

阿蘇大橋地区復旧技術検討会 (第4回)

平成28年12月6日(火)
国土交通省 九州地方整備局

進捗状況報告

土留盛土工



頭部ラウンディング



土留盛土工の設置完了



H28.5.24着手 ～ H28.10.22 設置完了

頭部ラウンディングの完了



H28.8.31着手 ～ H28.11.10 作業完了

第3回検討会からの指摘事項に対する対応

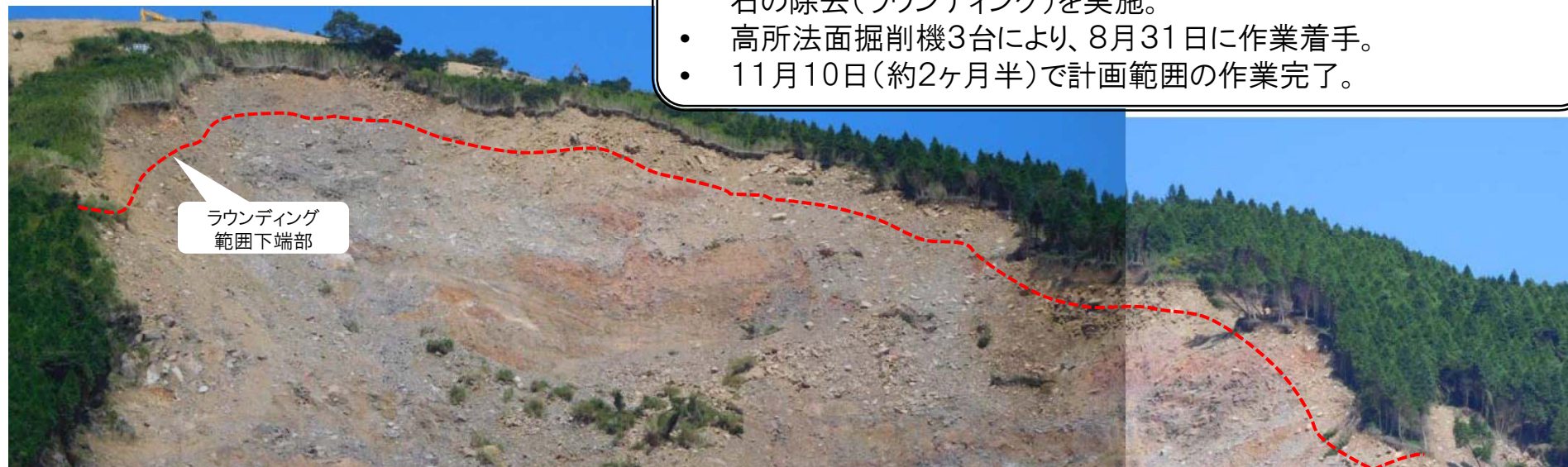
種目	時期	No.	指摘事項・確認事項	回答・対応
監視観測	第3回検討会 9月15日	①	・動きのあるブロック①―2や動きのない他のブロックも含め、今後大雨の後など引き続き監視しながら進めていくこと。	・ブロック①―2については、監視機器の追加により観測の強化を行うと共に、他のブロックも含め、今後の恒久対策工事や斜面下部における復旧作業を実施するうえで、斜面の監視は継続する必要があると考えています。
対策工法	第3回検討会 9月15日	②	・今回の調査結果を踏まえ、大分側の凸型地形の部分や熊本側のガリーの発達した箇所について恒久対策での対応が必要。	・熊本側のガリー侵食箇所を確認された不安定な転石については、斜面下部での有人施工の作業環境確保のため、年内に除去作業を行います。転石除去以外の対策及び大分側の凸地形部については、検討会で提案させていただきます。
施工管理	第3回検討会 9月15日	③	・山体監視システムが反応した時に何を検知しているのか確認する。目視での監視は非常に有効ではあるが、今後、工事を行っていく上でこのシステムの有用性と、道路供用時の安全監視として使えるかを確認する。	・山体監視システムを設置した当初の目的は、斜面頭部に存在する不安定ブロックの突発的な崩落を直ちに検知するために設置していました。今回試みとして、2m程度の単発の落石も検知できる精度を有しているか現場で確認したところ、いくつかの課題があり、検知の精度が高くないことから落石検知は難しいと考えております。
土留盛土の嵩上げ	メール報告 10月5日	④	・土留盛土工(下段)の嵩上げ(h=3m⇒5m)の提案については、高くすることは安全度も向上するので問題ないが、ラウンディングの結果等踏まえた整理が必要。	・ラウンディング施工時においては、土留盛土工まで到達した落石は確認されていません。(第5章参照)このため、有人施工着手においては現計画(h=3m)によって、その機能は確保されていると考えられます。今後、降雨による土留盛土工の土砂流出状況など踏まえ、出水期に備えたりリスクへの対応として嵩上げの必要性を検討したいと考えております。

