

# 平成28年熊本地震への復旧支援-災害復旧現場への研究室の設置

## 1. 研究・活動のアウトライン

表-1 国の権限代行事業で実施した平成28年熊本地震の復旧にかかる主な出来事

2016年4月14日、16日	熊本地震発生（2度の震度7を観測）
2016年5月9日	国道325号阿蘇大橋が道路法に基づき国の権限代行事業による復旧実施が決定
2016年5月13日	県道28号熊本高森線（約10km区間）、村道栃の木～立野線（約3km区間）が大規模災害復興法に基づき国の権限代行事業による復旧実施が決定
2016年7月1日	九州地方整備局に熊本地震災害対策推進室が設置される (国総研職員も併任で参画)
2016年12月24日	俵山トンネルルート（県道28号熊本高森線）、復旧に時間を要する橋梁部を避け、一部旧道を通る迂回路にて開通
2017年4月1日	災害現場（熊本県阿蘇郡南阿蘇村）に社会資本マネジメント研究センター熊本地震復旧対策研究室を設置 同日設置された復旧工事を担う九州地方整備局熊本復興事務所と同一庁舎で業務開始（5カ年（2022年3月31日まで）の時限組織として設置）
2017年8月27日	長陽大橋ルート（村道栃の木～立野線）応急復旧完了・開通 (阿蘇長陽大橋・戸下大橋応急復旧)
2017年12月14日	俵山トンネルルート、鳥子（とりこ）地区部分開通 (扇の坂橋・すすきの原橋復旧)
2018年7月20日	俵山トンネルルートの桑鶴大橋復旧完了・開通
2019年8月3日	俵山トンネルルートの俵山大橋復旧完了・開通
2019年9月14日	俵山トンネルルート復旧完了・全線元のルートで開通（大切畑大橋復旧）
2020年10月3日	国道57号北側復旧ルート（※熊本河川国道事務所が実施）及び現道部開通
2021年3月7日	阿蘇大橋ルート（国道325号）新阿蘇大橋完成・開通

### 設置のねらい

- ①高度専門技術を要する課題の解決
- ②技術的な知見の収集と国等の技術基準類等への反映

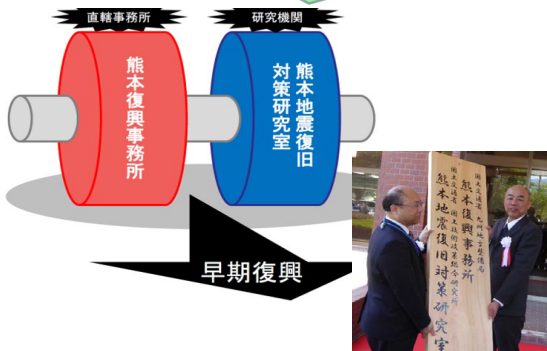


図-1 熊本地震復旧対策研究室の設置のねらい

表-2 熊本地震復旧対策研究室の主な研究課題と成果

研究課題	主な成果(復旧への反映)
地盤変状が橋に及ぼす影響の最小化	落橋しにくくかつ早期の道路機能回復に資する支点部の損傷制御法（破壊形態・設計法）の提案（大切畑大橋、新阿蘇大橋等の復旧への反映）
ケーブルの耐荷力・耐久性評価	ケーブルの耐荷力に関する知見の蓄積、ケーブル被覆の補修方法及び耐水性検証方法の提案（桑鶴大橋の復旧への反映）
震災復旧した橋の補修効果の確認方法	ICT技術を活用した震災復旧工事における補修効果確認のためのモニタリング方法の提案（阿蘇長陽大橋等の復旧への反映）
維持管理を行う上で有用となる震災復旧工事で取得すべき情報とその活用法	震災復旧工事で得られる情報の維持管理への活用方法と記録・保存方法案の提示
基礎の損傷調査法の高度化	基礎損傷調査における高周波衝撃探査法の活用の仕方案 基礎の構造形式や地形条件が基礎の損傷に及ぼす影響に関する知見の蓄積

