

阿蘇大橋地区斜面对策事業の完成報告 ～施工から管理に向けた取り組み～

徳永 一樹¹・梶原 慎一²

¹九州地方整備局 阿蘇砂防事務所 工務課 (〒861-8019 熊本県熊本市東区下南部1丁目4-73)。
²九州地方整備局 阿蘇砂防事務所 工務課 (〒861-8019 熊本県熊本市東区下南部1丁目4-73)。

平成28年4月に発生した熊本地震によって被災した阿蘇大橋地区における斜面对策事業について地震直後からの緊急的及び恒久的な安定化対策、また対策工事概成後の安全確認および斜面の恒久的な安定を確保するための維持管理までの一連の流れを完成報告として述べたものである。

キーワード 土砂災害、維持管理、i-construction、防災・減災、

1. はじめに

平成28年4月16日01時25分、熊本県熊本地方においてM7.3の地震が発生し、益城町と西原村で最大震度7を観測した。気象庁はこの地震を「平成28年(2016)熊本地震」と命名した。

この地震の影響で、南阿蘇村立野地区で大規模斜面崩壊が発生したことにより国道325号阿蘇大橋は落橋し、左岸・右岸との橋桁部分のみが剥き出しの状態となった。さらに国道57号とJR豊肥本線は崩壊土砂の直撃を受け、流失し、その上に土砂が堆積した。

大規模斜面崩壊の規模は、崩壊長約700m、崩壊幅約200m、崩壊土砂量約50万 m^3 におよび斜面上部には、崩壊部を取り囲むように多数の亀裂が分布する不安定ブロックが存在した(写真一1)。被害の全貌を写真一2に示す。

この災害に対し、国土交通省九州地方整備局は、地震直後から建設ICTや無人化施工等を駆使した緊急対策工事(平成28年12月完了)に着手し、平成29年7月より斜面の恒久的な安定化対策に取り組み、令和2年8月に対策工事を完了した。



写真一1 亀裂や不安定ブロックの様子



写真一2 崩壊斜面と公共施設の被害概要

本稿では、前半は大規模斜面崩壊対策事業の概要について、後半は斜面对策事業完成後の維持管理計画の検討について述べる。

2. 対策の概要

2.1 斜面の安定化対策

斜面安定化と交通インフラの早期復旧を検討するにあたり、専門家、砂防・道路・鉄道関係者で構成される「阿蘇大橋地区復旧技術検討会」(以下、復旧技術検討会)を設置し、技術的課題を解決しつつ、施工ステップ(図一1)により安定化対策を進めた。



図一 安定化対策施工ステップ

(1) 斜面の緊急的安定化対策

斜面上部に残る不安定土砂の崩壊による二次災害防止のため、崩壊地内での復旧作業は無人化施工で実施し、崩壊地内中腹への進入路及び崩壊土砂を受け止める土留盛土工（上下2段、長さ約200m）を最大14台の重機を同時施工させ緊急的に整備した。（写真一3、4）

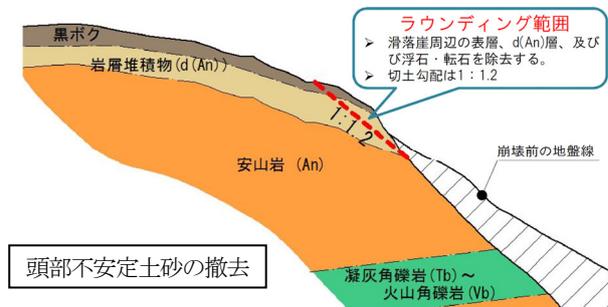


写真一3 無人化施工機械と操作室状況



写真一4 土留盛土工の完成状況

土留盛土（上段）の整備が完了後、斜面頭部に残る多量の不安定土砂の撤去（以下、ラウンディングという。（図一2））に着手。3台の高所法面掘削機を遠隔操作により施工し、約17,000m³の不安定土砂を撤去した。ラウンディング及びガリー浸食部の岩塊除去の現場状況を、「復旧技術検討会」で確認後、下部斜面は、有人による施工が可能となった。



