現地レポート：インフラ施設の耐震技術の高度化に向けて

平成28年熊本地震で被災した阿蘇大橋の架け替え ～現地条件を踏まえ早期復旧に向けた施工技術～

藤川真一・鵜林保彦・石橋良介

1. はじめに

平成28年4月に発生した熊本地震による橋の損傷や斜面崩壊等により、熊本市街地から南阿蘇村に通じる主ルートである阿蘇大橋ルート、俵山トンネルルート、長陽大橋ルートのすべてが通行止めとった。このうち、長陽大橋ルートについては平成29年8月に応急復旧が完了し暫定開通、俵山トンネルルートについても令和元年9月に全線開通したところである(図-1)。

国道325号阿蘇大橋は、熊本県と大分県を結ぶ国道57号から宮崎県高千穂町につながる国道325号が分岐した地点にある。国道325号は物流や観光など交通ネットワークの重要な役割を担っているが、阿蘇大橋が平成28年4月に発生した熊本地震により落橋したことで地域活動に大きな影響を及ぼしたことから、早期の復旧が求められた(写真-1)。

阿蘇大橋の架け替えにあたっては、早期の道路機能回復が求められたことや将来再び大規模な地震が生じたとしても地域活動に及ぼす影響をできる限り少なくなるようにすることなどを考慮して、計画から設計、施工の各段階において様々な技術的な対応を行った[1)]。

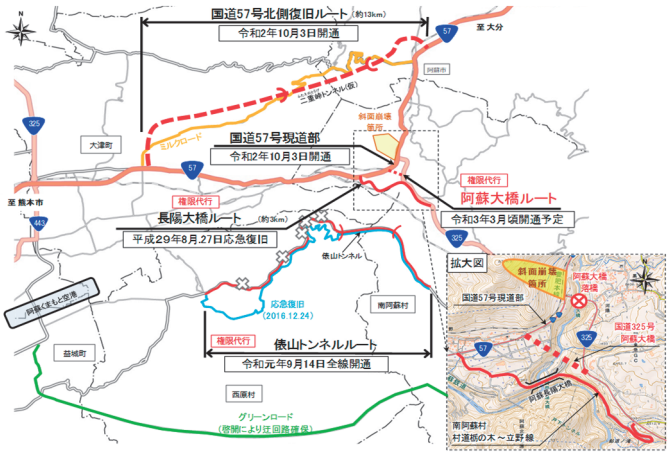

図-1 熊本市街地と南阿蘇村を結ぶ道路ネットワーク

写真-1 熊本地震で落橋した阿蘇大橋

本報では、これらのうち、橋梁計画と道路機能の早期復旧の観点から採用した工期短縮に資する施工技術を中心に報告する。

2. 阿蘇大橋の架け替え計画

2.1 架け替え位置の選定

阿蘇大橋を架け替えるにあたり、有識者等で構成される、国道325号ルート・構造に関する技術検討会(以下「技術検討会」という)において架け替え位置の検討が行われた。

検討案の位置を図-2に示す。

架け替え位置の選定にあたっては、既設路線上の道路構造物の再構築となることから、様々な前提条件を考慮する必要があった。検討の結果、斜面崩壊や周辺斜面の影響を回避でき、さらに南阿蘇村内のコミュニティー確保にも寄与することなどが総合的に考慮され、元の位置から約600m下流側に架け替えを行うB案を採用した。

一方で、B案はやむを得ず推定活断層を跨ぐために地盤変状の影響が懸念される位置となる。このことから、この架け替えにあたっては、将来再び大規模な地震が生じたとしても地域活動に及ぼす影響をできる限り小さくするように、断層変位によって橋に生じる影響を少しでも小さくする観点から、ルートの線形は推定活断層となるべく直交に近い角度で交差するよう配慮した。