2016年（平成28年）4月に発生した熊本地震では、14日21:26頃の前震（マグニチュード6.5）、16日1:25頃の本震（同7.3）で最大震度7を記録し、熊本、大分両県を中心に多数の死傷者や家屋倒壊など甚大な被害が生じた。この一連の地震により、南阿蘇村立野地区の大規模斜面崩落箇所の前面に位置する国道57号や国道325号阿蘇大橋の崩落、県道28号熊本高森線の橋梁やトンネルの被災、九州自動車道を跨ぐ橋梁の落橋など、多くの道路構造物が被災した。

このような中、熊本市内と阿蘇地域を結ぶ道路ネットワークのうち、県道28号熊本高森線の約10km（西原村小森～南阿蘇村河陰：俵山トンネルルート）及び村道柘の木～立野線の約3km（南阿蘇村河陽～立野：長陽大橋ルート）が大規模災害復興法に基づく、また、国道325号の阿蘇大橋（阿蘇大橋ルート）が道路法に基づく国の権限代行事業として復旧工事を実施することとなった。阿蘇大橋地区の大規模斜面崩落についても直轄砂防災関連緊急事業として国が対策工事を実施することとなった。このうち、大規模災害復興法に基づき国が権限代行で道路の復旧を行うのはこのときが全国初のケースであった。

