

第8回土木設計関係技術発表会 【事例発表】

# 緊急地すべり対策事業 山寄地区 地質調査及び機構解析業務



島建コンサルタント 株式会社

調査部 和田守直行

# 発表内容

1. はじめに
2. 業務の内容、技術的特徴
3. 表彰に至る高評価の要因
4. 業務遂行上、苦勞した点や工夫した点
5. おわりに

※R3年度の山寄地区の地すべり状況



## 1. はじめに

- ・本業務は、山寄地区で発生した地すべり滑動に対して、令和2年度に測量・地質調査・動態観測結果に基づき、機構解析・対策工法の設計を行ったものです。
- ・地すべり滑動は、令和元年度の融雪期を契機に滑動の兆候があり、令和2年4月には地表面観測が開始され、同年6月豪雨後にその滑動が活発化しました。
- ・特に7月豪雨時には、頭部滑落崖背後に後退性の変状が確認されたため、地盤伸縮計の設置を含む調査計画立案や応急対策工事の早期実施が迫られた地区です。



## 2. 業務の内容、技術的特徴

### (1) 地すべり発生位置及び規模

- ・地すべり発生位置：島根県出雲市稗原町地内
- ・規模：幅約120m、斜面延長約160m

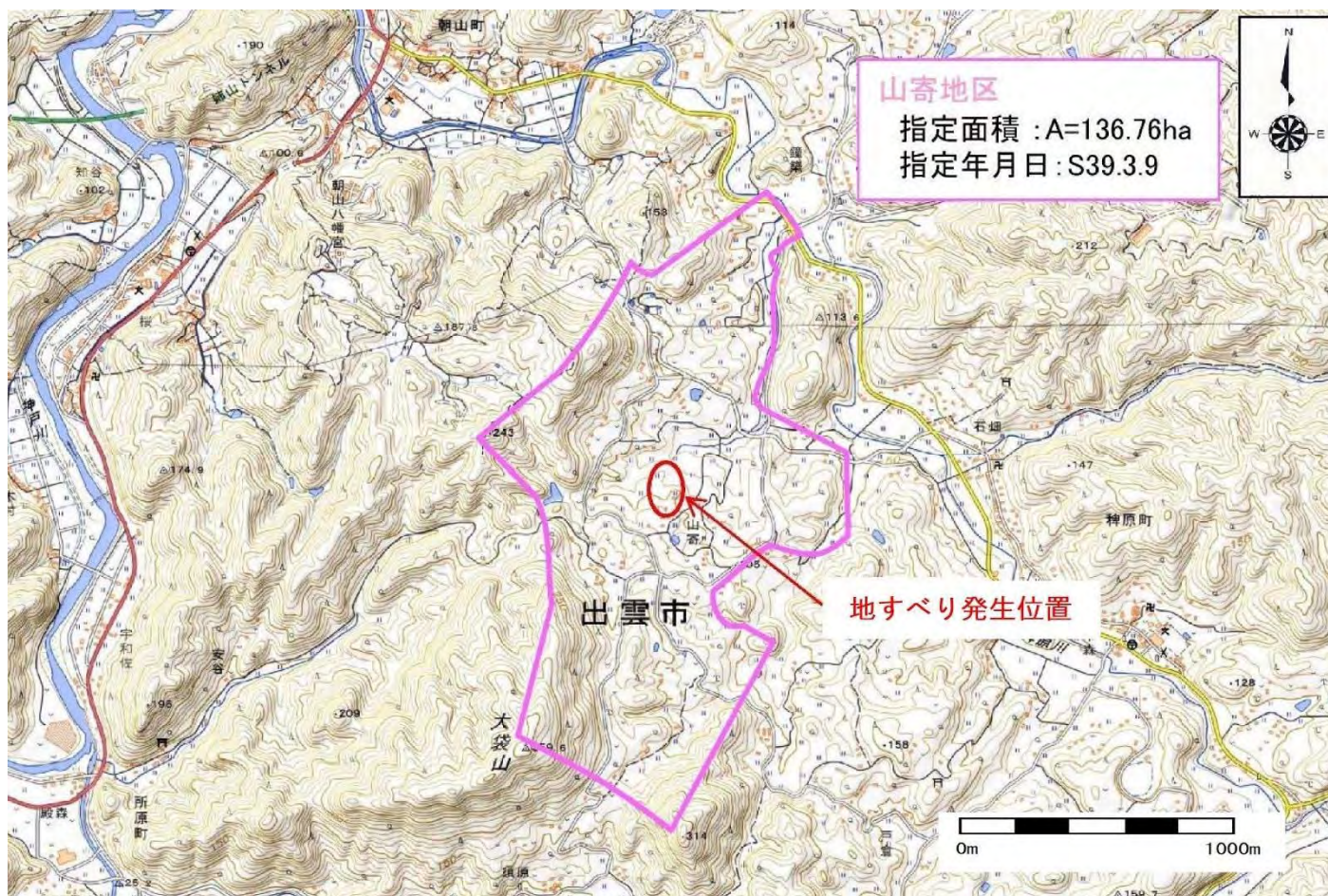
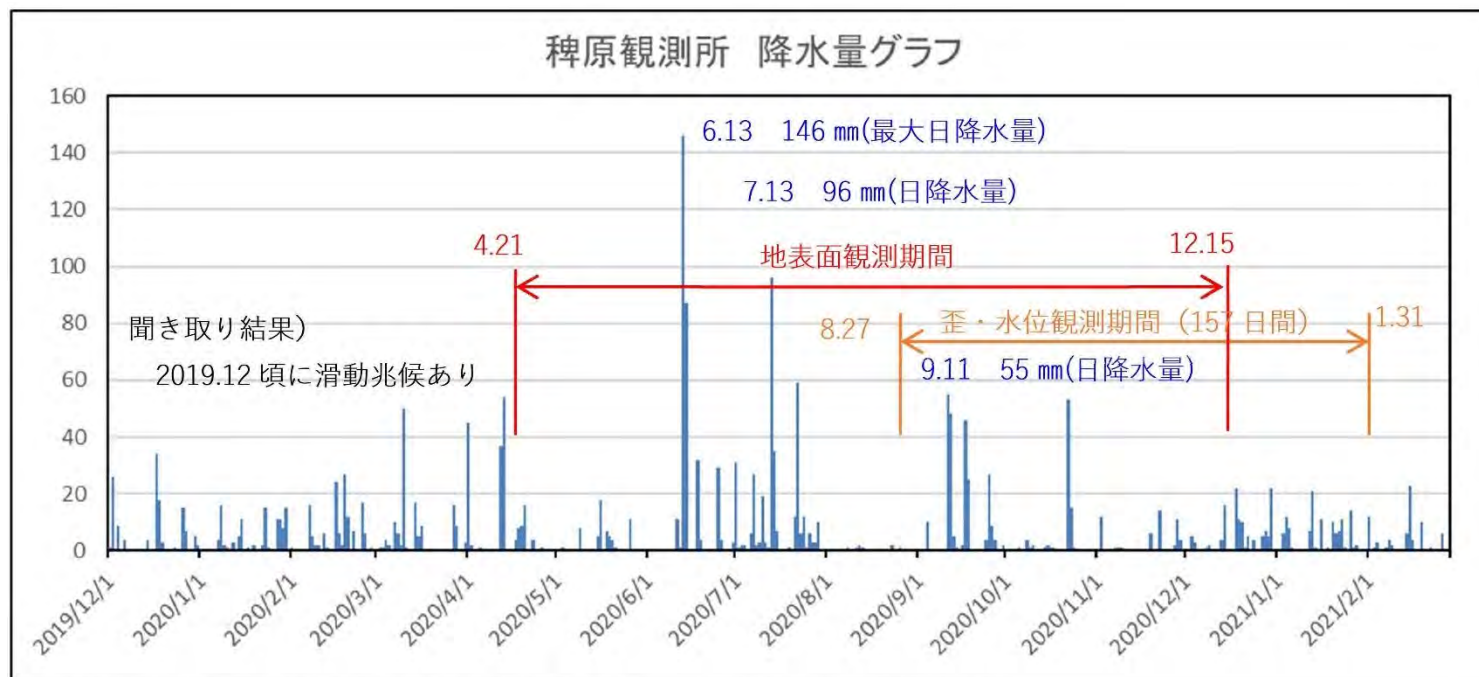


図2.1 地すべり発生位置図



## (2) 地すべり発生時の降水状況

- ・地元からの災害報告(幅18mの小段差)は、2020年2月29日の融雪期(滑動の契機となる目立った降水はないが、降雪及び気温変化が大)
- ・同年6月、7月の集中豪雨後に滑動が活発化し、落差2m超の滑落崖が発生
- ・調査ボーリング実施後の観測期間中の降水量は比較的乏しい。



※降水量：「土砂災害警戒リアルタイム雨量 稗原観測所」のデータ

図2.2 地すべり発生時の降水状況

### (3) 地形・地質的特徴

- ・山寄地区は、周囲を急峻な山地に囲まれる盆地状地形を呈する。
- ・特に、西側の山地は、大森層の安山岩及びデイサイト溶岩などの地質分布を卓越した地形状況となっている。
- ・地区内には、地すべり地形が多く見られる。



図2.3 山寄地区の地形

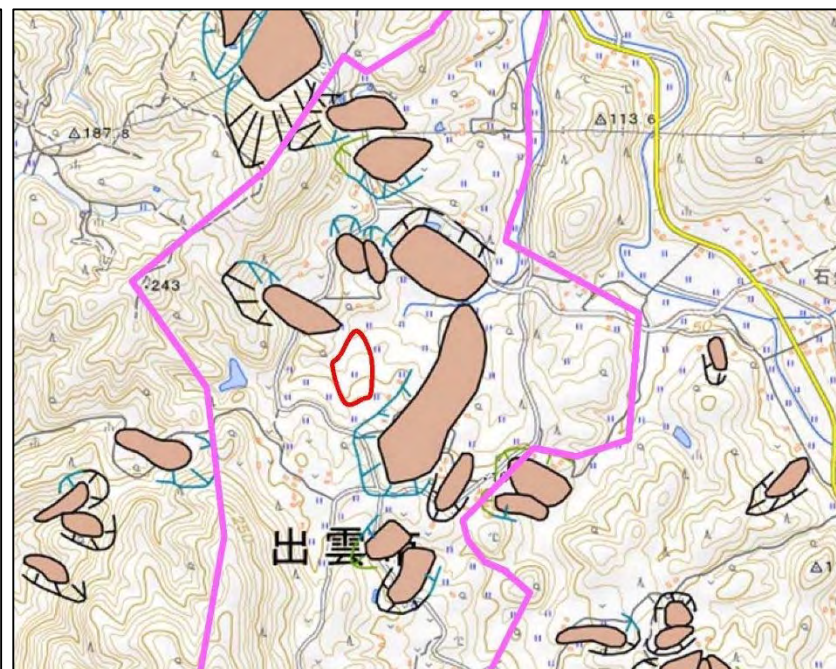


図2.4 地すべり地形分布図



- ・山寄地区は、新第三紀中新世久利層の泥岩の分布域であり、この基盤岩を被覆する形で、大森層の安山岩及びデイサイト溶岩が急峻な山地に分布する。
- ・つまり、キャップロック構造を呈しており、地すべり滑動を誘発する地質的素因を有している。