ラウンディング作業の実施状況

施工着手前

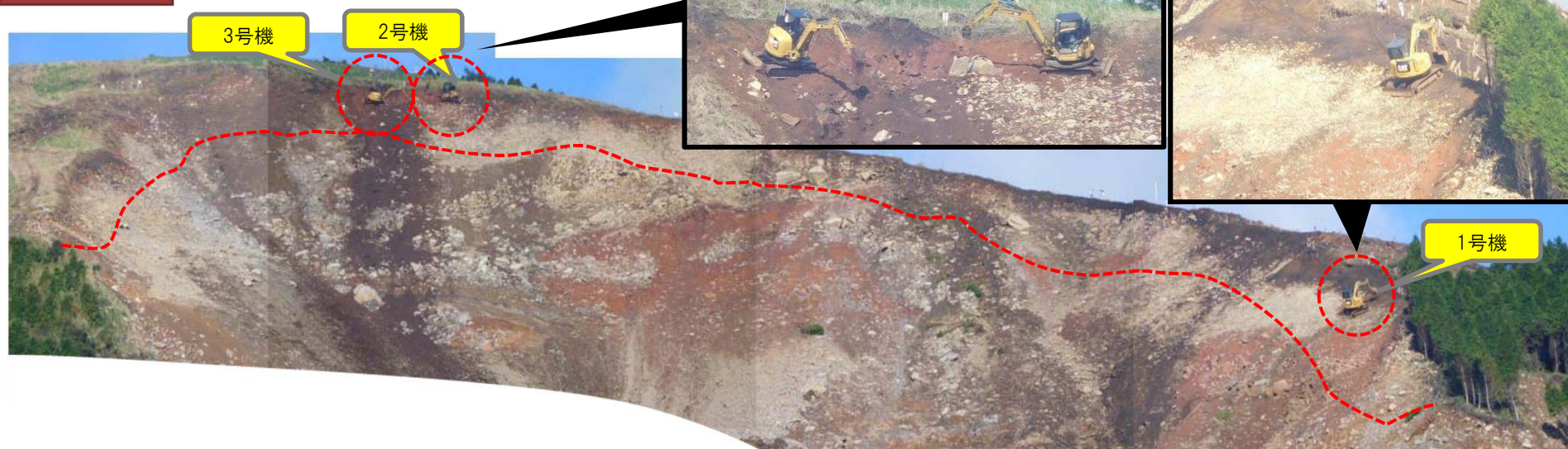
ラウンディング前(8月23日撮影)

- ・ 滑落崖周辺の不安定土砂や落石の発生源となりそうな浮石、転石の除去(ラウンディング)を実施。
- ・ 高所法面掘削機3台により、8月31日に作業着手。
- ・ 11月10日(約2ヶ月半)で計画範囲の作業完了。



施工状況

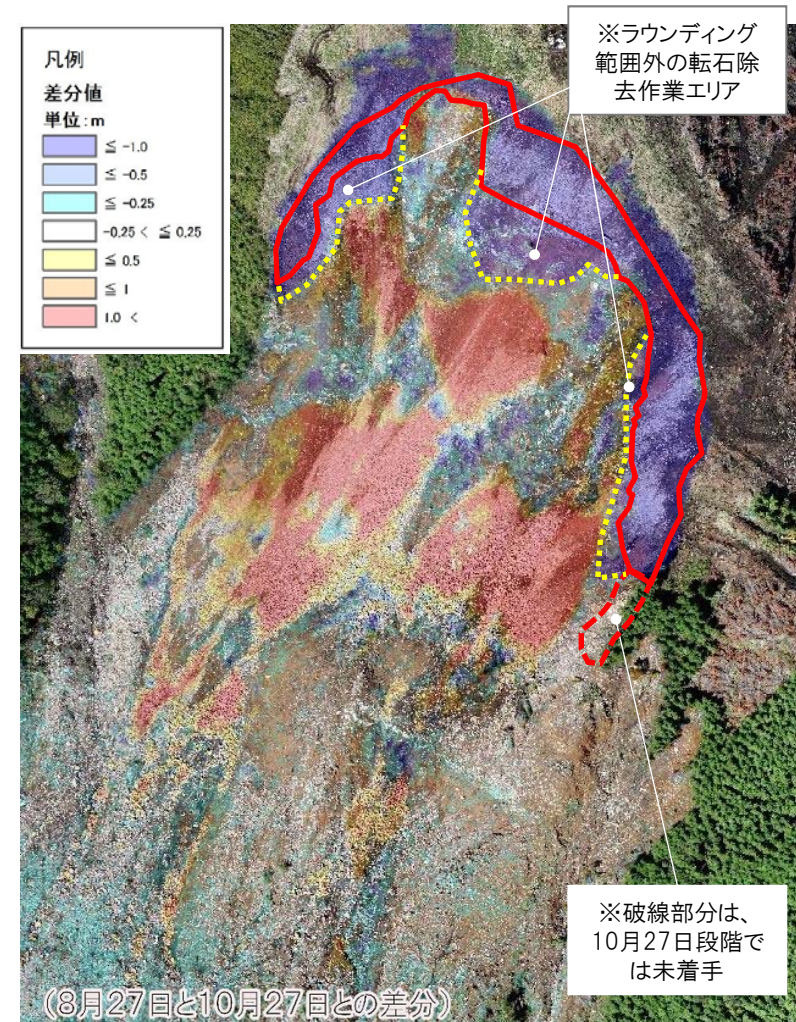
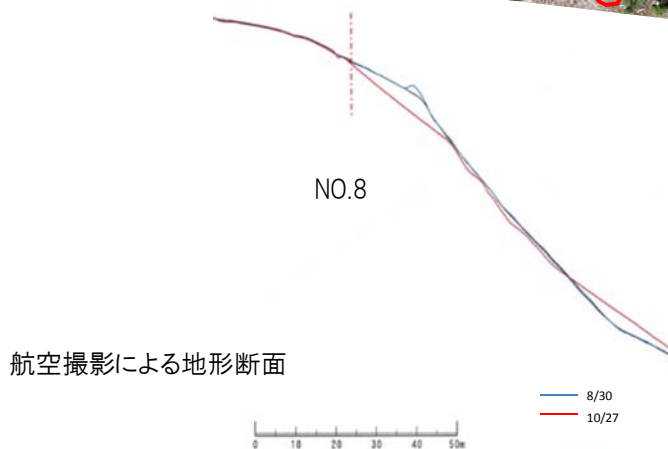
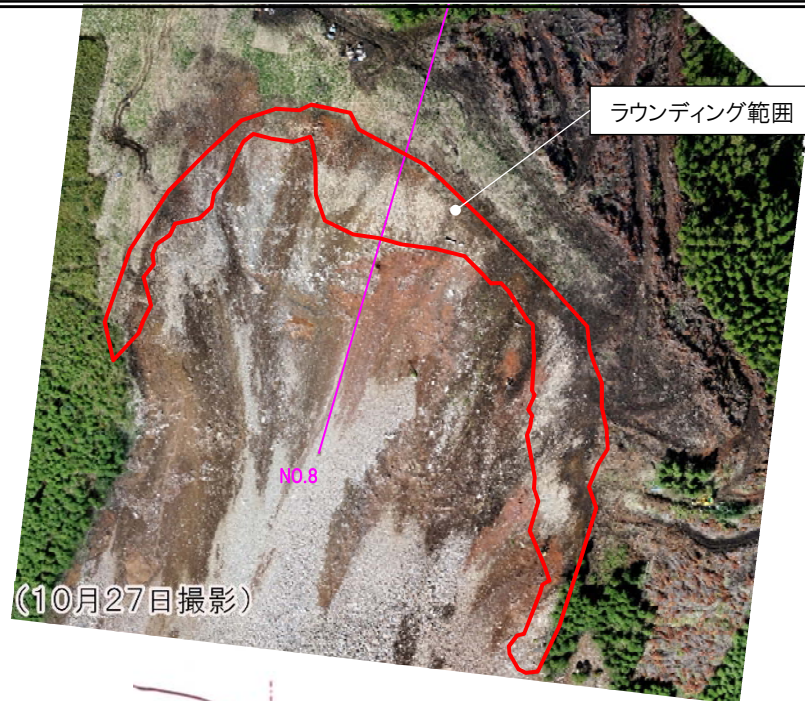
ラウンディング作業状況(10月25日撮影)



