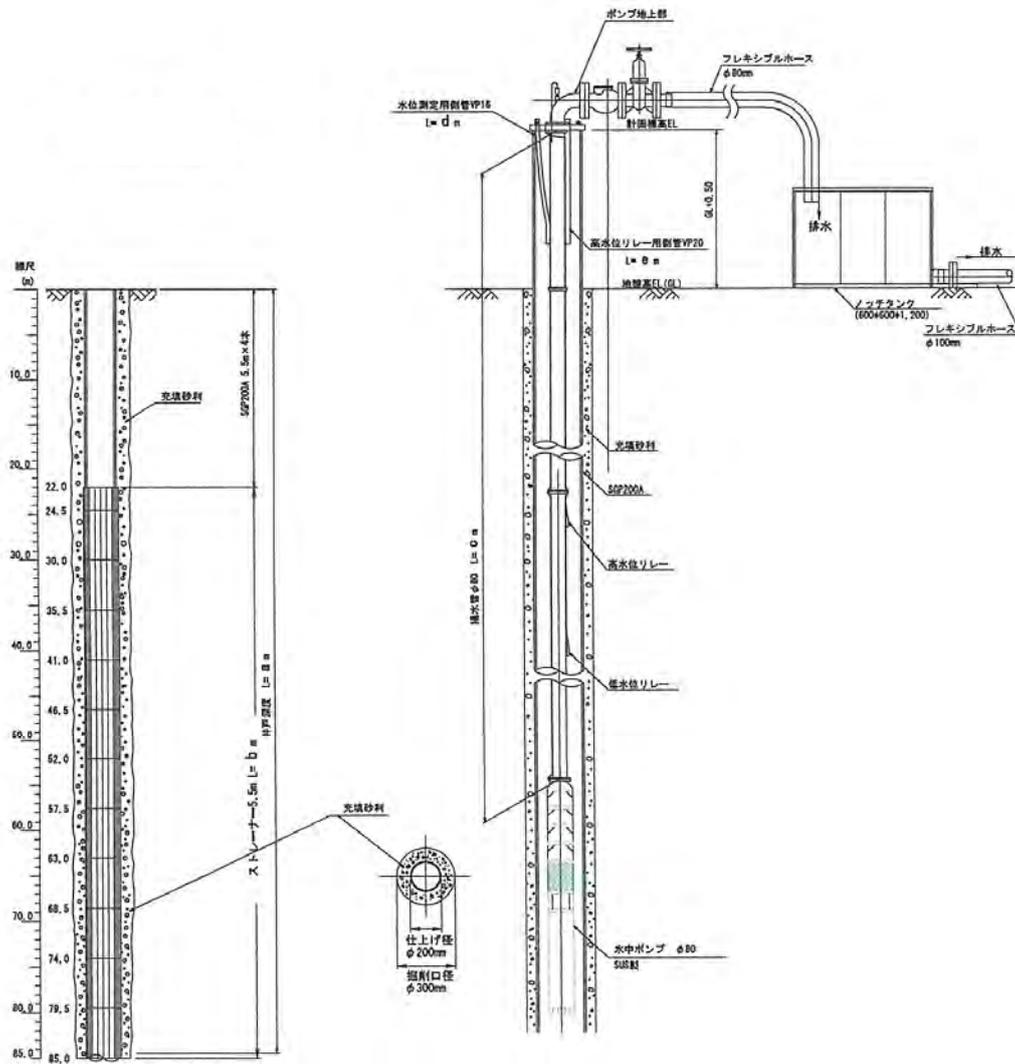
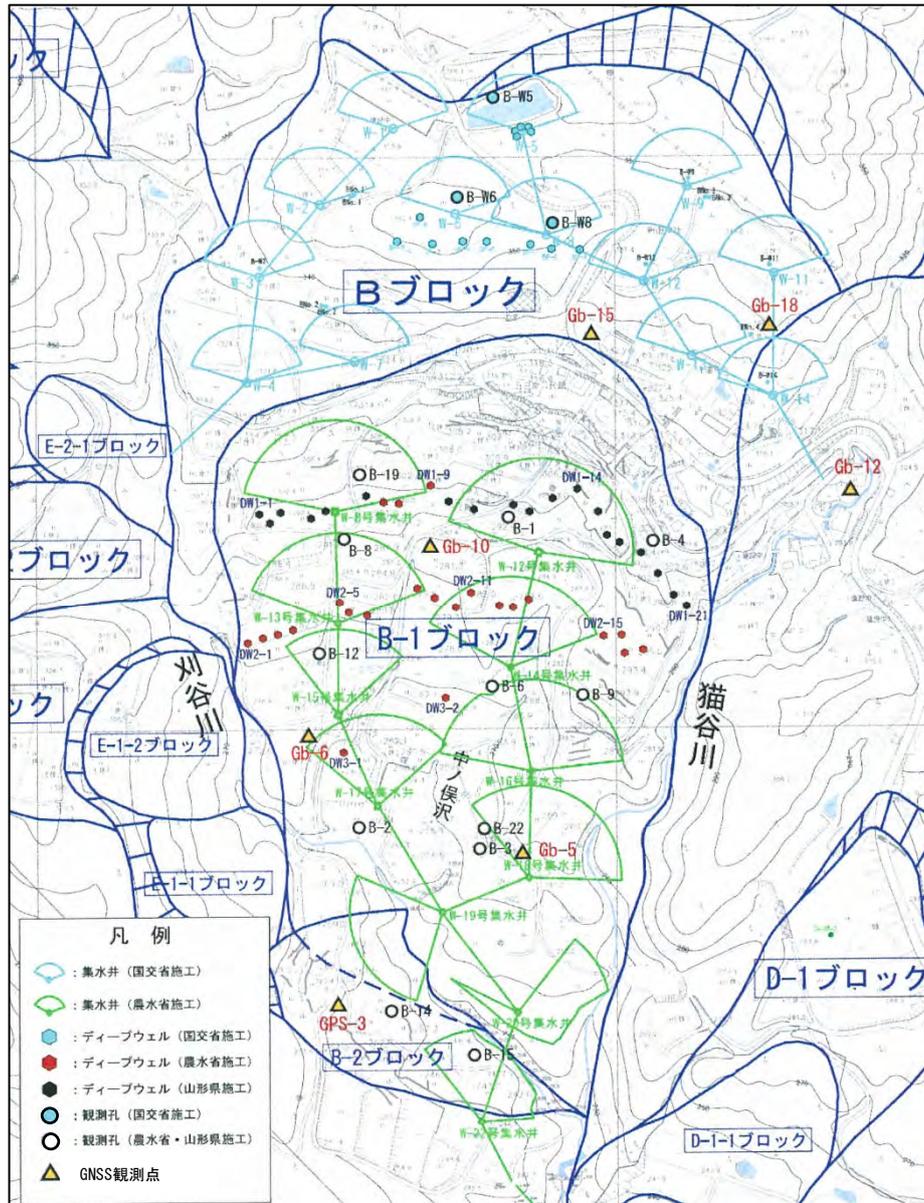