大森層 Omori Formation	Op	流紋岩火砕岩 Rhyolite volcanoclastic rocks
	Od	デイサイト溶岩 Dacite lava
	Oa	安山岩-デイサイト溶岩 Andesite to dacite lava
	Km	泥岩 Mudstone
久利層 Kuri Formation	Ka	安山岩-デイサイト溶岩及び火砕岩 Andesite to dacite lava and volcanoclastic rocks
	Kr	流紋岩溶岩及び貫入岩 Rhyolite lava and intrusive rocks

図2.5 山寄地区の地質

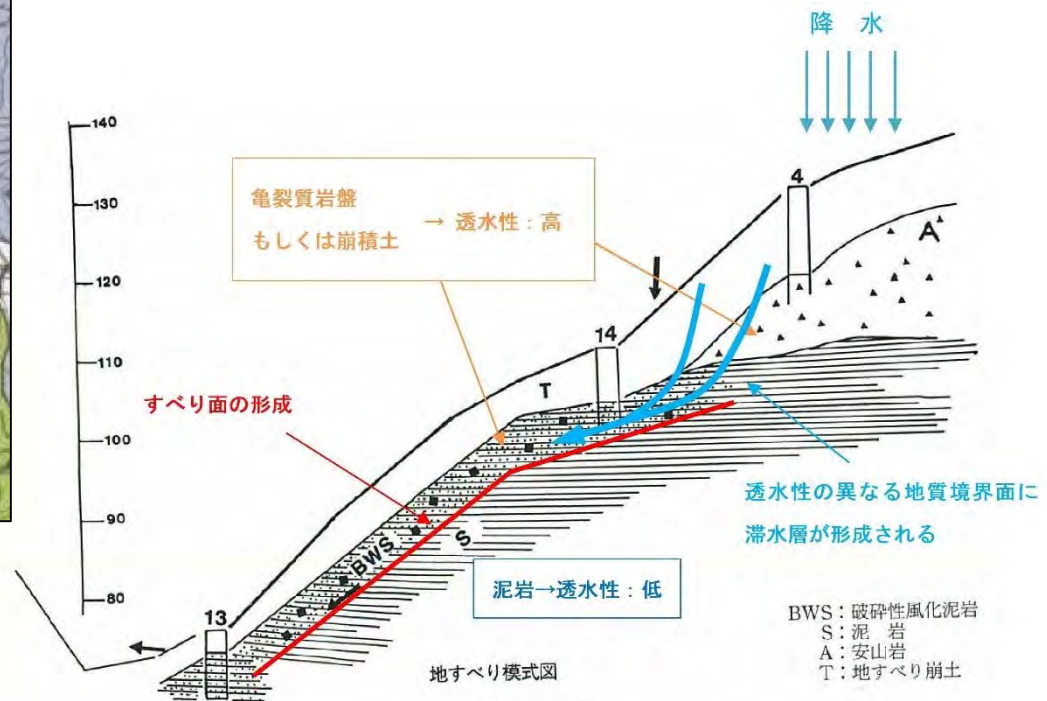
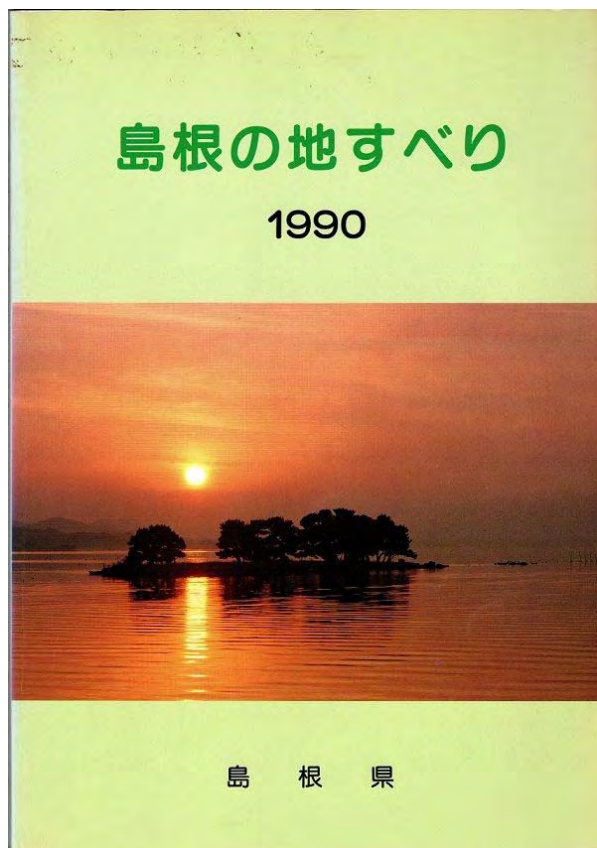


図2.6 キャップロック構造の模式図



#### (4)山寄地区の地すべりの経緯【参考】

- ・書籍「島根の地すべり」によれば、県内の代表的な第三紀層地すべりとして、紹介されている。
- ・業務地は、昭和59年に発生した地すべり斜面に隣接する斜面である。



【p.10の抜粋】 出雲市稗原町・山寄地区（構造改善局所管）

昭和59年12月被災 融雪により発生した地すべりの頭部に形成された滑落及び段差

図2.7 「島根の地すべり」における山寄地区の紹介





## (5) 調査地の地すべり状況

- ・頭部滑落崖上方約40mに人家が存在し、後退性の変状がある。

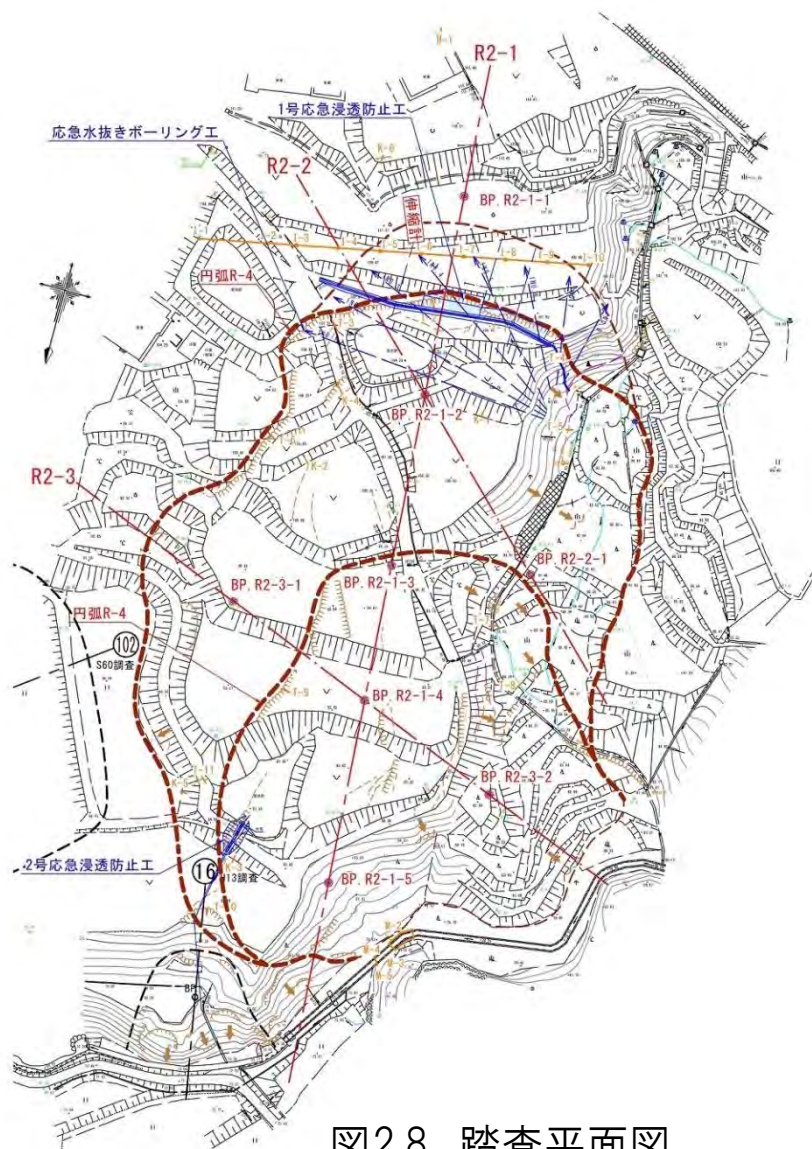
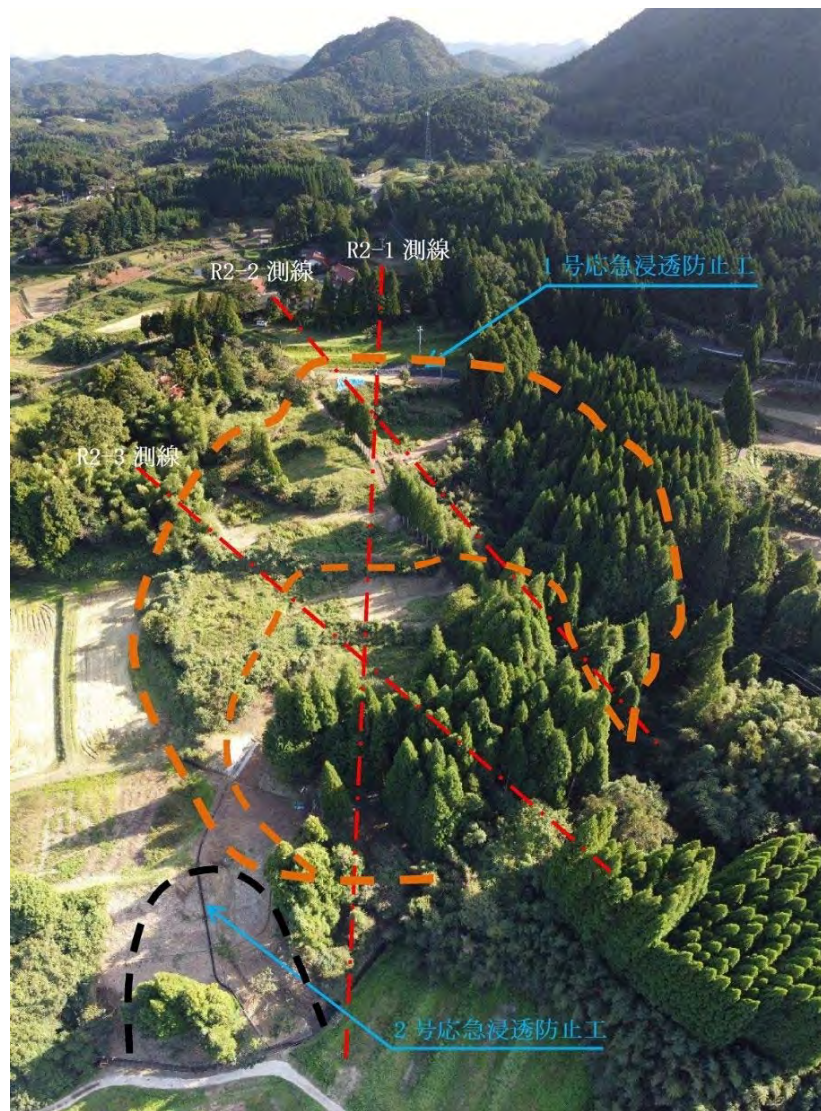