ラウンディング作業の実施状況

ラウンディング結果(差分析)

UAVによるLP計測結果から差分析を行い、ラウンディング箇所における土砂撤去状況を確認。
差分析よりラウンディングによる排土土砂量はおよそ1万 m^3 と算出された。



斜面下部における有人施工着手に向けての作業環境確保のため、次の対策を実施

復旧ステップ		平成28年		平成29年～
		ステップ1		ステップ2
土留盛土工		上段	斜 面 下 部 で の 有 人 施 工 着 手	
		下段		
		➤落石対策 ⇒ 作業完了(10/22)		
不安定土砂の除去	ラウンディング	大分側	➤滑落崖周辺の不安定土砂の崩落や落石対策 ⇒作業完了(11/10)	
		中央		
		熊本側	① 熊本側ガリー侵食箇所の対策 ⇒ 年内に完了予定	
	熊本側ガリー箇所の転石除去			
有人施工を行うための安全対策		安全性確認	② ラウンディング時の落石状況モニタリングの実施 ③ 最新地形での落石シミュレーションの実施 ④ 監視機器の追加設置 ⑤ 有人施工時の作業中止基準の設定 ⑥ 斜面監視員による目視監視 ⑦ 土留盛土工の堆積土砂の維持管理	
		監視体制強化		
		作業中止基準		
		維持管理		
恒久対策		不安定土砂の除去 法面对策工(頭部)		
斜面下部(道路等復旧)				

① 熊本側ガリー侵食箇所の落石対策

平成28年6月20日の豪雨後に増破したガリー侵食箇所では、不安定な岩塊がガリー侵食部の頂部、側面に確認されており、斜面下部での有人化施工に向けて早期に処置が必要と判断される岩塊の除去を実施し当面の安全を確保する。



