

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1189

March 2022

## 熊本地震復旧対策研究室 5 年の歩み

—平成 28 年熊本地震の災害復旧現場に設置した国総研研究室の活動—

西田 秀明・星隈 順一

Five years of progress in the Kumamoto Earthquake Recovery Division  
- The activities of the NILIM's research division establishing  
at the disaster restoration site of the 2016 Kumamoto Earthquake -

NISHIDA Hideaki  
HOSHIKUMA Jun-ichi

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

熊本地震復旧対策研究室 5 年の歩み  
ー平成 28 年熊本地震の災害復旧現場に設置した国総研研究室の活動ー

西田 秀明 \*

星隈 順一 \*\*

概要

本資料は、国総研として復旧現場に設置した初の研究室である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が実施してきた復旧支援や、復旧支援の過程で見出した研究など、研究室設立から閉室までの 5 年間の取り組みを中心にとりまとめたものである。

キーワード： 平成28年熊本地震、復旧支援、災害現場にある研究室

---

\* 国土交通省国土技術政策総合研究所 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 室長

\*\* 元：国土交通省国土技術政策総合研究所 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 室長

現：国立研究法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター  
橋梁構造研究グループ グループ長

Five years of progress in the Kumamoto Earthquake Recovery Division  
- The activities of the NILIM's research division establishing  
at the disaster restoration site of the 2016 Kumamoto Earthquake -

NISHIDA Hideaki \*

HOSHIKUMA Jun-ichi \*\*

Synopsis

This report summarizes the efforts of the Kumamoto Earthquake Recovery Division, the first research division established by the NILIM at the disaster restoration site, including the restoration support it provided and the research it conducted in the process of restoration support.

Key Words : The 2016 Kumamoto Earthquake, restoration support,  
Division at a disaster restoration site

---

\* Head, Kumamoto Earthquake Recovery Division, Research Center for Infrastructure Management, NILIM, MLIT

\*\* Former Head, Kumamoto Earthquake Recovery Division, Research Center for Infrastructure Management, NILIM, MLIT  
Group Leader, Center for Advanced Engineering Structural Assessment and Research, PWRI

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 熊本地震復旧対策研究室設立までの歩み .....	2
2.1 熊本地震による被災の概要 .....	2
2.2 研究室設立までの災害復旧に係る国総研の対応 .....	3
2.3 研究室設立とその役割 .....	6
3. 熊本地震で被災した道路構造物の復旧技術支援に関する取り組み .....	10
3.1 復旧の経緯 .....	10
3.2 復旧技術支援 .....	12
3.2.1 災害復旧現場での復旧研の対応 .....	12
3.2.2 特徴的な復旧技術支援事例 .....	14
4. 現地に設置した研究室ならではの研究活動 .....	22
4.1 研究活動の概要 .....	22
4.2 現地調査等を踏まえて見出した新たな課題に関する研究事例 .....	23
4.2.1 ケーブルの耐荷力・耐久性に関する研究 .....	23
4.2.2 基礎の状態把握及び損傷が生じにくい基礎の条件に関する研究 .....	29
4.3 3次元点群データを活用した斜面変状把握手法に関する研究 .....	35
5. 地域に根ざした研究室の活動 .....	41
5.1 地方整備局や地方公共団体への技術支援 .....	41
5.2 技術情報の発信 .....	44
6. おわりに .....	47
謝辞 .....	48
参考資料 1 熊本地震復旧対策研究室関係文献リスト .....	49
参考資料 2 熊本地震復旧対策研究室歴代所属員名簿 .....	55

## 1. はじめに

平成 28 年（2016 年）4 月に発生した熊本地震では、阿蘇大橋地区の大規模斜面崩壊や、この前面に位置する国道 325 号阿蘇大橋の崩落、県道 28 号俵山トンネルの覆工コンクリートの崩落などにより、熊本市街地から阿蘇地域へ通じる主要道路である国道 57 号や県道 28 号熊本高森線の寸断など甚大な被害が発生した。

復旧にあたっては、被災箇所も多いうえ高度な技術的課題が多く想定されたことから、地方公共団体の管理対象物の一部を、国の権限代行事業として行うこととなった。この対応として、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）は平成 29 年 4 月に現地に研究室を設置し、工事主体であり同時期に設置された九州地方整備局熊本復興事務所と一体となって復旧に取り組んだ。

本資料は、国総研として復旧現場に設置した初の研究室である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が実施してきた復旧支援活動や、復旧支援の過程で見出した研究、さらに現地にある研究室ならではの活動など、研究室設立から閉室までの 5 年間の取り組みを中心にとりまとめたものである。

## 2. 熊本地震復旧対策研究室設立までの歩み

### 2.1. 熊本地震による被災の概要

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)<sup>1)</sup>、16 日 1 : 25 頃の本震(同 7.3)<sup>1)</sup>で最大震度 7 を記録し(図-2.1)<sup>2)</sup>、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、この箇所の前面に位置する国道 325 号阿蘇大橋の崩落、九州自動車道を跨ぐ橋の落橋、俵山トンネルの覆工コンクリート剥落など、多くの道路構造物が被災した<sup>3)</sup>。熊本市街地と阿蘇山のカルデラ内の阿蘇地域を結ぶルートでは、国道 57 号や、この近傍の比較的標高の低いところを通る県道 28 号熊本高森線などが寸断され、この代替ルートとして阿蘇山の外輪山を越えるルート(通称「ミルクロード」(4 月 18 日に迂回路確保(4 トン車未満))及び「グリーンロード南阿蘇」(4 月 22 日に迂回路確保)<sup>4)</sup>がその役割を担った(図-2.2)。

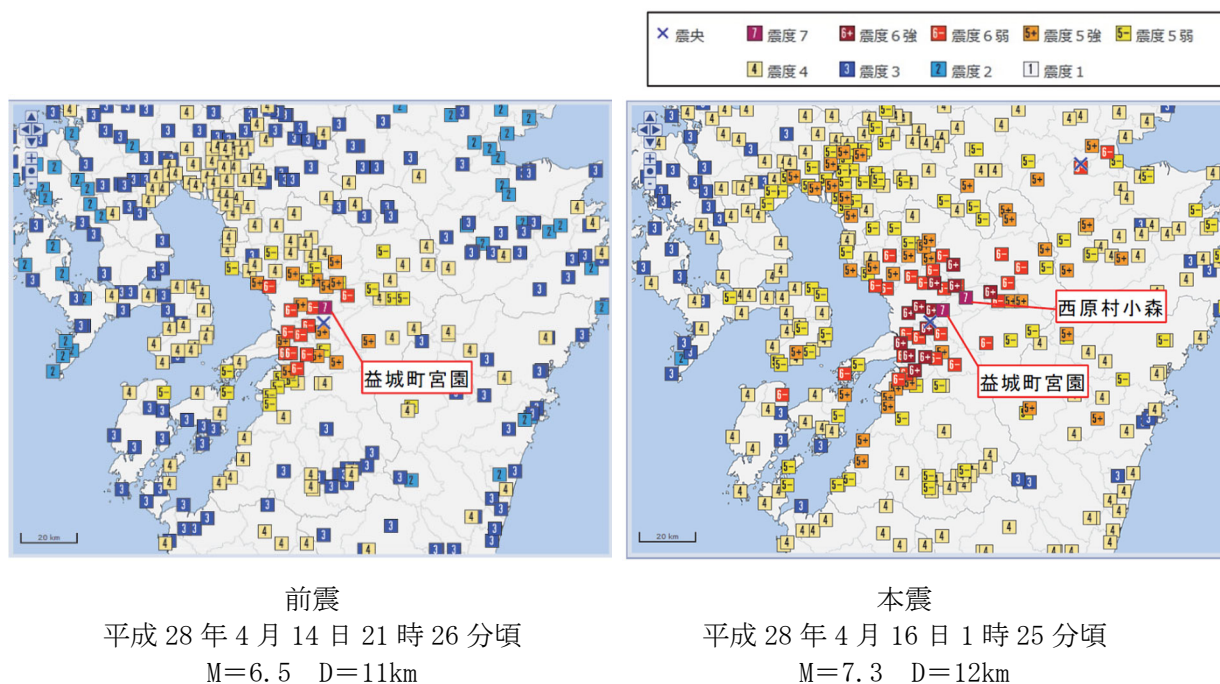


図-2.1 平成 28 年熊本地震の前震及び本震の震度分布<sup>2)</sup>  
(気象庁発表の震度分布に観測地名を加筆)



図-2.2 熊本市街地と阿蘇地域を結ぶ主要な道路  
(地理院地図 (電子国土 web) に道路情報を加筆)

## 2.2. 研究室設立までの災害復旧にかかる国総研の対応

甚大な被害を受けた熊本市街地と阿蘇地域を結ぶ主要道路は、地域の生活基盤を支える重要な道路であることや国際的な観光地である阿蘇山への重要な観光ルートであることから、早期復旧が望まれた。しかし、復旧にあたっては地形・地質条件、橋の構造の特殊性や被災規模の大きさから高度な技術力が必要であった。このような中、熊本地震による大規模な斜面崩壊で通行不能となっている国道 325 号の阿蘇大橋及び俵山トンネルを含む「県道熊本高森線」について熊本県知事から、また、「村道栃の木～立野線」について南阿蘇村長からそれぞれ国の直轄代行の要請がなされた。