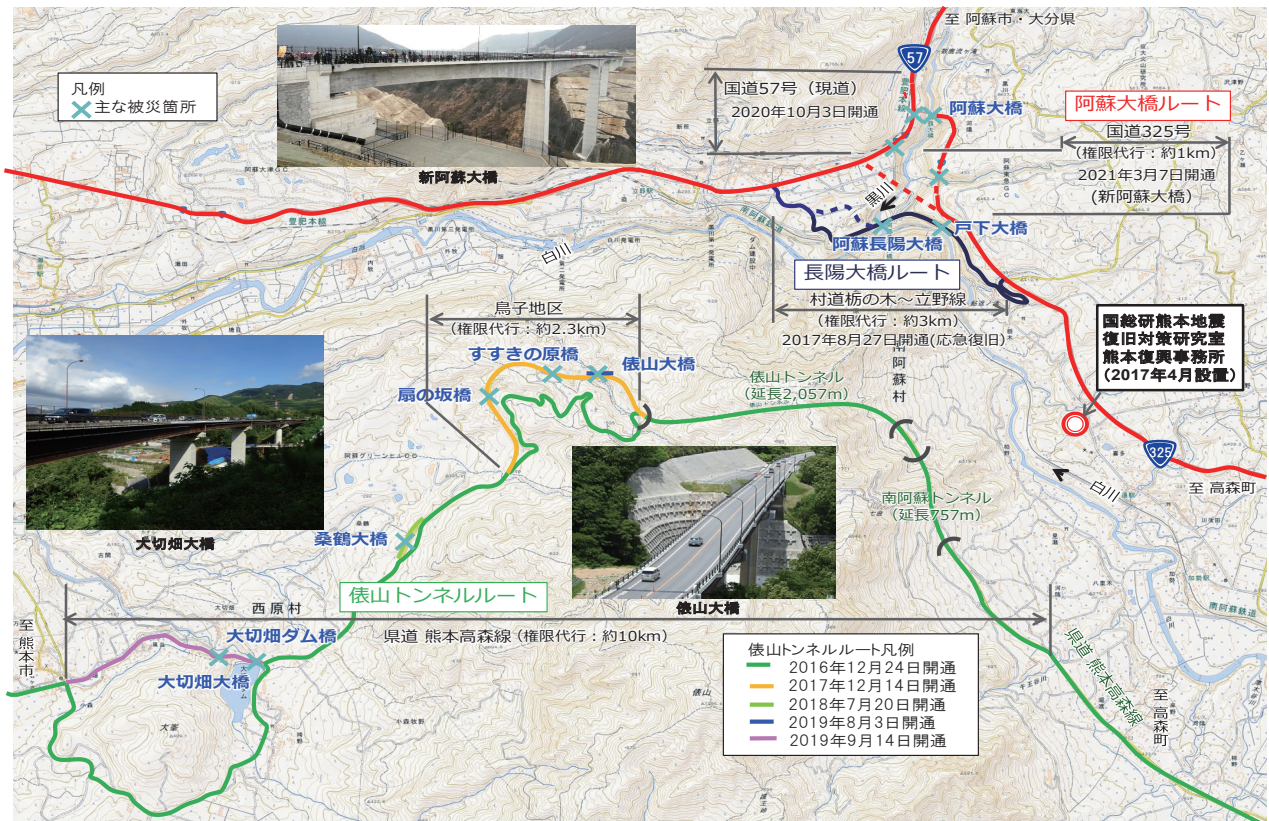


図-2 国の権限代行での復旧事業実施箇所

復旧事業の初年度である平成28年度は、九州地方整備局熊本河川国道事務所、立野ダム工事事務所、そして2016年7月1日に同地整内に設置された熊本地震災害対策推進室が復旧に関する対応にあたった。このうち熊本地震災害対策推進室には、国総研からも技術統括官及び道路、砂防、河川の各分野の担当として6名が併任され参画した。技術支援の内容は多岐にわたることから、関連した専門的な知見を有する国総研の道路構造物研究部をはじめとした道路構造物関連部署や、国立研究開発法人土木研究所（以下、土研）の構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）や地質・地盤研究グループ等の部署と共同して対応した。この対応にあたっては、道路構造物の被災が大規模かつ特殊であることから高度な技術力が必要とされたため、土工・トンネル・橋梁ごとにそれぞれ研究所等の専門家と行政からなるプロジェクトチーム（PT）を設け、研究所と現場が連携して復旧を迅速に進めるための技術的検討を行いながら復旧工事にあたった。

翌年度の2017年4月には、九州地方整備局熊本復興事務所が災害復旧現場に近い熊本県阿蘇郡南阿蘇村に新設され、権限代行業による道路及び砂防に係る復旧工事を一元的に行うこととなった。これと同時に、熊本地震により被災した土木構造物の復旧・復興事業をより加速化させるため、国総研社会資本マネジメント研究センター熊本地震復旧対策研究室（以下、復旧研）が5カ年の時限組織として新たに設置され、同一庁舎にある熊本復興事務所と車の両輪となって早期復興に向けた業務を行うこととなった。国総研の研究室がつくば、横須賀以外である災害復旧現場に設置されたのはこれが初めてである。

復旧研の目的は、道路の復旧に関して現地における高度専門技術を要する課題について現地にて速やかな課題解決に取り組み技術的な側面から早期の復興を支援すること、復旧事業を通じて得られる技術的な知見を収集して国等の技術基準類等へ反映させていくための研究に取り組むことである。この他に、九州に設置されている地域性を活かし、震災復旧以外にも地域の技術力の向上に資する活動にもあたっている。

発災から1年4ヶ月である2017年8月には、長陽大橋ルート of 阿蘇長陽大橋及び戸下大橋の応急復旧が完了し供用を再開した。また、2019年9月には俵山トンネルルート of 全線供用再開、2020年10月には大規模斜面崩落箇所の対策完了と国道57号現道部の供用再開、2021年3月には新阿蘇大橋の供用開始となり、熊本地震で被災した国道・県道は全て開通した。

## 2. 主な研究成果

### (1) 高度専門技術を要する課題の解決

ここでは、国総研及び土研の関係部署と連携し、復旧研及び復興事務所で具体化した復旧にあたって採用された高度専門技術を要するもののうち特徴的なものについて幾つか示す。

#### 1) 桑鶴大橋の復旧

縦断勾配を有する不等径間の斜張橋である桑鶴大橋では、鉛直上向きの力及び水平方向の力に抵抗する機能を同一の部材で備えていた支承が破壊し、桁端が浮き上がり早期の道路機能回復に支障を来した。このような桁端の浮き上がりによる重大な損傷に至りにくくするための対策として、鉛直上向きの力に抵抗する部材は水平方向に抵抗する部材と独立した支承構造とし、さらに万一これらの部材が破壊しても桁端が容易に浮き上がらないように別系統の部材を設置することを提案した（図-3）。

また、供用再開後の維持管理段階において再び大地震が生じた際に橋の状態の変化の把握に活用できるように、復旧完了した橋のケーブル張力と橋の固有振動数を得るための試験を、管理者となる熊本県に引き継ぐために供用再開前に実施した現場説明会にて実施した。