拡大1 不安定な岩塊の状況



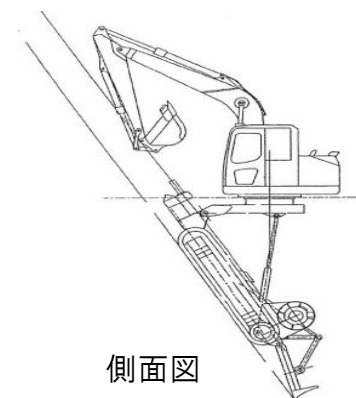
拡大2 不安定な岩塊の状況

不安定な岩塊を高所法面掘削機により除去



作業イメージ

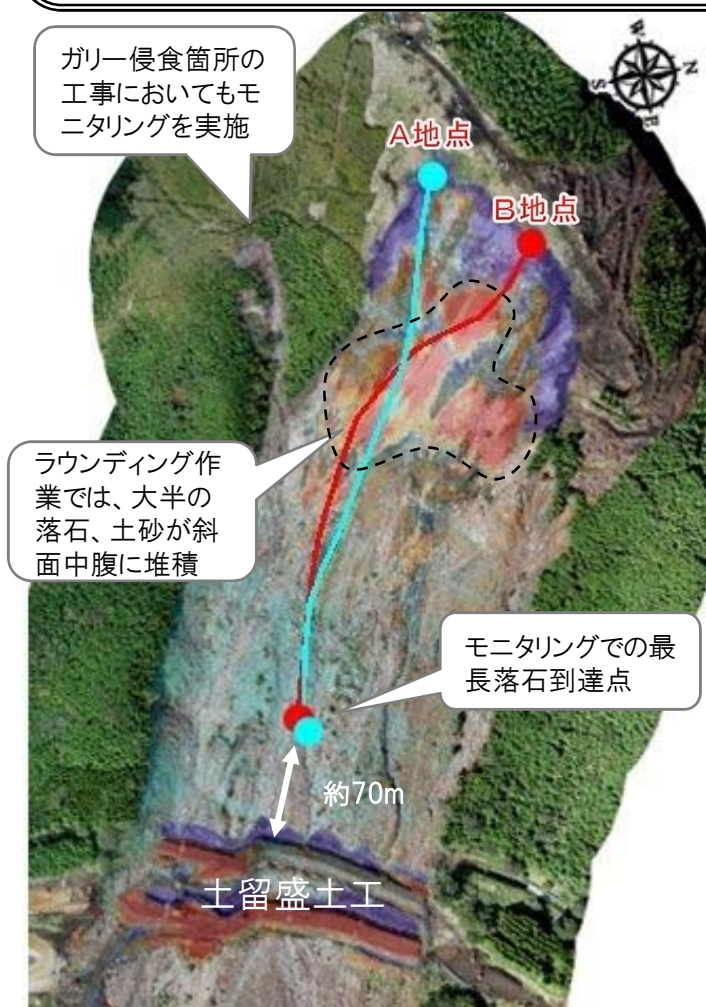
- 高所法面掘削機は、ワイヤーによって0.45級バックホウを斜面に吊り下げ作業を実施
- 無人化施工による作業



側面図

② ラウンディング時の落石状況モニタリングの実施

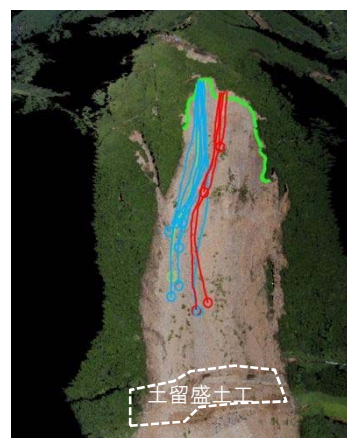
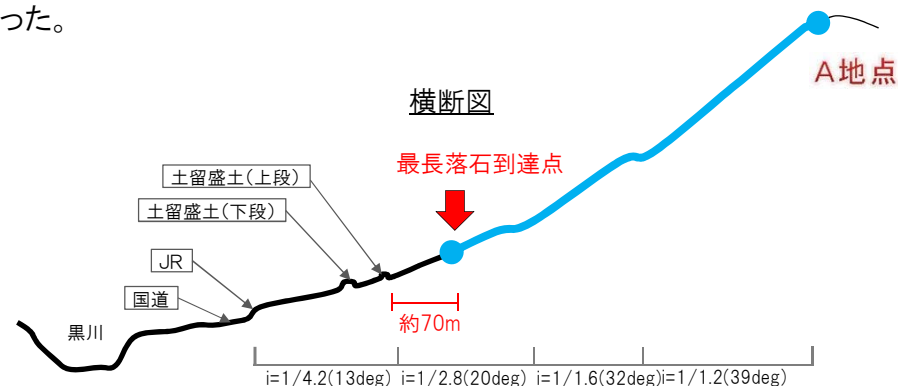
ラウンディング時の落石状況モニタリングにおいて、斜面頭部からの落石の落下軌跡を確認した結果、斜面途中で停止することが確認された。また、ラウンディング施工完了まで土留盛土工まで達した落石は確認されなかった。
なお、年内に完了予定の熊本側ガリー侵食箇所の工事においてもモニタリングを行い安全性を確認する。



最も下方で停止した落石到達点

<落石モニタリングの結果>

- 落石の最大径は、2m程度の転石であった。
- 斜面勾配の変化点、突起によって大きく跳躍し、落下途中で破碎される落石も多い。
- 最も下方まで到達した落石位置は、直径1m程度で上段盛土から水平距離で70mの位置であった。



落石モニタリングの結果(落下軌跡)



ラウンディング後の堆積状況(斜面頭部から望む)

③ 最新地形での落石シミュレーションの結果

ラウンディング後の最新地形を反映した落石シミュレーション解析を実施。熊本側ガリー侵食箇所や大分側凸地形の切土施工位置からの落下を想定したシミュレーション結果においても落石は土留盛土(下段)で停止することを確認した。

＜実績によるシミュレーションのパラメータ設定＞

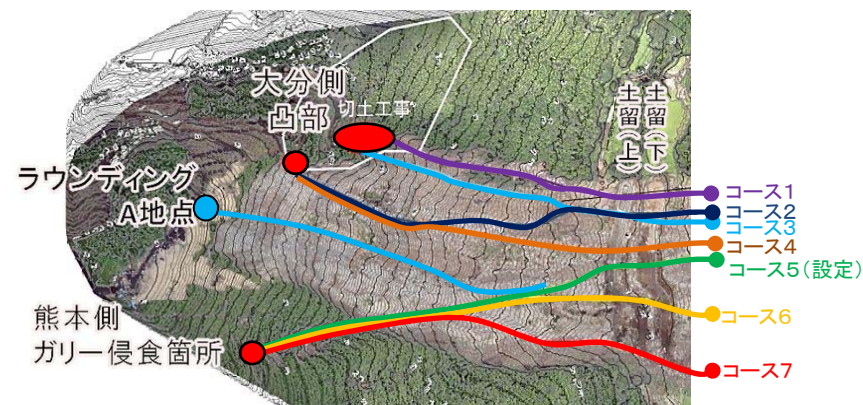
- 地震時崩壊の再現計算から地盤の摩擦角(18°)を設定。
- ラウンディング作業時(A地点)の落石停止地点の同定計算から衝突係数(0.4~0.9)を設定(同定解析図に示す)。
- 検討に用いる落石形状は、モニタリング時の最長落石到達点で確認されている1.0mの落石径とする。
- ラウンディング箇所からの落石の再現計算を行いパラメータの妥当性を確認。

