

熊本地震からの新技術を活用した災害復旧

森 英高¹・福原 茂¹・橋爪 隆介¹

¹九州地方整備局 熊本復興事務所 工務第二課 (〒869-1404熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字河陽3574)

2016年4月に発生した熊本地震により阿蘇地域一帯の道路が寸断され、それら道路の早急な復旧が求められた。本稿では、熊本地震による災害復旧事業において国が権限代行として工事を所管した区間である県道28号熊本高森線および村道栃の木～立野線を対象として、新技術を活用した災害復旧の実例紹介を行うものである。

キーワード 災害復旧、新技術・新工法、工期短縮、施工性向上

1. はじめに

2016年4月に発生した熊本地震（以下「本地震」）は、最大震度7を短期間に2回観測するというかつて経験したことのない地震であり、熊本県を中心に各地で甚大な被害が発生した。九州地方整備局では、本地震発生直後より担当部局や熊本県内に位置する熊本河川国道事務所、立野ダム工事事務所が、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」）および国立研究開発法人土木研究所（以下「土研」）などと連携して、緊急復旧工事や緊急点検・調査にあたった。

2016年5月10日には本地震を大規模災害復興法の定める「非常災害」に指定する政令が閣議決定された。これは、国が復興対策本部を設置できる「特定大規模災害」に次ぐ規模に位置づけられる。これにより、高度な技術が必要である箇所や甚大な被害が生じている箇所について、都道府県や市町村の要請に応じて国が災害復旧業務を代行できることとなった。同年5月13日には熊本県及び南阿蘇村からの要請を受け、俵山トンネル等を含む県道28号熊本高森線の一部区間（以下、「俵山トンネルルート」）、阿蘇長陽大橋を含む村道栃の木～立野線の復旧事業を、直轄代行業として実施することが決定した。本地震において国が権限代行した箇所について表-1にまとめる。

上記のような対応が進む中、九州地方整備局としては2016年7月には「熊本地震災害対策推進室」を設立、2017年4月からは「熊本復興事務所」を南阿蘇村に新設し、現在も鋭意復旧事業を進めている。

表-1 国による権限代行箇所

対象地区	根拠法令
阿蘇大橋地区斜面対策	砂防法
国道325号	道路法
県道28号熊本高森線	大規模災害からの復興に関する法律
村道栃の木～立野線	〃

図-1に南阿蘇周辺の被災状況のうち、熊本復興事務所が所管する工事位置を示す。表-1中にある国道325号の工事においては阿蘇大橋の復旧が含まれており、工事完了まで長期間を要することが予測された。そのため、九州地方整備局としては国道325号の復旧を進めると同時に、地域分断された地元住民が生活する上でも活用可能な迂回路として、俵山トンネルルートおよび村道栃の木～立野線について、特に早期の復旧に向けて事業に取り組んできた。俵山トンネルルートおよび村道栃の木～立野線の復旧工事においては、多くの労働力を割くとともに新技術等を活用していくことで早期の復旧を試みている。本稿は、災害復旧時における新技術の活用例及び熊本復興事務所の取組み等を紹介することで、本地震に限らず今後の復旧事業においても新技術を活用した設計・施工等を検討する際の一助とすることを目的とする。

なお本稿の構成としては、2. 3. ではそれぞれ俵山トンネルルート、村道栃の木～立野線の概要について記載した後に、復旧方針を明示する。その上で新技術が活用された工区特有の課題を明記し、新技術を活用した早期復旧事例についてまとめる。以上を踏まえ4. では得られた知見等をまとめる。



図-1 南阿蘇周辺の被災状況

2. 俵山トンネルルート事例

(1) 概要

俵山トンネルルートは、熊本市と南阿蘇村・高森町間の移動時間を短縮し、連携強化や観光需要の拡大を目的に平成15年に供用し、地域の重要幹線道路として観光振興はもちろん地元住民の生活に大きく寄与してきた。