この際、復旧工事を行った国ではなく地方自治体が道路管理を行うことも念頭に、維持管理に活用されやすくなるためできるだけ簡単な試験方法で必要な情報が得られるようにし、維持管理の大きな負担とならないようにすることに配慮した。現場説明会では、本橋の振動特性の説明、試験実施、試験データの維持管理への活用方法の説明を行った（図-4）。

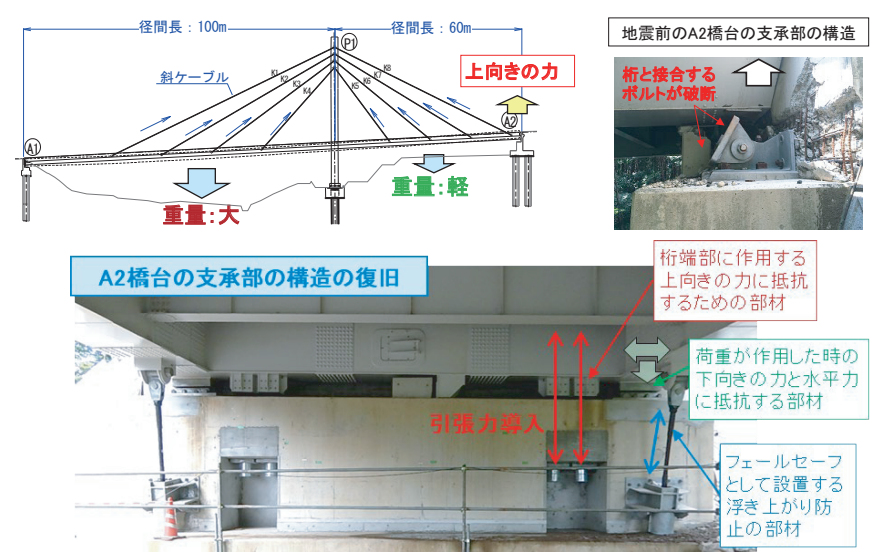
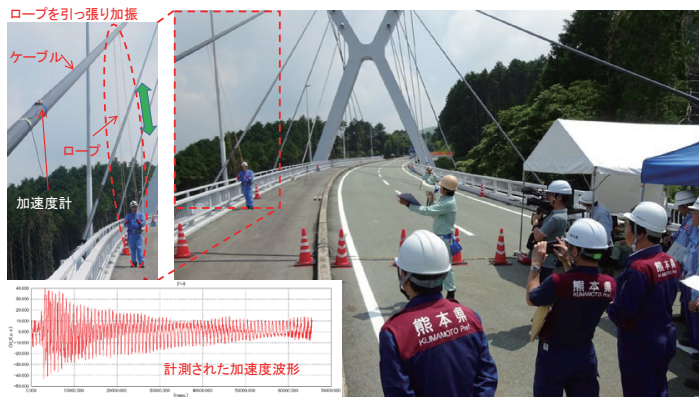


図-3 桁端が容易に浮き上がらないようにした支承部の構造 (桑鶴大橋)



(1) ケーブル張力の確認試験状況



(2) 管理者に対する施工段階で取得したデータの維持管理への活用に関する説明

図-4 管理者（熊本県）に対して行った桑鶴大橋の現地説明会の状況

## 2) 大切畑大橋の復旧

鋼 5 径間連続非合成曲線鈎桁橋である大切畑大橋では、支承部が 1 つの支点上を除き全て損傷し上部構造が移動した上、径間部で主桁が座屈するという既往の震災では見られなかった損傷が生じた。この復旧にあたっては、橋全体として被災前と同等の耐荷性能に戻すという基本方針に基づき、上部構造としての耐荷性能を挽回するという視点から、座屈した主桁を残置したまま当該断面内に新たに桁や対傾構を追加設置する方策を考案した（図-5）。新たに追加した桁が荷重を分担することについては、施工過程での支点条件の変化や完成後の車両载荷により上部構造に作用する荷重の変化に伴い桁に生じる応力（ひずみ）をモニタリングすることで確認した。