＜上記のパラメータを用いたシミュレーションの実施＞

- 落石発生源は、今後工事予定の「熊本側ガリー頭部」および「大分側凸部」に設定
- 落石コースは、斜面勾配・平面位置から7つのコースを選定したのち、形状の近いもの3つに集約して解析し、最も危険なコースとして「コース5」を抽出

＜シミュレーション結果＞

- 熊本側ガリー頭部および大分側凸部からの落石に対し90%は山腹中央で停止し、残りの10%の落石は土留盛土(上段)で停止する。



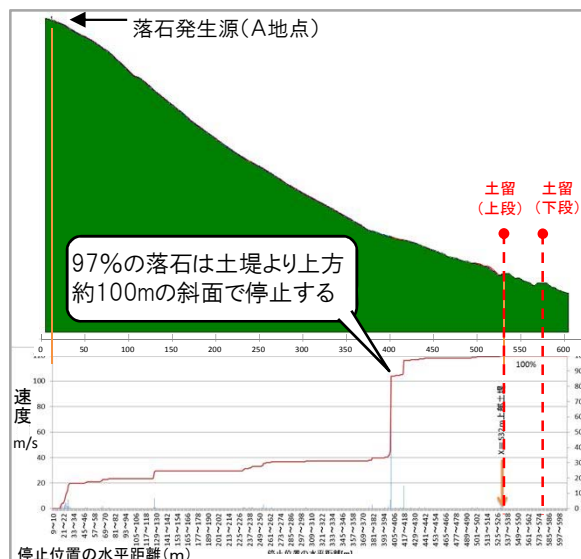
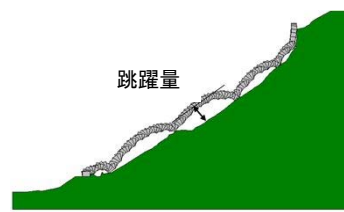
解析により最も危険な落石コースを設定⇒コース5

落石シミュレーション手法: 不連続変形法

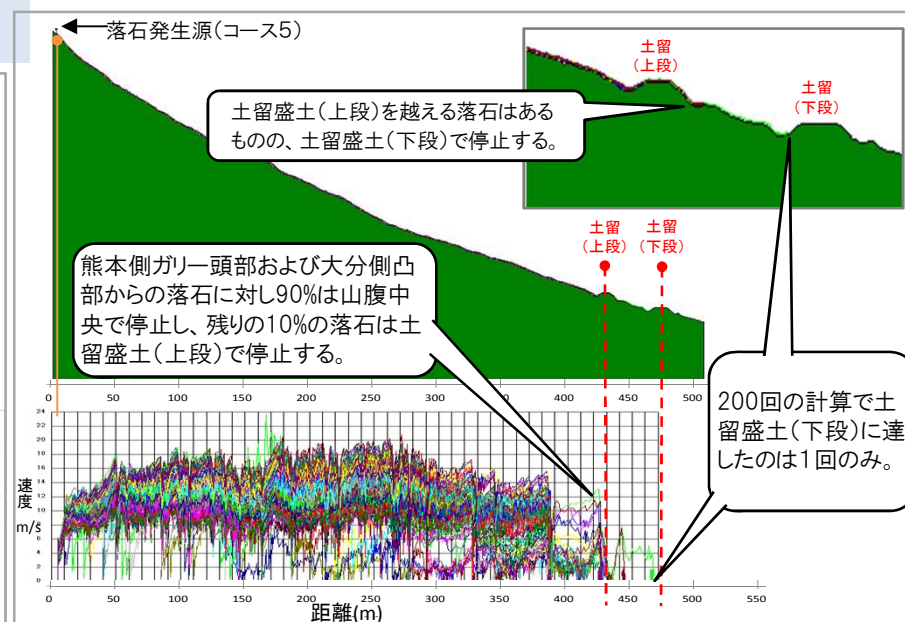
Discontinuous Deformation Analysis (DDA)

- 落石の形状・大きさを考慮
- 落石と斜面の摩擦係数を考慮
- 落石と斜面の衝突係数を考慮

- 実際の転石の到達を再現することができる
- 落石の運動エネルギーと跳躍量の算出ができる



ラウンディング作業時(A地点)の落石停止地点の同定計算



シミュレーション結果 (コース5 計算回数200回)

④ 監視機器の追加設置

ラウンディングにより亀裂を除去した箇所、観測データで降雨後においても変位の累積が見られない箇所については観測終了とし、有人施工に向けて変位の有無を確認する必要がある大分側の凸地形や熊本側の亀裂については監視機器の追加を行う。なお、ラウンディング終了に伴い亀裂の変位測定が可能なことからGPSの測定を終了する。

<監視観測結果>

- 不安定ブロック①ー2は、梅雨後も継続した引張変位が見られ、大分側凸部地形が不安定であることが判明した。
- 6月の大雨により増破した不安定ブロック②ー2のガリー部では、圧縮側の変位が見られ斜面上方へ変位が拡大する恐れが見られた。
- その他のブロックでは変位の進行はほとんど見られず、表層に分布する黒ボク等の乾燥湿潤による表面的な変動を捉えているのみであった。