図2.8 踏査平面図



① R2-1ブロック全景

- ・頭部～側方部に連続的な段差が存在する。
- ・西側谷筋方向と平行する陥没帯や亀裂が存在する。



② 頭部滑落崖



図2.8 踏査平面図



③ 頭部～側方部に連続する滑落段差



④ 陥没帯



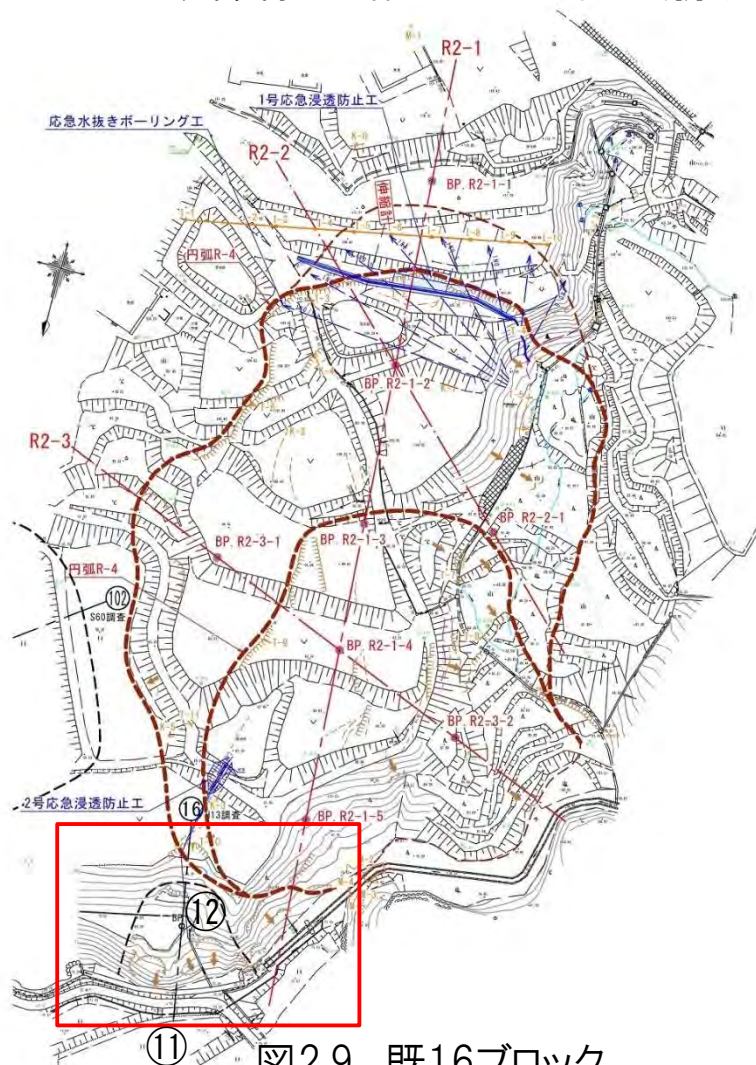
⑤ ため池内の亀裂

## 【既16ブロック】(H14施工)

- ・R2-1ブロックに包括される位置関係であり、H14施工の排土工には顕著な変状は見られない。
- ・ただし、幹線水路沿いには古い崩壊跡が多数分布する。



⑪ 既16ブロック近景(伐採前)



⑪ 図2.9 既16ブロック



⑪ 既16ブロック近景(伐採後)

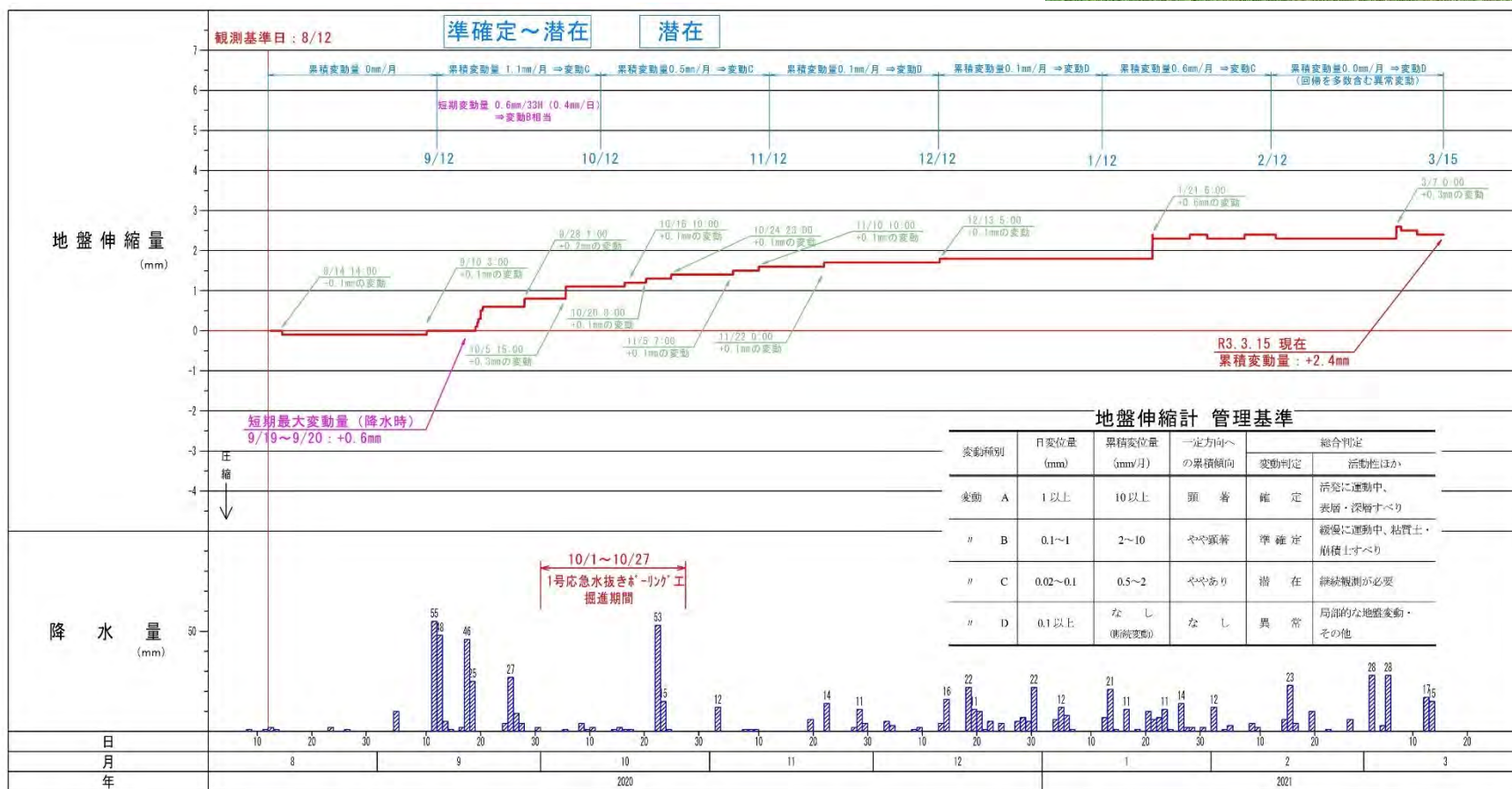


⑫ 既16ブロック 排土工(H14施工)

### 3. 表彰に至る高評価の要因

#### (1) 地盤伸縮計による監視体制

- ・ 頭部滑落崖背後の後退性の変状箇所に設置
- ・ 2020年8月12日～2021年3月15日(215日間)  
累積変位量 +2.4mm(0.3mm/月・・・微小)



降水量は「島根県 土砂災害警戒リアルタイム雨量 稗原観測所」のデータを使用

図3.1 地盤伸縮計変動図

## (2) 地表面観測結果

- ・まとまった降水時の変位は顕著であるが、調査ボーリングの観測開始時の9月以降は顕著な変状を示さない結果となる。
- ・頭部滑落崖の最大変位は、1590mm(T-1)であり、750mm/月を示す。

