

令和4年度 第2回 長者地すべり対策方針検討委員会

【第2回委員会での指摘事項に対する対応】

令和4年12月

高知県 防災砂防課・中央西土木事務所 越知事務所

<指摘>

今までの対策の積み重ねによって対策効果が発揮されて、観測の継続により効果の確実性が確認されてきている。最近20年間の結果だけではなく、対策開始からの安全率の向上も含めて対策期間全体を評価した方がよい。

面的解析の結果を見ると、上部ブロックや2号と3号排水トンネルの間など、まだ地下水位が高い箇所が確認されるが、対策工のやり残し箇所は本当に無いのか。休止についてはそのような範囲に対策工を行った場合の投資効果を分析して判断したほうがよい。効果については、安全率の向上と移動量の間関係を整理したうえで、追加の対策をした場合に、どの程度安全率が向上して、移動量としてはどの程度低減できるか推定してみてもどうか。

<対応>

- ① はじめに、昭和52年頃から令和3年までに施工された施設の整備による安全率の上昇分と変動量の間関係を整理する。
- ② 次に、まだ地下水位の高いエリアに追加の対策工(集水井工)を行った場合に低下が期待される地下水位を、「地すべり防止技術指針解説_H19.9」を基に仮定し、追加対策工を整備した場合に期待される安全率を推定する。
- ③ 地下水の高いエリアに追加の対策を行った場合に低下が見込まれる変動量を算出するため、①で整理した安全率の上昇分と変動量の間関係に、②で推定した安全率を適用した場合に見込まれる変動量を算出する。

上記の過程により、追加の対策工を行った場合の投資効果について評価を行う。

① 安全率と変動量の関係の整理

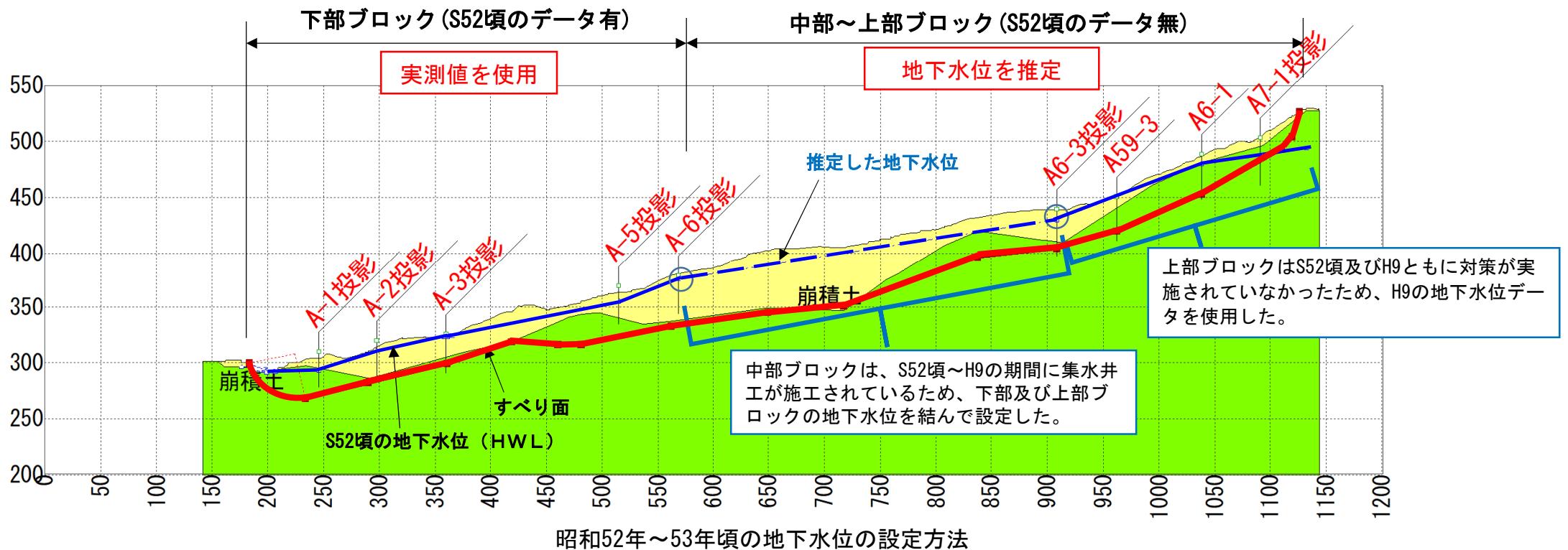
- ・ 第2回委員会では、現在観測中の水位データとして比較可能な平成9年の平均水位時の安全率を1.00と仮定し、平成9年と令和3年のそれぞれで平均水位時と最高水位時の安全率を算定した。
- ・ 本検討では、安全率と変動量の関係について、対策開始頃からの安全率の向上も含めて整理するために、まず現存する最も古い地下水位データから昭和52年頃の安全率を算定した。

方法

- ・ 昭和52年頃の安全率について、昭和52年～53年頃の地下水位から、観測データの記録がある当時の最高水位時の安全率を算定した（計算条件は第2回委員会と同様とした）。
- ・ なお、昭和52年頃の地下水位は下部ブロックのみで観測されていたため、中部～上部ブロックの地下水位については次のように推定し設定した。
 - 上部ブロック・・・昭和52年から平成9の間で地すべり対策が導入されていないため、両年で地下水位に大きな変化はないと仮定し、平成9の地下水位データを使用した。
 - 中部ブロック・・・昭和52年～平成9の期間に集水井工が施工されており、それらの効果を控除するため下部ブロックと上部ブロックの地下水位の両端を結んで設定した。

結果

- ・ 上記の仮定の下、安定解析を行った場合、昭和52年頃の最高水位時の安全率は0.772と算定される。



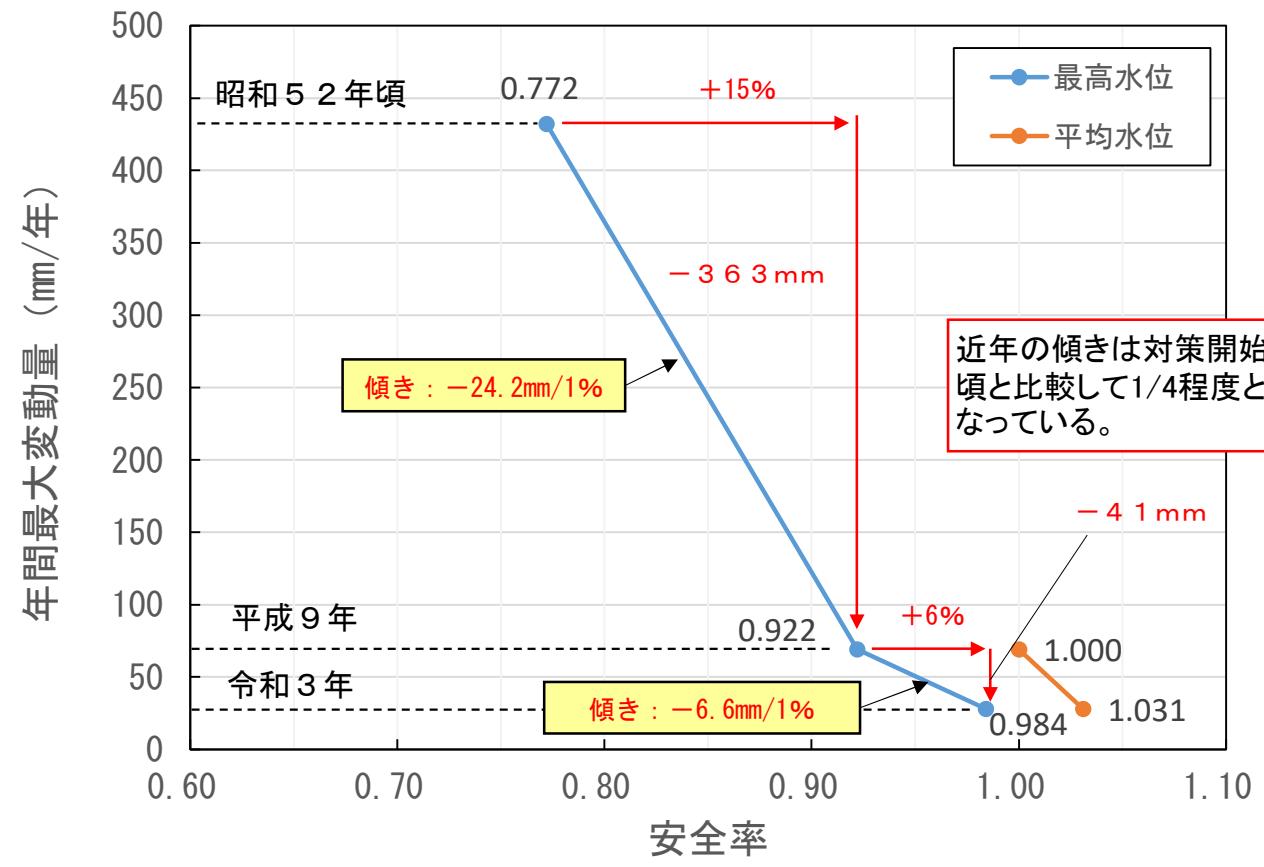
① 安全率と変動量の関係の整理

算定した昭和52年頃、平成9年、令和3年の最高水位時の安全率及び各期間の変動量から安全率と変動量の関係を整理した。

- 方法**
- 各期間の変動量が最も大きかった箇所の減少量を安全率の上昇分を除いて、安全率1%当たりの変動量の減少量を算出した。
 - 安全率と変動量の関係については、対策開始頃の昭和52年頃～平成9年（約20年間）と近年の平成9年～令和3年（約24年間）に分けて整理した。
- 結果**
- 安全率1%当たりの変動量の減少量は、対策開始頃が24.2mmに対し、近年は6.6mm程度であり、4分の1程度まで低下している。

期間	期間中に実施された主な対策工	安全率の上昇 (%) (①)	変動量が最も大きかった箇所の減少量 (mm) (②)	安全率1%当りの変動量の減少量 (②/①)
昭和52年頃 ～平成9年 (約20年間)	排水トンネル工 (1基) 集水井工 (5基) 集水井復旧 (3基)	15.0% (0.922-0.772)	363mm (432-69)	24.2mm
平成9年 ～令和3年 (約24年間)	排水トンネル工 (2基) 横ボーリング工 (2基)	6.2% (0.984-0.922)	41mm (69-28)	6.6mm