これを受けて、国道 325 号の阿蘇大橋 (阿蘇大橋ルート) が道路法、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) 及び村道栃の木～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それぞれ基づいて国の権限代行により災害復旧事業を実施することとなった<sup>5)6)</sup>。阿蘇大橋地区の大規模斜面崩落についても直轄砂防災害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<sup>7)</sup>。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災害復旧事業を行うのはこのときが全国初のケースであった。国の権限代行業箇所を主な被災箇所と合わせて図-2.3 に示す。なお、同図では復旧完了時期も合わせて示す。

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、そして平成 28 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<sup>8)</sup>が復旧に関する対応にあたった。このうち、復旧・復興に向けた事業が本格化していく中、事業を迅速に強力で推進していくために設置された熊本地震災害対策推進室には、高度な技術的検討の支援等にあたるために国総研からも技術統括官 (建設マネジメント研究官) 及び室員 (河川研究室長、砂防研究室長、橋梁研究室長、構造・基礎研究室主任研究官、道路基盤研主任研究官) として 6 名が併任され参画した (図-2.4)。

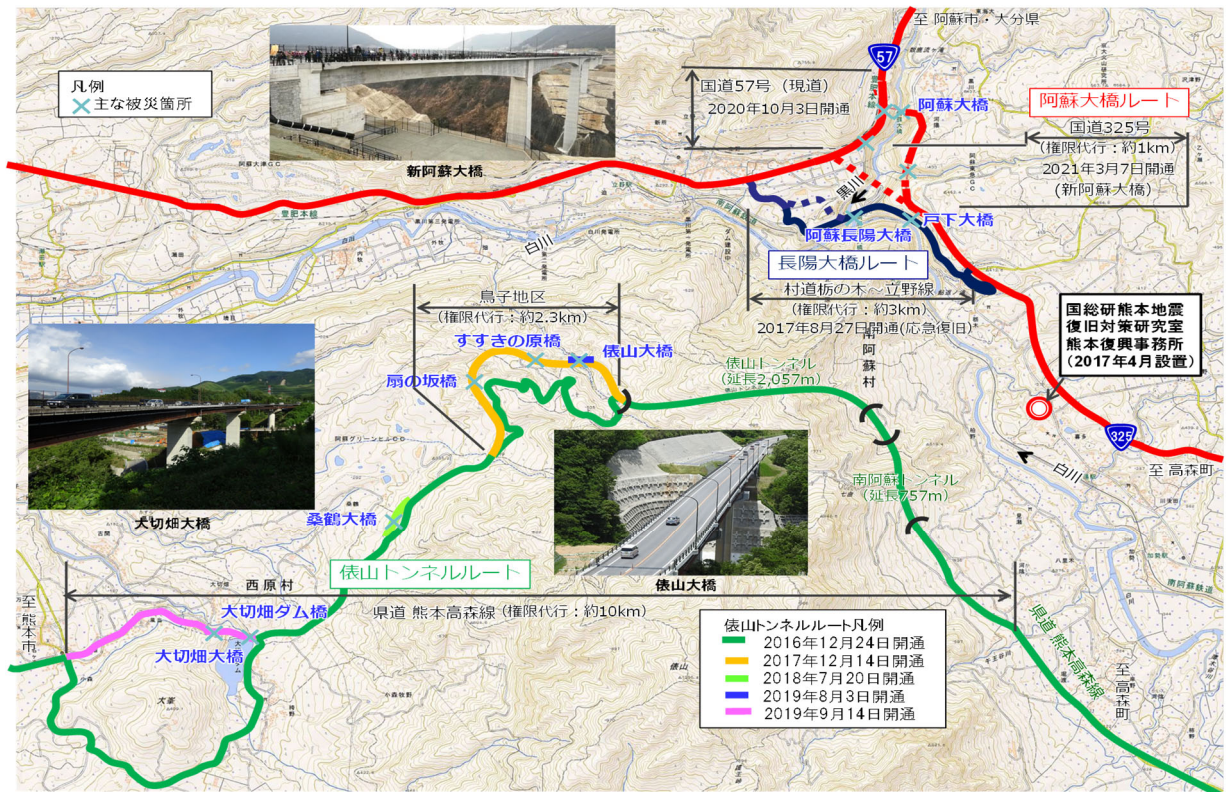


図-2.3 国の権限代行での復旧事業実施箇所

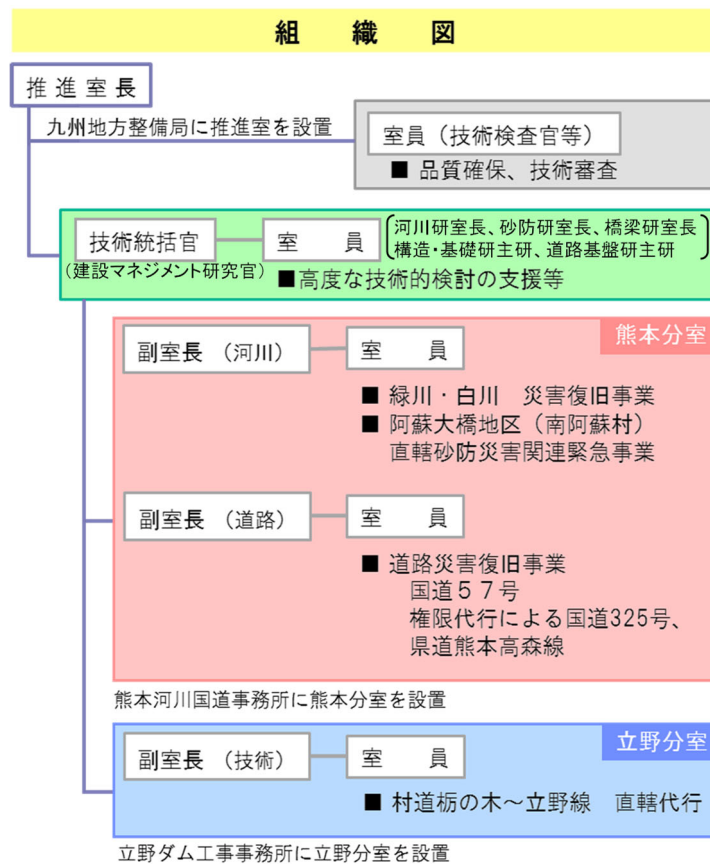


図-2.4 熊本地震災害対策推進室組織図



このうち道路に関する対応としては、阿蘇大橋地区斜面崩壊箇所斜面安定化と国道 57 号、国道 325 号並びに早期復旧に向けた対策の検討・助言を目的とした「阿蘇大橋地区復旧技術検討会」（委員長 北園義人 熊本大学名誉教授、事務局 九州地方整備局河川部河川管理課、道路部道路管理課）が設立され、国総研からは砂防研究室長（平成 30 年度から深層崩壊対策研究官）が委員として参画した。この大規模斜面崩落により通行不能となった国道 57 号については、代替路として北側復旧ルート（延長約 13km）が災害復旧事業として計画された<sup>9)</sup>。

国道 325 号阿蘇大橋の復旧については、架替え位置や構造における技術的課題について検討する「国道 325 号ルート・構造に関する技術検討会」（事務局：九州地方整備局熊本河川国道事務所、平成 29 年度より熊本復興事務所）が設立され、国総研からは道路構造物研究部長が委員として参画した。

この他の国が権限代行業として実施する県道 28 号熊本高森線及び村道栃の木～立野線の道路構造物についても、桑鶴大橋、阿蘇長陽大橋をはじめとする橋、俵山トンネルをはじめとするトンネルが被災しており、その被災が大規模かつ特殊であることから復旧には高度な技術力が必要とされた。そこで、土工・トンネル・橋梁の構造物毎にそれぞれ専門家(国総研、国立研究開発法人土木研究所（以下、「土研」という。）及び九州地方整備局緊急災害対策派遣ドクター（TEC-DOCTOR））と行政（九州地方整備局及び道路管理者）からなるプロジェクトチーム（PT）を設置し、著しい損傷を受けた道路構造物の詳細な調査や復旧工法の検討を行うこととなり、平成 28 年 6 月 14 日のトンネル PT を皮切りとして活動が開始された<sup>10)</sup>。復旧にあたって研究所に求められる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関連部署や、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、道路技術研究グループ等の部署と共同で対応した。橋梁 PT での復旧検討の様子を写真-2.1 に示す。

特に復旧計画の大枠に係る内容が扱われた熊本地震から半年程度の間で国総研が関与した上記で示した検討会等の実施状況を図-2.5 に示す。



写真-2.1 国総研・土研、九州地整、熊本復興事務所、熊本県で構成される橋梁 PT による復旧方針の検討の様子 (H29)