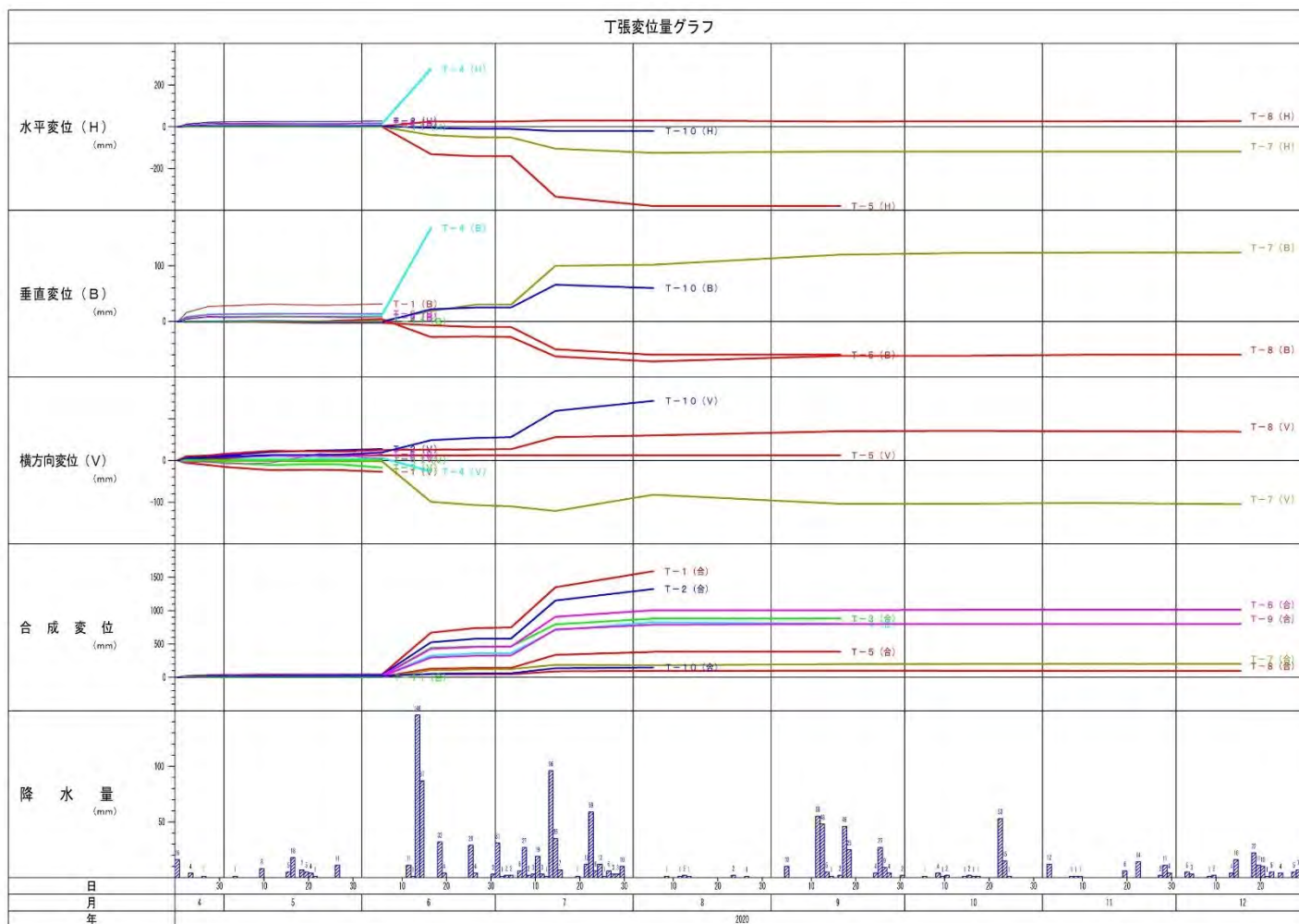


図3.2 地表面観測結果(貫き丁張板)

### (3) 応急対策工の立案

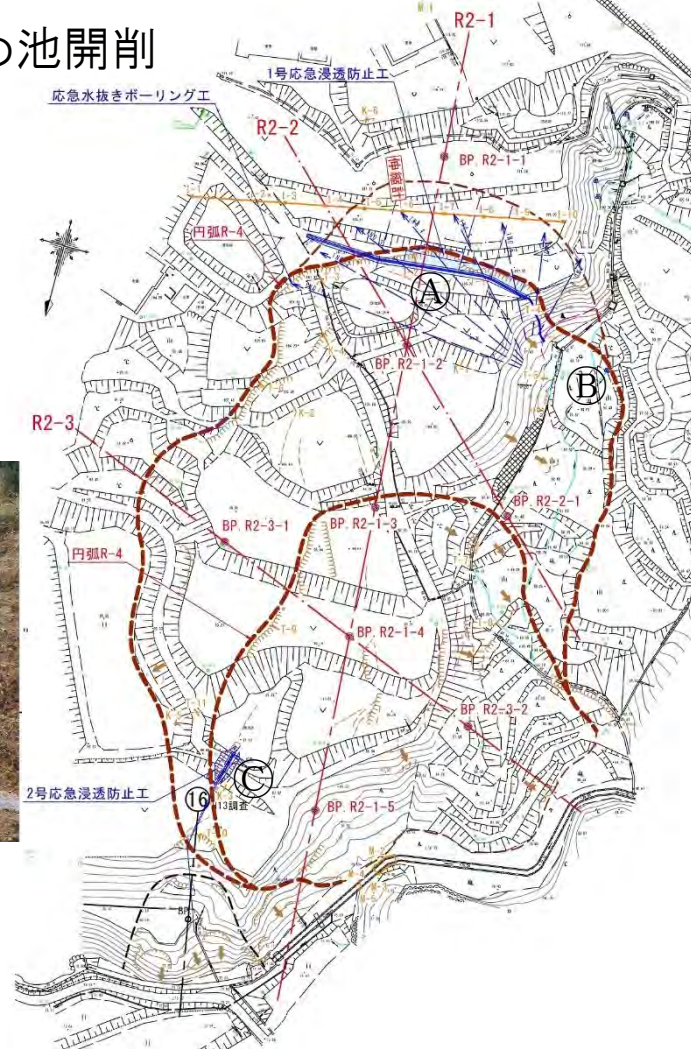
- ① 浸透防止工：頭部滑落崖に排水シートを計画
- ② 水抜きボーリング工：頭部付近の地下水を排除
- ③ 浸透防止工：ため池開削



① 浸透防止工(排水シート)



③ 浸透防止工(ため池開削)



② 応急水抜きボーリング工

図3.3 応急対策工施工位置

## (4) 調査結果

### 1) 地質構成

表3.1 R2-1ブロックの地質構成

地質時代	地質名	土質・岩級	記号	N値	地質状況
第四紀 完新世	表土及び崖錐堆積物	砂混り粘土 礫混り粘土	dt	2~10	木片、礫を不均質に混入する泥岩起源の礫混り粘土主体である。硬質な火山礫を含むことがあり、層厚は最大5.5m程度に及ぶ。
新第三紀 中新世	久利層	強風化泥岩	Km3	3~23	風化が著しく進行した泥岩であり、全体に軟質箇所が多い。層厚は最大で15m程度となり、上位層は酸化により褐色を帯びることが多い。
		風化泥岩	Km2	16~46	上位層と比較して固結度が高く軟質箇所は少ないが、すべりの痕跡となるスリッケンサイドが見られる箇所がある。層厚は最大で6m程度となる。
		強風化火山礫凝灰岩	Ka2	7~20	全体に含水比が高く、軟質であることが多い。BP.R2-3-1~R2-1-4区間において確認される。
		火山礫凝灰岩	Ka1	300~不能	非常に堅硬な柱状コアとして採取される。主にBP.R2-3-1の基盤として確認される。
		泥岩	Km1	50~107	棒状~柱状コアとして採取されるがやや亀裂質であり、凝灰岩を挟在することが多い。軟質部は見られない。

- ・崖錐堆積物及び泥岩の強風化帯が10~15m分布し、その下位に固結粘土状を呈する泥岩の風化帯が分布する。
- ・主体となる地すべり移動層は強風化帯である。

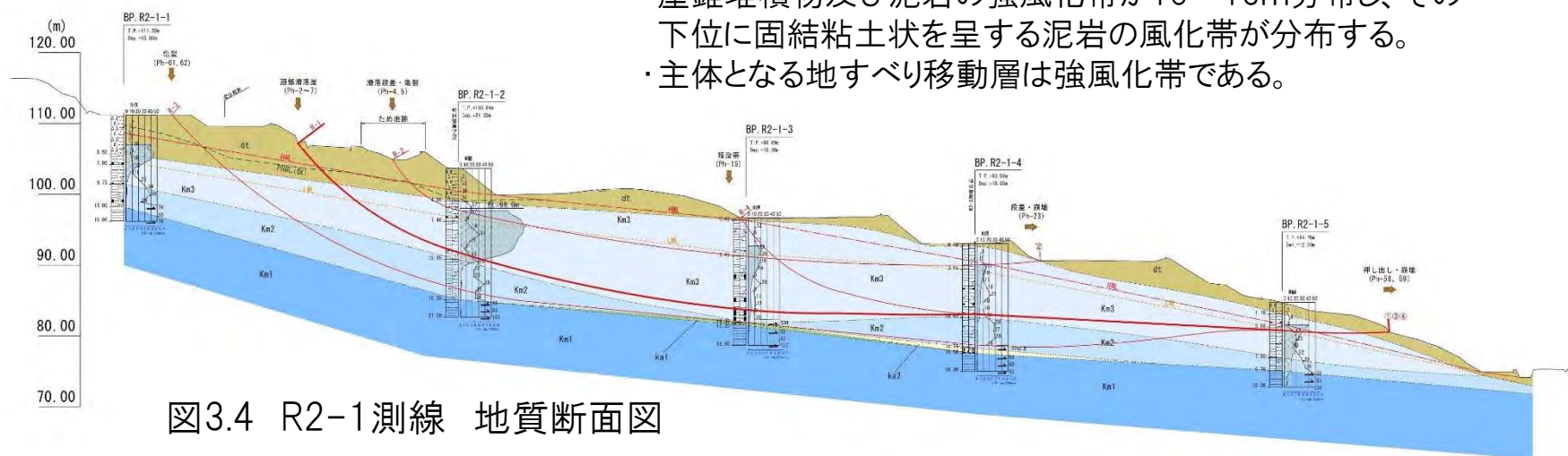


図3.4 R2-1測線 地質断面図

## 2) 調査ボーリング結果のとりまとめ例

調査ボーリング結果一覧 〈 BP. R2-1-3 〉

### 1) 調査目的

地すべりの最大規模と想定されるブロック中央部において、地表の被災方向が斜面及び谷の2方向であったことから、すべり深度及び地すべり形態を把握する目的で調査ボーリングを実施した。