## 3) 阿蘇大橋の復旧（新阿蘇大橋の建設）

地震により落橋した阿蘇大橋（アーチ橋）から約 600 m 下流に建設された新阿蘇大橋では、熊本地震での被災の教訓を踏まえて計画から設計、施工の各段階において様々な技術的配慮に関する提案を行った。渡河部は、桁端部の下部構造が地盤変状により移動、沈下等したとしても、上部構造が自立できるような橋梁形式（片持ち架設施工による PC ラーメン構造）が採用された（図-6）。また、横ずれが想定される断層を跨ぐ区間は単径間の鋼桁橋とし、断層の変位に伴う下部構造の移動により桁が動いたとしても、隣接する区間の上部構造に支障を来さないような配慮を行うとともに、断層を跨ぐ径間についても落橋しにくくすることに加えて早期道路機能回復も考慮した技術的配慮に関する提案を行った。具体的には、断層活動に伴う地盤変状に伴い上下部構造に相対変位が生じる際に、力で抵抗せずに受け流せるように、橋の破壊を支承部に誘導するように支承部とその取付け部で耐力に差をつけた設計を行うことや、支承部が破壊したあとに下部構造天端からすぐに落橋することがないように橋脚天端幅を確保すること（図-7）の

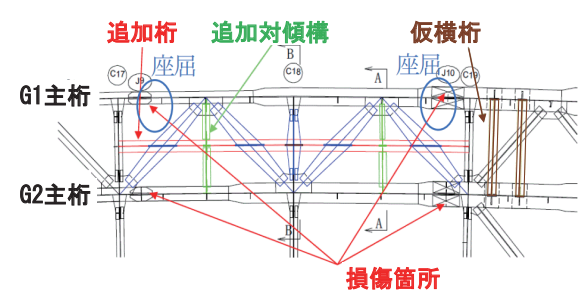
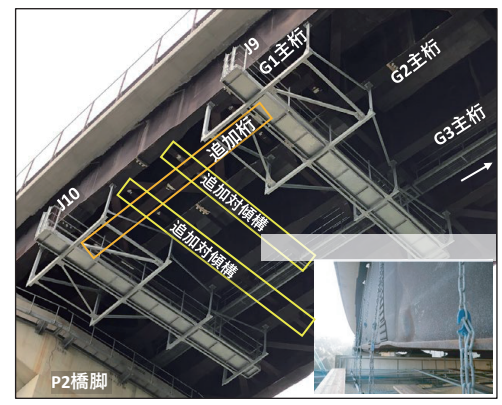


図-5 上部構造全体として耐荷性能を挽回するための補修が行われた大切畑大橋



図-6 橋桁の端部が橋脚上でない状態でも橋桁が落ちない状態を保っている新阿蘇大橋（施工中）（写真提供：熊本復興事務所）

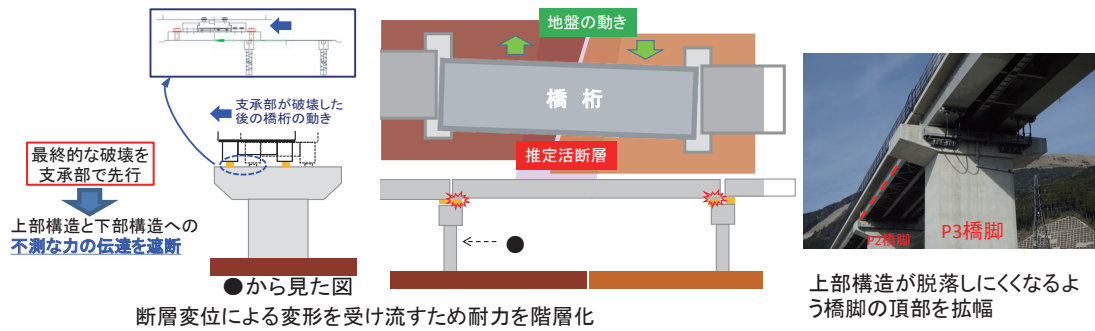


図-7 断層変位に力に抵抗せず受け流す構造計画（新阿蘇大橋）

ほか、移動した後に桁の仮支持を行いやすくするための橋脚天端スペースの確保や、アンカーボルトの設置をあらかじめ想定した天端内の配筋の工夫などである。さらに本橋は、渡河部の中空橋脚が最も高いもので97 mに達することから、ロープアクセスのためのインサートを施工段階で設置しておくことや、中空内部が確認できるように柱頭部に点検孔を設置するなど、あらかじめ橋の状態を把握しやすくするため方策についても提案した(図-8)。