年間最大変動量と安全率の関係



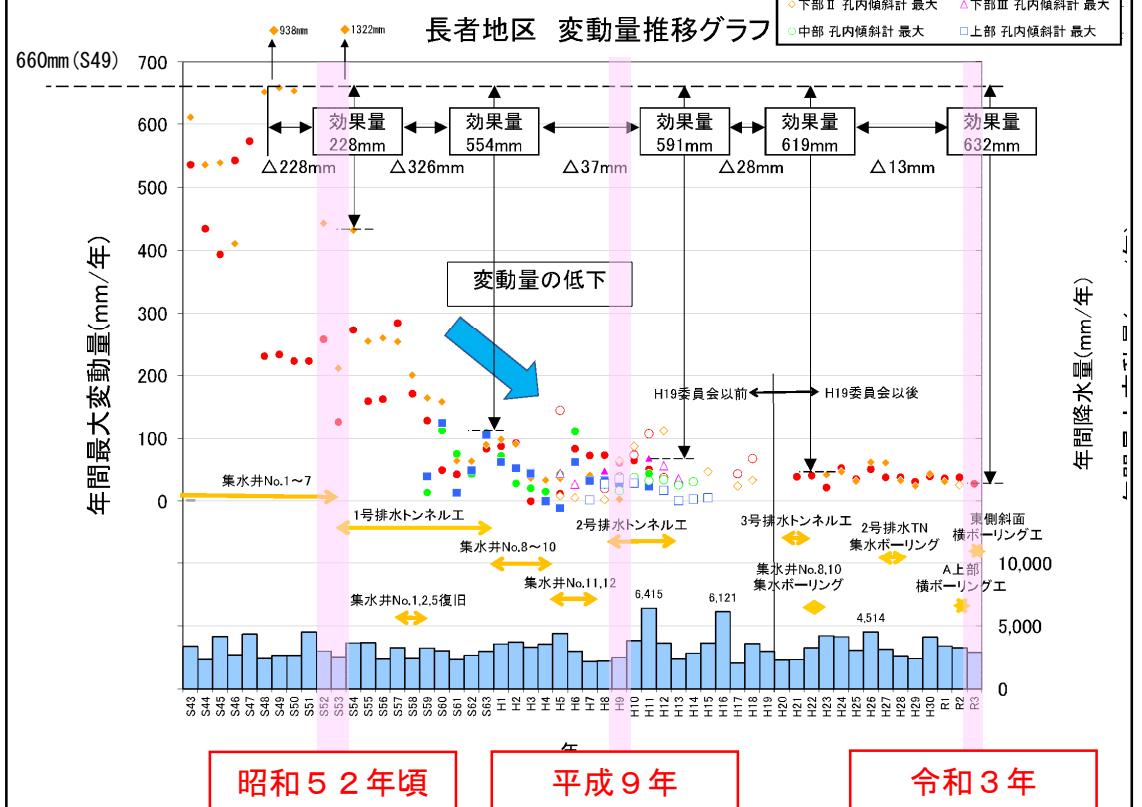
年		年間最大変動量 (mm/年)	安全率 (Aブロック全体)	
			平均水位	最高水位
昭和52年頃	1977年頃	432	—	0.772
平成9年	1997年	69	1.000	0.922
令和3年	2021年	28	1.031	0.984

※収集した昭和52年頃の地下水観測結果は連続観測を行っていないため、観測データにおける最高水位時のみ安定解析を実施した。

<年間最大変動量について>

昭和52年頃、平成9年および令和3年の年間最大変動量は、下記グラフを用いて設定した（昭和49年の660mm/年を基準として算出）。

- 昭和52年頃：432mm/年 (660mm-228mm)
- 平成9年頃：69mm/年 (660mm-591mm)
- 令和3年頃：28mm/年 (660mm-632mm)



昭和52年頃 平成9年 令和3年

引用：第1回委員会資料 p38より、一部加筆

② 追加対策工（集水井工）を行った場合の安全率の推測

上部ブロック西側の上部（図1）において、相対的に水頭が高い箇所がみられたため、この箇所への追加の対策の是非について、仮に新たに集水井工を計画して施工した場合の安全率及び変動量の低減の程度を試算することとした。

方法

- ・新たに集水井工を施工することで期待される計画地下水位低下の設定については、集水井本体の計画位置における地下水位低下量の見込みを「地すべり防止技術指針解説_H19.9」を参考に5mと仮定し、上下流側の地下水位低下の影響範囲については、上流側は集水ボーリングの先端（50m）まで、下流側は水平線と地下水位が交わる位置までとした（図2）。水位の低下量については不確実性を考慮し±10%の変動を見込んで設定した。
- ・追加対策工を導入した場合の安定解析の増加分の試算は、直近の令和3年度の最高水位に対して、どの程度見込まれるのか算出するよう実施した。

結果

- ・安定解析を行った結果、新たに集水井を1基追加で施工した場合に期待される安全率の上昇は0.17%~0.23%程度と試算された（図3）。

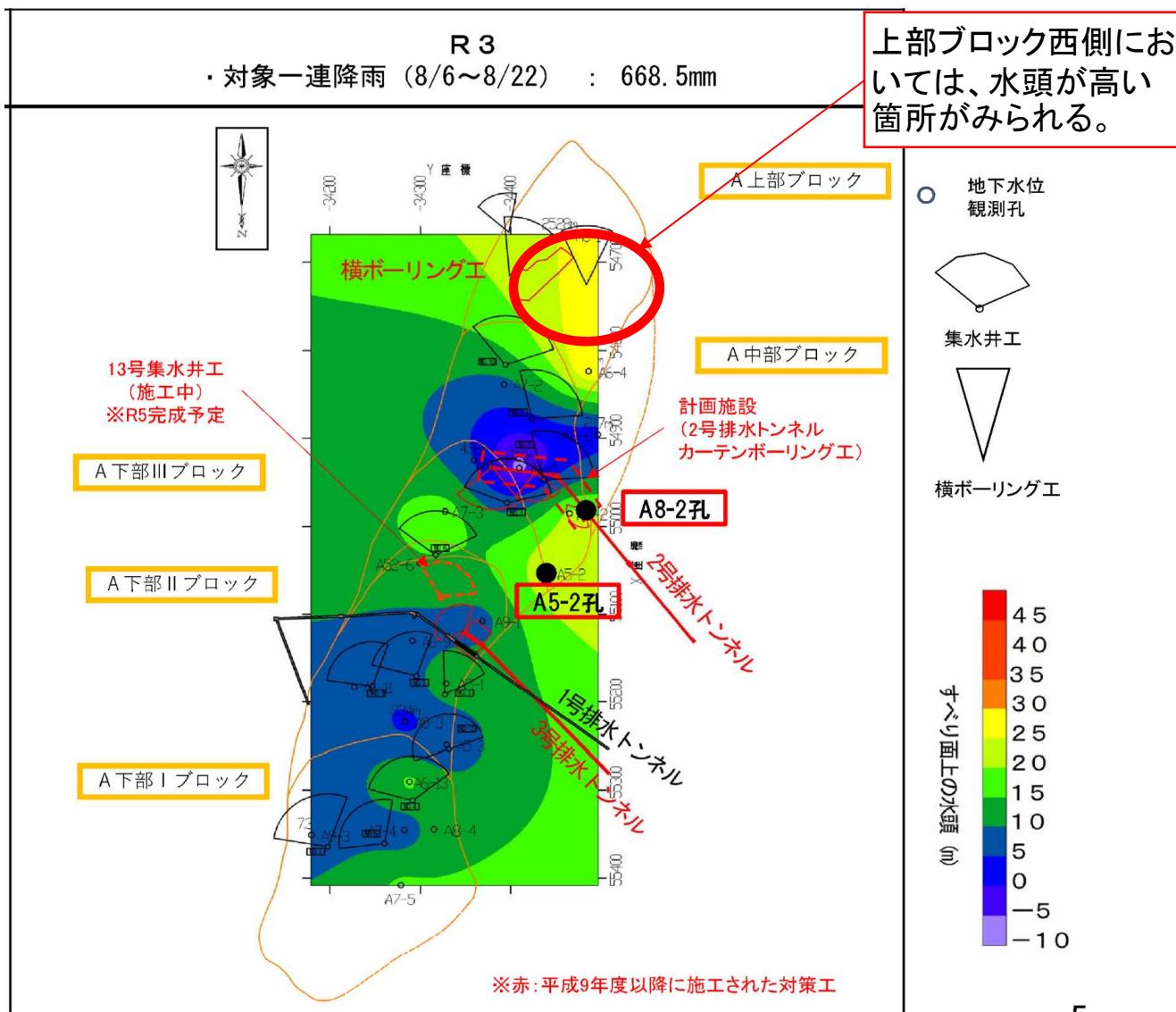
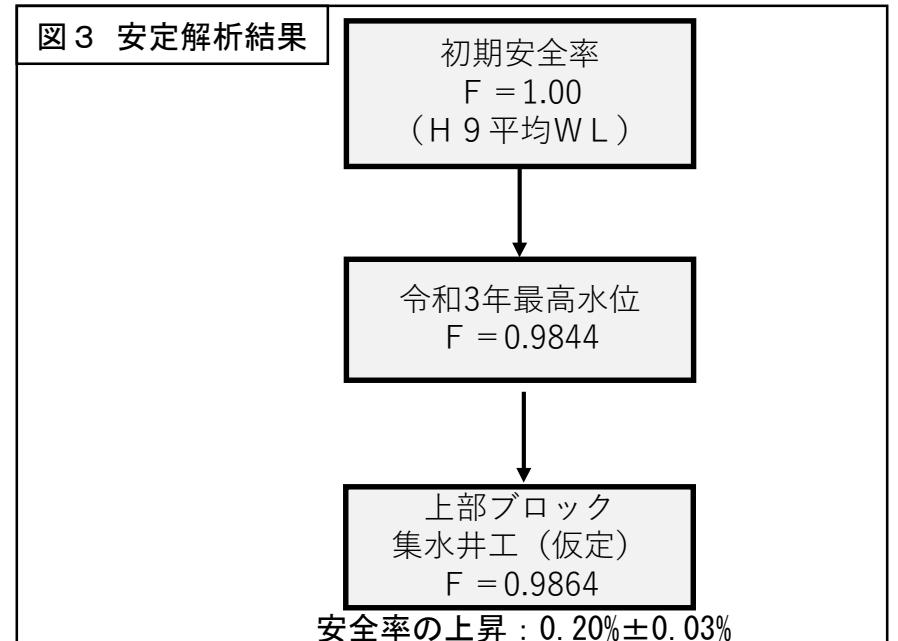
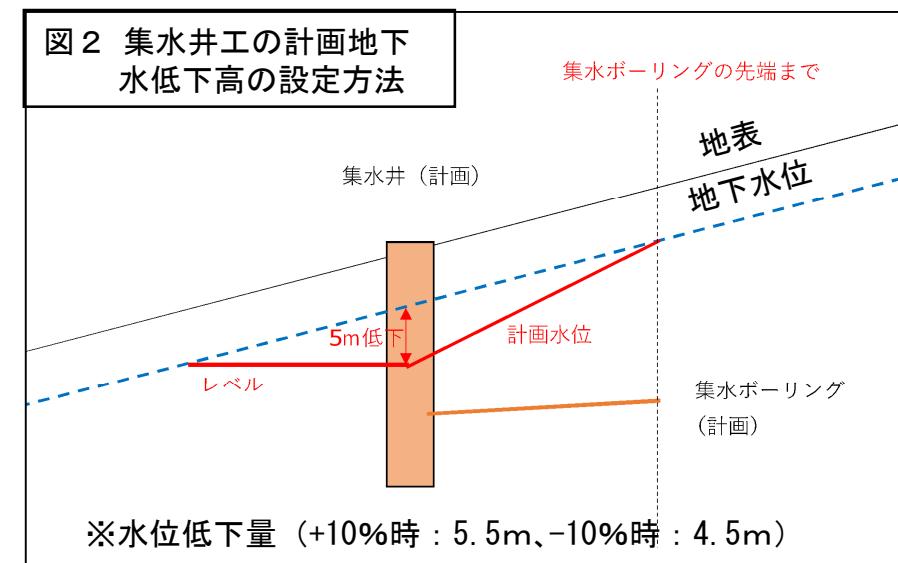