### 2) 調査ボーリング結果

法尻でのボーリングであり、比較的浅部で地山である泥岩が採取される。風化層厚は周囲のボーリングコアとおおよそ大差はない。周囲のコアと同様に泥岩内部には不均質に凝灰質が混り、局部的に凝灰質優勢となる。また、混入する凝灰質区間は周囲と比較しやや脆弱化している。

コア観察結果による数箇所

深度	地質名 (土質・層厚)	凝灰コア写真	特徴	備考
GL-1.60m 1 GL-2.70m	強風化泥岩 (凝灰質粘土)		内材層厚は薄幸して みり取れが容易。全 体色が黄褐色になる。	
GL-4.60m	強風化泥岩 (凝灰質粘土)		粗粒と粘り粘り質が 混在し粘り粘り質が 粘り粘り質を呈する。	
GL-5.00m 3 GL-5.40m	強風化泥岩 (凝灰質粘土)		混入試料が粘り粘り 粘り粘り質を呈する。	想定すべり面 GL-5.40m
GL-8.00m 5 GL-9.80m	強風化泥岩 (凝灰質粘土)		粗粒と粘り粘り質、 粘り粘り質の混在 色が認められる。	
GL-13.00m	強風化泥岩 (凝灰質粘土)		粗粒に散在し、粘 り粘り質に混在し ている。部厚で粗 粒に散在。	想定すべり面 GL-13.00m
GL-14.00m 1 GL-14.50m	強風化泥岩 (凝灰質粘土)		粗粒に散在し、粘 り粘り質に混在し ている。部厚で粗 粒に散在。	
GL-14.80m	凝灰岩 (粘)		粗粒に散在した粘 り粘り質の層厚。	想定すべり面 GL-14.80m

調査位置平面図



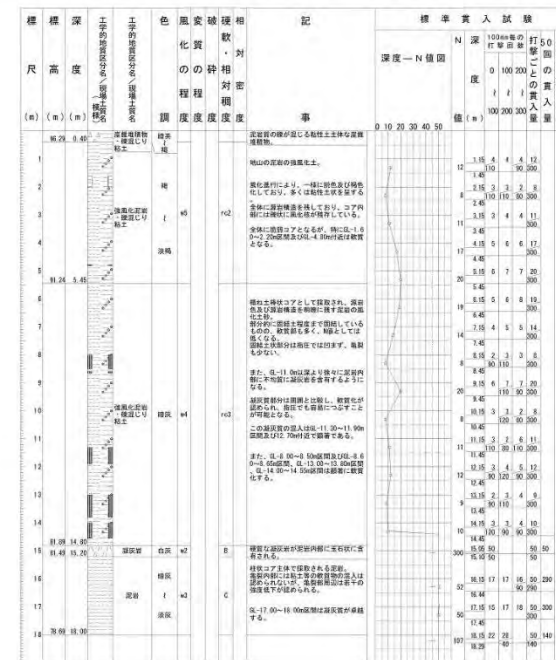
コ ア 写 真

調査名	令和2年度 兵庫県緊急地すべり対策事業 山崎地区 地質調査及び地質診断業務		
孔番	BP. R2-1-3	深度	0~18.0m
撮影日	2020年9月 色調		
施行	島建コンサルタント(株)		

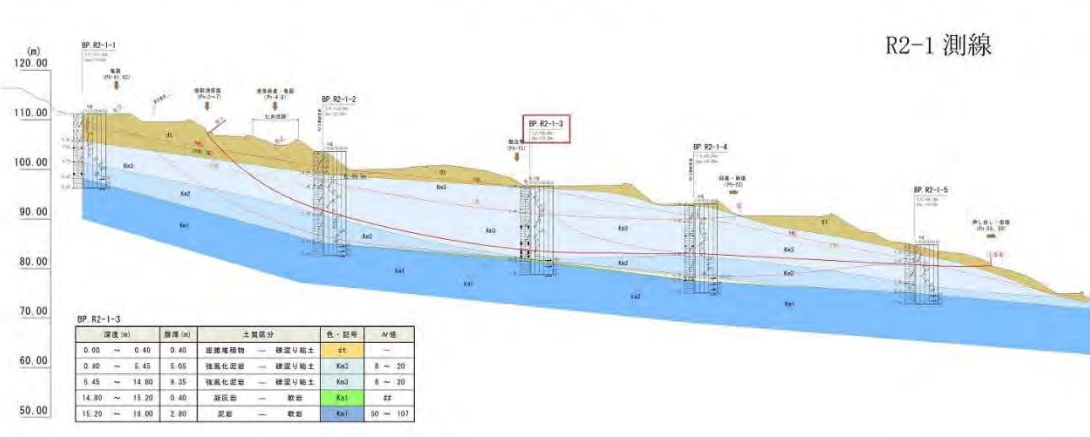


△ 高水位 (HWL) : GL-0.38m    ▽ 低水位 (LWL) : GL-5.06m  
想定すべり面深度 GL-5.45m, 13.00m, 14.80m

ボーリング柱状図 (抜粋)