観測結果を踏まえ監視観測方針を設定

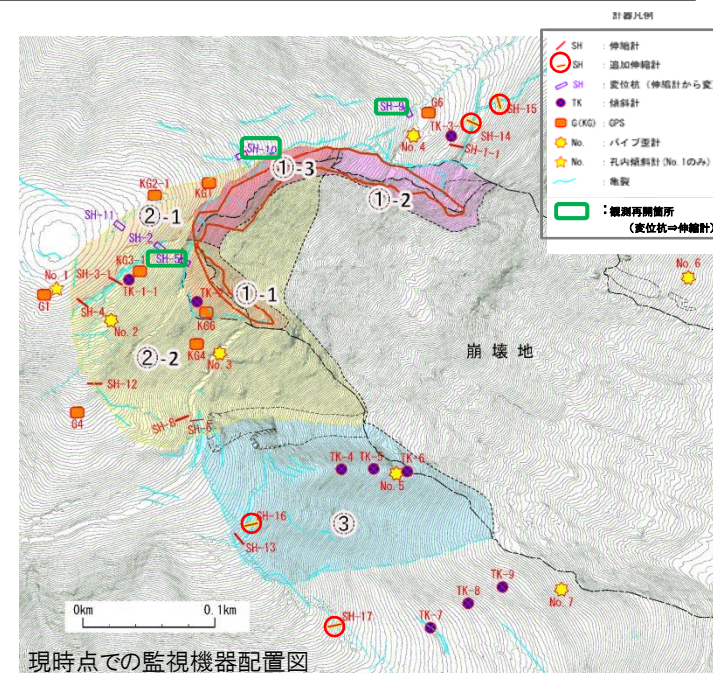
<有人施工に向けての監視観測方針>

- ①降雨による不安定化が懸念される大分側凸地形、ガリー部の周辺については、監視機器を追加して観測を強化する。(観測機器の新設)
- ②変位の累積が見られなかった箇所についても、降雨による影響を監視するために亀裂の変位の観測を中心に行う。(伸縮計の新設)
- ③降雨後も変位の累積のない箇所については、隣接する監視機器との調整を図り、削減する。(GPSなど)



監視観測方針に基づく機器の配置

ブロック名	現状の設置計器					監視観測方針に基づく機器の撤去、新設
	伸縮計	地盤傾斜計	GPS	パイプひずみ計	孔内傾斜計	
不安定ブロック①ー1	SH-5	TK-2	KG6	無し	無し	ラウンディング終了後に亀裂の観測を行うためSH-5を再設置隣接機器との調整を図り、KG6はSH-5の設置につき撤去
不安定ブロック①ー2	SH-1、SH-9	TK-3	G6	No.4	無し	大分側凸地形観測強化の為、SH-14、SH-15を新設ラウンディング終了に亀裂の観測を行うためSH-9を再設置隣接する観測機により監視できるのでG6は撤去
不安定ブロック①ー3	SH-10	無し	KG1	無し	無し	ラウンディング終了に亀裂の観測を行うためSH-10を再設置隣接機器との調整を図り、KG1はSH-10の設置につき撤去
不安定ブロック②ー1	SH-11	無し	KG2 G1	無し	No.1	SH-5により監視できるので隣接機器との調整を図り、SH-11は撤去隣接する観測機により監視できるのでG1、KG2は撤去
不安定ブロック②ー2	SH-2、SH-3 SH-4、SH-6 SH-8、SH-12	TK-1	KG3 KG4 G4	No.2 No.3	無し	隣接する観測機により監視できるのでSH-2、4及びG4、KG3、KG4は撤去
不安定ブロック③	SH-13	TK-4 TK-5 TK-6	無し	No.5	無し	亀裂の伸展を監視するためSH-16を新設
ブロック外	無し	TK-7 TK-8 TK-9	無し	No.6 No.7	無し	亀裂の伸展を監視するためSH-17を新設



斜面下部における有人化着手に向けての作業環境の確保について

⑤ 有人施工時の作業中止基準の設定

1. 斜面下部は有人施工の安全性が土留盛土工で確保されていることから、目視監視において小規模で単発の落石を確認した場合は、作業エリアへの注意喚起を行い施工を継続する。
2. 斜面下部における有人施工時の中止基準について、これまでの作業中止の実績を踏まえながら、今後の作業に必要となる作業中止基準を設定する。
3. 目視監視は、無人化施工時において霧を想定し視界不良のみの作業中止基準であったが、有人施工時には、斜面監視員を配置し、断続的に落石が確認された場合は、即時作業中止とする。
4. 土留盛土工は、必要有効高さ(H=2m)が確保されていない場合は、即時作業中止とする。
5. ラウンディング作業完了に伴い、GPS、杭間計測、風速については削除する。(GPS観測地点は他の観測機器にて補完する)