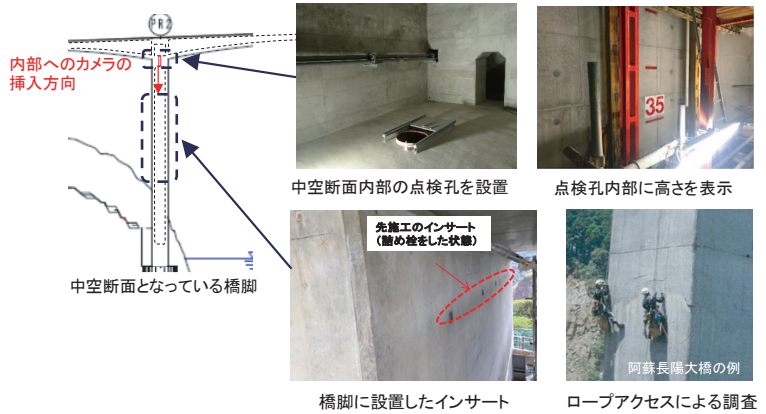


図-8 橋の点検をしやすくするための維持管理上の配慮  
(写真提供：熊本復興事務所)

(2) ケーブル部材の耐荷力・耐久性評価

斜張橋である桑鶴大橋では、地震によりケーブルのよれや、照明柱との接触などによる被覆材の損傷などが生じた(図-9)。補修に際して外観上の変状が見られたために交換した撤去ケーブルを活用して、今後の点検や診断に資するためケーブルの健全性に関する研究を実施した。本橋で20年程度用いられたケーブルの鋼素線を対象に引張試験を行い、防錆状況や外部の変形状況と引張強度に関する知見を得た。また、ケーブル被覆内部の湿度等の状態を確認する方法や、高密度ポリエチレン被覆の補修方法及び耐水性検証方法を提案し、復旧工事に反映した(図-10)。



図-9 桑鶴大橋の外観調査で確認されたケーブルの変状状況

(3) 復旧過程で得るデータの活用

1) ICT 技術を活用したモニタリングによる補修効果の確認

中空断面鉄筋コンクリート橋脚の断面を貫通するひび割れが生じ抵抗力が低下した阿蘇長陽大橋では、中空部にコンクリートを充填して抵抗力の回復を図った。この効果が適切に発揮されれば橋の揺れ方が変化することに着目して、コンクリートの充填に合わせて振動試験を行い、加速度計を用いて補修前後での橋の揺れ方の違いを計測し、補修効果を確認する方法を提案・実施した(図-11)。

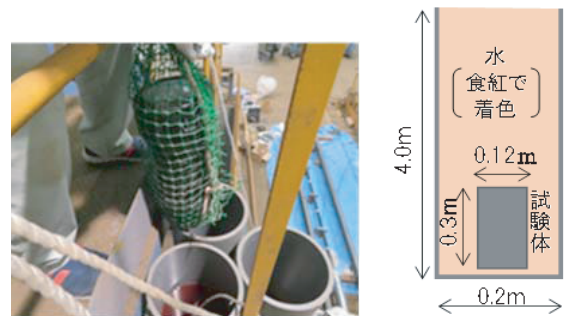
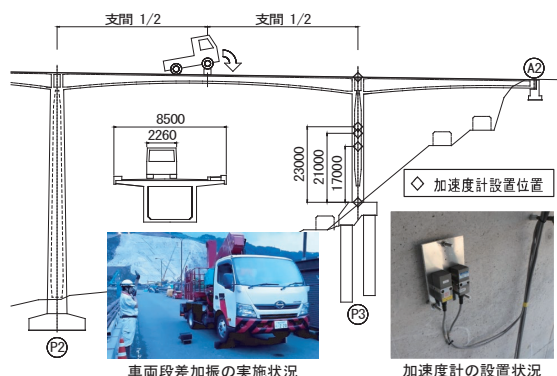
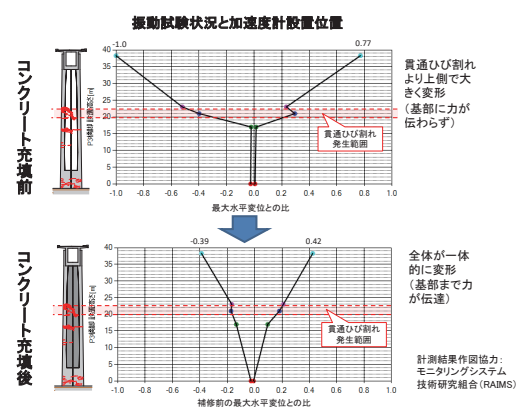