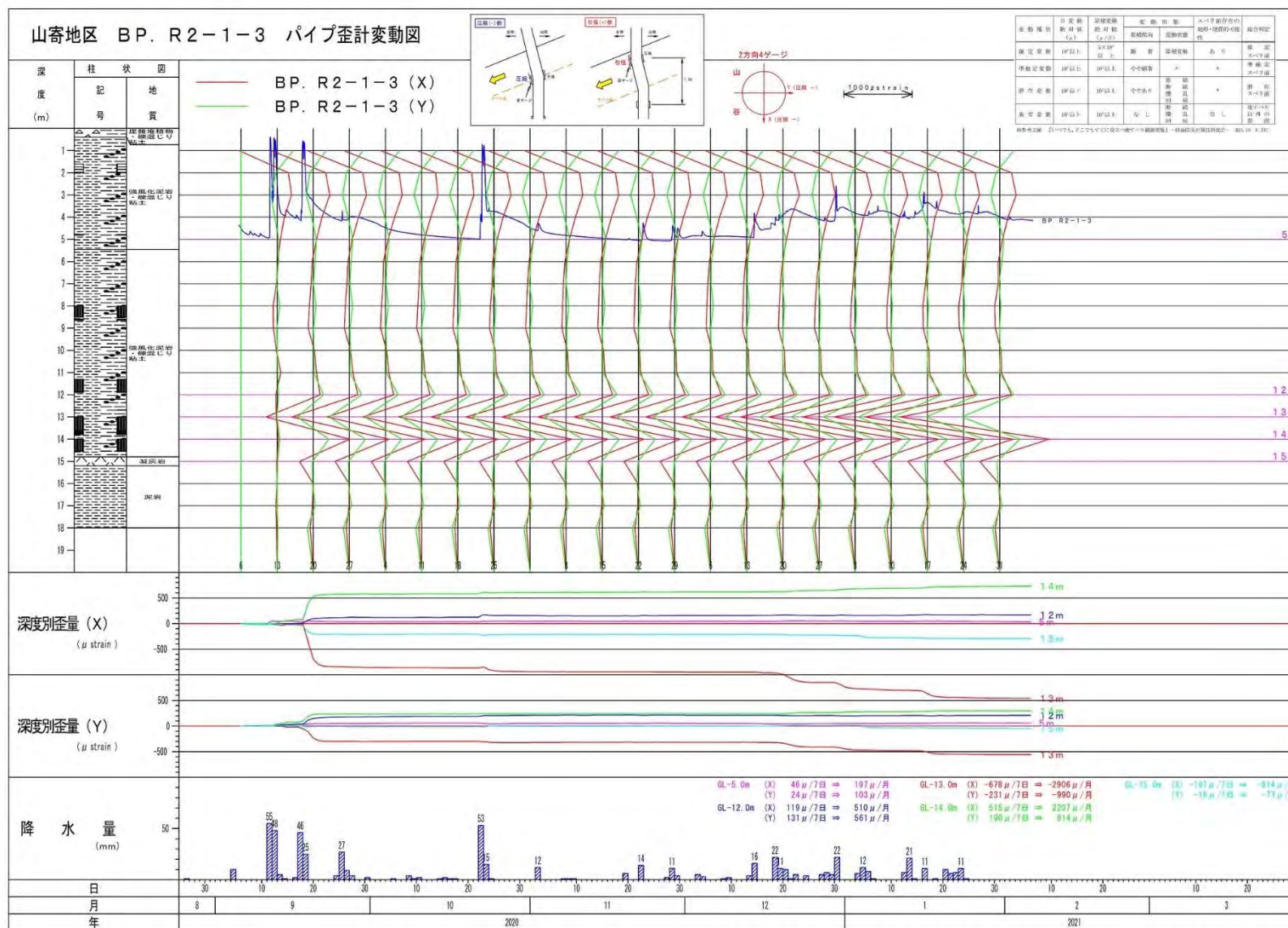
地質断面図



R2-1 測線



### 3) 水位・パイプ歪計観測結果のとりまとめ例





## (6) 対策工法の選定

### ① 地下水排除工の選定

間隙水圧増加を抑制

- ・水抜きボーリング工
- ・集水井工

### ② 斜面改良工の選定

土塊の安定バランスを改善

- ・排土工、押さえ盛土工

### ③ 地表水排除工の選定

速やかな地表水の排除

- ・承水路工、排水路工

### ④ 既16ブロック詳細調査

R2-1ブロックと地すべり機構の関連把握

- ・R3年度実施中

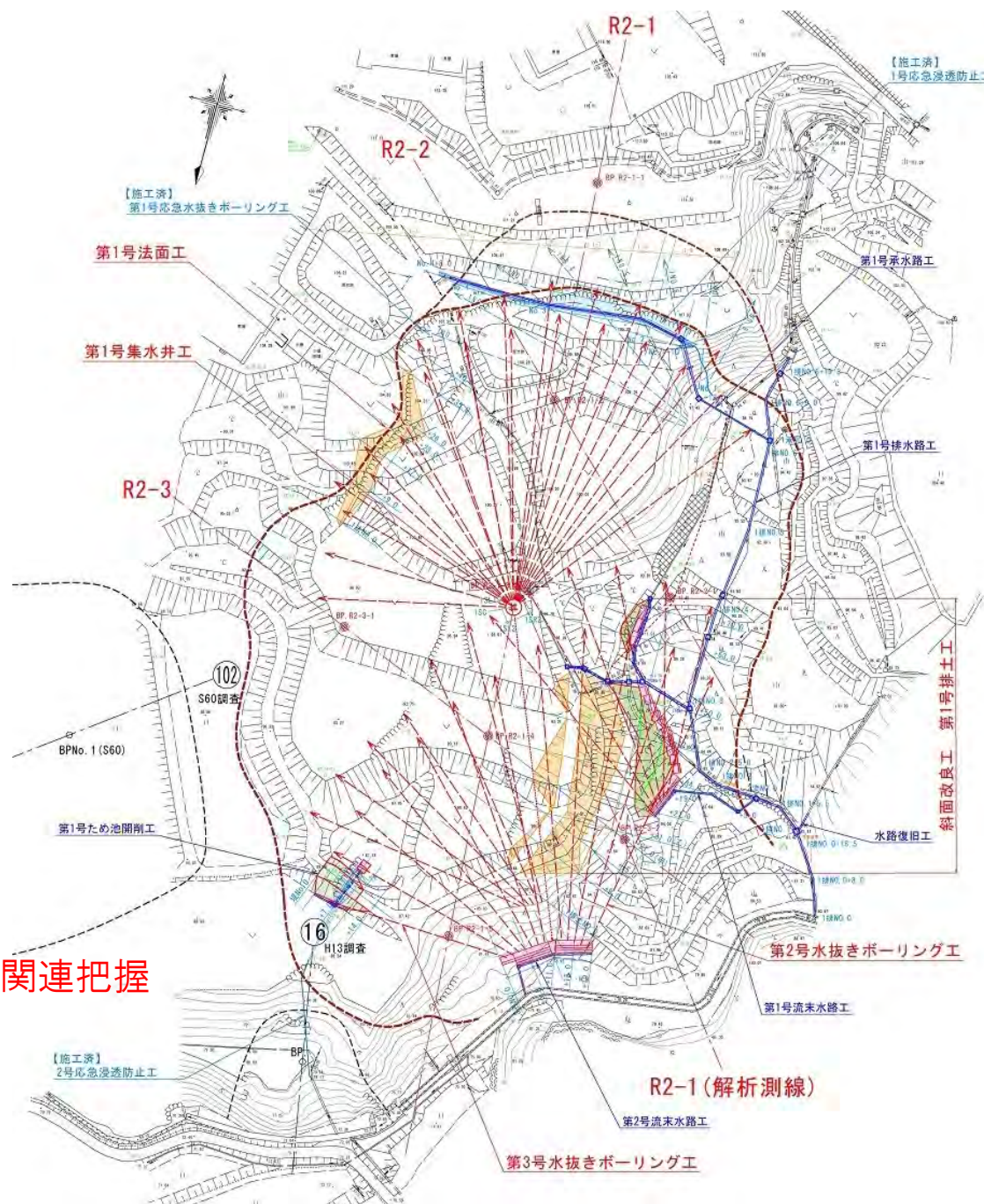


図3.6 対策工事平面図

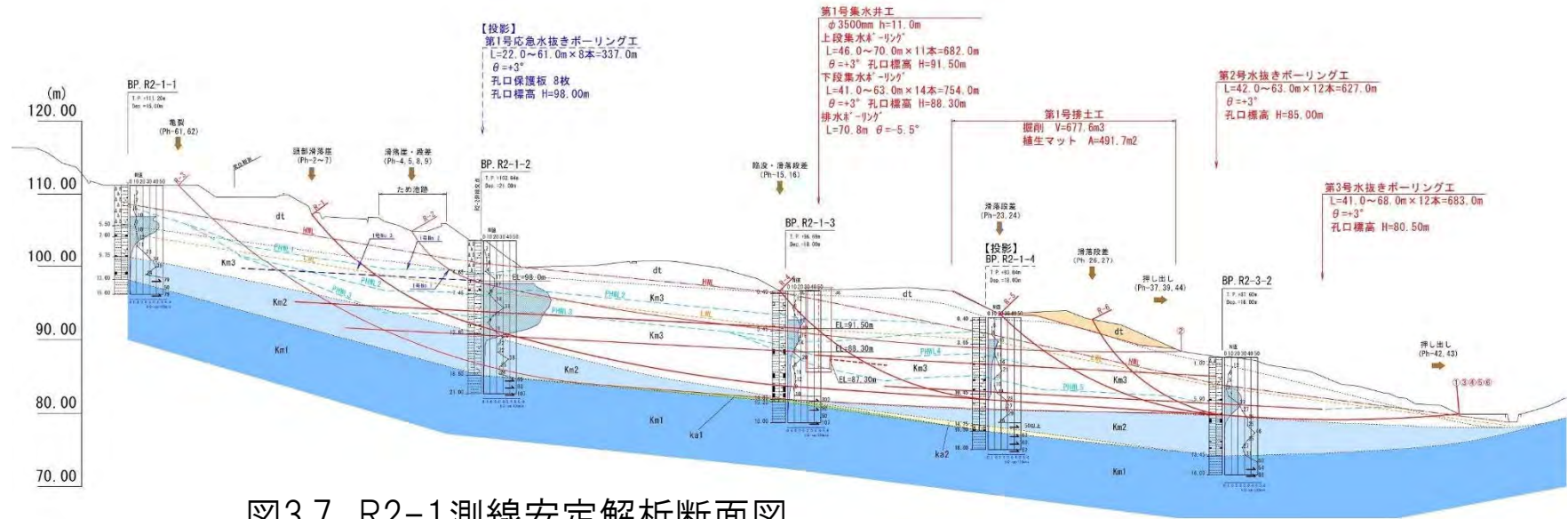


