

阿蘇大橋地区大規模崩壊斜面の対応

—阿蘇大橋地区斜面防災対策工事—

国土交通省 九州地方整備局
熊本復興事務所
副所長 野村 真一



はじめに

平成28年4月16日の熊本地震(本震:マグニチュード7.3、震央熊本県熊本地方)により熊本県阿蘇郡南阿蘇村立野地区で大規模な斜面崩壊が発生した。崩壊の規模は、長さ約700m、幅約200mにわたって崩壊し、斜面下部に位置する国道57号とJR豊肥本線が約300mの区間に渡り遮断し、国道57号に接続する阿蘇大橋(国道325号)も落橋した。なお、被災前後のLP計測データの標高差解析によって崩壊土砂量は約50万 m^3 と推定される(写真-1)。

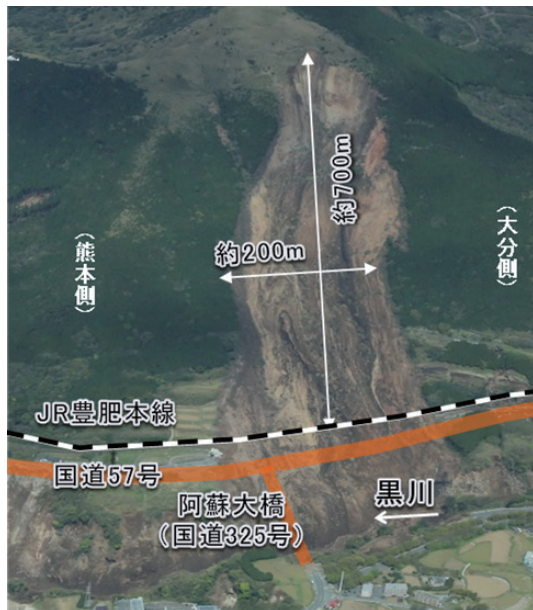


写真-1 斜面崩壊地(全景)

この崩壊斜面の上部には至る所に開口亀裂や段差が発生、滑落斜面は切り立って急傾斜の斜面となっており、降雨や余震などにより更なる崩壊の危険性があつた(写真-2・3)。

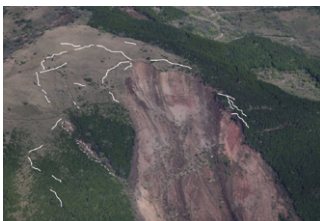


写真-2 崩壊斜面周辺の亀裂



写真-3 開口亀裂の状況

これを受けて、国土交通省では斜面上部に残る多量の不安定土砂の崩壊による二次災害を防ぐための緊急的な対策を実施することとなった。

崩壊した斜面の安定化と交通インフラの復旧に向けた対策を検討するにあたり、専門家、砂防・道路・鉄道関係者からなる「阿蘇大橋地区復旧技術検討会」を設置し、技術的対応について検討・助言を得ながら右の施工の流れに基づき復旧工事を進めている(図-1)。

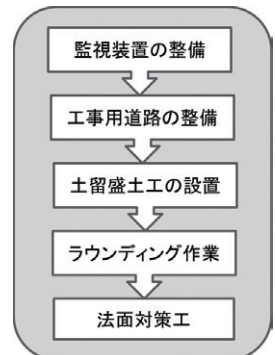


図-1 施工の流れ

観測・監視体制の整備

施工に先立ち、余震や降雨による不安定土砂の挙動を把握するため、地震計・雨量計の設置に加え、崩壊斜面の周囲に伸縮計・地盤傾斜計等を設置し計測データによる監視を行うとともに、定点カメラによる視覚的監視を行っている。

なお、地震動や雨量、各観測計器に基準値を設け、基準値超過時の作業中止基準を定め運用している。

崩壊地内の無人化機械による施工

崩壊斜面上部に残る不安定土砂の崩壊による二次災害を防止するため、崩壊地内での復旧作業はすべて無人化施工により実施している。

施工現場周辺では、本崩壊斜面に限らず多数の斜面崩壊が発生しており、降雨や余震に伴い更なる崩壊の拡大等が懸念されたことや、周辺一帯に避難指示が発令されていたことから、無人化操作作業の安全性確保や緊急時に素早く退避できる場所へ「遠隔操作室」を設ける必要があつたことから、崩壊地より約1km離れた場所へ『超遠隔操作室』を設置し、安全な作業環境を確保した。