図二 ラウンディング対象範囲の断面図

(2) 斜面の恒久的安定化対策

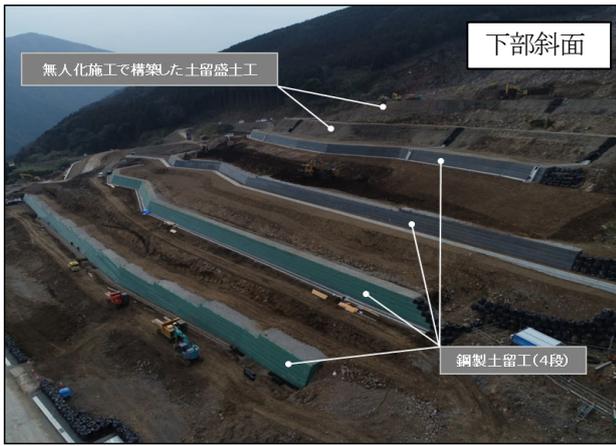
恒久対策は、まず国道やJRの復旧工事に早期に着手できるように、斜面下部に崩壊土砂の移動を抑制し安定化を図るための鋼製土留工を4段配置した（写真一5）。

そして斜面上部においては当該地区が国立公園内に位置することから、コンクリート等の異物を極力減らす構造とするため斜面の地質構造や斜面勾配等により、2種類の鋼製ネット工法を採用した。崩壊斜面は、亀裂が多い岩層堆積物や浮き石、転石が多数あるため、植生マット（写真一6）を先行敷設し、落石防止用ネットとすることにより、法面作業従事者の安全確保を図った。なお、当該地区を含む周辺が「阿蘇くじゅう国立公園」に指定されていることから、自然植生の種子飛来・発芽、定着を期待する無種子植生マットを使用している。

崩壊斜面上部の隣接した尾根（凸）部で、緩み土塊が残存していたため、重力変形した地形に相当する想定地滑りの安定解析を実施し、所定の安全率を確保するための切土工、アンカー工を実施した。

また、斜面中腹の緩やかな傾斜部の浸食・土砂流出防止対策として、鋼製土留工を4段と、安定勾配（約20°）を確保できない箇所には鋼製柵工を設置した。

大規模な斜面对策であることから最上段の鋼製土留工の上部には、上部の雨水対策を図るため、横断方向へ水路を設置し、雨水を集水し縦排水工（3箇所）により、斜面下部の黒川へ確実に排水できる構造とした。これらの施工の完了を受けて、令和2年3月をもって斜面对策の工事が概成した。



写真—5 崩壊土砂の移動等を抑制する鋼製土留工



写真—6 植生マット、アンカー打設状況

3. 対策工事概成後のモニタリング

令和2年3月末に崩壊斜面部の工事が概成したものの大規模崩壊が発生した箇所、法面直下には重要交通網である国道57号やJR豊肥本線が通っていることから、斜面や構造物の安全性を確認する必要があった。そのため梅雨期の安全確認（経過観察）期間（2020.4.1から2020.7.31）を設定しモニタリングを実施した。

安全確認期間中の降雨は、連続雨量は最大で377.5mm、時間雨量は60.5mmの降雨が確認された。梅雨入り後の累積雨量は1,217.5mmで熊本地震後の梅雨期間中の累積雨量の中でも2番目の多雨となった。

このような降雨状況においても斜面変状や植生、恒久対策施設に異常は見られず、復旧技術検討会（第10回）において斜面対策工の安全性及び妥当性が確認されたため、管理段階へと移行した。（表—1）

監視・計測の目的	施工段階		安全確認期間	復旧技術検討会	管理段階	
	緊急工事 2018年度～ 2016.12.26	恒久対策工事 2017年度～ 2018年度内			特別点検期間 2020.8～2023.3	通常点検期間 2023.4～
(施工段階) ○施工時の安全管理 ○斜面の長期的安定性確保	作業計画					
	地盤補強計画					
	GPS					
	パイロメータ					
	土内観測計					
(施工段階) ○崩壊発生メカニズムの解明 ○対策工の効果を把握 (管理段階) ○現象情報の収集	定点カメラ					
	地盤計測装置					
(施工段階) ○施工時の安全管理 (管理段階) ○斜面及び構造物（対策工事部）の機能維持の確保	点検計画					
	目視					
	GNSS-R					
	定点測量観測					