図3.7 R2-1測線安定解析断面図

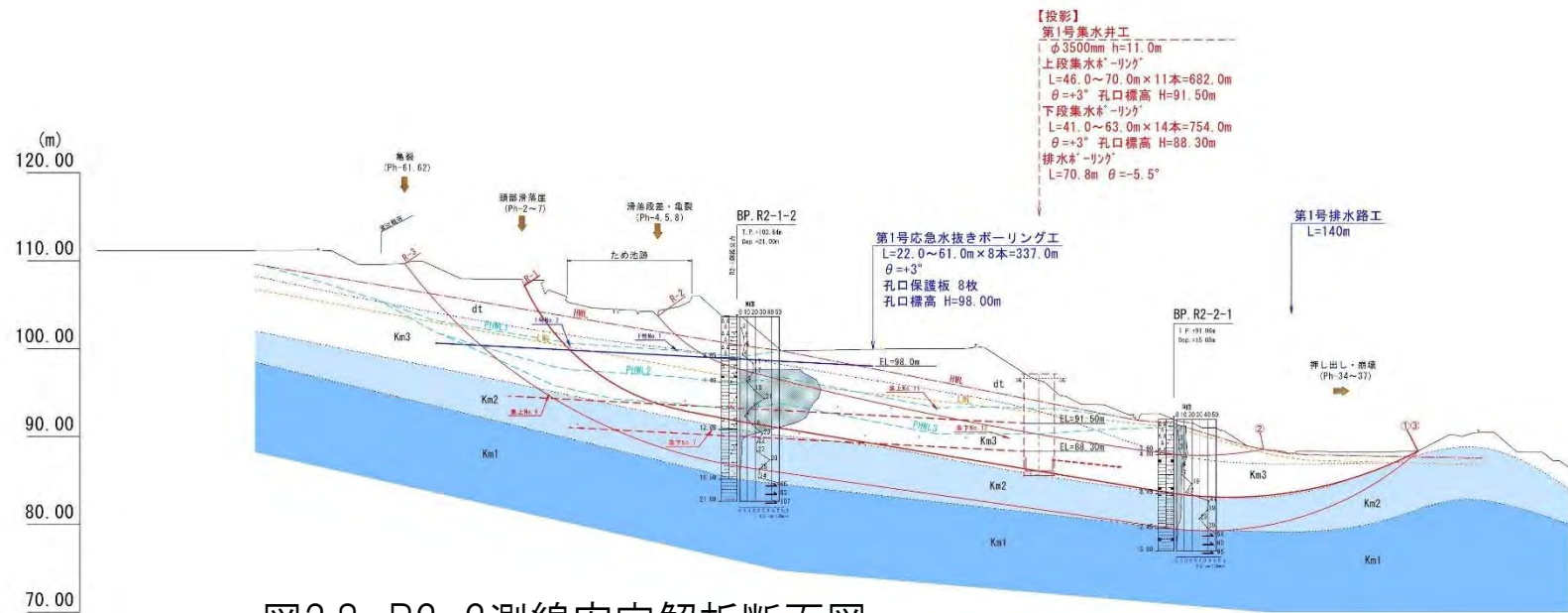


図3.8 R2-2測線安定解析断面図

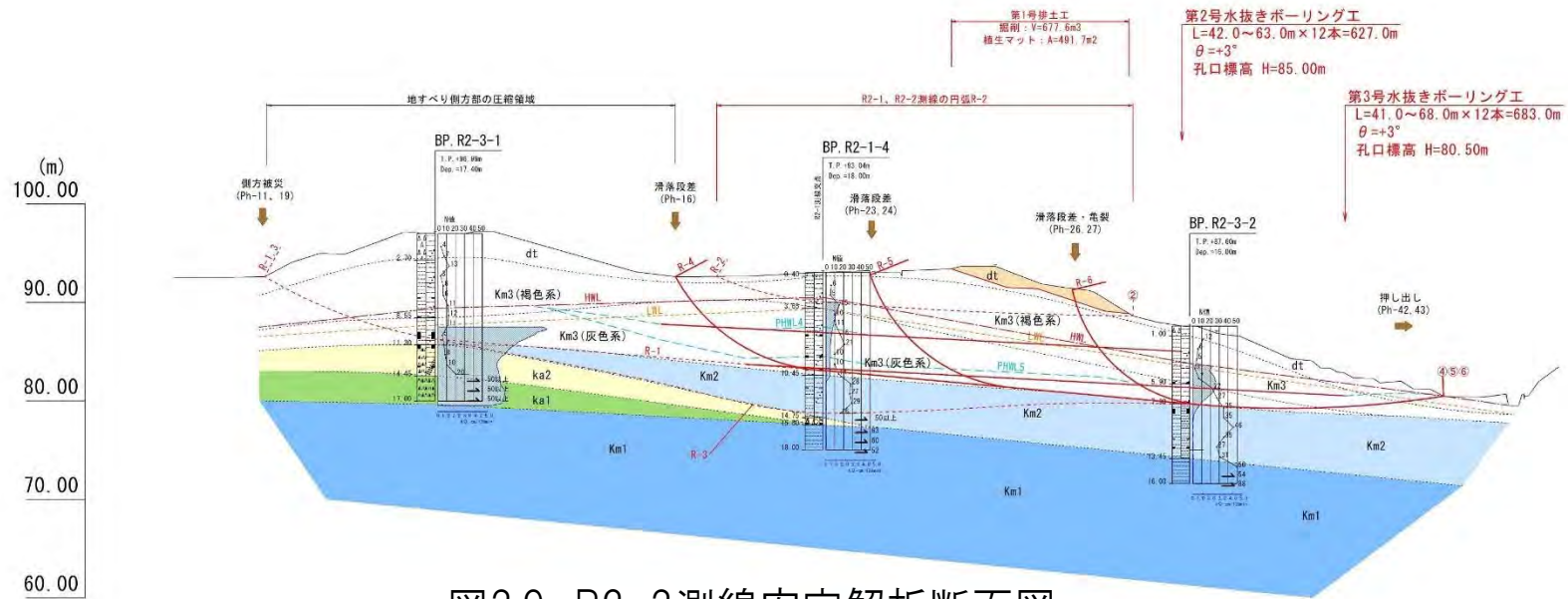


図3.9 R2-3測線安定解析断面図

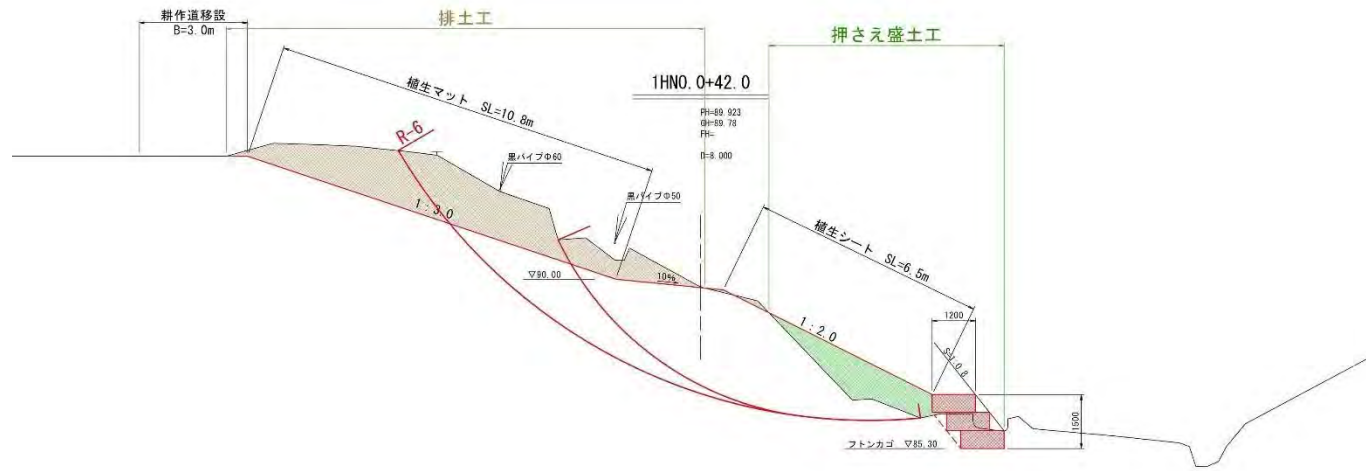


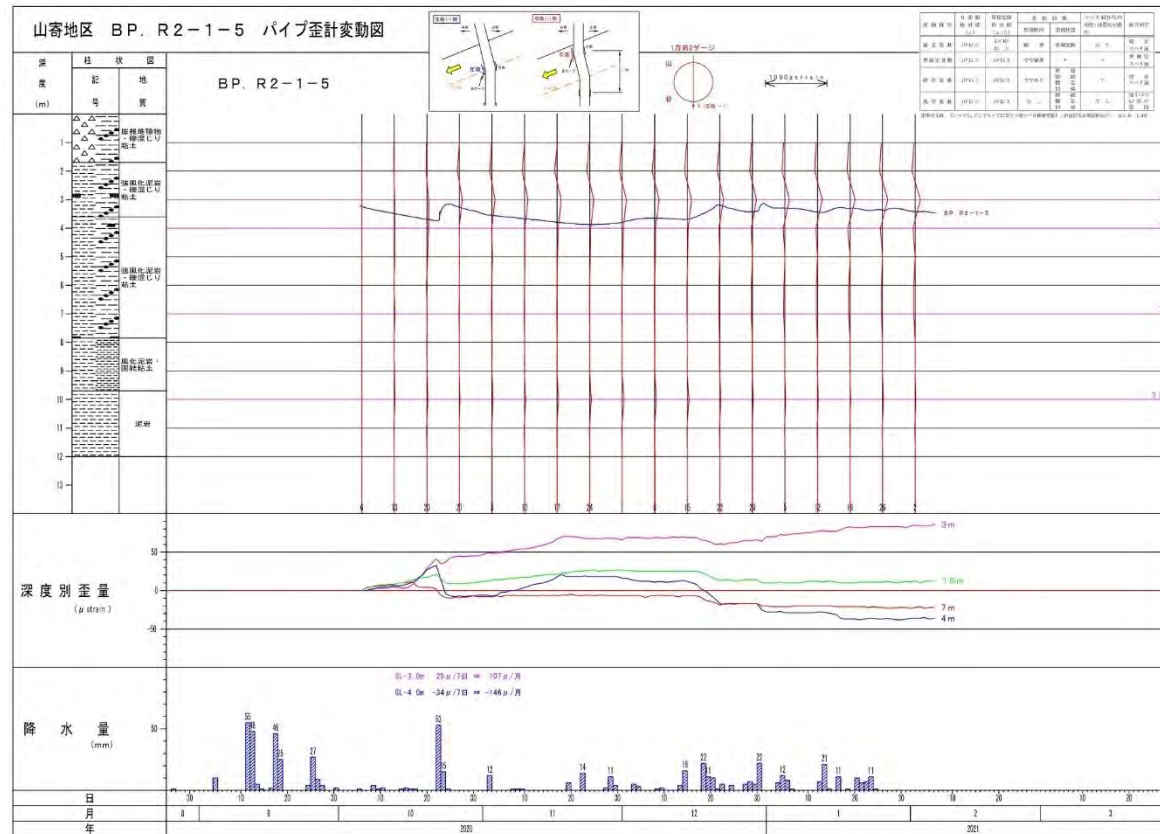
図3.10 排土工横断面図



## 4. 業務遂行上、苦労した点や工夫した点

### (1) 歪変位が不明瞭な深度のすべり面の決定

- ・比較的まとまった降水のあった9月以降の観測となった調査孔では歪変動傾向がやや不明瞭であった。
- ・このため、他の深度と比較してやや変位の大きい深度付近のコア状態より歪変動深度を決定した。