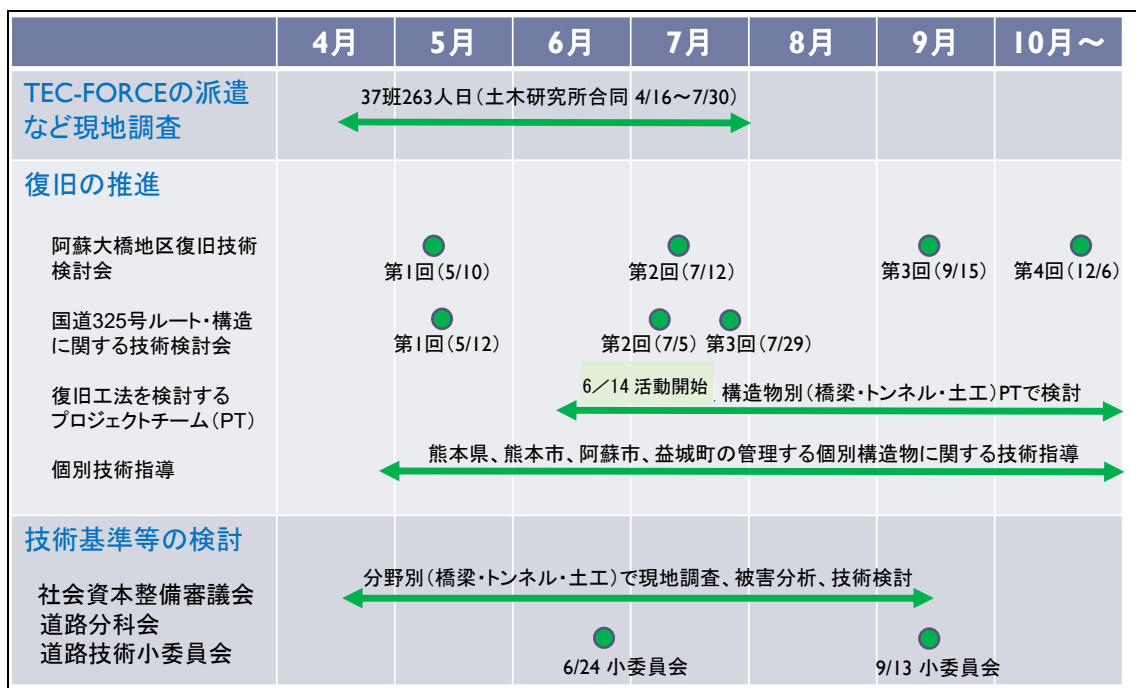


図-2.5 熊本地震発災から半年程度の国総研が関係した  
検討会等の実施状況（道路関係）<sup>11)</sup>を一部修正

### 2.3. 研究室設立とその役割

地震の翌年の平成29年4月には、復旧・復興を加速化し、強力に推進していくために、九州地方整備局に熊本復興事務所（以下、「復興事務所」という。）が設置され<sup>12)</sup>、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。さらに、高度な専門的技術を要する熊本地震の災害復旧事業において、現地で高度な技術支援を行うことにより迅速な災害復旧を支援するために、国総研の組織として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」という。）が設置された<sup>12)</sup>。両組織は、災害復旧現場に近い熊本県阿蘇郡南阿蘇村河陽の旧南阿蘇村長陽庁舎に共に入り（写真-2.2）、事務所と研究機関が車の両輪となって速やかな課題解決に取り組み、早期の復旧・復興を進めることとなった（図-2.6）。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。4月24日に南阿蘇村長陽体育館にて行われた開所・開室の様子を写真-2.3に示す。

復旧研の所掌は、国土技術政策総合研究所組織規則（平成十三年国土交通省令第七十九号）において次のように定められている。

（熊本地震復旧対策研究室の所掌事務）

第九十五条の二 熊本地震復旧対策研究室は、国土技術政策総合研究所の所掌事務のうち、平成二十八年熊本地震による災害から国土並びに国民の生命、身体及び財産を保護するための措置に関する調査、試験、研究及び開発並びに技術の指導に関する事務をつかさどる。

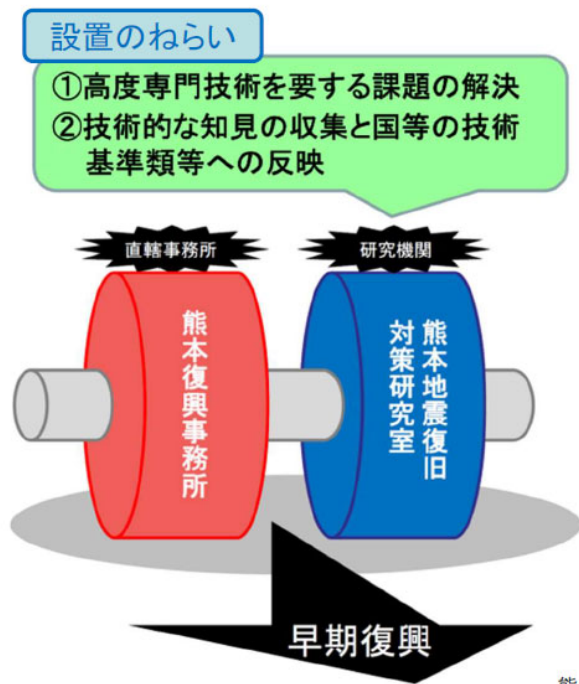
すなわち復旧研の役割は大きく2つある。一つは、前述のとおり道路の復旧に関して現地における高度専門技術を要する課題について現地にて速やかな課題解決に取り組み、早期の復旧・復興を支援する

ことである。もう一つは、熊本地震の復旧・復興事業の加速化に資する技術的課題の解決だけでなく、復旧事業を通じて得られる技術的な知見を収集して、熊本地震での教訓や復旧工事に係る現場ニーズを踏まえ、今後の橋の設計や地震後の点検や復旧に資する研究を通じて国等の技術基準類等へ反映させていくための取り組みを行うことである。

なお、研究室の設置期間が同規則の附則で定められており、平成三十四年三月三十一日まで置かれるものとされた。研究室の設置期間が5カ年に限定されている点も復旧研の特徴の一つである。



写真-2.2 熊本地震復旧対策研究室・熊本復興事務所庁舎外観



熊本復興事務所との連携がとりやすい研究室の配置(H29研究室開設時)

図-2.6 早期復旧支援を強化するための環境づくり



(a) 国総研所長による式辞



(b) 復旧研室長による事業概要説明



(c) 庁舎に設置された看板

写真-2.3 熊本復興事務所開所・熊本地震復旧対策研究室開室の様子

(H29. 4. 24 於 南阿蘇村長陽体育館)

参考文献

- 1) 気象庁：地震・火山月報（防災編）、平成 28 年 4 月
- 2) 気象庁ウェブサイト：震度データベース検索(各地の震度に関する情報)  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- 3) 国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人土木研究所：平成 28 年(2016 年)熊本地震土木施設被害調査報告、国総研資料第 967 号、土研資料第 4359 号、2017. 3.
- 4) 九州地方整備局・熊本県：南阿蘇村方面への大型車が利用可能な道路を啓開しました～「グリーンロード南阿蘇」(25km)が大型車利用可能に～、平成 28 年 4 月 21 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newsttopics\\_files/20160421/1461841817.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newsttopics_files/20160421/1461841817.pdf)
- 5) 国土交通省道路局・九州地方整備局：国道 325 号阿蘇大橋の災害復旧を国が代行～道路法に基づき国が直轄事業として災害復旧事業を実施～、平成 28 年 5 月 9 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newsttopics\\_files/20160509/1462768168.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newsttopics_files/20160509/1462768168.pdf)
- 6) 国土交通省道路局・九州地方整備局：県道熊本高森線と村道栃の木～立野線の災害復旧を代行～大規模災害復興法を施行後初めて適用します～、平成 28 年 5 月 13 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newsttopics\\_files/20160513/1463105293.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newsttopics_files/20160513/1463105293.pdf)

- 7) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課・九州地方整備局：熊本県阿蘇郡南阿蘇村(阿蘇大橋地区)で発生した土砂災害に対し、新たに国による緊急的な砂防事業を実施します、平成 28 年 4 月 30 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newstopics\\_files/20160430/1462006148.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newstopics_files/20160430/1462006148.pdf)
- 8) 九州地方整備局：～平成 28 年熊本地震からの復旧・復興を加速化～7 月 1 日に『熊本地震災害対策推進室』を設置します。、平成 28 年 6 月 29 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newstopics\\_files/20160629/1467166148.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newstopics_files/20160629/1467166148.pdf)
- 9) 九州地方整備局：国道 57 号北側復旧ルート決定、平成 28 年 7 月 6 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newstopics\\_files/20160706/1467780895.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newstopics_files/20160706/1467780895.pdf)
- 10) 熊本河川国道事務所・熊本県・国土技術政策総合研究所：プロジェクトチーム（P T）を設け復旧工法を検討します～ 俵山トンネルや桑鶴大橋などの復旧工法を検討～、平成 28 年 6 月 13 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newstopics\\_files/20160613/1465812908.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newstopics_files/20160613/1465812908.pdf)
- 11) 木村嘉富：「熊本地震による道路構造物の被害と復旧への技術支援」、平成 28 年度国土技術政策総合研究所講演会資料  
[http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kouenkai/kouenkai2016/pdf/161208\\_09.pdf](http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kouenkai/kouenkai2016/pdf/161208_09.pdf)
- 12) 九州地方整備局・国土技術政策総合研究所：『熊本復興事務所』・『熊本地震復旧対策研究室』を設置します。～熊本地震からの復旧・復興を一層加速します～、平成 29 年 3 月 31 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newstopics\\_files/20170331/1490937096.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newstopics_files/20170331/1490937096.pdf)