図-3.10.5 ディープウェル工の構造図例（庄内あさひ地区（山形県））



※集水井は、応急対策のディープウェルによる地すべり活動の抑制後に実施

図-3.10.6 ディープウェル工計画の例 (庄内あさひ地区 (山形県))

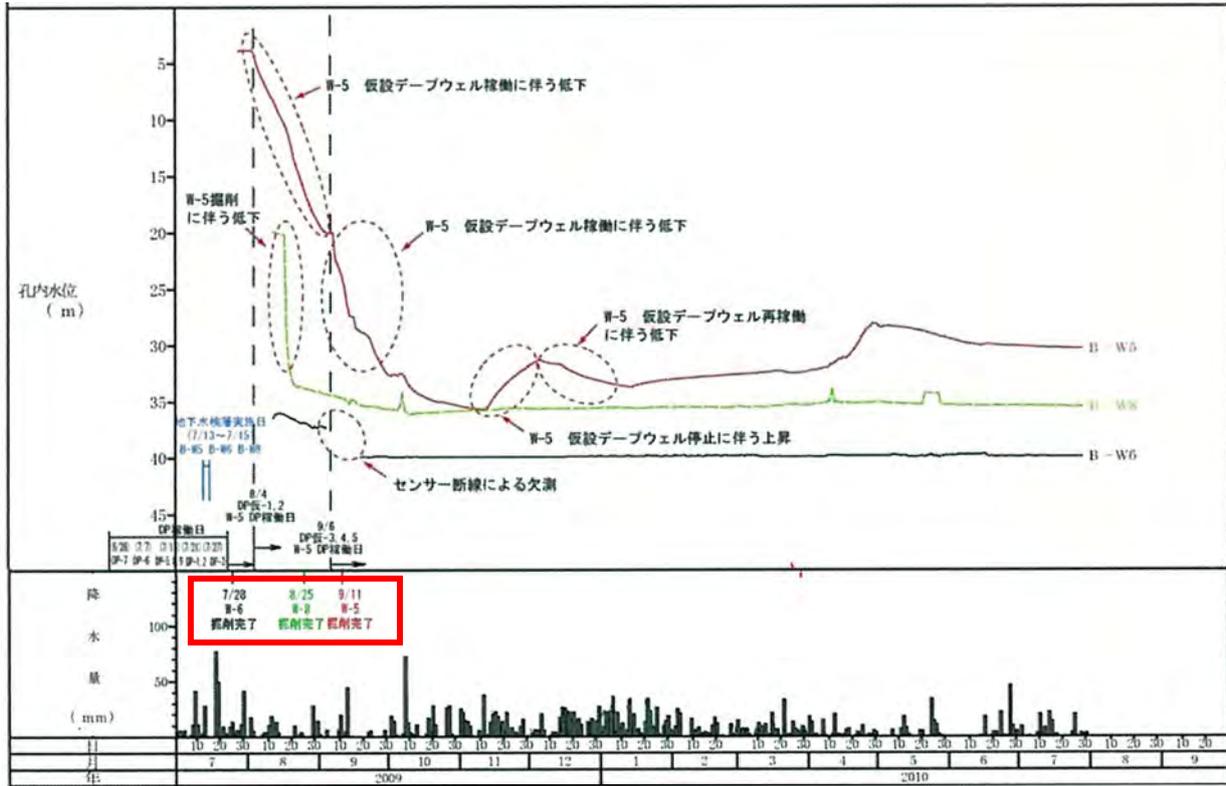