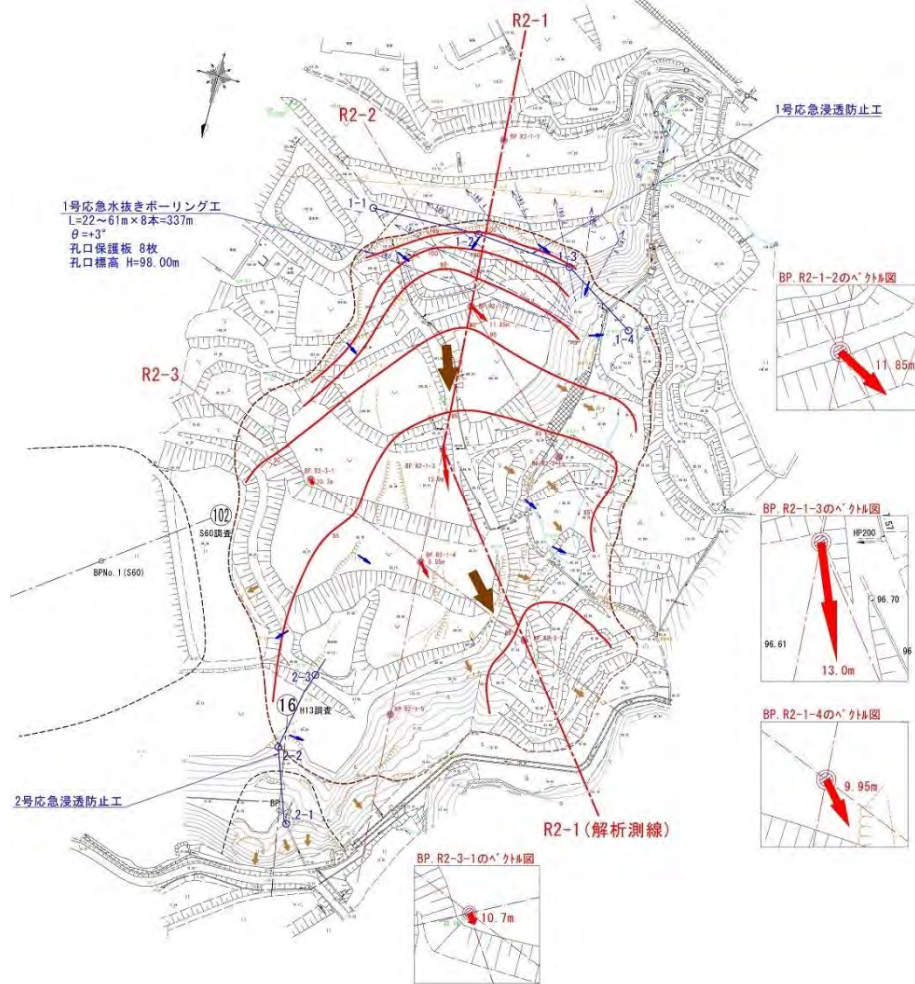


降水量は「島根県 土砂災害警戒リアルタイム雨量 種原観測所」のデータを使用

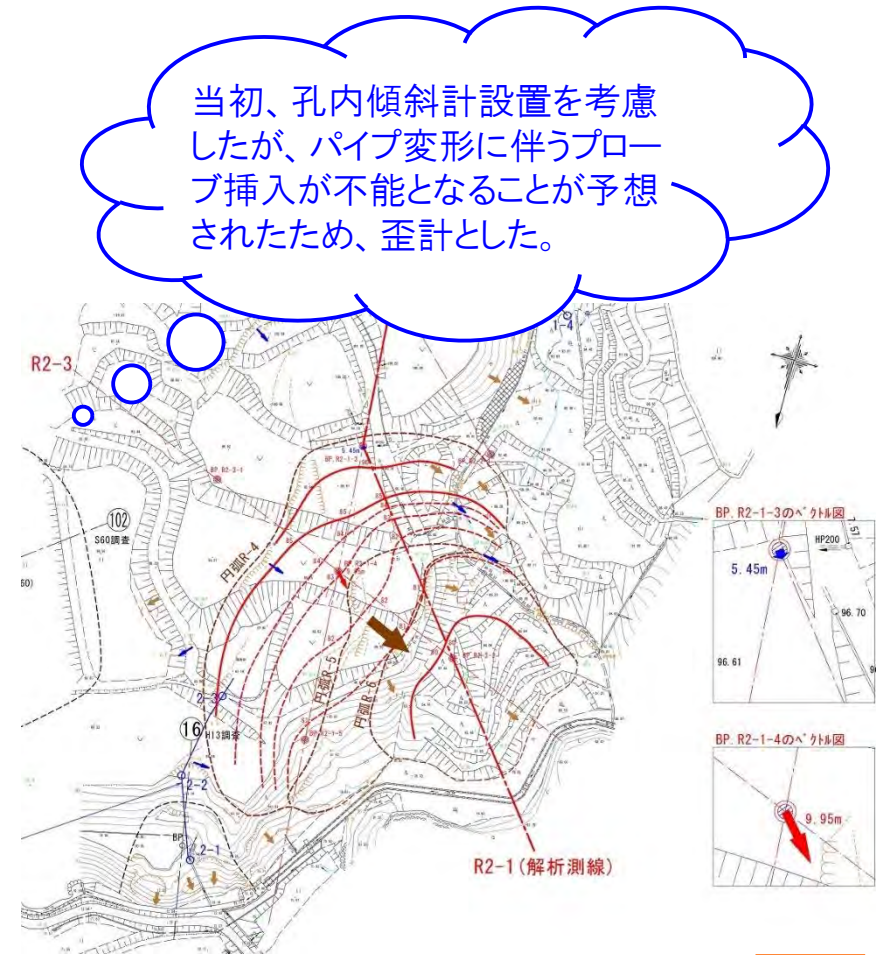
図4.1 BP.R2-1-5 パイプ歪計変動図

## (2) 滑動方向に基づく解析測線の設定

- ・2方向4ゲージのパイプ歪計結果より滑動方向を想定し、解析測線を設定
- ・ただし、ベクトル方向は9月の降水結果のみによるため、すべり面等高線図を作成



円弧R-1(滑動の主体となるすべり)



円弧R-4~6のすべり

図4.2 すべり面等高線図

### (3) 応急対策施工後の効果

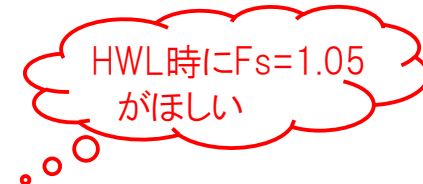
- ・地盤伸縮計の変動結果としては、応急水抜きボーリング施工後141日間で1.1mmの拡大(0.2mm/月)の変動に留まる。
- ・頭部滑落崖を含むその他の地表面観測地点では、目立った変化は見られない。
- ・応急水抜きボーリングからの排水は良好……豪雨後には計50ℓ/分を確認
- ・ため池開削部からの排水も良好

・この様に、滑動の沈静化が見られるが、観測期間中の降水は乏しいまま

○平常時の安全率:  $F_s=1.05$ 以上

○応急水抜きボーリング施工後の計画水位時の安全率

最危険円弧R-1にて、 $F_s=0.98 \rightarrow 1.00$  になっただけ



★今後の地下水排除工事の施工効果により、集中的に地下水を排除することで、斜面の安定化が図られると判断しました。





## (4) 地元関係者にわかりやすい資料の提供

図、写真を使って、対策工事の説明をしました



### ① 地すべりブロック

地すべりとして一体となつて滑動している土砂や岩の塊の範囲のことであり、地質調査によってその範囲を決定し、対策工事を検討します。



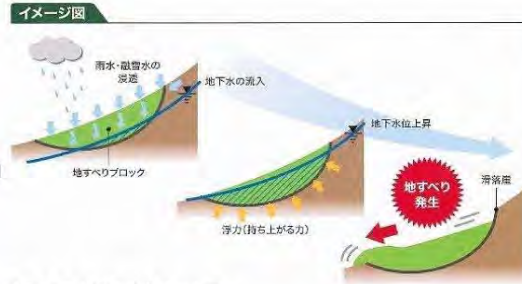
### ④ 水抜きボーリングとフトンカゴの施工例

地下水を排除させるために、水抜きボーリングを計画しています。集めた地下水は、流末水路により既設の水路に導きます。更に、パイプ周辺の崩壊防止としてフトンカゴにて保護をします。



### ⑤ 孔口保護板の施工例

パイプ周辺の崩壊が懸念されない場合は、40 cm × 40 cmサイズのコンクリート板にて保護をします。



### ② 地すべり発生のイメージ図

地すべりを起こしやすい特定の地質や地質構造がある場所で、主に大雨が降ることにより地下水位が上昇し、地下水位の浮力のために斜面に留まる力が弱くなった時に発生します。



### ⑥ 集水井工の施工例

φ3.5mの井戸を掘削し、その中から水抜きボーリングを施工します。井戸の周辺にはフェンスを設置し、施錠を行い立ち入りの制限をします。

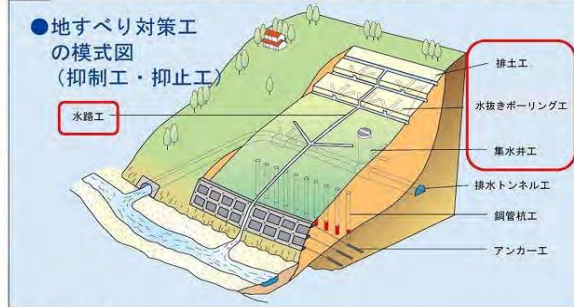


### 集水井内部の施工例

集水井内部にはハシゴなどの昇降装置を設置します。



## 山寄地区 地すべり対策工事の施工例



### ③ 主な地すべり対策工事

一般的には、地表水を地下に浸透させない水路工や地下水を排除させる水抜きボーリング工、集水井工などがあります。更に、地すべり滑動力を弱めるために、地すべり土塊の一部を切り取る擁土工があります。

また、地すべりに対して抵抗力を加えて、その滑動を止める杭工などがありますが、山寄地区では地下水を排除させる対策工法が主体となります。



地すべりによる滑落発生



応急対策としての浸透防止工

### ⑦ 浸透防止工及び法面工の施工済み例

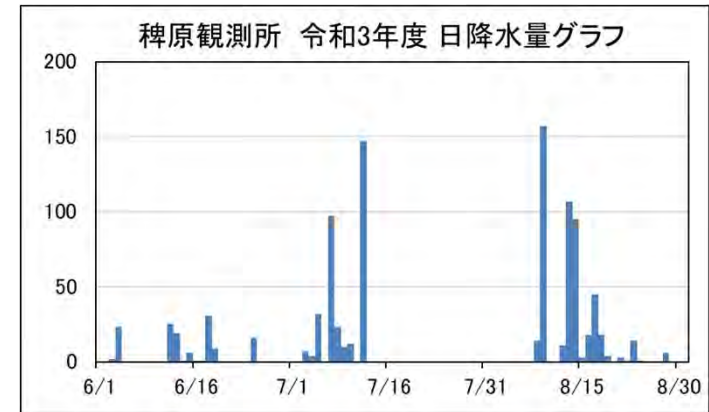
地すべり滑落部の斜面を整形し、地表水の浸透防止を目的とした応急対策が既に施工されています。将来的には、土木シート(黒いシート)を取り外し、法面工として植生による緑化を計画しています。

### ⑧ 擁土工の施工例

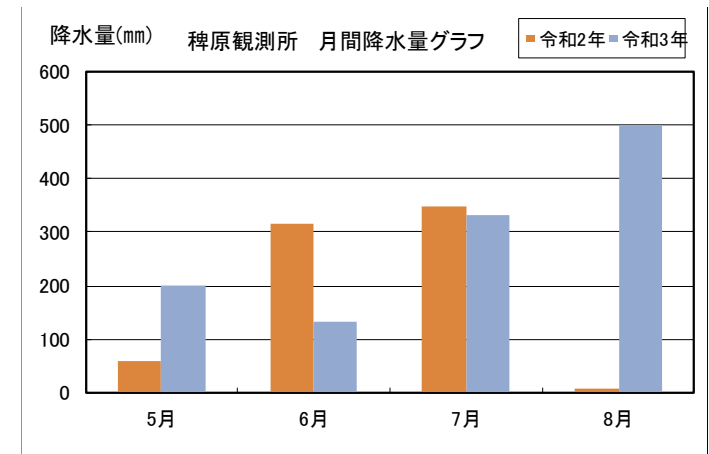
耕作道法肩部～西側谷部などの滑落の著しい区間では、地形変化による斜面バランスの安定化を図るために、地すべり土塊を擁土して、法面を植生工により緑化する擁土工を計画しています。

## 5. おわりに

- ・令和2年度は、6月、7月に集中豪雨があり、8月以降の観測期間としては、降水量に比較的乏しいものでした。一方、令和3年度は、昨年を遙かに上回る7月、8月の集中豪雨の影響で島根県では至る所で災害が発生しています。
- ・令和3年度の豪雨は、R2-1ブロックのすべり面位置の検証、対策工事の妥当性という点では寄与されましたが、一部で被害の拡大を招きました。
- ・現在、地下水排除工事中ですが、崩壊対策などを含めた解析・対策工事の再検討中であることが最も苦労している点です。
- ・最後に、本業務実施に当たってご指導頂いた島根県出雲県土整備事務所及び関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。



R3年度 日降水量グラフ



月間降水量	5月	6月	7月	8月	合計 (mm)	最大日降水量 (mm)	
						(mm)	月日
令和2年	60	317	348	8	733	146	6月13日
令和3年	199	134	332	497	1162	157	8月9日

降水量の比較図

以上、御清聴ありがとうございました。