図1 すべり面上の水頭（最高水位）

引用：第2回委員会資料 p5より

5



安全率の上昇：0.20%±0.03%

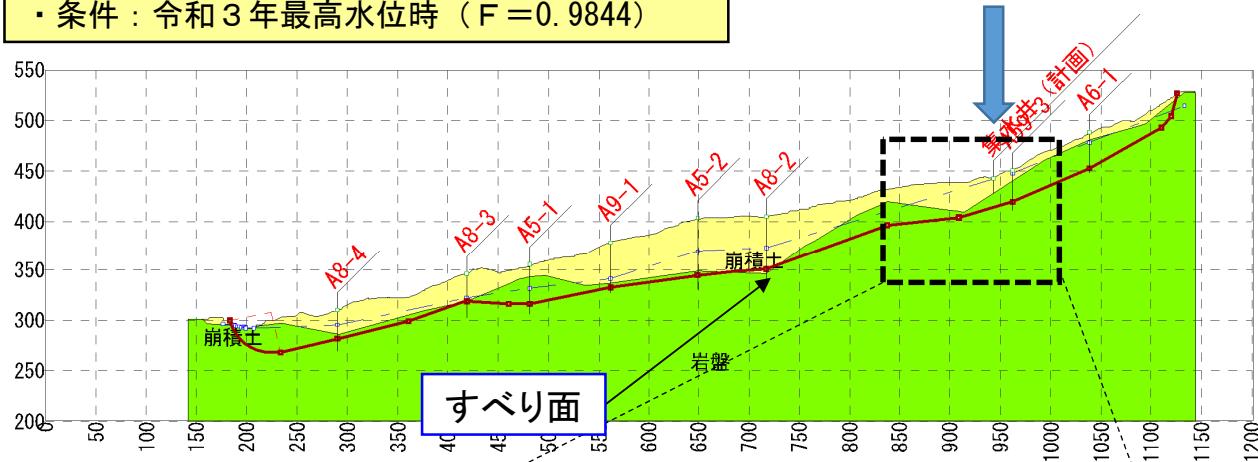
4

② 追加対策工（集水井工）を行った場合の安全率の推測

【参考】集水井計画後の安定解析に用いた地下水位について

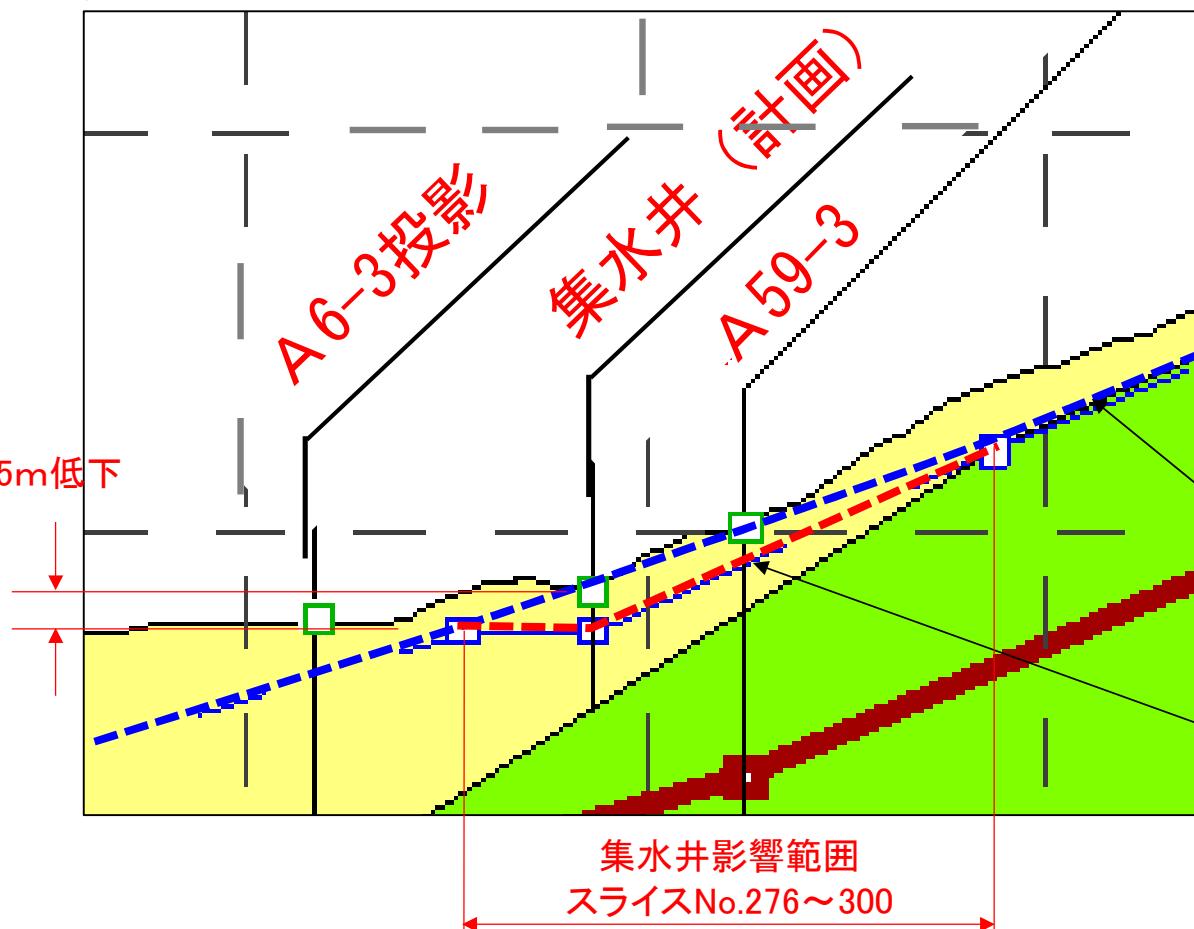
- ・ブロック名：Aブロック
- ・測線名：西側（A2測線）
- ・条件：令和3年最高水位時（ $F=0.9844$ ）

集水井計画位置



集水井計画前後での安定解析に用いた間隙水圧の低下量

集水井計画前				集水井計画後				安定解析に用いた 間隙水圧の低下量				
スライス No.	スライス幅 (m)	地下水位から すべり面深さ (m)	間隙水圧 (kN/m)	スライス No.	スライス幅 (m)	地下水位から すべり面深さ (m)	間隙水圧 (kN/m)	間隙水圧の低下量 (kN/m)				
								276	5.110	28.112	1497.8	276
				277	3.487	27.591	1003.2	44.8				
277	2.845	28.162	835.6	278	2.845	26.654	790.8		13.6			
278	0.640	28.188	188.0	279	0.640	26.141	174.4			75.8		
279	2.820	28.209	829.3	280	2.820	25.628	753.5				58.5	
280	1.710	28.240	503.5	281	1.710	24.959	445.0					120.1
281	2.980	28.266	851.7	282	2.980	24.280	731.6					
282	1.830	28.295	539.9	283	1.828	23.583	449.5	188.7				
				284	0.002	25.000	0.5		148.1			
283	3.850	28.332	1137.2	285	3.850	23.629	948.5			41.0		
284	3.420	28.380	1012.0	286	3.420	24.225	863.9				130.9	
285	1.030	28.408	305.1	287	1.030	24.592	264.1					111.0
286	3.620	28.439	1073.6	288	3.620	24.972	942.7					
287	3.650	28.485	1084.1	289	3.650	25.567	973.1	34.3				
288	1.710	28.520	508.5	290	1.710	26.006	463.7		59.1			
289	1.447	28.542	430.7	291	1.447	26.268	396.4			90.7		
290	2.603	28.502	808.6	292	2.603	26.420	749.5				141.3	
291	4.490	28.365	1387.9	293	4.490	26.512	1297.2					41.2
292	9.190	28.103	2814.5	294	9.190	26.692	2673.2					
293	3.810	27.856	1156.6	295	3.810	26.864	1115.4	10.2				
294	5.030	27.686	1517.5	296	5.030	26.980	1478.8		13.8			
295	1.930	27.554	579.5	297	1.930	27.030	569.3			158.800		
296	4.930	27.422	1473.1	298	4.218	27.153	1248.2					
				299	0.176	27.227	52.3					
				300	0.536	27.198	158.800					