### 3. 熊本地震で被災した道路構造物の復旧技術支援に関する取り組み

#### 3.1. 復旧の経緯

熊本市街地と阿蘇地域を結ぶ寸断されたルート<sup>1)</sup>の復旧の経緯の概略を表-3.1<sup>1)</sup>に示す。

直轄権限代行で実施した俵山トンネルルート、長陽大橋ルート、阿蘇大橋ルートのうち、ルートとして最初に供用を再開したのは俵山トンネルルートである。このルートには被災した橋、トンネルが多数あったが、覆工が剥落するなどの被害があった俵山トンネルとこれに続く南阿蘇トンネルの復旧をするとともに、旧道である既存の村道を活用しつつ、一部区間の道路の改築等を行った迂回路で平成 28 年 12 月に開通した。このルートは標高が最高で 510m と、標高が 1000m を超え凍結による冬期通行止めのおそれのある迂回路であるグリーンロード南阿蘇に比べて低いことから、冬期の安全な通行が確保された<sup>2)</sup>。

発災から 1 年 4 ヶ月である平成 29 年 8 月には、長陽大橋ルートの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(写真-3.1(a))。このルートの復旧により、南阿蘇村の立野地区と村役場等がある地域が結ばれた。

その後、俵山トンネルルートでは橋の復旧の進捗に伴い順次部分開通し、このルートの最後になった大切畑大橋の復旧が完了した令和元年 9 月に全線供用再開した(写真-3.1(b))。

のちに「数鹿流(すがる)崩れ」と命名された阿蘇大橋地区の大規模斜面崩落箇所は、国の権限代行事業として復旧が行われた。この復旧が完了した後、この斜面の前面にあった JR 豊肥本線が令和 2 年 8 月に、また国道 57 号(現道部)が同年 10 月に開通した。国道 57 号現道部の開通と同日には、二重峠トンネルを含む北側復旧ルートも開通した。こののち、令和 3 年 3 月には阿蘇大橋ルートの新阿蘇大橋が開通し(写真-3.1(c))、熊本地震で被災した国道・県道は全て開通した。

平成 29 年 8 月の開通時点で応急復旧となっていた長陽大橋ルートは、新阿蘇大橋開通後の令和 3 年 5 月の連休明けから通行止めし、最後に残っていた戸下大橋の本復旧が行われ令和 4 年 3 月に開通したことで国が権限代行で実施した全てのルートの復旧が完了した。

表-3.1 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<sup>1)</sup>を一部加筆、修正

平成 28 年 4 月 14 日、16 日	熊本地震発生(2 度の震度 7 を観測)
平成 28 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
平成 28 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
平成 28 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)
平成 28 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
平成 29 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
平成 29 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)
平成 29 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)
平成 30 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
令和元年 8 月 3 日	俵山トンネルルートの俵山大橋復旧完了・開通
令和元年 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)
令和 2 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
令和 3 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
令和 4 年 3 月 11 日	戸下大橋の本復旧完了、長陽大橋ルート全線本復旧完了・交通開放



(a) 長陽大橋ルート (H29.8 開通)



(b) 俵山トンネルルート(R1.9 全線開通)



(c) 新阿蘇大橋(R3.3 開通)

写真-3.1 開通当日の状況

## 3.2. 復旧技術支援

### 3.2.1. 災害復旧現場での復旧研の対応

地震により被災した構造物の復旧は、損傷・変状の程度が様々であるうえ、所要の性能を確保するための方法もこれらの状態に応じて個別に判断して行う必要があることから、新たに構造物を構築する場合とは異なる高度専門技術を要する。そして、復旧のための技術的判断は、被災後から復旧設計までの調査・計画段階で行えるものもあれば、復旧工事の進展に伴い課題が明らかになって判断が必要となることもある。

復旧研は、復興事務所と共に災害復旧現場に常駐している特性を発揮して、調査・設計段階はもとより、工事の進展に伴って新たに損傷等が発見された場合には、速やかに現地に赴いて確認し、補修方法などの対応案をその場で復興事務所に助言し、必要に応じて復旧設計へのフィードバックできるように技術支援した(写真-3.2、写真-3.3)。そして、復興事務所等の橋梁設計・施工への技術支援、並びに、研究データの取得を目的とした現地調査・診断・協議は、その開催頻度は研究室設立初年度(平成29年度)では1週間で3日という高いものであった(写真-3.4)。このような高頻度できめ細かな対応ができたのは、復旧現場に研究室があつてこそ可能であったことであり、早期復旧に資する対応であったと言える。また、復旧にあたって技術的に解決すべき課題は橋の構造だけでなく、地盤や地質など多岐にわたることから、つくばにある国総研道路構造物研究部並びに土研構造物メンテナンス研究センター(CAESAR)や地質・地盤研究グループなどの関係部署と連携することで対応にあつた(写真-3.5)。この対応においても、復旧研が現地で課題を認識し、復興事務所とともに整理したうえでつくばの関係者と連携して対応にあつたことで、円滑な技術支援が可能となった。



写真-3.2 道路橋の復旧現場での復旧研の技術支援状況例





写真-3.3 復旧研若手研究官による斜張橋ケーブルの調査の様子



写真-3.4 復旧研(右側)と復興事務所との打合せの様子



中空断面  
RC橋脚

(a) 中空断面 RC 橋脚の確認状況  
(土研 CAESAR と連携して対応)



(b) 斜面の安定性の確認状況  
(地質・地盤研究グループと連携して対応)

写真-3.5 土研と連携して対応した復旧現場での技術支援状況例

### 3.2.2. 特徴的な復旧技術支援事例

復旧技術支援にあたっては、単に被災前の状態に戻すだけでなく橋に要求される性能をよりよい形で確保すること、この際、地震に対して強いだけでなく、耐久性や維持管理の確実性や容易さなども考慮することを念頭に、技術基準の策定に関する様々な研究やその策定における議論に携わり、技術基準が要求することの本質に精通している国総研であるからこそ可能である技術的判断に基づいた支援を行った。

本節では、主にこのような観点を踏まえて行った特徴的な技術支援事例を示す。

#### (1) 桑鶴大橋の復旧

2 径間連続鋼斜張橋である桑鶴大橋は、主塔の左右で径間長が異なるうえ、縦断勾配を有する曲線橋である特徴を有している。本橋では、支承の破損に伴って桁端部が浮き上がり、桁全体が曲線外側方向へ移動するとともに、主ケーブルによれが生じた。主塔本体には損傷は生じなかったものの、主塔を支える杭にはひび割れが生じた。この橋の主な復旧内容は、主塔基礎の増し杭、曲線外側方向に移動した桁全体を元の位置に戻すための横移動、よれが生じた上から2段のケーブルの撤去張替、支承部の再構築である。このうち、ケーブルの交換については、道路橋の斜張橋としては国内初の事例であった。

以下に、本橋において技術支援を行ったもののうち特徴的な事例を示す。

A2 橋台支点部では、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、鉛直力も水平力も同一の支承で負担する構造であった支承を、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に変更し、さらに万が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-3.1）。

また、復旧後の橋の管理は元々の道路管理者（本橋は熊本県）が行うことになる。そこで、道路管理者が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などに橋の状態の変化の把握に活用できるような情報の取得を取得方法の提示と合わせて行った。ケーブル張力に関する情報は、張力と振動のしかた（振動数）に一定の関係性があることを踏まえて、ケーブルの振動数から張力を推定できる方法を選定した。このとき、ケーブルの振動数は、ケーブルにロープを引っかけて人力で振動させた時に生じる振動を利用して得ることができる。また、橋体の固有振動数も、車両を角材などの段差から落下させたときに生じる振動を利用することで比較的簡便に得ることができる。このような情報を取得するための試験の方法や試験データの維持管理への活用方法、本橋の振動特性について、熊本県に引き継ぐために供用再開前に現場説明会を行って示した（図-3.2）。

さらに、本橋では、構造上重要な役割を持つケーブルの耐久性を確保する観点から、定着部への水の浸入防止対策として、従来の弾性シール材による止水に加え、ケーブルハット（止水板）を二段配置する構造とし、さらに先端に取り付けるケーブルハットは、ケーブルを伝ってきた水が確実に落下するようにケーブルの角度に応じてケーブルゴムカバーとの間隔を変えて取り付けること（図-3.3）等の技術支援を行った。