図-3. 10. 7 ディープウェル工による地下水位低下の例（庄内あさひ地区（山形県））

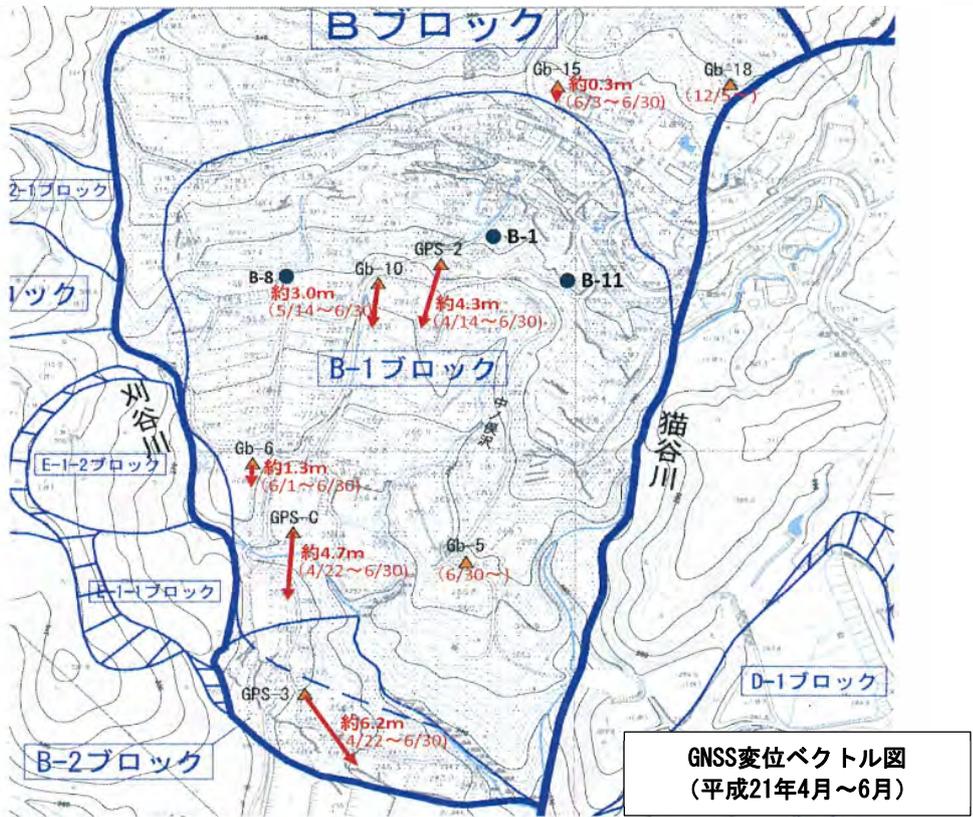
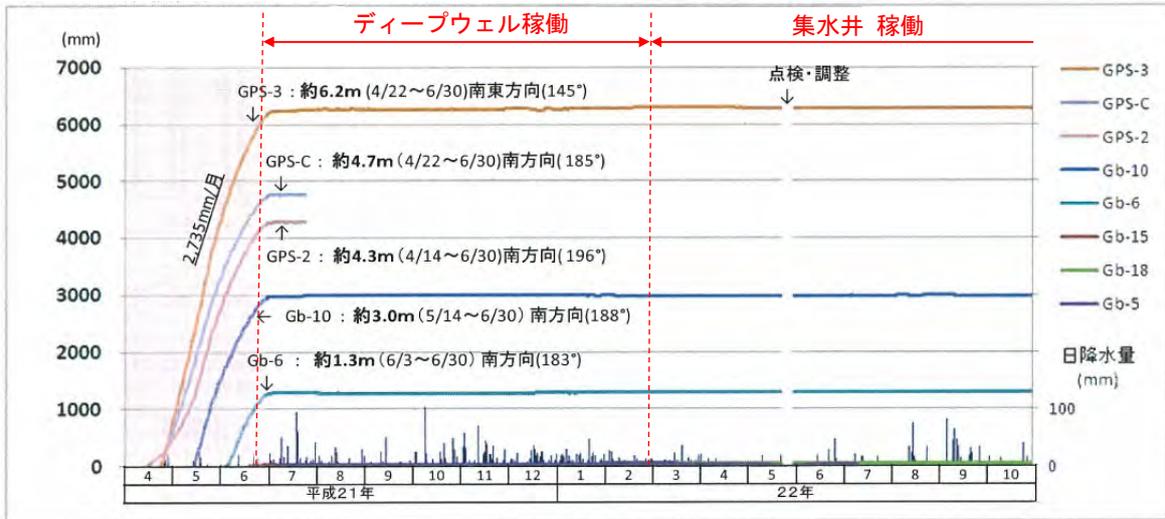