集水井計画前
安全率の算出に用いた地下水位

集水井計画後
安全率の算出に用いた地下水位

③ 追加の対策工を行った場合に期待できる変動量の低減の程度について

①で整理した安全率と変動量の関係及び②で試算した追加対策工を行った場合の安全率の上昇分から、追加対策工を行った場合の変動量の低減の程度を算定した。

方法

- 平成9年～令和3年の期間における安全率の1%上昇分当たりの変動量の減少量は6.6mm (=41mm/6.2%)である。
- 相対的に水頭が高い箇所がみられる上部ブロック西側において、追加の対策工として集水井工を1基計画した場合の安全率を試算すると、安全率の上昇は0.17%～0.23%と試算された。
- 上記の結果を基に、追加の対策工を行った場合に期待できる変動量の低減の程度を算出する。

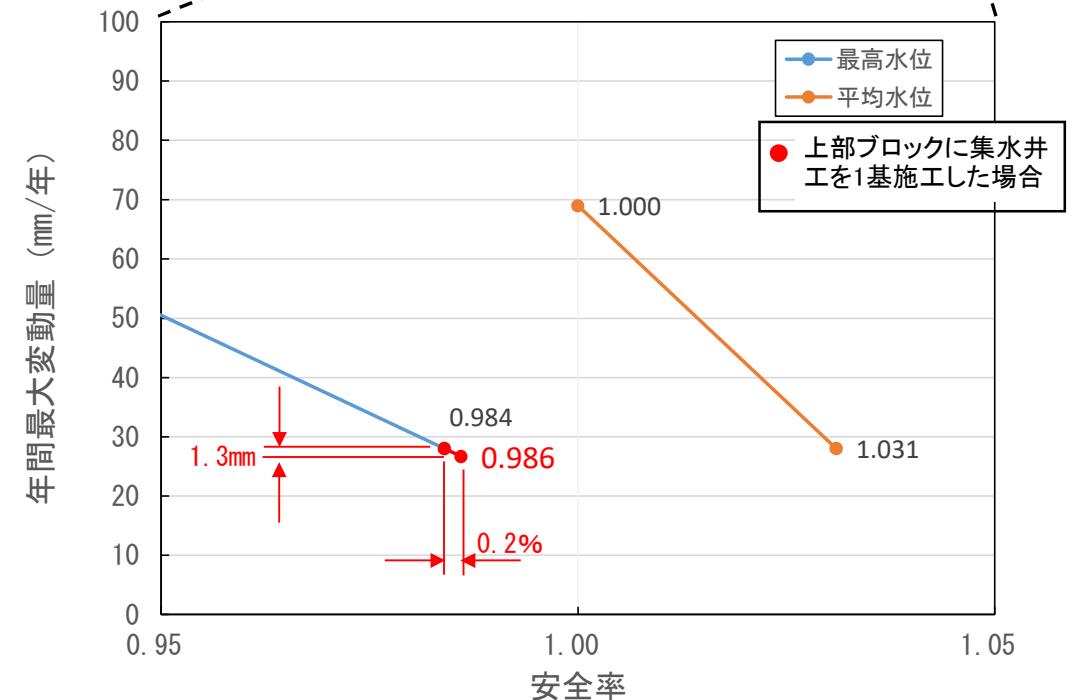
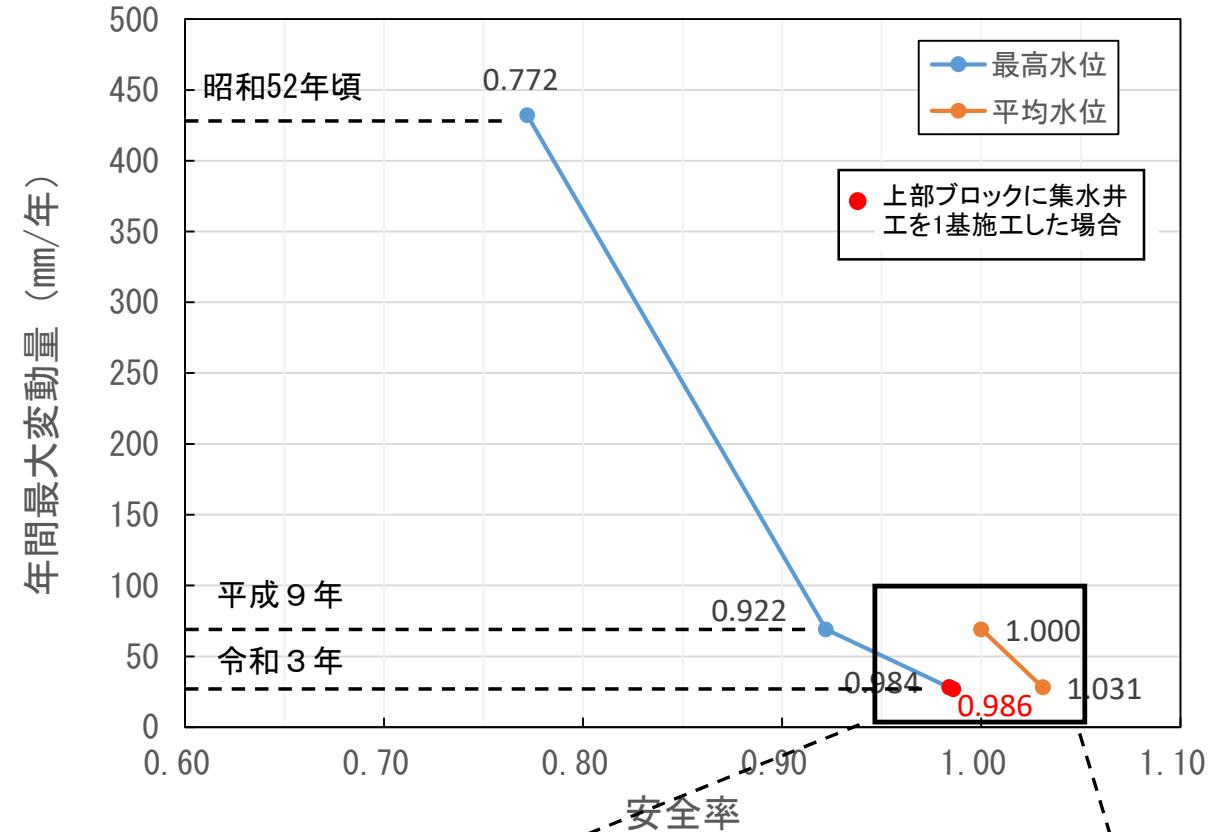
結果

- 今後、上部ブロック西側に集水井工を1基計画した場合に期待できる変動量の減少量は約1.3mmと推定される。

期間	期間中に実施された主な対策工	安全率の上昇 (%)	変動量が最も大きかった箇所の減少量 (mm)
①平成9年～令和3年	排水トンネル工 (2基) 横ボーリング工 (2基)	6.2% (0.984-0.922)	41mm (69-28)
②今後、追加の対策を行った場合	上部ブロックに集水井工を1基施工した場合を仮定	安全率の上昇分 0.2%	期待できる変動量の低減の程度 1.3mm (※1)

※1) 期間①における安全率と年間最大変動量の関係から推定した (0.2% × 41mm / 6.2% = 1.3mm)。

年間最大変動量と安全率の関係



■指摘に対する検討結果

対策開始頃からの安全率の上昇分を含めた対策工の評価について

- 平成9年の平均水位時の安全率を1.00と仮定した場合の安全率については、対策開始頃の昭和52年の最高水位時が0.772に対し、令和3年の最高水位時は0.984となっており、対策工の施工によって安全率が21.2%上昇してきている。

地下水位が高い箇所への対策工の追加検討について

- 安全率が1%上昇することで減少する変動量は、対策開始頃が24.2mmに対し、近年は6.6mmと4分の1程度にまで減少してきている。
- このような試算結果の中で、まだ地下水位が高い上部ブロック西側に追加で集水井工を計画した場合の安全率の上昇分は0.17%~0.23%であり、これにより期待される変動量の減少量については1.3mm程度と推定される。
- なお、地すべり防止工事の完了判定の目安は10mm/年^{※1}である。上記の試算結果に基づき、令和3年度時点における年間変動量28mmを10mmまで減少させるためには、集水井工は14基^{※2}必要となり、事業費は少なくとも約7億円^{※3}は必要と試算される。さらに、令和4年度時点においてAブロック内には集水井工は既に13基施工済みであり、抑制工で新規の施工箇所を選定することは困難な状況となっている。
- また監視・観測体制に移行した場合の年間の事業費は約1千万円/年である。
- このことから、地下水位が高い箇所への追加の対策工の投資効果は低いと考えられ、現在、施工中の13号集水井工が完成した段階で、対策工を休止し、監視・観測の体制に移行する。