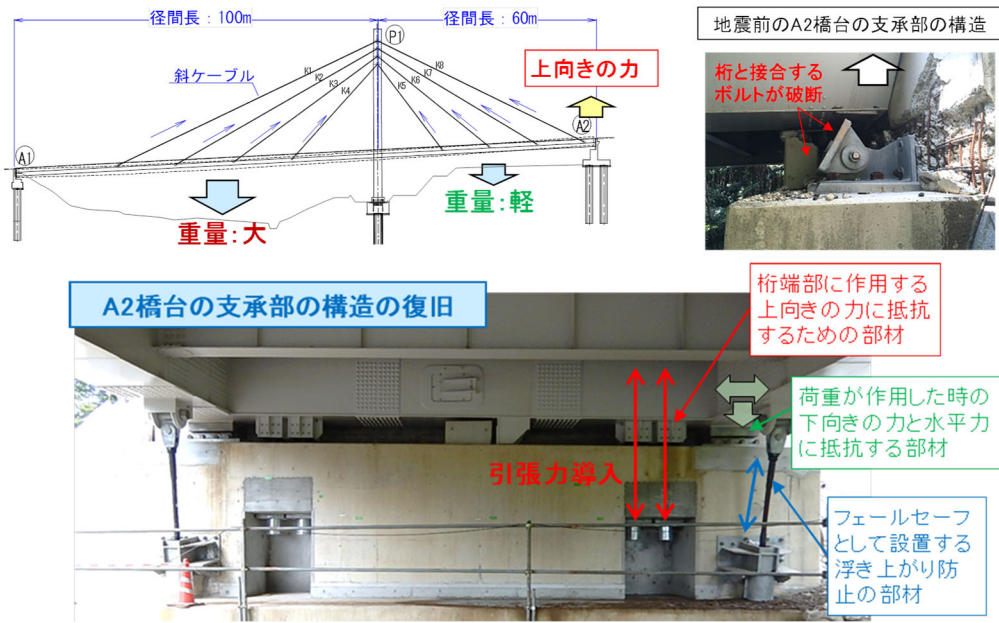


図-3.1 桁端が容易に浮き上がらないようにした支脚部の構造



(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-3.2 管理者(熊本県)に対して行った桑鶴大橋の現地説明会の様子

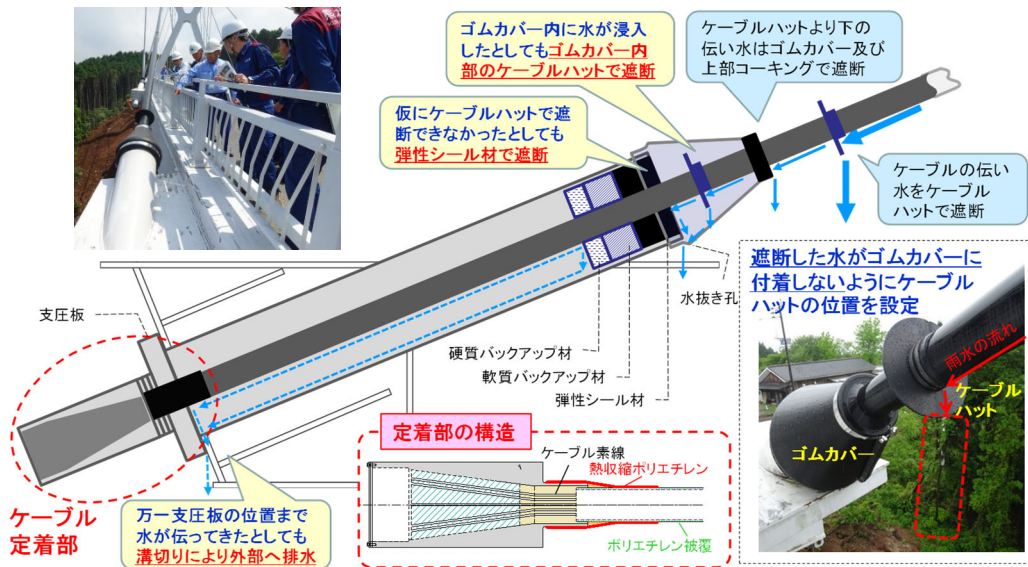


図-3.3 ケーブルの定着部の耐久性を高めるための配慮

(2) 大切畑大橋の復旧

鋼 5 径間連続非合成曲線鋼桁橋である大切畑大橋では、支承部が P2 橋脚の支点上を除き全て損傷し上部構造が下部構造に対して最大で 1m ほどの移動や、鉄筋コンクリート橋脚にひび割れが生じた。さらに、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、特に P1-P2 間では主桁のウェブと下フランジに座屈が生じ、この周辺の床版でもひび割れが多数確認された。この橋の主な復旧内容は、P2 橋脚における RC 巻立て及び増し杭、桁全体を元の位置に戻すための横移動、P1-P2 径間部の主桁の座屈箇所への桁の追加である。

以下に、本橋において技術支援を行ったもののうち特徴的な事例を示す。

本橋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、部材単位で形状を元に戻す等により性能を確保するのではなく、上部構造としての耐荷性能を挽回するという視点から、座屈により低減した主桁の機能を補完する方法として、損傷した主桁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-3.4）。この方策は、部材としてではなく橋としての性能を求めているという道路橋示方書の本質を熟知していればこそ考案できたものである。がことをこの上部構造の補修設計の妥当性を確認するための検証方法を考案し、新たに追加した桁が荷重を分担することを、施工過程での支点条件の変化等に伴い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。

また、耐荷性能を元に戻すための補修方法に応じて、個々の下部構造の耐荷力が確保されることの信頼性に相対的に差があることに配慮して、補修後の下部構造に作用する地震時水平力の負担割合がより信頼性の高い下部構造に大きくなるように支承部を設計する考え方を考案した。

なお、本橋の補修における取り組みが評価され、(一社) 全日本建設技術協会の令和元年度全建賞を受賞した。

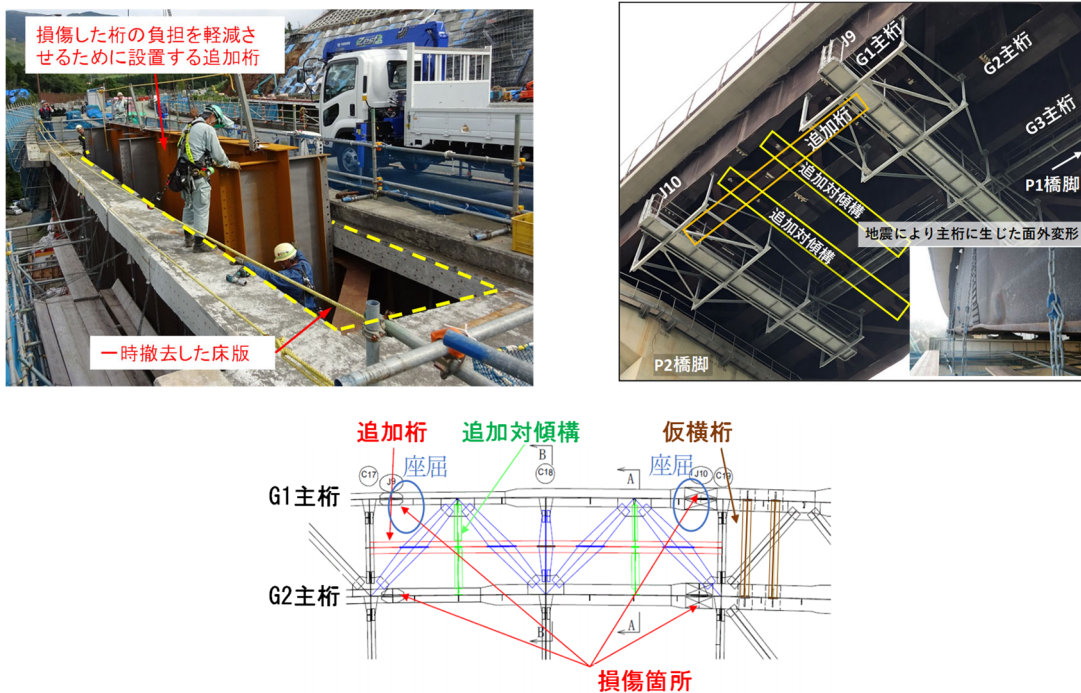


図-3.4 座屈した主桁を残置したまま新たな桁等を追加して補修した上部構造

### (3) 阿蘇長陽大橋の復旧

3 径間連続 PC ラーメン橋である阿蘇長陽大橋では、A1 橋台を支える斜面の崩落に伴い約 2m の橋台の沈下や、中空断面である鉄筋コンクリート橋脚の断面を貫通するほどのひび割れ (P3 橋脚) が生じた。その他、PC 桁は断面を貫通するほどではないがひび割れなどが生じた。この橋の主な復旧内容は、橋台の再構築、P3 橋脚の内空部へのコンクリート充填、PC 桁の繊維シート貼付である。

以下に、本橋において技術支援を行ったもののうち特徴的な事例を示す。

斜面が崩落して沈下した A1 側の橋台の再構築に際しては、斜面崩落等により地盤が不安定化しても、同様の被害が生じないようにするために、不安定地盤を除去したうえで、斜面の一部が不安定になっても構造全体として沈下しにくい構造とすることを提案し、剛性の大きな 5 連の RC ラーメン構造となった。また、橋の背後の新しい道路の線形は、白川沿いの斜面が再び崩落した場合でも道路機能に及ぼす影響を受けにくくするために、白川沿いの斜面から離していくように改めた (図-3.5)。

軸方向鉄筋の段落し部で断面を貫通するひび割れが生じせん断抵抗力が低下した P3 橋脚は、中空部にコンクリートを充填して補修した。この補修にあたっては、コンクリートを充填による自重の増加に伴う基礎の支持力や地震時の慣性力の増加などの影響を確認することや、コンクリートの充填等のために柱頭部に開口部を設置する際に橋の有する性能を低下させないようにするために考慮すべき事項、充填したコンクリートと既設コンクリートを一体化するための鋼材の設置に関する留意点などについて助言をした (図-3.6)。また、コンクリート充填による補修効果について、充填高さが貫通ひび割れを跨ぐ前後で P3 橋脚の振動が卓越する固有振動数が増加 (剛性が増加) していることを車両落下試験、常時微動計測により確認する方法を提案し、実施した (図-3.7)。