	観測機器等	判定可能なデータ取得間隔	基準超過時の通知の有無	長期対応基準(注意体制)	短期対応基準(警戒態勢) 作業注意	即時対応基準(避難) 作業中止	作業を中止した場合	
							再開判断基準	臨時委員会を要する場合
中止を判断する計器等	目視	作業時間帯	-	-	-	・視界不良 ・断続的に落石の発生が確認された場合 ・斜面周辺の樹木に倒木等の変位が確認された場合	・視界が良好となり、今後の天候も回復に向かうと判断できる。 ・落石や倒木等の発生箇所の地山状況を確認の上、他の計器に変動がみられない場合。	-
	雨量計	1回/1時間	時間雨量超過時 メール配信	連続雨量が140mmを超過したら各観測機器の基準超過状況をチェック	大雨注意報が発令または時間雨量5mm、連続雨量20mm	大雨警報が発令または時間雨量10mm、連続雨量40mm	3時間連続降雨がない場合で、計測機器に異常値が認められない。	-
	震度計	リアルタイム (気象庁・現地震度計からの震度情報)	【気象庁】任意設定でメール配信【現地】震度4以上で警笛、回転灯(データ手動回収)	-	-	震度4以上 (市への危険情報提供、砂防工事従事者退避)	施工箇所周辺の計測機器およびクラック点検(①亀裂箇所の点検・計測、②振動・湧水の測定、③新規変状の有無)を実施し、異常が認められない。	余震に関する注意情報がある場合
	地盤伸縮計	1回/1時間	基準値超過時 メール配信	-	5~10mm/日以上	2mm/h以上	地盤伸縮計の移動量累積状況と地表面傾斜計の傾斜角の変動状況を確認し、移動が止まったことを確認後に再開	急激な変位などの異常が見られる場合
	地盤傾斜計	1回/1時間	基準値超過時 メール配信	-	50秒/日以上	地表面傾斜計が作業注意状態において、一定方向に変位が連続的に累積し、近傍の計器に異常がみられた場合		急激な変位などの異常が見られる場合
	パイプひずみ計	1回/1時間	基準値超過時 メール配信	-	100μ/日以上(農水省)	2,000μ/日以上(農水省)	急激な変位がなくなり、累積性も明らかに収束傾向にある。また、計測機器の異常による一時的な異常値であることが判明した場合など。	急激な変位などの異常が見られる場合
	孔内傾斜計 注)ー1	1回/1日 (月1回観測 変動に応じて増減)	月1回実測	5~25mm/5日以上	5mm/日以上	10mm/日以上		急激な変位などの異常が見られる場合
情報参考	土留盛土工の堆砂状況 注)ー2	降雨後 定期点検(1回/月)	-			・必要有効高さが確保されていない場合(必要有効高さH=2.0m) ・土留盛土工に異常がみられた場合	除石により必要有効高さが確保された場合	
	監視カメラ	リアルタイム	対岸カメラ WEB配信中	(状況確認し参考情報とする)	(状況確認し参考情報とする)	(視界不良の判断)	-	異常が確認される場合

※計測値としては主に地盤伸縮計と地盤傾斜計の基準値より判断する。

※各基準値については一般値等(社)地すべり対策技術協会:地すべり観測便覧)を元に設定しているため、運用状況により適宜観測体制・基準の見直しを行う。

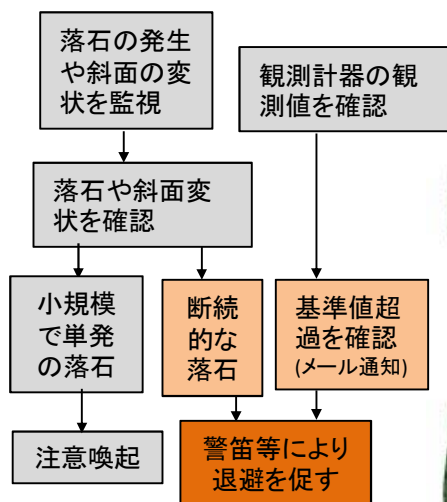
注)ー1 伸縮計・傾斜計・パイプひずみ計の観測値が基準値を超過した場合に、データを回収し分析

注)ー2 土留盛土工の堆砂状況は、上段・下段ともに盛土高さH=3mでの中止基準である。盛土高さに変更が生じた場合は中止基準の見直しを行う。

⑥ 斜面監視員による目視監視

斜面監視員を配置し、落石の発生や斜面の変状等の監視及び観測計器の計測値の確認を行う。

目視による異常や観測値の基準値超過を確認した場合、直ちに警笛等を発し、作業エリアに注意喚起又は退避を促す。



崩壊地からの退避行動



▲熊本側監視員の視点場より



▲大分側監視員の視点場より



※目視監視の基本的な考え方について記載しているが、退避経路や場所等の詳細については、施工計画策定時に決定する。

⑦ 土留盛土工の堆積土砂の維持管理

斜面下部での有人施工の安全性を確保するため、降雨により土留盛土工に土砂が堆積した場合は、速やかにこれを除石する。

除石管理計画

1. 落石や崩壊後等において、土留盛土工における堆積状況の点検を行い、流出土砂等により土留盛土工に必要な有効高を満足していない場合に除石を行う。
2. 土留盛土工(上段)は、除石作業において無人化作業としているが、定期点検等において、一時的に立ち入る場合は、必要な安全管理のもと有人作業とする。