※1) 出典：「直轄地すべり防止工事完了の考え方（H16.1）国土交通省河川局河川部

※2) 減少させる年間変動量=28mm-10mm=18mm。必要な集水井の基数=18mm/1.3mm≒14基となる。

※3) 長者地区の実績に基づき、5千万円/基で算定した。

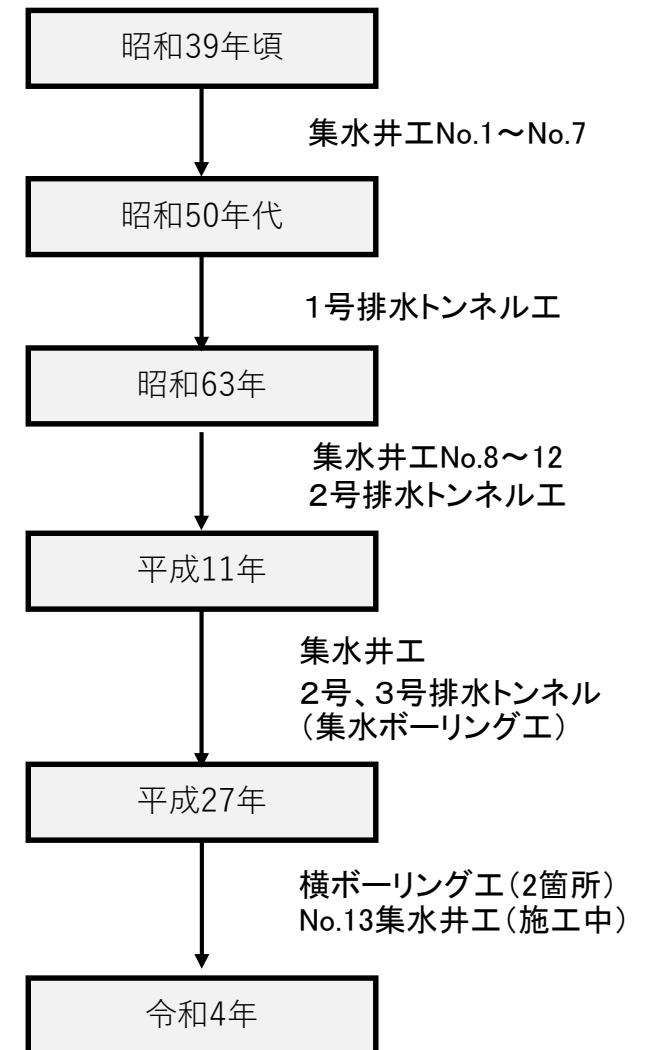
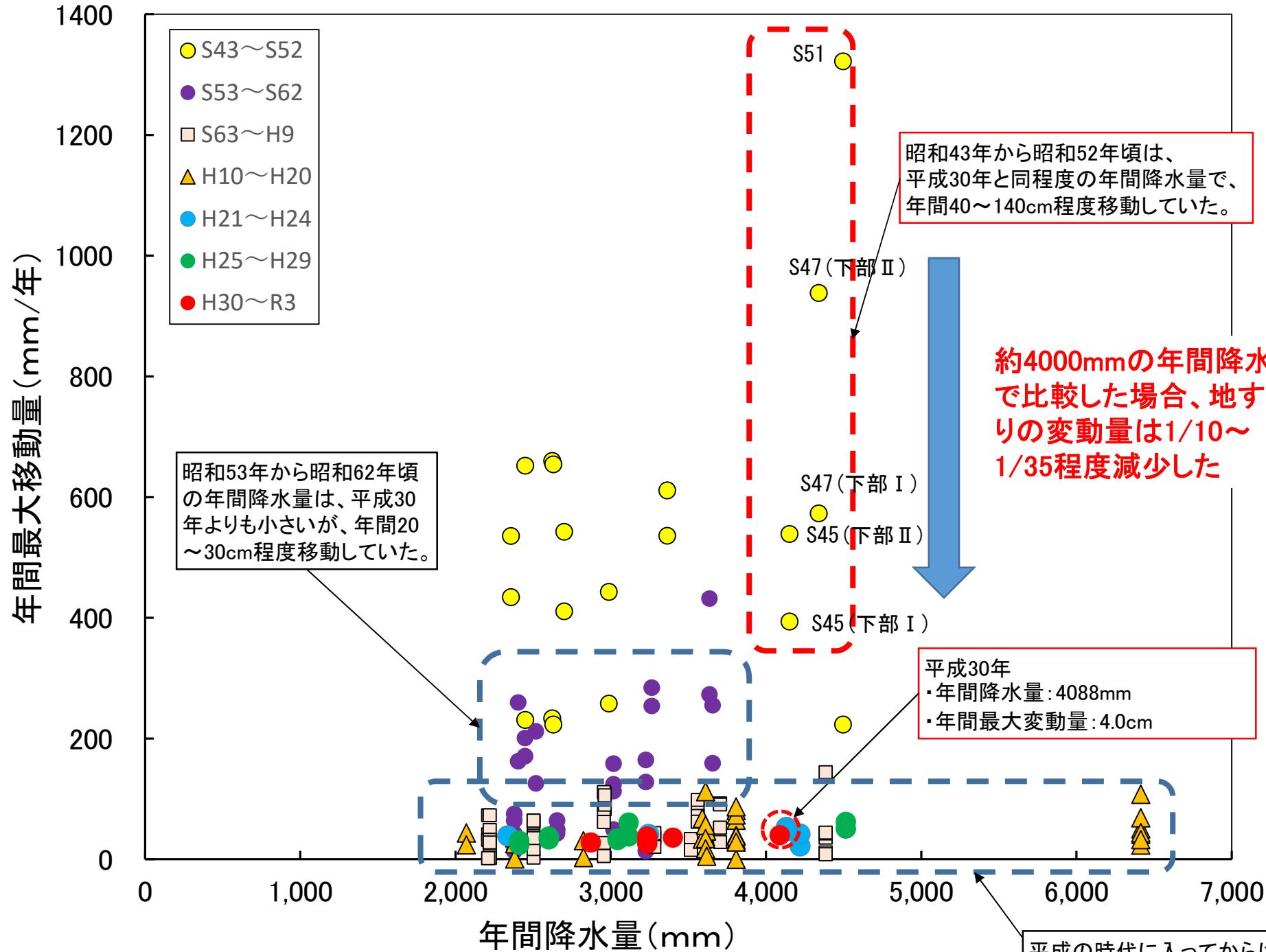
<指摘>

H30年7月豪雨のような記録的な降雨の場合においても、地すべり変位量や安全率などを指標として対策工の効果が発揮されていることを示すことが可能であれば、対外向けに説得力のある資料になると考える。

<対応>

・公表する第1回委員会資料の年間降水量と年間最大変動量の推移グラフに、H30年7月豪雨があったH30においても、昭和の時代と比較すると変動量が減少したことが分かるようにグラフに加筆する。

長者地区 変動量推移グラフ



引用：第1回委員会資料 p 39より、一部加筆

<指摘>

工事再開のフローについて、年間変動量10cmの判定は、随時行うのか、あるいは年1回行うのか等、どのタイミングで判定を行うのか検討しておく必要がある。また、対策工事の施工が手遅れとならないよう、リードタイムや対策着手の判断基準、平常時から実施しておくべき事項など、火山の緊急減災対策のような計画を検討しておくことが効果的である。

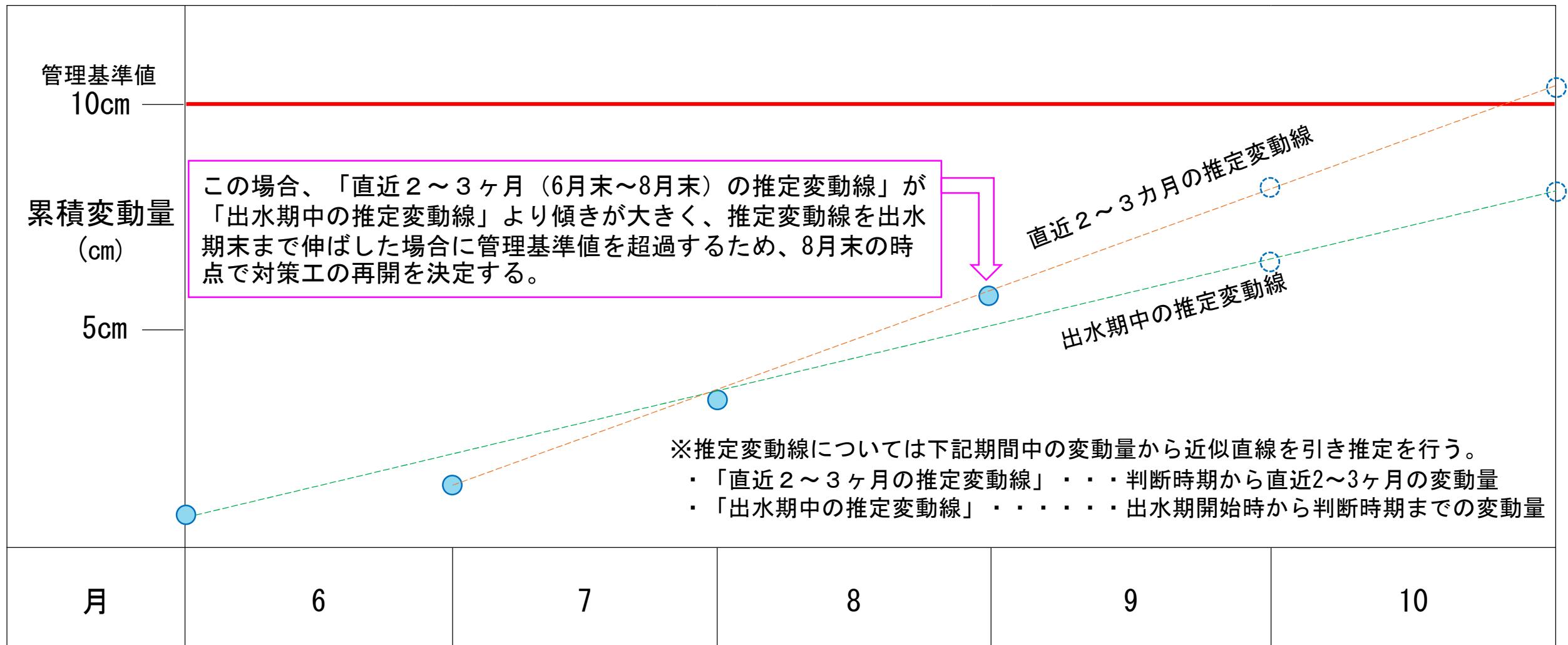
<対応>

- ・対策工事の施工が手遅れとならないよう、年間変動量10cmの判定時期を下記のとおり設定することとした。

管理基準値(10cm/年)の判定時期

- ・管理基準値の判定については、極めて短期間で10cm程度の変動が生じた際に加え、出水期中（6月～10月）の月末毎に「直近2～3ヶ月の推定変動線」と「出水期中の推定変動線」を比較し、推定変動線の傾きが大きいほうで、出水期末まで変動した場合に管理基準値を超過するかという観点からも判定を行う。
- ・非出水期に異常な動きが観測された場合には、その動きの程度に応じて、災害関連緊急地すべり対策事業での緊急的な対策工の検討を行う。

例：8月末に管理基準値の判定を行う場合



<指摘>

100年確率規模を超えるような豪雨観測時には、大雨が止んだ後も、動きを注視する必要がある。また、年間10cm以上の変状がなくても、生活に支障をきたす変状が出た場合も、災害関連事業等で、対策工を再開することも記載しておく必要がある。