表—1 斜面監視観測の経緯と管理段階概要

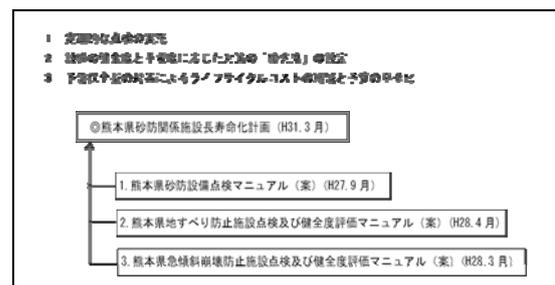
4. 安全確認後の維持管理

管理段階における斜面の恒久的な安定を確保するためには、施工した施設及び斜面の継続的な維持管理が必要ことから熊本県への引き継ぎに向け、維持管理の詳細について検討を行った。（下記参照）

対策工事の効果は確認できたものの、熊本地震による大規模斜面崩壊の被災規模を鑑み、引き続き阿蘇大橋地区の斜面崩壊部及び国道57号現道路部については、各維持管理の運用に基づき、適切に監視・点検していく。<第10回 復旧技術検討会 議事要旨より抜粋>

4.1 管理体制

斜面の維持管理は、熊本県における砂防関係施設の維持管理体系に沿った形で行うことで熊本県との調整を図った。熊本県の砂防関係施設の維持管理は、「熊本県砂防関係施設長寿命化計画」（2019年3月）に基づき、定期点検により設備の健全度を把握し、設備の重要度に応じた対策優先度の設定と予防保全型対策によりライフサイクルコストの縮減と予算の平準化を図る「予防保全型の維持管理」を行うこととした（図—3）。



図—3 予防保全型維持管理体系のイメージ

4.2 維持管理方針

移管後の維持管理は、目視点検を主とした斜面及び構造物の確認と、異常気象時等における定点測量、地中変位計測を組み合わせたものとし、点検対象は表—2に示した各施設とした。

箇所名	施設区分	対策工施設
ラウンディング部 (崩壊地頭部)	急傾斜地崩壊防止施設	高強度ネット工+鉄筋挿入工 密着型安定ネット工 受圧板工+鉄筋挿入工
崩壊地頭部	急傾斜地崩壊防止施設	密着型安定ネット工 高強度ネット工+鉄筋挿入工
崩壊地下部	砂防設備	土留盛土(ソイルセメント) 土留工(鋼製)、山腹水路工、構工(鋼製)
熊本側ガリー	急傾斜地崩壊防止施設	高強度ネット工+鉄筋挿入工 水路工(高密度*リフレン管)
	急傾斜地崩壊防止施設	ロープ伏工(金網付き) 水路工(高密度*リフレン管)
大分側凸部	地すべり防止施設	(排土工法面) アンカー工+鋼製受圧板工
	急傾斜地崩壊防止施設	高強度ネット工+鉄筋挿入工 植生マット工(侵食防止機能付き)
大分側ガリー	急傾斜地崩壊防止施設	ロープ伏工(金網付き) 水路工(高密度*リフレン管)
崩壊地側部	急傾斜地崩壊防止施設	高強度ネット工+鉄筋挿入工 密着型安定ネット工
(管理用道路)	砂防設備	切土工、盛土工、大型ブロック擁壁工 鋼製土留工

表一2 斜面の点検対象一覧

また、管理段階の当初5箇年を「特別点検期間」、その後を「通常点検期間」と設定し、特別点検期間においては、1回/年、通常点検期間においては1回/5年の頻度で定期点検を行うこととし、各期間における斜面監視計画を表一3の通りとした。