Rebuilding Method of Aso Ohashi Bridge Affected by Kumamoto Earthquake in 2016

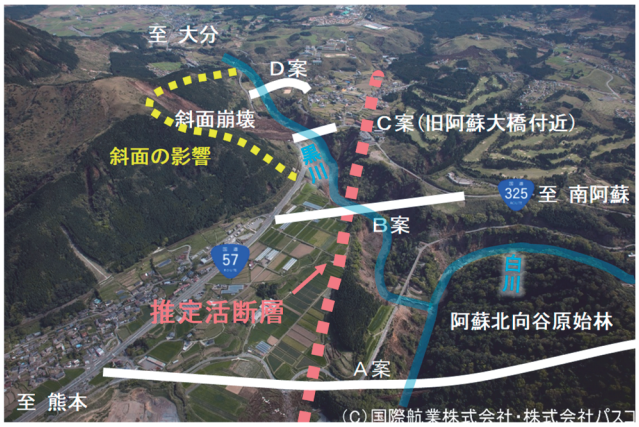

図-2　架け替え位置検討案

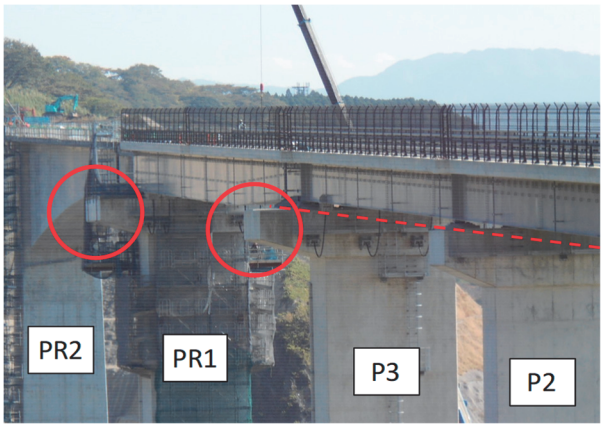

写真-2　橋軸直角方向への桁かかり長拡幅状況

2.2 橋梁形式の選定

架け替え位置の決定後、技術検討会において橋梁形式の検討が行われ、渡河部は中間橋脚と推定活断層の間隔を考慮し、斜面上部の端支点が移動しても自立可能なPC3径間連続ラーメン箱桁橋を採用した。

また、断層変位のように発生頻度も変位量も定量的な予測が難しく、不確実性も大きい作用に対して橋が有する耐荷力等だけで対応することは限界がある。そこで、推定活断層を跨ぐことになるアプローチ部は、推定活断層が横ずれを支配的とする断層であることを踏まえ、このような動きの変位に対して容易には落橋しないように配慮することが可能な構造形式とし、鋼３径間連続鈑桁橋及び鋼単純箱桁橋を採用した(図-3)。すなわち、推定活断層を跨ぐ区間は単純桁橋構造とした上で、断層変位により地盤に追随して下部構造が大きく移動するような状況となった際は、構造部材の破壊を支承で先に生じさせ、下部構造や隣接する上部構造に不測な力を伝達させないように配慮した。

また、下部構造間に生じる横ずれの相対変位に対して単純桁の支点部が下部構造の頂部から脱落しにくくなるように、橋軸方向とともに橋軸直角方向の桁かかり長の確保に配慮した(写真-2)[1]。

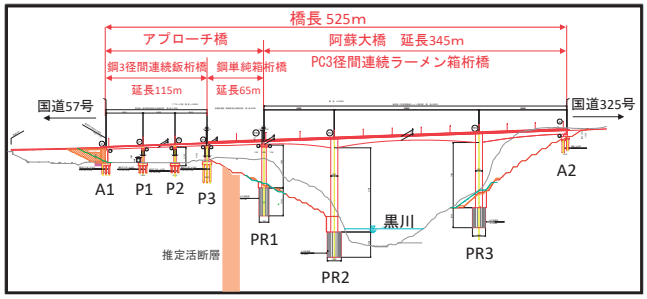

図-3　阿蘇大橋全体計画図

3. 工期短縮を図るための施工技術

本橋は早期復旧が求められたことから、本施工にあたって施工者へ技術提案を求め、施工期間の短縮を図るための施工技術を採用した。

施工技術の内容について、以降に示す。

3.1大型インクライン

急峻な地形と強風による影響を受けやすい地域において、台車面積9m×14m、最大積載重量60tのインクラインを黒川両岸に設置することで、資機材を効率的かつ大量に運搬することが可能となった(写真-3)。