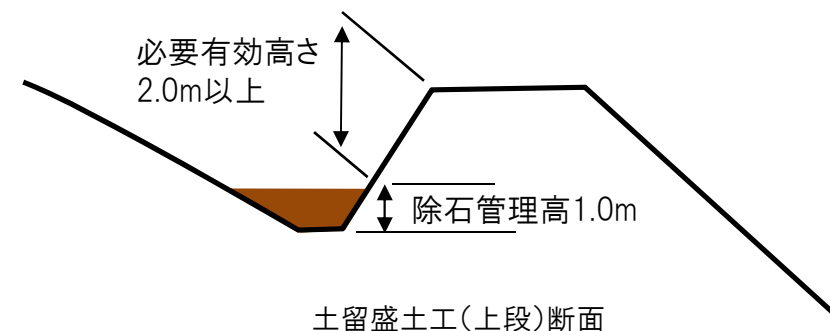
<土留盛土工(上段)の管理>

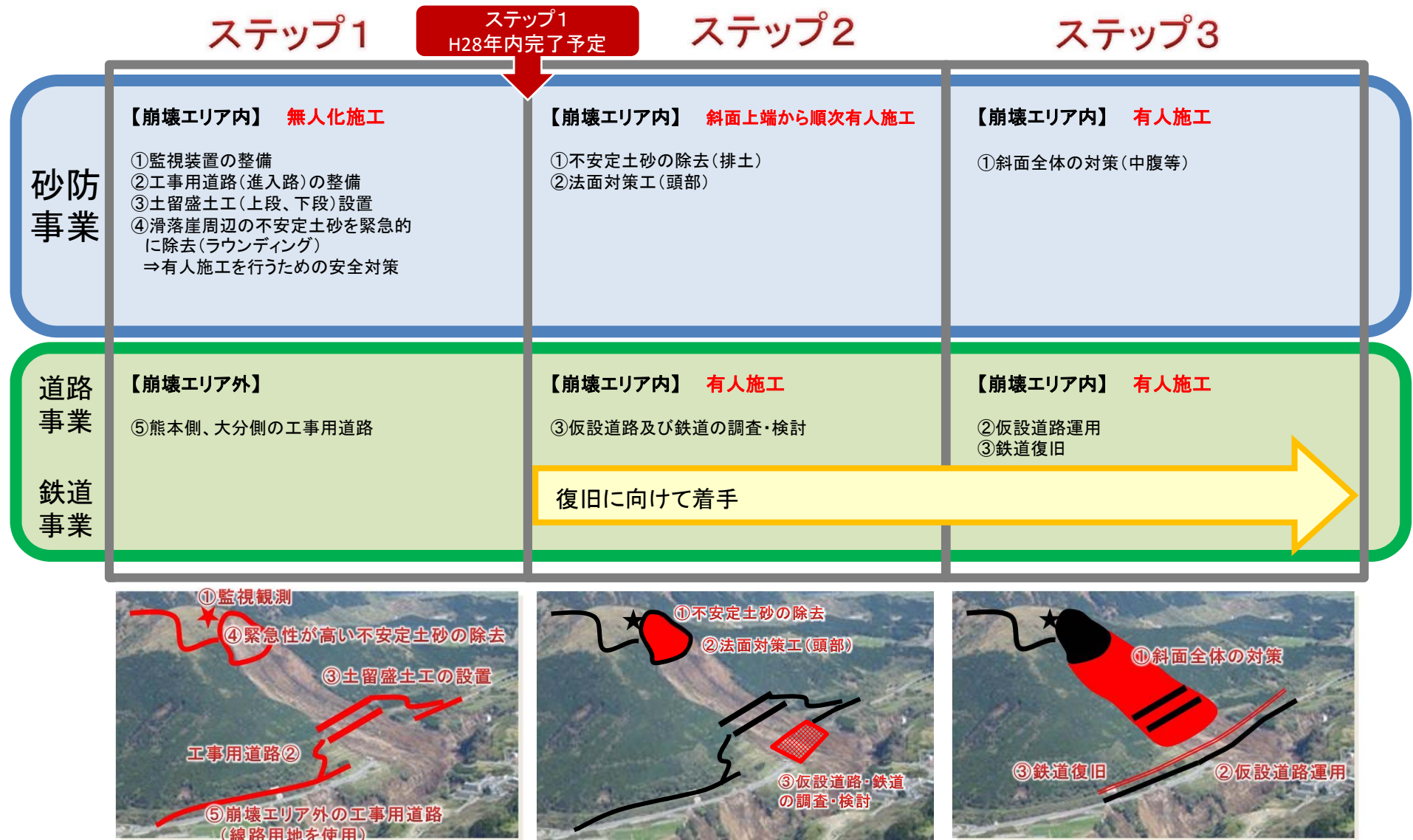
(必要有効高)

$$1.0\text{m未満(落石の跳躍高)} + 1.0\text{m(余裕高)} = 2.0\text{m}$$

⇒ 常時2.0m以上の有効高さを確保する。

⇒ 除石管理高: 1.0m





《斜面下部における有人施工着手》

- ラウンディングの施工及び有人施工を行うための安全対策は、年内に完了予定。
- 12月末に検討会委員による『斜面下部の安全施工に係る作業環境現地確認』を実施予定。

《 復 旧 予 定 》

復旧ステップ		平成28年	平成29年～
		ステップ1	ステップ2
土留盛土工	上段	 8月末 完成	
	下段	 10/22 完成	
不安定土砂の除去 緊急的な土砂の除去	ラウンディング	 11/10 完了  	
	熊本側ガリー箇所の転石除去	 年内 完了予定	
有人施工を行うための安全対策	監視体制強化 作業中止基準等	 年内 完了予定	
恒久対策	不安定土砂の除去 法面対策工(頭部)		
斜面下部(道路等復旧)			
復旧技術検討会		○第3回	○第4回 ●現地確認

➤ 斜面对策の考え方

斜面对策の考え方として、崩壊地頭部では、発生リスクが高い落石、表層崩壊、侵食、風化などを防止する工法を検討することとし、崩壊地下部では、維持管理に手間のかからない工法、緑化といった対策を検討する。



＜現地状況＞

崩壊地の表層は、黒ボク、ローム、風化岩が分布しており、崩壊地には、崩積土砂が堆積している。

【対策例】 斜面頭部ラウンディング施工箇所

斜面頭部は、ラウンディングによって安定しており、風化、侵食、落石を防止する。



＜対策例＞ 法枠工



＜対策例＞ 落石防護工