なお、本橋の補修における取り組みが評価され、(公社) 土木学会の平成 29 年度田中賞 (作品部門) を受賞した。

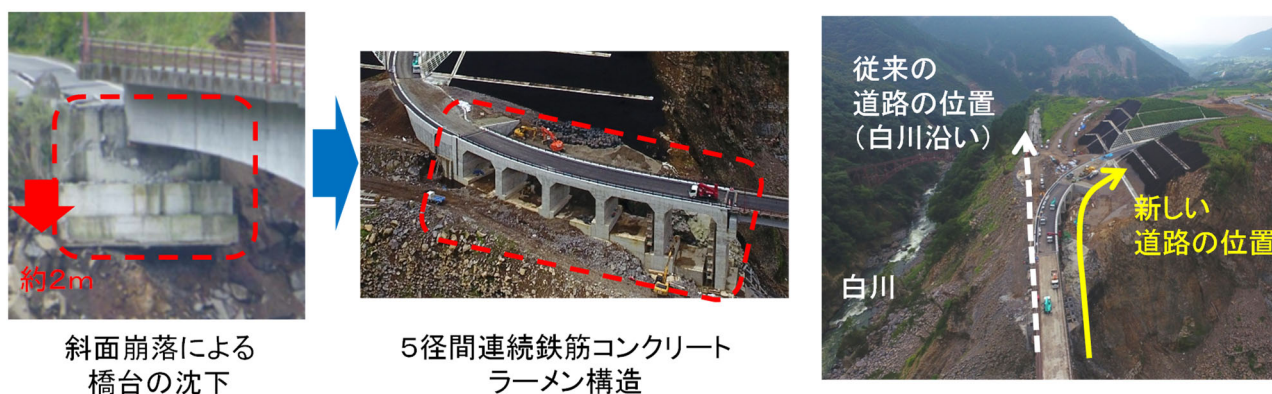


図-3.5 斜面崩落により沈下した A1 橋台の構造及び橋台背面に取付く道路の線形の見直し

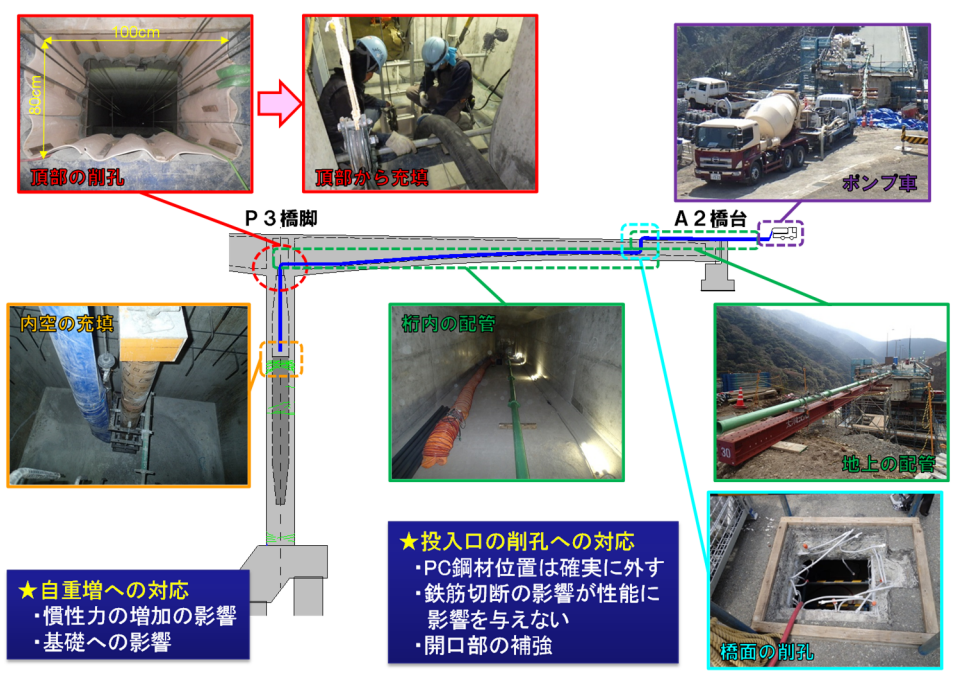
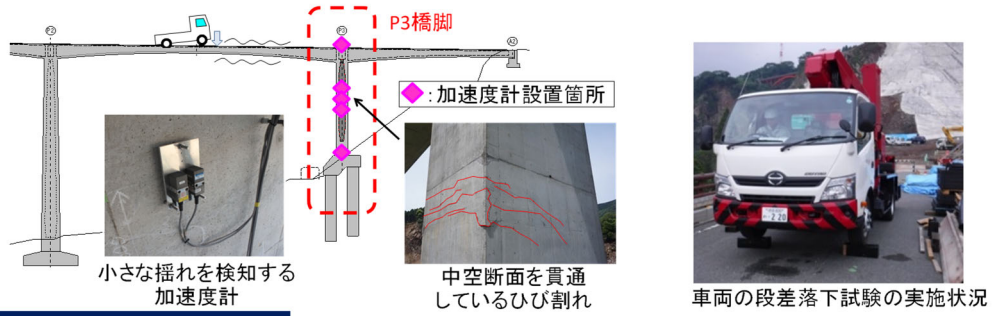


図-3.6 貫通ひび割れが生じた P3 橋脚における内空部へのコンクリート充填による補修

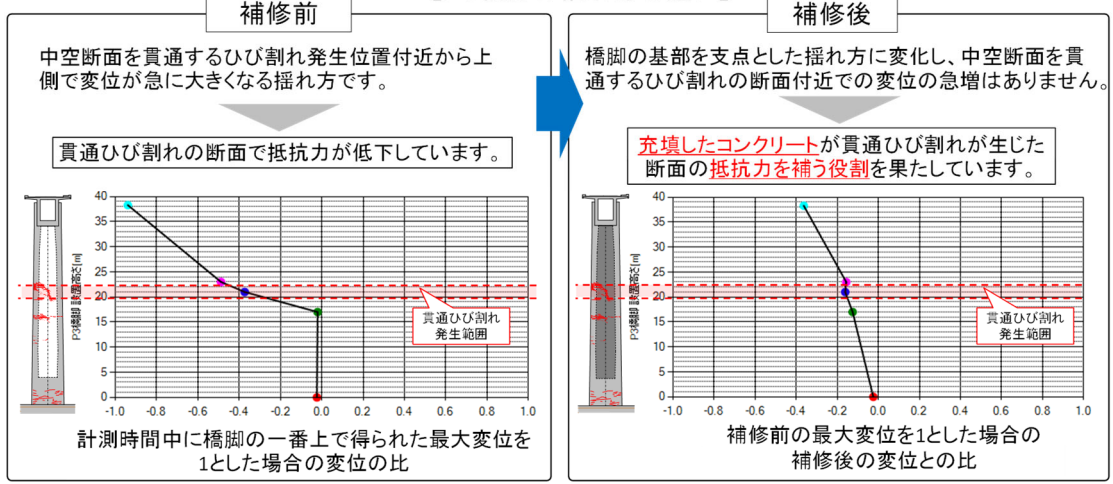
### 橋の揺れ方を確認する方法(振動試験)

- ① 車両を段差から落とし、橋に小さな振動を与えます。
- ② 橋脚の高さ方向に複数とりつけた加速度計を用いて、補修の前後での橋の揺れ方の違いを計測します。計測した加速度から位置の変化量(変位量)を把握します。



### 計測結果(補修効果)

【P3橋脚の揺れ方の違い】



※プラス(+)とマイナス(-)は揺れの方向が反対であることを示す ※計測結果作図協力: モニタリングシステム技術研究組合 (RAIMS)

図-3.7(a) 橋の揺れ方の計測結果に基づく P3 橋脚の補修効果の確認(1)

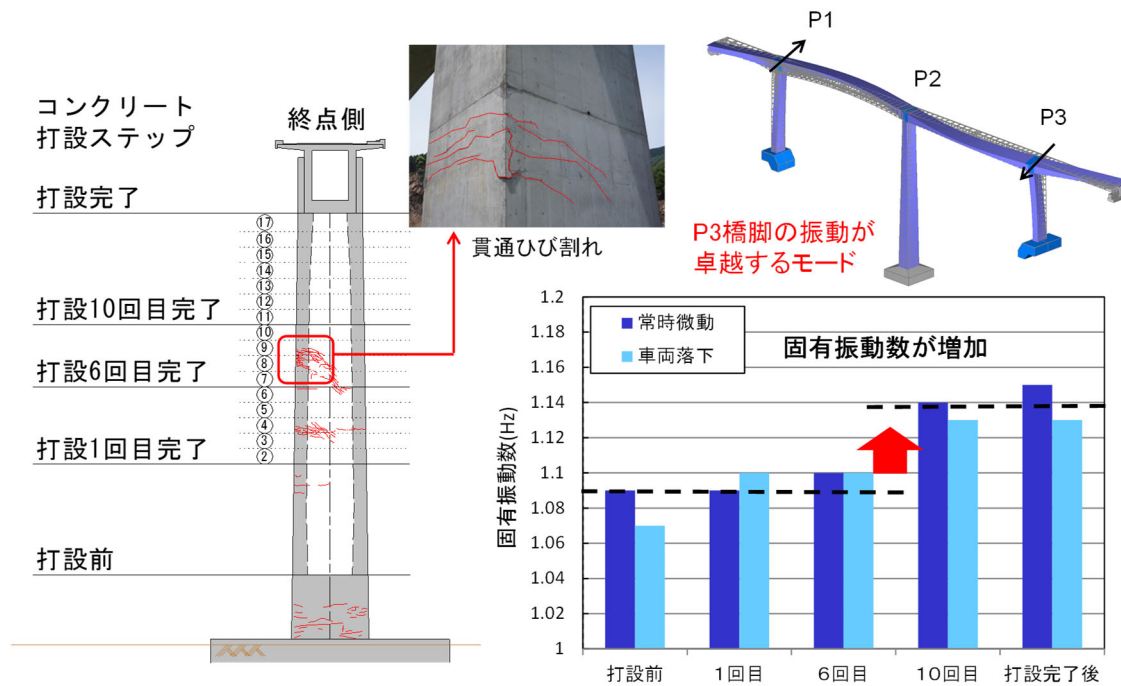


図-3.7(b) 橋の揺れ方の計測結果に基づく P3 橋脚の補修効果の確認 (2)