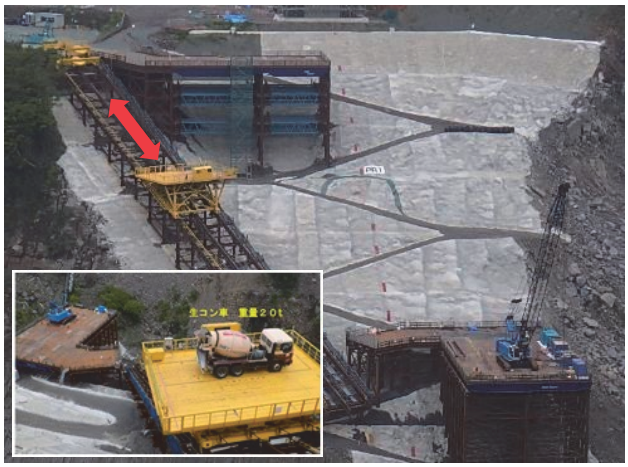

写真-3　インクライン使用状況

3.2 竹割り型土留め工

阿蘇大橋渡河部の橋脚基礎は両岸とも急峻な谷に構築する必要がある。これらの橋脚基礎の施工にあたっては、オープンカット工法に比べ掘削範囲が抑えられ、地山への影響が少なく、阿蘇山の溶岩が固まる過程でできた柱状節理の保護にも優れている竹割型土留め工法を採用した(図-4)。本

工法は、大きな重機を必要としないため、急勾配斜面での施工に有利かつ工期の短縮につなげることができた。

黒川右岸側のPR2橋脚基礎(写真-4)については、火山岩質の柱状節理が発達した急崖を掘削し構築するため、一般的な竹割型土留め工法とは異なり、リングビームが閉合しない構造となる。

そこで掘削の進展に伴い、柱状節理の崩壊等による孔壁の崩壊が生じないようにするための補強や掘削高さを決めるためのサンプリングによる岩石試験や、柱状節理や土留め壁後方に存在する粘土化帯を詳細にモデル化した弾塑性解析から仕様を決定し、竹割型土留め工法と同様にロックボルトと吹付コンクリートにより補強した構造を採用した。

これらの対策により節理の景観を損なうことなく、施工を行うことができた。

また、掘削に伴う地山変状を常時モニタリングするため、動態観測もあわせて実施し、地中変動や壁面変位、補強材張力が管理値を超えた場合は関係者へ警告メールが送信される仕組みを取り入れ、安全に作業を進めることができた。

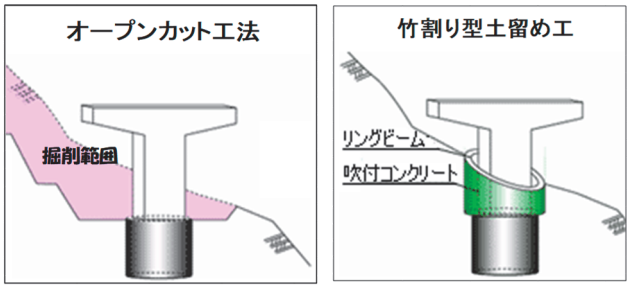

図-4　各工法の概略図

写真-4　PR2橋脚基礎の土留め工及び黒川右岸の柱状節理

3.3 帯鉄筋及び中間帯鉄筋のプレファブ化

PR1～PR3の各橋脚及び大口径深礎杭施工においては、外周の帯鉄筋及び中間帯鉄筋のプレファブ化(写真-5)を行った。

これは、帯鉄筋及び中間帯鉄筋を、専用の鉄筋組立架台及び吊込み治具を使用して構台上で組み立て、高さ90cmごとに橋脚または深礎杭へ吊り込むものである。これにより、軸方向鉄筋の組立作業と並行して帯鉄筋及び中間帯鉄筋の組み立てを行えることや高所での作業を削減できることから工程が短縮された。