本地震において、俵山トンネルルートでは橋梁の被災が著しく、本ルート上に存在する6つの橋梁全てが通行不可となった。また、本ルート上の南阿蘇・俵山の2つのトンネルはともに被災しており、全ての被災箇所を完全復旧するには時間を要することが判明した。ただし、

- 1) 他の権限代行箇所と比較した場合、本ルートは橋梁区間や被災が著しい箇所について旧道等を活用した迂回ルートが設定可能である
- 2) 地域住民の生活に大きく寄与してきた経緯がある等の観点から、熊本市と南阿蘇村・高森町間を結ぶ道路として、本ルートをも最も早期に供用する計画が策定された。そのため、本ルート設計・施工においては工期短縮や施工性の向上のための取組みが強く求められた。

(2) 復旧方針

俵山トンネルルートの復旧方針を検討する上では、橋梁・土工及びトンネルについてそれぞれプロジェクトチームを設置し、国総研、土研の技術支援を受けるとともに、必要に応じて学識経験者の意見を得て決定した。ただし、橋梁復旧には多くの時間を要することが想定されたため、本ルートを一時的に暫定供用するにあたっては、被災橋梁を避けたルートを設定するとともに、土工部とトンネルについて早急に対応する必要がある。

土工部では、斜面や高盛土部の崩落が至るところで発生していた。崩壊土砂等の発生土への対応や当時の周辺環境から、以下のような課題があった。

- 1) 崩壊土砂等の発生土は主として火山灰質粘性土であり、そのまま活用するとトラフィカビリティー（作業性）が低下する
- 2) 発生土の土捨場を確保することが困難である
- 3) 供給プラントも被災し、生コン供給量の確保が厳しい
- 4) 施工場所までの道路についても復旧工事を行いながらの施工となる

そのため、発生土については移動式土質改良機を活用し、盛土材として使用の方針を立て、擁壁はコンクリート使用量の少ない工法を採用する方針とした。これにより、コンクリート打設・養生期間の短縮や工事車両台数の削減にもつながると考えられた。

一方、俵山トンネルは以下のような被災状況や課題があった。

- 5) 覆工コンクリートの崩落やひび割れしている箇所が見られた

- 6) 余震の影響により工事用進入路が片側からに制限されていた
- 7) 本地震後の大雨等の影響により、坑口上部斜面等が不安定であった

上記5)の対策としては、延長の約8%となる160m区間で全面打替えを実施すると同時に、炭素繊維シートを設置やひび割れ注入など状況に合わせて様々な補修対策を行うこととした。実際に、覆工コンクリートの取壊しは2016年7月15日から開始され、設計と施工を並行して進められた。また、施工業者の努力により24時間体制、全国から最大200人/日体制で施工を行えることとなった。

一方、上記6)7)の対策として、施工現場の安全性を確保しつつ、輻輳する工事が互いに与える影響を最小限に抑える工法を検討する必要があった。

(3) 新技術・新工法を活用した早期復旧事例

暫定供用ルート開通前の熊本市と南阿蘇村・高森町間の迂回路としては、グリーンロード（図-1参照）を使用していた。しかしグリーンロードの最高標高点は1,000mを超えており、例年は初積雪以降、安全性が確保できるまで通行止めとしていた。そのため、12月の暫定供用を目標とし、工期短縮を図ることになった。また、専門家や学識経験者の意見および前節の復旧方針をふまえ、図-2に示すような暫定供用ルート（平成28年12月24日開通）を計画した。以下、暫定供用ルートの中でも早期開通に大きく寄与した旧道（村道）を活用した迂回路（以下、「旧道迂回路」）において、工事の中でも、新技術が多く採用された鳥子地区を対象に、安全性を確保しつつ設計・施工の短縮に取り組んだ事例について紹介する。

a) 旧道迂回路のコンクリート擁壁

旧道迂回路を早期に啓開するためには、

- 1) 狭隘でカーブの多い旧道の拡幅（図-3・図-4参照）
- 2) 崩壊した路肩・擁壁の復旧
- 3) コンクリート使用量を抑えた上で施工時間の短縮や工事車両台数の削減