施工者である(株)熊谷組が開発した『ネットワーク型無人化施工システム』は、伝送量が大きく、画像データや操作データ、GNSS(衛星測位システム)などの情報データを一括して送受信することが可能で、各現場に即した体制を構築することができるシステムである(次頁写真-4)。



写真-4 ネットワーク型無人化施工システムの概念図

当施工地域で使用可能な無線局のうち、①連続送信が可能であること。②映像伝送が可能な周波数帯域であること。③ローミング(無線基地局と子局の接続を切り替えること)が可能なこと。を満たす無線局を最大限利用し、光ケーブルや高速無線アクセスシステム、各種無線LANを組み合わせることで、施工箇所より約1km離れた場所に『超遠隔操作室』を設置し、安全な操作環境を整えるとともに、崩壊地内で作業する無人化機械14台の稼働を可能とした(写真-5・6)。



写真-5 崩壊地内で稼働する無人化施工機械



写真-6 超遠隔操作室の操作状況

崩壊地内への工事用道路の整備

5月5日の工事着手とともに先行したのは、崩壊斜面頭部に残る不安定土砂の崩落による二次災害を防止するために設置する土留盛土の施工箇所である崩壊斜面中腹への工事用道路の整備である。

阿蘇地域は年間降水量が3,200mmと全国平均の約2倍の多雨地域であることや、崩壊地内は“黒ボク”と呼ばれる比較的新しい火山灰質粘性土が多く含まれている崩壊土砂であり、降雨等により水分を含むと泥濁化し重機足場が不安定になること、濃霧による視界不良など、着手から梅雨明けまでの間の稼働率は5割以下と困難を極めた(写真-7・8)。

無人化施工により重機足場を改良し、崩壊土砂に含まれる岩塊や倒木を除去しながらの施工であったが、無人化施工技術の開発当初(雲仙普賢岳)からさまざまな無人化施工現場に携わったオペレーターの『経験と技』により困難を乗り越えている。



写真-7 降雨による足場の泥濁化



写真-8 濃霧による視界不良

情報化施工技術の活用

本無人化施工機械には、高精度GNSS受信機とセンサが搭載されており、バックホウとバケット位置の計測が可能となっている。コントロールボックスの画面には設計データとバックホウの位置が表示され、バックホウの高度と設計データまでの距離が確認できる(写真-9・10)。

また、崩壊地内は有人での測量が不可能なことから、航空レーザ測量およびUAV(Unmanned Aerial Vehicle:無人航空機)計測を使った3次元計測技術を活用しており、崩壊斜面の形状や勾配、降雨や不安定土砂の除去による斜面変化の把握に活用しており、最新技術を活用した情報化施工に取り組んでいる。



写真-9 マシンガイダンス

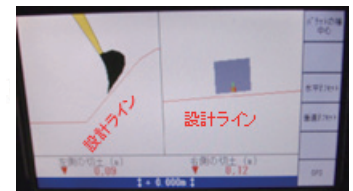


写真-10 コントロールボックス

崩壊斜面中腹への土留盛土の施工

工事用道路の設置に続き手掛けたのが、崩壊斜面中腹に

設置する上下2段、長さ約200mの土留盛土である。

この土留盛土は、崩壊斜面上部に残る不安定土砂の崩壊による二次災害を防止するものであり、落石シミュレーションによる落石の跳躍等を考慮し、盛土高は3mとするとともに、盛土より斜面上部に堆積(崩壊)した土砂の除石作業が可能のように幅員5mを確保しており、上段盛土は8月31日、下段は10月22日に施工が完了している(写真-11)。