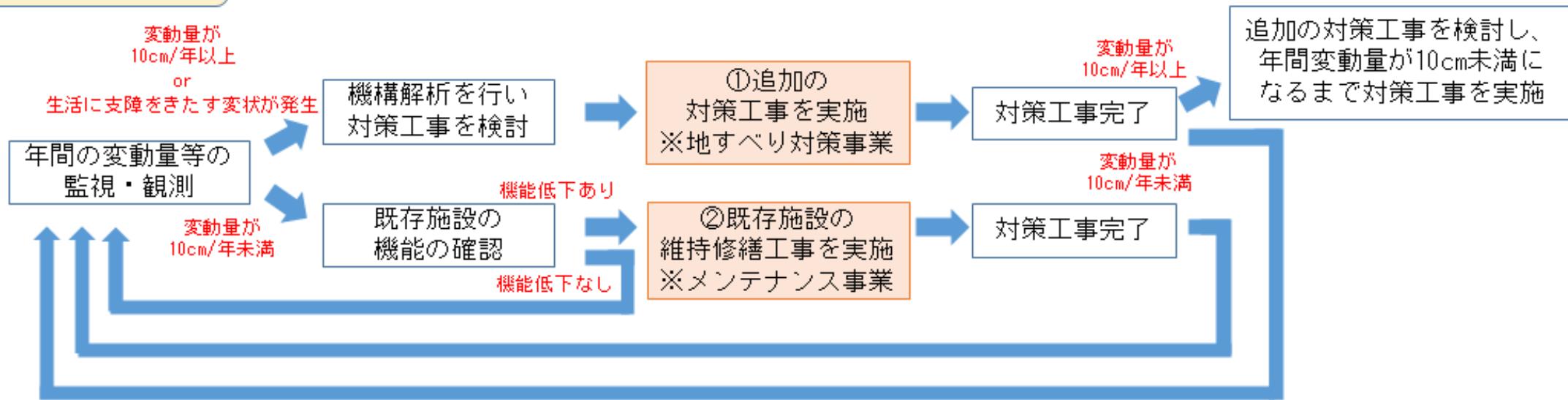
<対応>

・100年確率規模を超えるような異常な豪雨観測時の場合分けのフローチャートに年間10cm以上の変状がなくても、生活に支障をきたす変状が発生した場合においても「平常時」における機構解析及び「異常な豪雨観測時」における既存施設の機能確認を行うこととする。

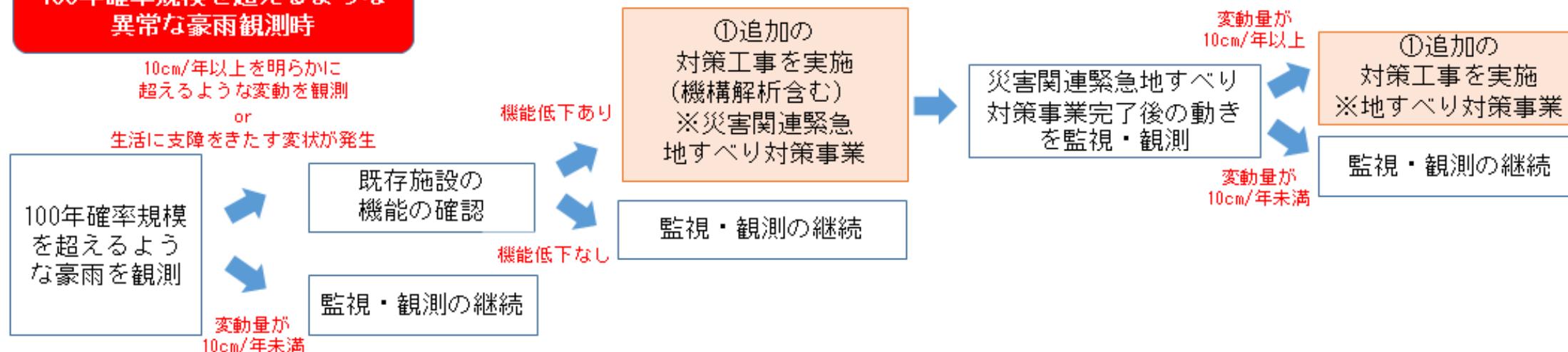
追加的な対策(再開)のパターン

- ①地すべりの変動量が基準値の10cm/年以上となるか、生活に支障をきたす変状が発生し、機構解析を行い、新たに公共事業を活用して追加の対策工事を実施する場合
- ②既存施設の機能低下が確認され、公共事業を活用して施設の維持修繕工事を実施する場合

平常時



100年確率規模を超えるような異常な豪雨観測時

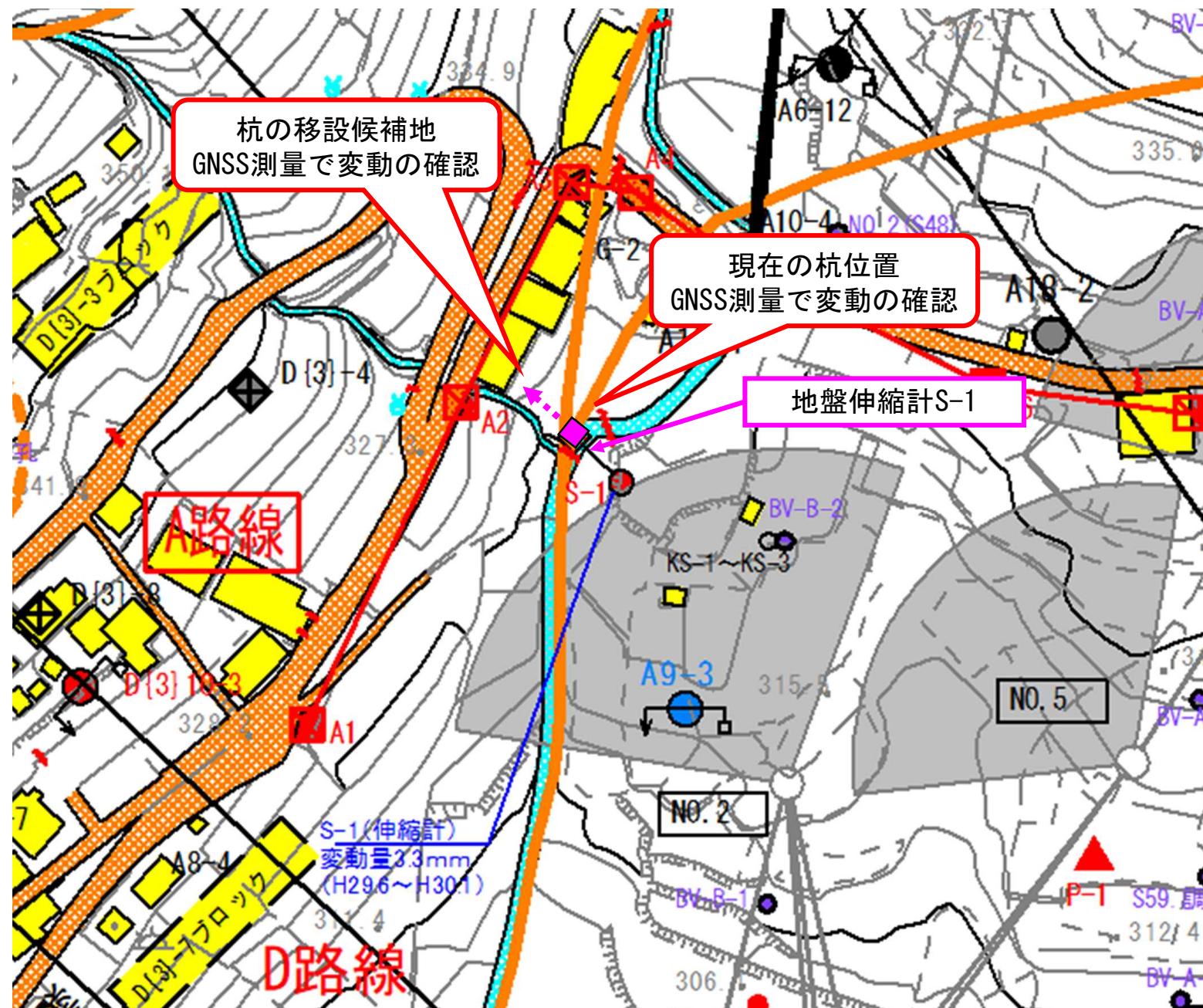


<指摘>現地視察の際に、地盤伸縮計S-1の観測方法が不動点と変動点での観測ではなく、変動点同士での観測となっていたため、設置箇所を修正すること。

<対応>

以下の手順で、地盤伸縮計S-1の設置箇所の修正の確認を行う。

1. 現在設置している地盤伸縮計S-1の上流側の杭の位置の変動の有無について、GNSS測量で確認を行う。また、現在の杭の位置が変動点であった場合の杭の移設候補地を選定するために、よりブロックから離れた移設候補地についてもGNSS測量で変動の有無の確認を行う。
2. GNSS測量結果から、現状の杭の位置に変動が認められなければ、現在の位置での観測を継続しする。
3. 現状の杭の位置に変動が認められ、移設候補地に変動が認められない場合には杭の移設を行う。
4. GNSS測量結果で両方とも変動点であった場合には、地盤伸縮計S-1の本体の設置位置について候補地の検討を行う。



<指摘> C・Dブロックについては、人家が密集しており、月1回の孔内傾斜計による観測だけでは、緊急時に対応できない可能性があるため、自動監視できる箇所を検討してはどうか。