等が求められた。一般的にはこのような工事を施工する場合においては比較的安価で汎用性の高い工法である『ブロック積み擁壁』にて復旧することが多い。ただし、

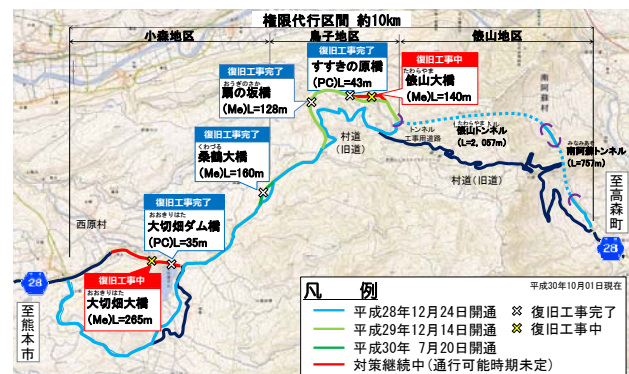


図-2 俵山トンネルルート：被災および復旧状況



図-3 旧道迂回路の被災および復旧状況



図-5 ラップブロック施工状況

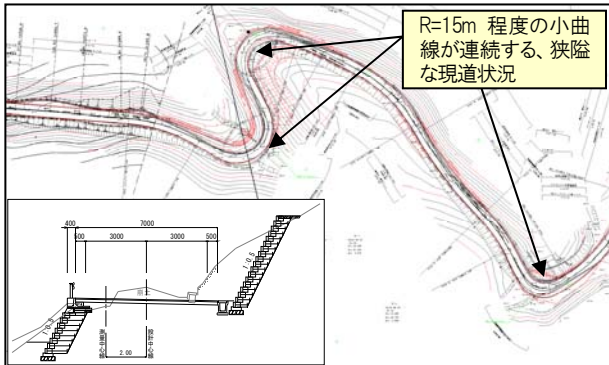


図-4 旧道迂回路復旧の平面および横断計画

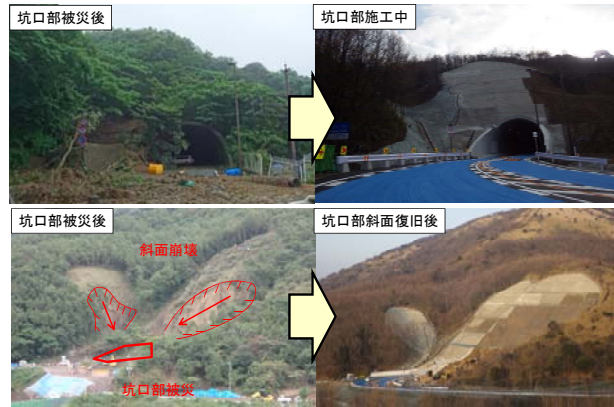


図-6 俵山トンネル熊本側坑口部：被災および復旧状況

上記3)の課題を踏まえ比較検討の結果、新技術である『アンカー式ブロック積み擁壁（ラップブロック工法） | NETIS : KT-020077-VG、掲載終了』を発注者指定で施工することとした。本新技術は経済性では従来工法より劣るものの、以下のような利点が得られた。

- ① コンクリート打設の必要がないためコンクリート使用量が抑えられると同時に、養生期間が不要なため工期短縮につながる
- ② ブロック重量が軽く大型重機を必要とせず、狭隘な箇所でも施工可能である（図-5参照）
- ③ R=10m程度のカーブ施工が可能である
- ④ 裏込め材に現地発生土を利用可能である