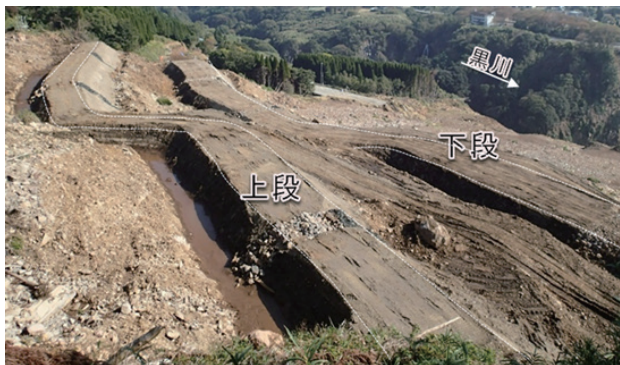


写真-11 施工が完了した上下2段の土留盛土

斜面頭部への作業機械の空輸

土留盛土(上段)の完成に合わせて開始した頭部不安定土砂の除去において、崩壊斜面頭部へのアクセス道路は地震により寸断されるなど、作業機械や資材の搬入が不可能なことから、斜面下から山頂部までの標高差約400m間をヘリにて空輸している。

ヘリは最大重量3tまでの空輸が可能であり、先行して単体で3t以下のBH0.1m³級を2台空輸し、頭部に25m四方のヘリポートを造成。その後、分解組立式BH1.0m³や高所法面掘削機等を空輸し、組立てを行うことで、頭部不安定土砂の除去作業の体制を整えた(写真-12・13)。



写真-12 頭部のヘリポート造成



写真-13 頭部での重機組立状況

斜面頭部の不安定土砂の除去

土留盛土(上段)の整備が完了したことを受け、8月31日より斜面頭部の不安定土砂の除去(以下、ラウンディングという)に着手した。

ラウンディングの範囲は、滑落崖周辺の地形的に凸部となる表層(黒ボク)や土砂化した岩屑堆積物、浮石、転石を対象とし、周辺の地質調査やUAV計測の結果から、緊急的に除去する範囲を決定した。

施工は高所法面掘削機の空輸(分解組立て)が可能で、施工時に横方向への移動が可能で利点を持つ『セーフティクライマー工法』を採用し、3台の高所法面掘削機を遠隔操作により施工しており、除去前後のUAV差分解析から除去した不安定土砂量は約17,000m³となっている(写真-14~17)。



写真-14 ラウンディング状況



写真-15 遠隔操作状況

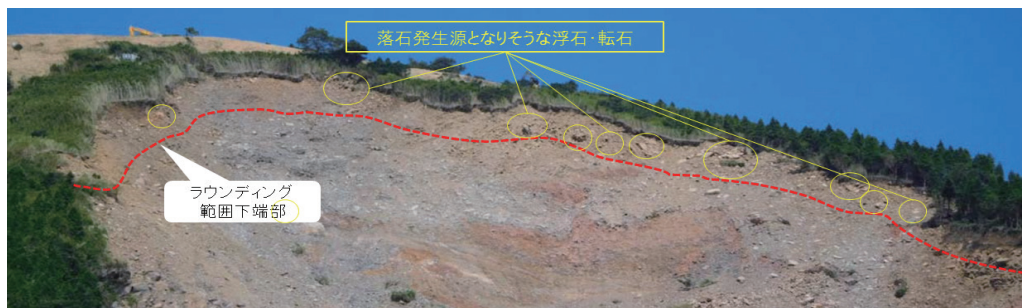


写真-16 ラウンディング施工前の斜面状況と除去範囲



写真-17 3台の高所法面掘削機によるラウンディング作業状況

豪雨により発達したガリー浸食部の対策

震災後2か月が経過した6月18日～21日にかけて連続雨量432.0mm、最大時間雨量87.5mmの降雨により、崩壊斜面上部の縁辺部にて軟弱な表層の流出、ガリー浸食の拡大が発生した。

ガリー浸食部の頭部には不安定な岩塊や凝灰角礫岩の風化部が露出(写真-18・19)し、崩壊による二次災害の危険性が高いことから緊急的な除去作業を実施した(写真-20)。