#### (4) 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 600m 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。

新たな架橋位置は、4 つのルート案を総合的に勘案した結果として、やむを得ず推定活断層を跨ぐなどの厳しい条件がある位置となったが、再び大きな地震が生じたとしても熊本地震で生じたような致命的な状態にさせないこと、さらに地震の後に早期に道路機能を回復できるようにすることを実現すべく復旧を行った。計画時点での復旧イメージを図-3.8 に示す。

渡河部の構造は片持ち架設工法で施工された PC ラーメン橋を選定したが、これに隣接する位置に推定活断層がある。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位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、最終的な破壊が支承で先に生じるようにし、上部構造と下部構造への不測な力の伝達を遮断することで下部構造が倒壊するようなことを避け、落橋させないような設計を行った。この方法として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荷力に差をつけた設計の考え方を提案した。この際、路面に生じる段差をできるだけ小さくすることや、桁が橋脚に落ちた衝撃で桁が破壊することをできるだけ避けるようにする観点から、支承部の中でも先行して破壊させる部材を支承の下側にある取付ボルトに限定することを、被災の教訓も踏まえた検討に基づいて提案した。また、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提案した。以上の断層変位に対して力で抵抗せずに受け流す構造計画のイメージを図-3.9 に示す。この他にも、断層を跨ぐ区間に関する提案として、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、隣接する桁との間に生じる相対変位を拘束しない伸縮装置の選定の提案も行った。

本橋は、渡河部の中空橋脚が最も高いもので97mに達することから、近接目視の際に必要なロープアクセスのためのインサートを施工段階での設置や、中空内部が確認できるように柱頭部への点検孔の設置、内空部への高さ情報の表示によりあらかじめ橋の状態を把握しやすくすること、さらに維持管理に活用できる情報の取得やBIM/CIMによる記録・保存など、維持管理の確実性や容易さにも配慮した方策についても提案した（図-3.10、図-3.11）。

なお、本橋での一連の取り組みが評価され、（公社）土木学会の令和2年度田中賞（作品部門）を授賞した。



図-3.8 復旧する阿蘇大橋のイメージ図（計画段階）

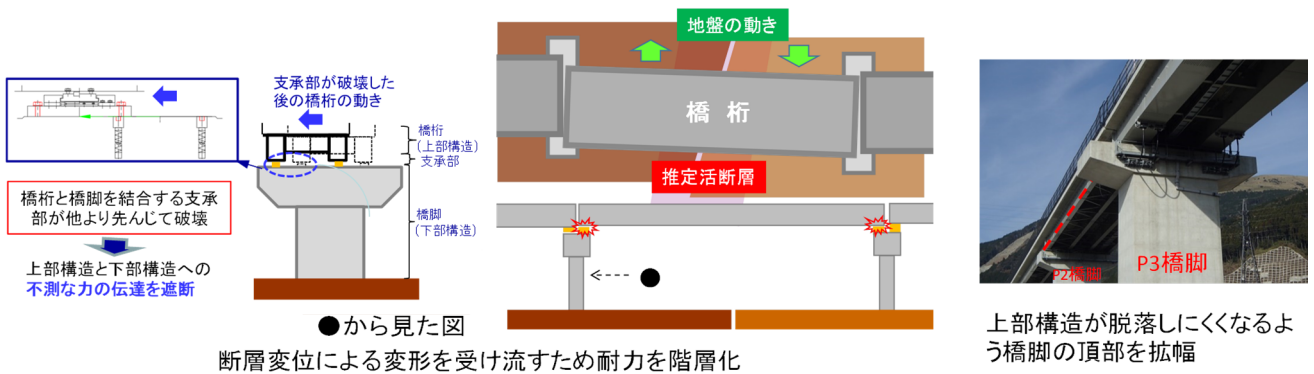


図-3.9 断層変位に力で抵抗せず受け流す構造計画



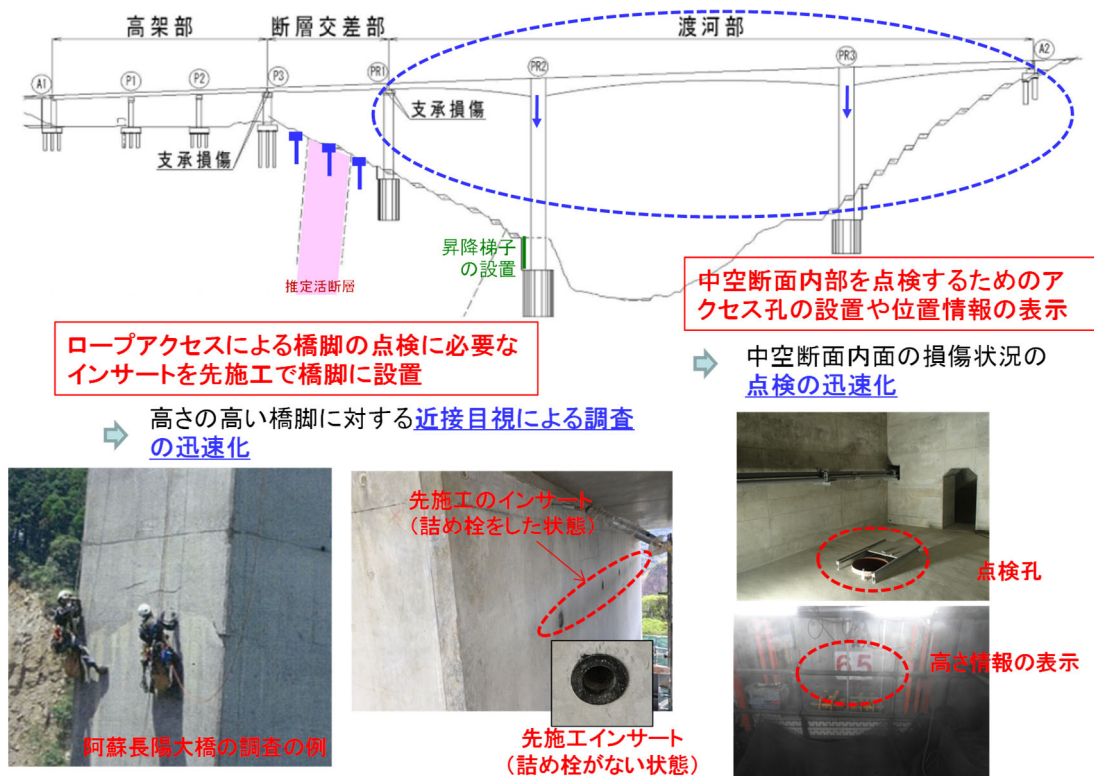


図-3.10 渡河部の橋脚における状態把握を迅速に行うための配慮

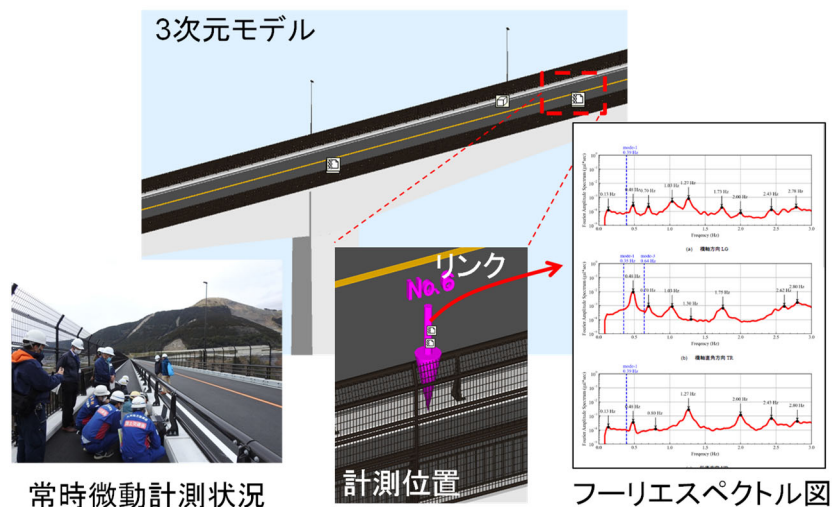


図-3.11 維持管理に活用できる情報の取得と BIM/CIM による記録・保管

参考文献

1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国総研 20 年史、2021. 7.  
 2) 国土交通省道路局・九州地方整備局・熊本河川国道事務所：俵山トンネルルート(県道熊本高森線)が12月24日に開通～トンネルと旧道を活用した東西方向の通行を確保～、平成 28 年 12 月 13 日記者発表資料  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/site\\_files/newsttopics\\_files/20161213/1481589087.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/newsttopics_files/20161213/1481589087.pdf)