図-10 提案した方法で被覆を補修したケーブルの耐水性検証試験  
(食紅を入れた水にケーブル試験体を投入する状況)



(計測機器選定協力: モニタリングシステム技術研究組合RAMS)

(1) 振動試験状況と加速度計設置位置



(2) コンクリートの充填前後での橋脚の水平応答の比較

図-11 ICT技術を活用した阿蘇長陽大橋の補修効果の確認

## 2) 震災復旧した橋の維持管理への活用を考慮した施工データの取得・記録・保存

震災復旧した橋には、新設橋にはない様々な不確実性があることを考慮して維持管理を行う必要がある。そのため、地震災害で生じた損傷と適用する補修工種の特性、補修後に想定される懸念事項を踏まえて、維持管理段階での活用方法も考慮したうえで、施工段階で得ておくべき情報を抽出するとともに、その記録・保存方法について熊本地震の復旧の経験を踏まえつつより汎用性のある方法を引き続き研究している。このうち、復旧を行った橋の維持管理を行うために必要な情報記録・保存方法については、維持管理段階へのBIM/CIMの展開も念頭に3次元モデルを活用し維持管理に有効に活用できる方法を研究している (図-12)。

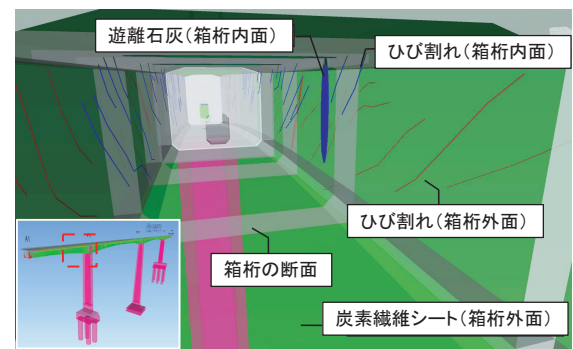


図-12 3次元モデルによる維持管理に必要な情報の記録・保存方法の試用例 (ひび割れ補修及び繊維シート貼付した上部構造)

## 3. 関係する報告書・技術資料一覧

- 1) 宮原史・今村隆浩・西田秀明・星隈順一：熊本地震で被災した斜張橋の復旧対策と復旧後の状態変化の把握方法の提案、土木学会論文集 A1 76 巻 4 号、pp.I\_461-471、2020.9
- 2) 宮原史・今村隆浩・鈴木慎也・西田秀明・星隈順一：耐荷性能の挽回に着目した鋼上部構造の補修設計—熊本地震で被災した大畑大橋の復旧事例—、土木技術資料 Vol.62 No8、pp.46-49、2020.8
- 3) 宮原史・今村隆浩・鈴木慎也・西田秀明・星隈順一：構造特性と損傷状態に応じた鋼上部構造の補修方法の選定—熊本地震で被災した大畑大橋の復旧事例—、土木技術資料 Vol.62 No7、pp.8-13、2020.7
- 4) 西田秀明・今村隆浩・瀧本耕大・玉越隆史・星隈順一：ポリエチレン被覆に損傷が生じたケーブル部材の状態把握と補修方法に関する研究、構造工学論文集 A 66A pp.617-628、2020.4
- 5) 星隈順一・今村隆浩・西田秀明：阿蘇大橋（仮称）の計画及び設計における地盤変状の影響への配慮、第22回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集 pp.85-90、2019.7
- 6) 澤田守・今村隆浩・中川量太・星隈順一：熊本地震で被災したPCラーメン橋の復旧とモニタリングの活用、土木技術資料 Vol.60 No2、pp.36-39、2018.2

## 4. 今後の展望

復旧現場で得られた技術的知見は、復旧した道路構造物の維持管理に活用できるように管理者（熊本県等）へ継承するとともに、技術基準等へ反映するための標準化に向けた検討をさらに進める必要がある。