写真-18 頭部の不安定な岩塊



写真-19 風化した角礫岩

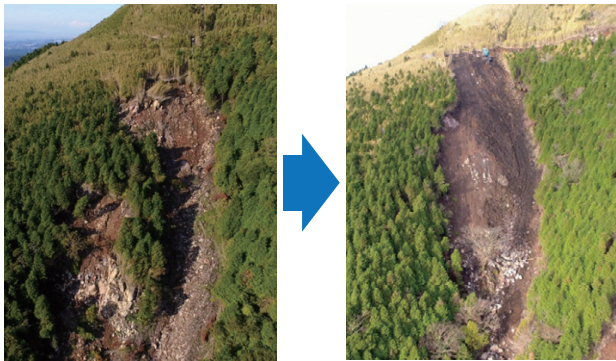


写真-20 ガリー浸食部の岩塊等除去作業（施工前・後）

なお、施工においては斜面下部への垂直方向の作業であることや斜面頭部への重機進入路が整備されたことを受け『ロッククライミング工法』を採用し、BH0.45m³級のロッククライミングマシンにて除去作業を行っている(写真-21)。



写真-21 ロッククライミングマシンの作業状況

斜面頭部の不安定土砂の除去

更なる崩壊による二次災害を防止するため、緊急的に対策が必要であった頭部の不安定土砂およびガリー浸食部岩塊等の除去作業が完了したことを受け、12月26日に「阿蘇大橋地区復旧技術検討会」委員長(北園芳人 熊本大学名誉教

授)および委員により、①斜面頭部等の不安定土砂除去の完了 ②有人施工時の作業中止(崩壊地からの退避)基準の設定 ③斜面監視員による目視監視体制整備などの有人施工着手に向けた環境整備が整ったことを現地で確認頂いた。

これにより、土留盛土(下段)より下部での有人施工が可能となり、1月より崩壊地の状況確認および交通インフラ復旧のための各種調査(測量・地質調査等)を有人で行っている。

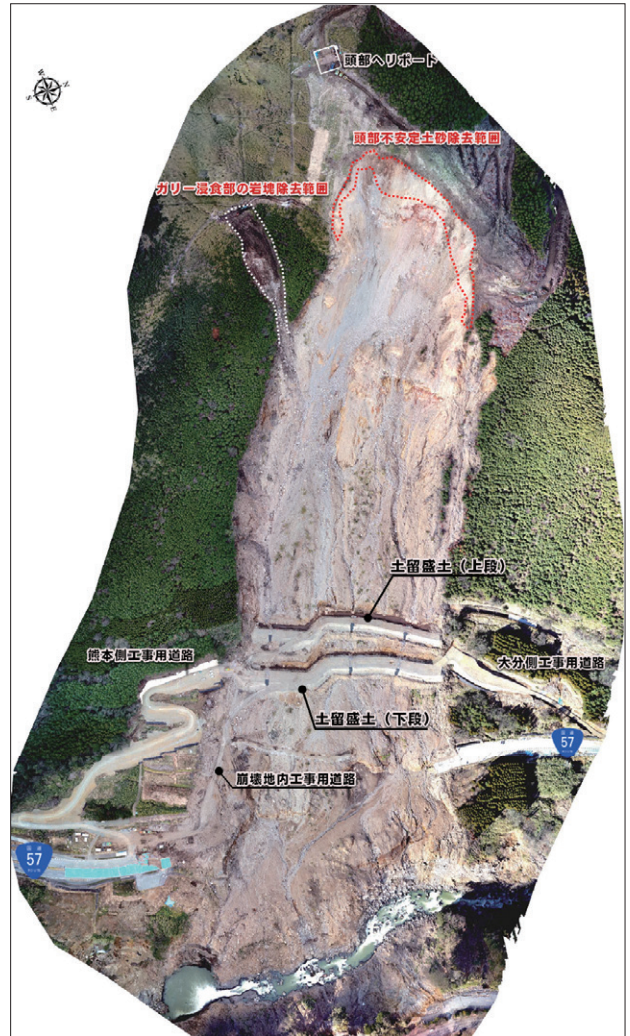


写真-22 崩壊地の復旧状況(平成29年1月6日: UAV撮影)

おわりに

今回、大規模斜面の対策検討においては、発注者・受注者(工事・コンサル)の三者による会議を毎週実施し、逐次判明する被災状況や調査結果に応じた対応方策の議論を重ねるなど、試行錯誤しながら進めてきた。

これにより、災害対応に求められる迅速さと、柔軟な施工への最新技術の適用など、多方面からの英知を集めて有人施工の環境を整えることができた。

今後は、斜面の恒久的な安定化を図るための次のステップに移行するが、地域の復興・復旧のため、一日も早い斜面の安定化に努めていきたい。