	管理段階	
	【特別点検期間】	【通常点検期間】
目的	・斜面及び構造物(対策工施設)の機能維持の確認	・斜面及び構造物(対策工施設)の機能維持の確認
実施時期	・雨量計:常時 ・地震計:常時(南阿蘇村河陽)	・雨量計:常時 ・地震計:常時(南阿蘇村河陽)
斜面監視計画(点検)	【定期点検】 ・近接目視(経斜面内)もしくはUAVによる目視 ・定点測量観測 ・点検頻度:1回/年 【豪雨時点検*、地震時点検*及び緊急点検*】 ・近接目視(経斜面内)もしくはUAVによる目視 ・遠望目視(カメラ) ・定点測量観測* ・孔内傾斜計による観測* ※:工事完了後5年以上経過した場合 ※:異常な変位が認められた場合 ※:近接目視(経斜面内)もしくはUAVによる目視、遠望目視、カメラによる目視により異常の変位が確認された場合など、必要に応じて実施	【定期点検】 ・近接目視(経斜面内)もしくはUAVによる目視 ・定点測量観測 ・点検頻度:1回/5年 【地震時点検*及び緊急点検*】 ・近接目視(経斜面内)もしくはUAVによる目視 ・定点測量観測* ※:異常な変位が認められた場合 ※:近接目視(経斜面内)もしくはUAVによる目視、遠望目視、カメラによる目視により異常の変位が確認された場合など、必要に応じて実施

表一3 斜面監視計画と管理方針

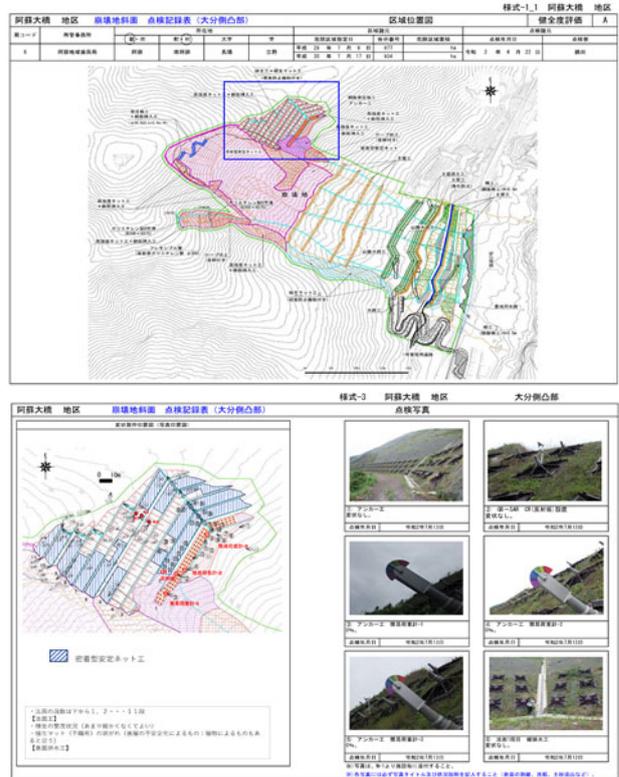
また、点検時の着眼点は表一4の通りである。

点検対象	点検における着眼点
崩壊地斜面・親崖物の点検	○崩壊地の崩壊山腹 a. 崩壊地斜面・崩壊・露出等変化の有無 b. 崩壊の発生 c. 湧水、湧水による侵食発生等の有無(湧水の形成等)、湧水・土砂流出 d. 崩壊発生後(同様に)湧水・土砂流出、崩壊地における高木等倒壊の有無
	○親崖物の崩壊山腹 <崩壊地斜面・崩壊:崩壊工> a. 崩壊地ネット・防落ネットの破損、補修箇所及び発生、ネットの剥がれ <崩壊地中継部ネット:土留工、水留工、土留工> f. 鋼製土留工等・水留工等の破損 g. 水留工のずれ・陥没、水留工の設置、水留工の設置(土砂流入) h. 土留工土留工等の破損、土留工の設置 <大分側ガリー-熊本側ガリー-身石子留工> i. ロープ伏工、ロープ防落工の設置(破損・ずれ・陥没) j. 身石の発生 k. 大分側凸部:アンカー工+鋼製受圧板工 l. アンカー工等の設置(アンカー工の破損、防落油流出:溜まり等発生等の発生) l. アンカー工等の設置(アンカー工の破損)
	○親崖物等の崩壊 a. 崩壊地斜面・崩壊等の発生 b. 崩壊地斜面・崩壊等の発生
	○定常監視範囲 <定常監視範囲> c. 崩壊地変化の有無
	○崩壊地等の上層山腹【特別点検期間の豪雨時点検、地震時点検、緊急点検時のみ】 <孔内傾斜計等。> c. 地中変化の有無