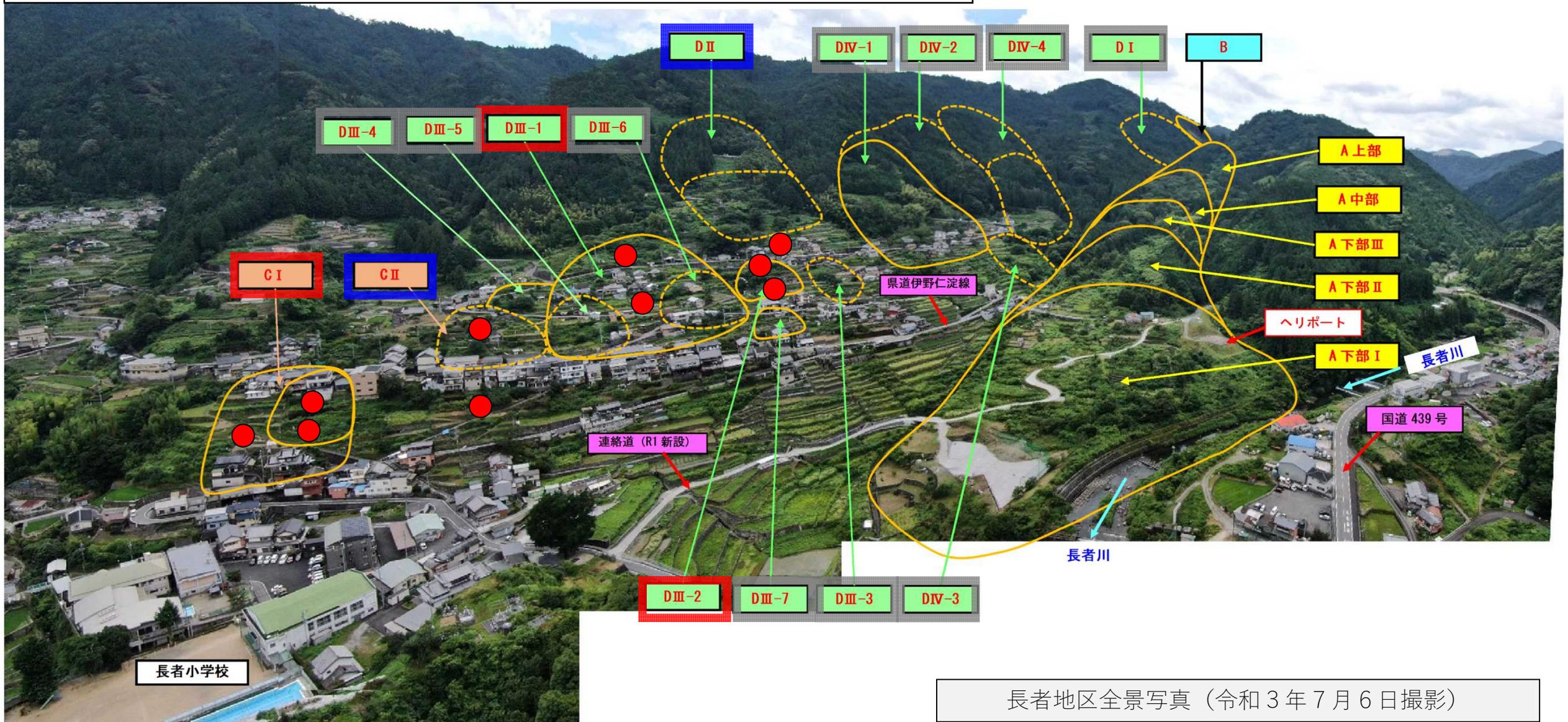
<対応>
 通報など変状の兆候を覚知したブロックで、地盤伸縮計等の設置を行い、自動監視することとする。自動監視を行う観測機器は、今回ブロック毎に選定を行う。

<設置方針>

- 民家が密集したブロック、かつ近年軽微ではあるが地すべり変動が認められるブロック
 →自動監視化を行う（C1ブロック、DⅢ-1ブロック、DⅢ-2ブロック）
 ※上記ブロックにおけるH27以降の年平均変動量は1.0～1.5mmである。
- 上記以外のブロック
 →地すべりの動きに変化が認められた場合に自動監視機器を設置する。

— 凡例 —

— (実線) —	: 明瞭ブロック	□ (赤)	: 近年地すべり変動が観測されているブロック
— (点線) —	: 不明瞭ブロック	□ (青)	: 近年地すべり変動が観測されていないブロック
● (赤)	: 孔内傾斜計(既設)	□ (灰)	: 近年観測していないブロック



長者地区全景写真（令和3年7月6日撮影）

• 設置する観測機器

地すべりブロック頭部に地盤伸縮計を設置することを基本とする。

なお、地すべりブロック頭部に人家又は道路等が位置する場合は、ブロック内に地中伸縮計を設置する。

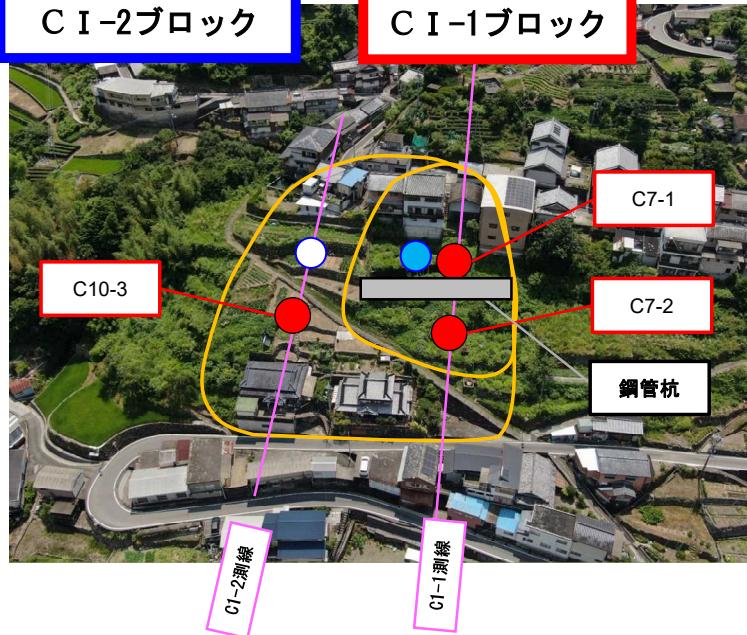


地すべりブロック頭部に人家や道路が位置する事例
(C Iブロック)

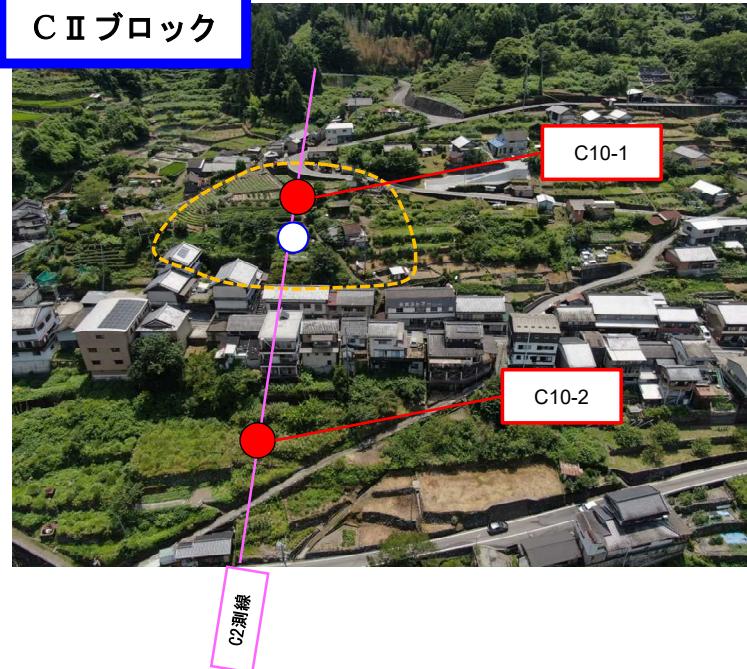
C I ブロック

C I-2ブロック

C I-1ブロック



C II ブロック



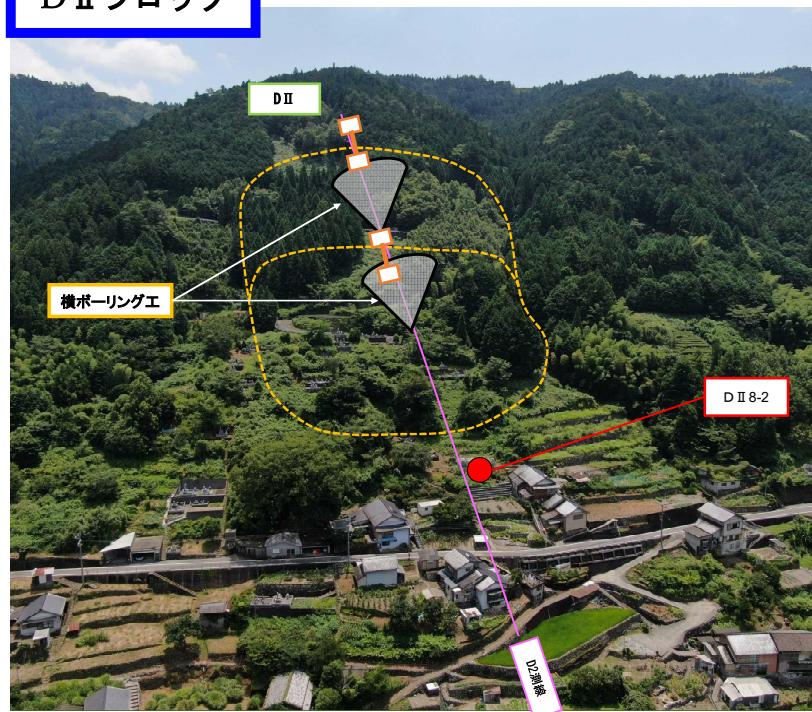
— 凡例 —

- (solid orange line) : 明瞭ブロック
- (dashed orange line) : 不明瞭ブロック
- (red) : 孔内傾斜計(既設)
- (blue) : 地盤伸縮計(平常時設置)
- (white) : 地盤伸縮計(緊急時設置)
- (red border) : 近年地すべり変動が観測されているブロック
- (blue border) : 近年地すべり変動が観測されていないブロック
- (grey border) : 近年観測していないブロック

<自動監視機器の設置箇所候補地>

- (orange) : 地盤伸縮計(平常時設置)
- (blue) : 地中伸縮計(平常時設置)
- (white) : 地盤伸縮計(緊急時設置)
- (white) : 地中伸縮計(緊急時設置)