結果として、旧道迂回路の全2.8kmにわたる復旧工事において、前節で記載した復旧方針等を遵守しながらも工期短縮を図ることができ、暫定供用ルート全体の早期啓開にもつながった。

b) 俵山トンネル熊本側坑口の施工

俵山トンネル熊本側坑口は鳥子地区の旧道迂回路と暫定供用ルートとの接続部となっている。本坑口は本地震による被害に加え、本地震後の豪雨の影響を受け斜面崩壊や地すべりが発生し、坑口部で図-6にも示すとおり大きな被害を受けた。そのため、坑口の打替えの他、斜面対策を実施する必要があった。

施工箇所は、南阿蘇・俵山トンネル工事箇所と、旧道工事箇所の車両が頻繁に通行していた。特に南阿蘇・俵山トンネル内の工事は24時間体制で施工中であり昼夜を問わず工事車両が輻輳していた。そのため、坑口部の工事が他の工事に与える影響を最小限に抑えることが、暫定供用ルート全体の工期短縮にもつながると考えられた。そこで坑口部の復旧工法として、図-7で示すように、坑



図-7 俵山トンネル熊本側坑口部：施工状況

門工をプレキャスト化することにより工期短縮を図ると同時に、不足していた生コンの供給量の削減にもつなげる計画とした。

一般的な現場打ちで本坑門工を施工した場合には約1ヶ月を要するのに対して、プレキャスト化はその約半分の工期で施工することが可能となり、大幅な工期短縮となった。

また坑口部背面の斜面崩壊部の切土掘削作業・法面整形作業では、複雑な坑口部の上部切土法面での片切掘削を行う必要があり、以下の課題があった。

- 1) 狭隘な箇所では重機と人の輻輳による安全性低下
- 2) 法面の途中から法勾配が変化する様な複雑な切土形状での丁張り作業の精度確保の困難さ
- 3) 掘削面の仕上がりを確認するために重機を乗り降りして目視確認する手間の煩雑さ

その課題を解決する新工法として『バックホウ3Dマシンガイダンスシステム（以下「3DMGシステム」） | NETIS : HR-140026-VE』を採用し、課題の解消を図った。

本工法は、GNSS（Global Navigation Satellite System；全球測位衛星システム）により機械の位置情報を把握し、オペレーターへ周辺情報をデジタルデータとして提供する技術であり、そのマシンガイダンスに基づき重機操作

を行うシステムである。

本工法を採用することで、以下の課題を解消できた。

- ① バックホウ周辺への作業員立入回数の軽減による作業安全性向上
- ② 初期設定完了後は3DMGに従い施工精度の確保と、丁張り作業削減による作業効率化
- ③ オペレーターは重機操作をしながら仕上がり状況を確認できることによる作業効率化

結果、丁張り設置作業における人工の削減と、掘削工程自体も丁張り待ち時間の削減として約8日間の工期短縮が図れた。

(4) 復旧状況

前節までのような取り組みの結果、それぞれの工区で抱えている課題を新技術・新工法で解消することができ、震災からわずか8ヶ月後の2016年12月24日に俵山トンネルルートを一時的に復旧することができた。その後、2017年12月14日に鳥子地区、2018年7月20日には桑鶴大橋の復旧も完了した。

現在もルート全体の復旧に向け、橋梁補修工事を鋭意施工中である。

3. 村道栃の木～立野線事例

(1) 概要

村道栃の木～立野線の位置図を図-8に示す。本線は南阿蘇村の栃の木交差点と立野交差点を結ぶ生活道路であったが、国道57号の寸断区間および阿蘇大橋を迂回するルートとして利用可能であることから早期開通が強く望まれた路線である。しかし、地震による被害は甚大かつ多様で、早期開通のためには複数の工事を並行して行うことが必要であった。そのため、多くの工事車両が輻輳することが予想され、幅員を確保しつつ復旧工事を進めていく必要があった。