また、鉄筋の吊込み時に鉄筋組立用足場を設けずに高所作業車による作業を行うことで、足場の組立及び解体に要する時間も削減した。

写真-5　帯鉄筋のプレファブ化

3.4 クライミングシステム工法

100m近い橋脚の躯体施工に地面から足場を組み立てると長時間を要するため、当現場ではクライミングシステム工法を採用した(写真-6)。

一体化された型枠及び足場を橋脚躯体の施工状況にあわせ油圧ジャッキを用いて上昇させることにより、橋脚外周部及び内空部への足場の増設、クレーンによる型枠材の吊上げ及び吊り下ろしの工程を削減し工期を短縮することができた(図-5)。

写真-6　クライミングシステム全景写真

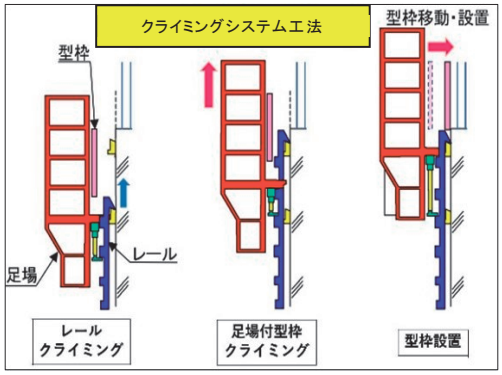

図-5　クライミングシステム概要図

3.5 超大型移動作業車を用いた片持ち張出架設

上部構造の架設にあたっては、地形及び橋脚のスパン、架設時間の短縮などを考慮し片持ち張出架設工法を採用した。

600t・m級超大型移動作業車を用いることにより、当初予定していた350t・m級移動作業車に比べ張出ブロック（BL）数がPR2、PR3合わせて24ブロック削減されることで工期を短縮することができた(図-6)。

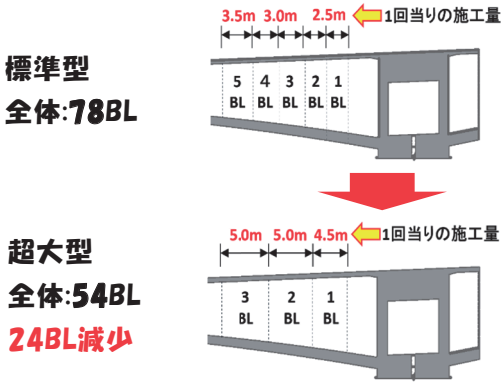

図-6　超大型移動作業車を用いた張出施工

4. まとめ

阿蘇大橋は、これらの施工技術を用いるとともに、24時間での施工を実施することで、標準工期に対して、約1年半の工期短縮が見込まれる。

本報を執筆している9月末時点（表紙写真）では、渡河部橋桁の中央閉合まで完了した。引き続き関連工事を行い、令和3年3月頃の開通に向けて、一日も早い復旧・開通を目指していきたいと考えている。

写真-7　阿蘇大橋　復旧工事の変遷

謝　辞

復旧に係る検討の実施にあたって、国土交通省九州地方整備局及び国土技術政策総合研究所（国総研）、土木研究所、熊本県等で構成されるプロジェクトチーム（橋梁PT）の委員の皆様や、熊本復興事務所内に設置されている国総研熊本地震復旧対策研究室から様々な助言を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

1）西田秀明、今村隆浩、星隈順一：阿蘇大橋（仮称）の計画・設計における地盤変状の影響を最小化するための配慮～熊本地震で被災した橋から学ぶ～、九州技術資料、No.65、pp.29～32、2019.9

藤川真一

国土交通省九州地方整備局熊本復興事務所　工務第二課長
FUJIKAWA Shinichi

鵜林保彦

国土交通省九州地方整備局熊本復興事務所副所長
UBAYASHI Yasuhiko

石橋良介

九州地方整備局熊本復興事務所
工務第二課
ISHIBASHI Ryousuke