表一4 点検時の着眼点

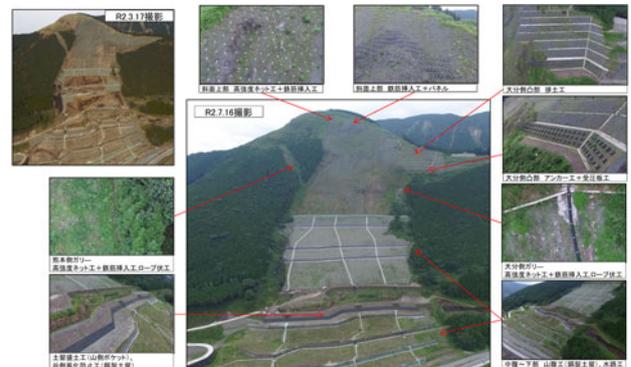
4.3 斜面点検 (施設点検カルテ)

維持管理方針により対策工の施設区分毎の点検・健全度評価マニュアルを作成し、マニュアルに準じた点検調査を行い、施設点検カルテを整理した。施設点検カルテの事例を図一4に示す。



図一4 施設点検カルテの事例 (大分側凸部斜面)

斜面の点検作業において、特に崩壊地斜面内の上部～中腹部にかけての目視点検では、斜面全体の詳細な点検が行き届かないことが想定されるため、UAV (ドローンを用いて上空から地形情報を取得する測量技術) を活用し、現地における近接目視点検と組み合わせることで効率的かつ、効果的な点検を行うこととしている。(写真一7)



写真一7 UAVによる写真管理

4.4 定点測量観測

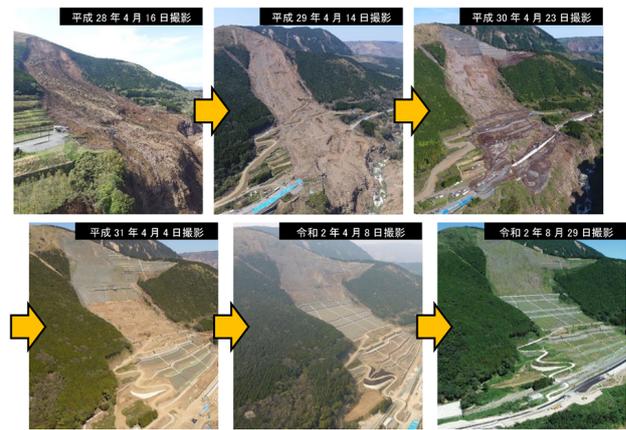
異常気象時の豪雨や大規模地震発生時に、斜面の安定を臨時に確認できるよう、斜面上の4箇所に測量定点を設置した(写真—8)。異常気象時に各定点の座表、標高を観測することで地表面の変位量、方向等の変位の有無を確認することができる。



写真—8 測量定点設置箇所

4.5 植生回復状況の確認

崩壊地斜面内の植生回復は国立公園内における景観保全のみならず、雨滴や流水による表面侵食からの斜面保護工としても重要であることから、崩壊地斜面内の恒久対策工着手後、斜面の植生回復状況をモニタリングしているが順調に植生が回復している状況である(写真-9)。植生の回復・定着には期間を要するため、今後も継続的な植生観測を行うことが望まれる。



写真—9 崩壊地斜面の植生回復状況

5. おわりに

崩壊地斜面及び構造物の恒久的な安全確保のために、適切な斜面の維持管理を継続的に行う必要があるため、「復旧技術検討会」の助言を受けた維持管理の内容について熊本県と綿密な調整を行い令和3年1月にすべての施設を熊本県へ引き継いだ。

今後は、熊本県による管理が実施されるが、引き続き事務所も協力を行い、熊本地震による阿蘇地域の復興に貢献したいと思う。