本稿では、工事車両が特に多く輻輳することが予想されるとともに、施工条件も厳しい被災箇所の一つである、村道栃の木～立野線の栃の木側の復旧に焦点をあてる。

(2) 復旧方針

対象とする工事現場の詳細位置と被災状況を図-9に示す。当該箇所は、急勾配かつ急カーブ区間の斜面上の擁壁で造成された道路であり、地震の影響により擁壁のクラックや開き、舗装面の沈下が生じていた。また、擁壁下部では斜面崩壊も見られ、安全性が確保されていない状況であった。

当初の復旧方針は、擁壁構造での原形復旧であった。しかし、

- 1) 地質調査の結果、基礎底面地盤は軟弱で、それ以深にも玉石や転石が介在し、直接基礎および地盤改良



図-8 村道栃の木～立野線：位置図

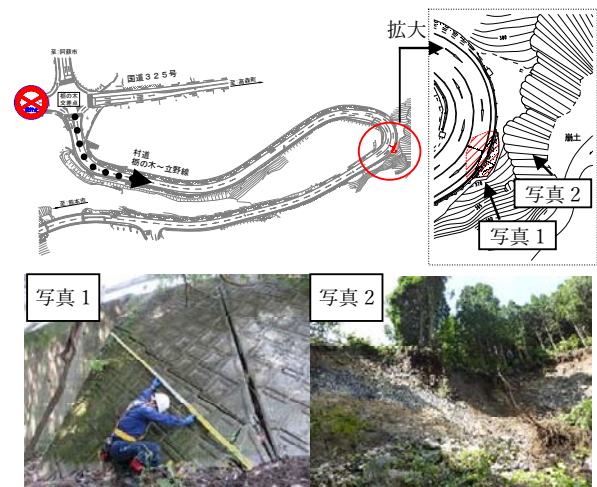


図-9 村道栃の木～立野線：詳細位置と被災状況

が困難な状況である

- 2) 通常の背面掘削を行った場合、その先の工事車両の通行を遮断する必要がある
- 3) 下部斜面への応力が増加した場合、その応力に耐えられず斜面が崩壊する可能性がある

等が懸念された。そのため、斜面上部の道路幅員を確保しながら、悪い地盤状況でも施工可能で、応力増加に耐えることのできる工法を検討する必要があった。その上で、最も工期を抑えることができる工法を採用することが求められた。

(3) 新技術・新工法を活用した早期復旧事例

前節で上げた課題を解消する新技術として、比較検討の上で『フォームライトW (R-PUR工法) | NETIS : QS-99001-VG、掲載終了』を発注者指定で採用した。本技術の採用によって以下のような利点が得られた。

- ① 図-10に施工中の道路幅員とプラントヤードの状況を示す。また、図-11に本工区の横断図を示す。従来施工の場合、断面復旧は荷重増加による下部斜面への影響を軽減するために、工事車両の通行は確保できる範囲で、崖層を排土し軽量盛土に置換えることが想定される。しかし、本技術は他の