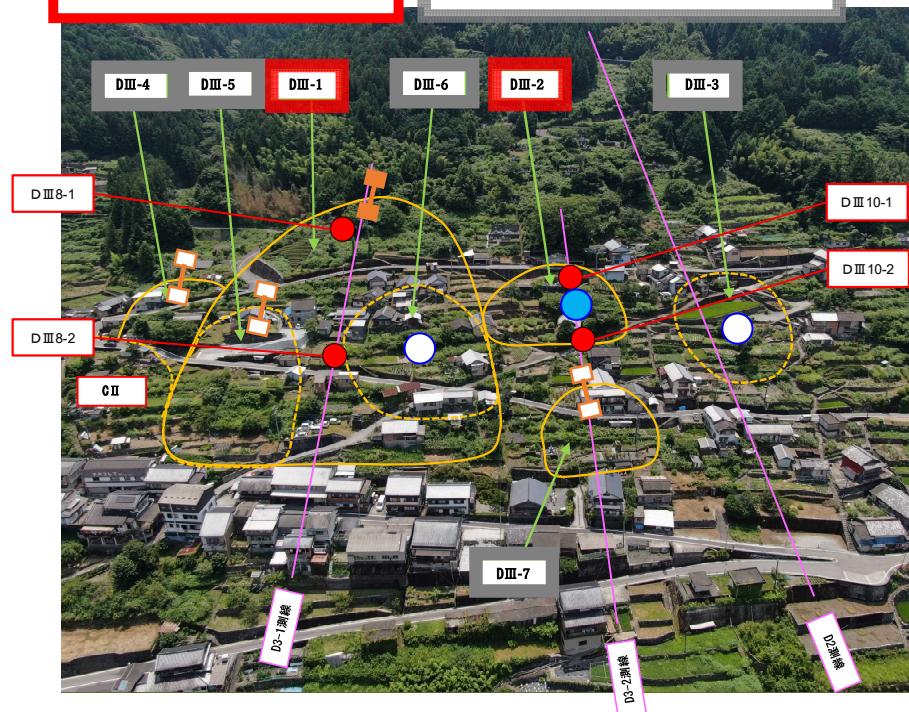
D II ブロック



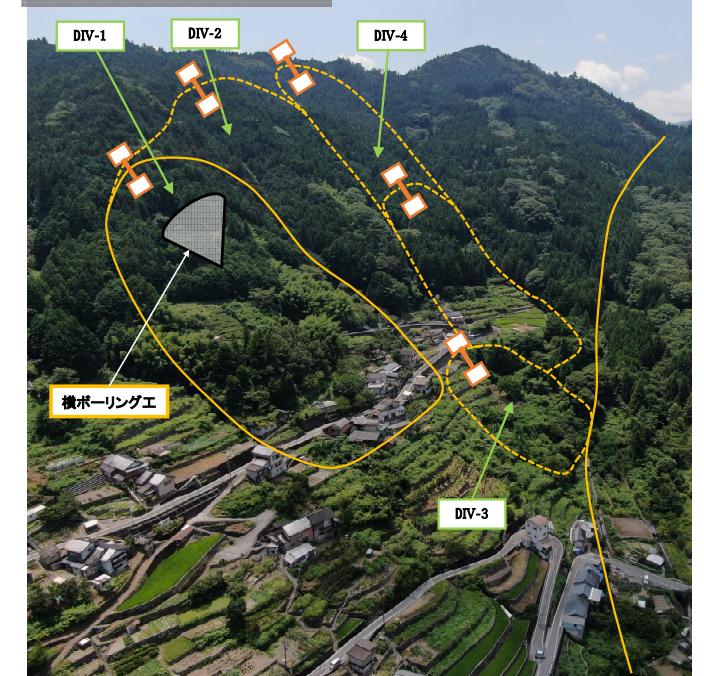
D III ブロック

D III-1、2ブロック

D III-1、2ブロック以外



D IV ブロック



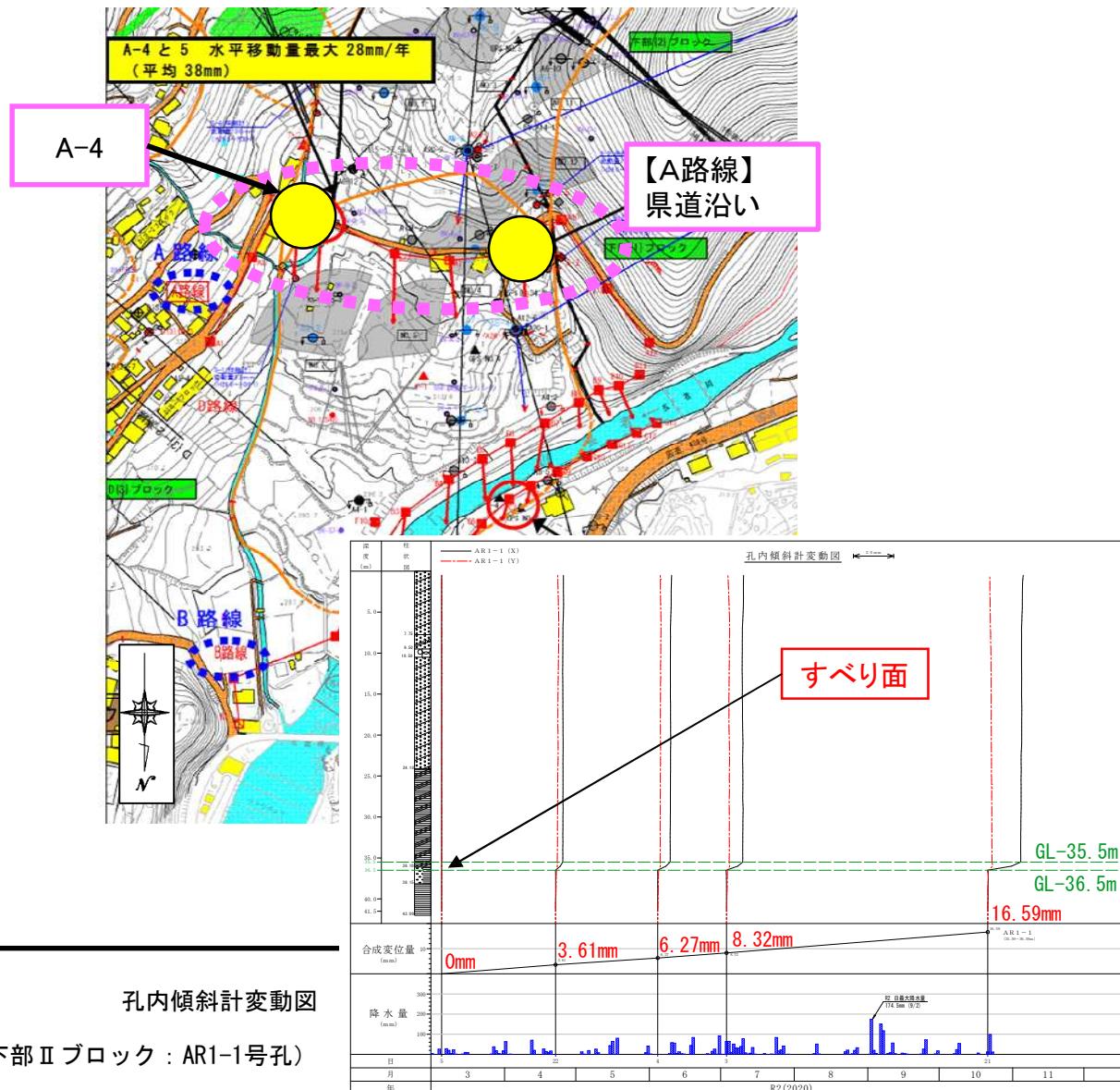
<指摘> 孔内傾斜計が孔曲がりによって、すぐに観測不能となる理由を整理しておくこと。

<対応> 長者地すべりのすべり面の動きの特徴を踏まえ、今後の観測機器の設置を検討する。

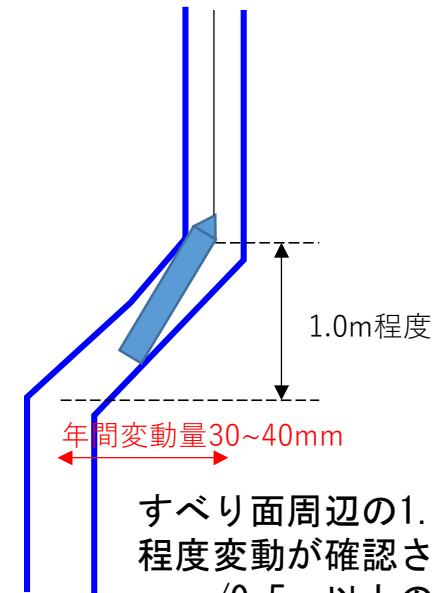
- 「長期観測を可能とする地中変位観測技術の開発 - 孔内傾斜計の小型・軽量化 - 共同研究報告書 令和3年7月 国立研究開発法人土木研究所他、整理番号第530号」によると、従来型挿入式孔内傾斜計の通過限界は約30mm/0.5mと報告されている。
- 長者地区のAブロックは、近年においても年間30~40mm程度の変動が認められ、かつ1mの厚さの範囲内でせん断されているため、約2年間程度経過した場合にすべり面周辺では30mm/0.5m程度の変動があると考えられ、すぐに観測不能になると推定される。

Aブロックの年間移動量（移動杭観測結果）

- A路線における最大水平変位：A-4
年間変動量：21~52mm/年、平均：36.6mm/年
(観測期間：平成21年~令和3年)



孔内傾斜計が観測不能になる原因のイメージ（長者地すべりAブロック）



すべり面周辺の1.0m程度の区間で年間30~40mm程度変動が確認されるため、約2年間程度で約30mm/0.5m以上の変動が発生し、孔内傾斜計が通過出来ず、観測不能になっていると推定される。

3.3.2.2. 試験結果

図 3.3-11 に通過性試験の結果を示す。応用地質製ガイド管を用いた試験(図 3.3-11a)では、従来型挿入式計器(応用地質製)は32mm/0.5mまで通過でき、35mm/0.5mは通過できなかった。小型挿入式計器は、応用地質製が約200mm/0.5m、坂田電機製が約150mm/0.5mまで通過できることが確認された。

坂田電機製ガイド管を用いた試験(図 3.3-11b)では、従来型挿入式計器(坂田製)では27mm/0.5mまで通過でき、30mm/0.5mは通過できなかった。小型挿入式計器は、応用地質製が約150mm/0.5m、坂田電機製が約150mm/0.5mまで通過できることが確認された。

応用地質製と坂田電機製共にほぼ同等の結果となり、従来型挿入式計器の通過限界が約30mm/0.5m、小型挿入式計器の通過限界が約150~200mm/0.5mとなることが確認された。通過限界となる変位量の比較で、小型挿入式計器の通過性は、従来型挿入式計器の約5~6倍程度という結果が得られた。

引用：「長期観測を可能とする地中変位観測技術の開発 - 孔内傾斜計の小型・軽量化 -