図-3.10.8 ディープウェル工による地すべり活動抑制の例 (庄内あさひ地区 (山形県))
 (上) 地下水排除工とGNSS観測による変位置図、(下) GNSSの変位ベクトル図

(3) 土留工

地すべり舌端部が崩壊しそうな場合、あるいは崩壊が拡大する可能性のあるときには、崩壊の拡大により地すべり活動が促進される可能性があるため、大型土のう等を用いて応急土留工を施工する。土留工の施工の範囲は、現場条件にもよるが、地すべり舌端部若しくは崩壊範囲を取り巻き、押え込むように設置することが望ましい。



図-3.10.9 応急土留工の例（庄内あさひ地区（山形県））

(4) 排土工

小規模な地すべりの場合は、地すべり上部を排土することが有効である。地すべり頭部の土塊を排土することから、掘削箇所は軟弱な土質を呈していることが多いため、施工に当たっては万全の安全確保を図ることが必要である。また、滑落崖背後に不安定な土塊が存在する場合には、冠頂から崩落や新たな地すべりが発生することもあるため、伸縮計の設置や頻度の高い斜面監視等により、十分な安全管理を行う必要がある。

近年では、無人化施工による対応も実施されている。

(5) 押え盛土工

切土に伴って発生した地すべりについては、カウンターウェイトとして押え盛土を行うことが有効である。この場合、押え盛土により地すべりブロック内の地下水が閉塞され地すべりブロック内の不安定化が助長されないように、排水性のよい材料を使用することが望ましい。

道路脇の法面等で、すべり面が道路面より高い位置に形成されている場合には、道路面からすべり面よりも高い位置まで押え盛土を積み上げないと、地すべり滑動に対する抑制効果が期待できないため、注意が必要である。

10.3 応急復旧

道路面に隆起や沈降が生じた場合であって、その段差が小さい場合には埋戻しや切土によらず亀裂部分を地ならしして交通車両を徐行運行させる。隆起、沈降による段差が大きい場合には交通確保のための仮設道路を設けねばならないが、できるだけ地すべりブロックから離すことが望ましい。また、仮設道路の設置に伴う切盛工事は応急対策等により地すべりの活動が停止するのを待ってから実施する。なお、規模の大きな切盛工事及び急速な施工は、活動停止中の地すべりブロックのバランスを崩し再活動させる原因となるので、十分留意する。また、施工もできるだけ緩速に行うことが望ましい。

多量の崩土の流入により河川が埋塞すると、埋塞箇所の上流域が湛水するため、これが決壊した場合、甚大な被害が発生することが想定される。このため、土砂の排除、ポンプによる排水又は迂回水路を設ける等してできるだけ早く流水を流下させる必要がある。