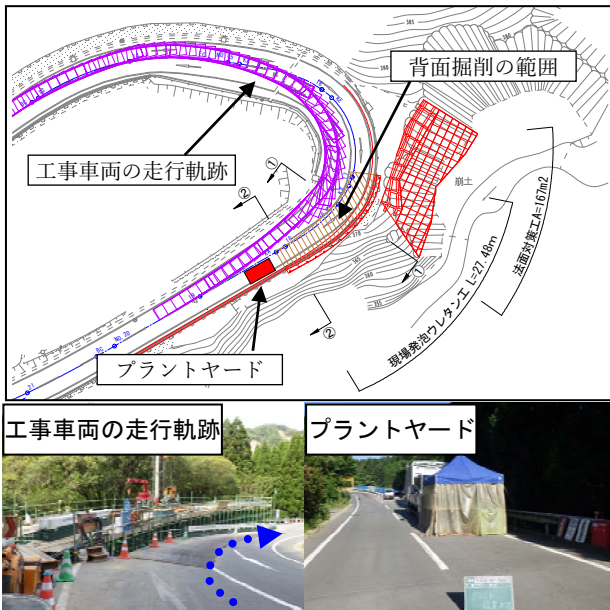


図-10 村道橋の木～立野線：施工現場

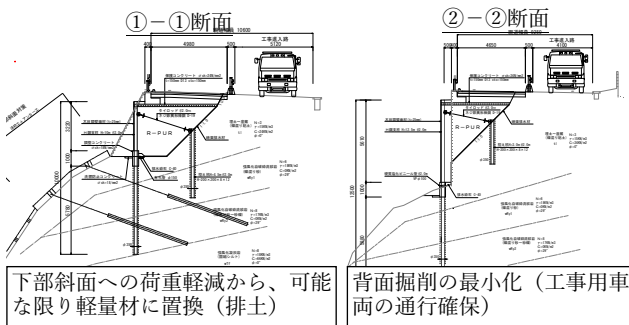


図-11 村道橋の木～立野線：横断計画

軽量盛土工法と異なり、水平作用力に対してアンカーで拘束させているため盛土底面に荷重が作用していない。そのため本技術を採用することで背面掘削を小さく設定することが可能となる。また、使用原料は盛土体積の約1/30で、専用プラントも4車に積載可能なため、施工ヤードを非常にコンパクトにすることが可能であった。そのため、強度を担保しつつ、工事車両の通行を確保することが可能であり、輻輳する他工区の工事車両の交通を制限することなく、施工することが可能であった。

- ② 図-12に本技術を用いた曲面部及び実際の施工現場を示す。本技術は、標準施工数量が118m³/日（従来工法の発泡スチロールブロック工法の約2倍）と施工性に優れ、現地形状に沿って発泡硬化するため廃材ロスが無く、結合部や継ぎ目のない地山と一体化した盛土を形成できる。また、曲線加工等も必要なく、狭小部や断面が変化するような施工箇所でも施工可能であり、当該地に最も適した工法であった。

以上の効果もあり、本技術を採用することによって工期を短縮することができたと考えられる。



図-13 R-PUR工法施工状況

(4) 復旧状況

他の軽量盛土工法と比べると経済性は劣っていたが、道路幅員を確保できたことにより輻輳する工事を妨げることがなかったため、当初計画した工期より早く、当該箇所を含む戸下大橋や阿蘇長陽大橋等の村道復旧工事が可能となった。結果として、新技術の採用により村道橋の木～立野線は2017年8月27日という早期に暫定供用できたと考えられる。

4. おわりに

本稿で紹介した事例は、震災からの復旧工事という通常の工事とは異なる環境下における新技術の活用事例である。そのため、経済性においては中位な新技術の採用であっても、以下のような利点があったと考えられる。

- 1) 施工性向上等による工期短縮
- 2) 震災直後の不安定な状況での安全性の確保
- 3) 限られた資材の有効活用
- 4) 早期供用という地元ニーズへの対応

また、震災時に限らず、新技術の採用を検討する上では、下記の点に留意しなければならないと再認識した。

- 1) 経済性に限らず、多様な観点からのメリット・デメリット比較の必要性
- 2) 受注者指定だけでなく、発注者指定の場合においても対応することのできる新技術への知識
- 3) 少ない実績の中でも、エビデンスをベースとした直接的・間接的効果まで考慮したマネジメント

ただし、上記で列挙した項目を定量的・絶対的に評価する方法や、新技術を採用するにあたっての明確なマニュアルは存在しない。そのため多くの事例を通して一人一人が新技術に対する知識を醸成していくことが求められる。上記項目を考慮すると、本稿は知識醸成という面においても後進への蓄積の1つになると考えられる。

なお、本稿で取り上げた工事を始め、熊本復興事務所が所管している復旧事業を推進するにあたっては、国総研や土研、ならびに調査・設計コンサルタント、施工業者等の関係者一体となった取り組みが不可欠であり、ここに感謝を申し上げる。

最後となるが、熊本復興事務所は引き続き恒久復旧に向けた工事を継続し、一日でも早い復旧に努めていく所存である。