## 4. 現地に設置した研究室ならではの研究活動

### 4.1. 研究活動の概要

復旧研では、復旧事業を通じて得られる技術的な知見の収集と技術基準類等へ反映させていくための研究等に取り組んできた。この5カ年で取り組んできた主な研究課題と成果概要は表-4.1に示す。本章ではこの中から、現地調査等を踏まえて見出した新たな課題に関する研究事例を紹介する。

表-4.1 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
地盤変状が橋に及ぼす影響の最小化	<ul style="list-style-type: none"><li>・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</li><li>・道路沿いの斜面変状の早期把握手法の提案</li></ul>
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
ケーブルの耐荷力・耐久性評価	<ul style="list-style-type: none"><li>・ケーブルの耐荷力に関する知見の蓄積</li><li>・ケーブル被覆の補修方法及び耐水性検証方法の提案</li></ul>
基礎の状態把握及び損傷が生じにくい基礎の条件	<ul style="list-style-type: none"><li>・基礎損傷調査における高周波衝撃探査法の活用方法の提案</li><li>・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</li></ul>
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方法	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

## 4.2 現地調査等を踏まえて見出した新たな課題に関する研究事例

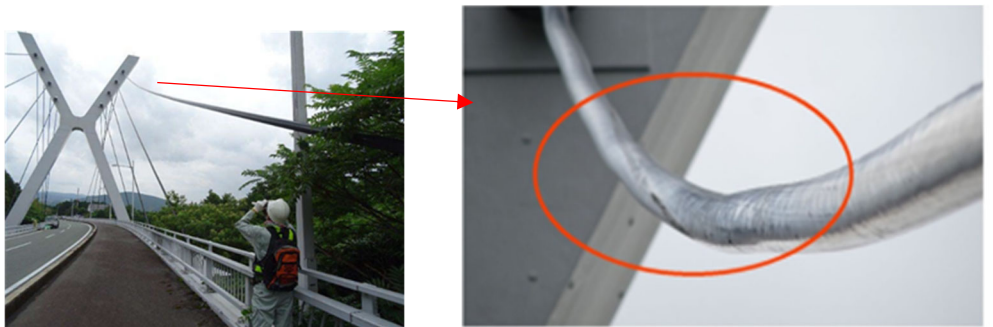
### 4.2.1 ケーブルの耐荷力・耐久性に関する研究<sup>1)</sup>

#### 4.2.1.1. 概要

斜張橋やエクストラドーズド橋などにおける主要な構成部材の一つであるケーブル部材には、供用中に所要の耐荷性能を確保するために必要な強度と剛性を有することに加え、その前提として腐食等の経時的な影響により断面欠損したり強度低下したりしないような耐久性能の確保も合わせて求められる。

2面4段の全16本のケーブルで支持された斜張橋である桑鶴大橋では、熊本地震後に近接目視により外観変状調査を行った結果、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(写真-4.1、写真-4.2)。本橋の復旧では、上段1、2段目の計8本は、外観調査でケーブルのよれが確認されやことやケーブル張力が小さくなっていることから、被覆内部にある鋼線に破断を含めた変状が生じている可能性が排除できないと考えられたため撤去し交換した。一方で、下段3、4段目はよれが見られなかったこと、張力からケーブル塑性化はしておらず弾性範囲に留まっていると判断し残置して再利用した。

本橋では被災により通行止めとなっている橋の復旧ということもあり上記の判断に基づき一部のケーブルを交換したが、一般にケーブル交換はケーブルが負担している張力を別途受け直したうえで取り外し、ケーブル再設置、張力調整するなど、供用を停止した上で大規模な工事が必要となり容易な方法ではない。また、残置ケーブルにも外観調査で確認された被覆材の傷だけでなく過去の補修痕跡が確認されたが、この補修がケーブルに求められる耐久性を確保している状態かの判断も必要な状況であった。一般に、耐久性能を確保するうえで重要な役割を持つケーブルの被覆材は、ケーブル架設



(a) よれ



(b) 定着部でのゴムカバーからのずれ



(c) 照明柱との緩衝による PE 被覆の損傷

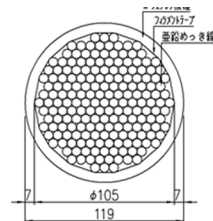
写真-4.1 外観調査で確認された桑鶴大橋のケーブル変状状況



写真-4.2 外観調査で確認された桑鶴大橋のケーブルの被覆の傷の例

中や地震、落雷、風による飛来物衝突等により損傷しうることを勘案すると、補修した被覆材に対する耐久性能の検証も必要と認識された。

そこで、撤去した本橋のケーブル(図-4.1)を活用し、亜鉛メッキ鋼線(以下、「素線」という。)の束を高密度ポリエチレン(以下、「PE」という。)で被覆したケーブルの耐荷力及び耐久性に関する検討を行った。



(最下段を除く)

図-4.1 桑鶴大橋のケーブルの断面構成地震で被災した桑鶴大橋のケーブルの調査

#### 4.2.1.2. 撤去ケーブルの外観調査及び解体調査

撤去ケーブル計8本に対して、ケーブル撤去の直前と後に外観調査と解体調査を行った。なお、ケーブルの撤去は地震発生から約1年3ヶ月後に行われたため、地震発生以降に損傷・変状が発生、進展したものも含まれる可能性がある。

ケーブル外観調査で損傷や変状が見られた箇所、特に変状がなく健全とみられた箇所を7mを標準として切断した計32箇所を対象に、PE被覆及びフィラメントテープをはがしてケーブル内部の素線の状態を目視により確認した。

この結果、内部の素線は、外観調査(被覆をはがす前の状態)でよれや擦り傷、削り傷が生じていた箇所を含めて破断はみられなかったものの、一部箇所では最外縁の素線に茶色い錆が確認された。詳細を見ると、錆が確認された箇所の1つは、写真-4.1(c)に示した被覆が破損し素線が露出した箇所から主桁定着部側に位置するケーブルでみられたものであった。写真-4.3にこの範囲の一部区間の素線の状態を示す。この他に錆が確認された箇所でもこの箇所の上方に素線の露出が確認された損傷箇所がみられた。いずれも特に素線に沿った錆が顕著であり、素線どうしの谷間が水みちになったものと考えられる。一方で、被覆が破損し素線が露出していた箇所の素線には錆は見られなかった。このことから、地震の際に被覆に傷が生じ、それ以降にその傷の箇所から雨水が被覆内部に浸入し、ケーブル内部が湿潤な状態になったことが発錆の要因である可能性がある。



写真-4.3 被覆破損位置下方の素線の錆の状況

#### 4.2.1.3. 撤去ケーブルの耐荷力に関する調査

建設当時からの経年変化や、地震による損傷の有無がケーブル強度に与える影響の確認を目的として素線の引張試験を実施した。試験体はケーブル解体調査をした計 32 箇所から、ケーブル健全部分、よれ部分、腐食が確認された部分から選定した素線 102 本である。引張試験は、日本鋼構造協会の JSS II-11-1194 に基づき行い、試験で用いた素線の長さは 500mm (つかみ間隔 350mm) とした。なお、引張試験は、単調引張試験に加えて、素線に塑性変形が生じた履歴の有無を確認できるようにするため、予め塑性変形を与えた後に除荷をした状態の素線に対しても引張試験も行った。ここで、予め塑性変形を与える引張試験では、まず塑性変形をした状態を模擬するために約 3%の引張ひずみに相当する荷重まで引っ張った後に除荷し、2%程度の残留ひずみを生じさせた。この後に試験機から一旦素線を取り外したうえで再度設置し、このときの伸びを 0mm とした上で再度引張試験を行った。この試験は、撤去ケーブルの素線と新品の素線それぞれ 1 本を対象に行った。

図-4.2 に外観調査でよれがみられたケーブルと健全とみられたケーブル、錆が生じていたケーブルから採取した素線の引張試験の結果から得られた破断伸びを、同製品の納品当時の実績等と合わせて示す。ここで、図の横軸はケーブル内の素線の位置を示しており、ケーブル中心の素線が  $\delta 0$  で最外縁の素線が  $\delta 7$  を意味している。いずれの素線の破断伸びも 6.6~7.4%の範囲にあり、JSS の規格値 (破断伸びで 4%) を上回った。錆が見られたものは、JSS の規格値は上回るものの錆がない素線よりは破断伸びが小さい傾向にある (6.6% (錆のみ)、5.8% (錆とよれ))。また、一度塑性化させた素線 (再載荷した素線) の場合は破断伸びが 5.2~5.4%とこれよりさらに小さく、再載荷しない場合より明らかに小さい。以上の結果から、撤去されたケーブルは外観調査でよれや錆が確認されたケーブルも含めて、塑性域まで達するような力が作用した可能性は低いと推測された。

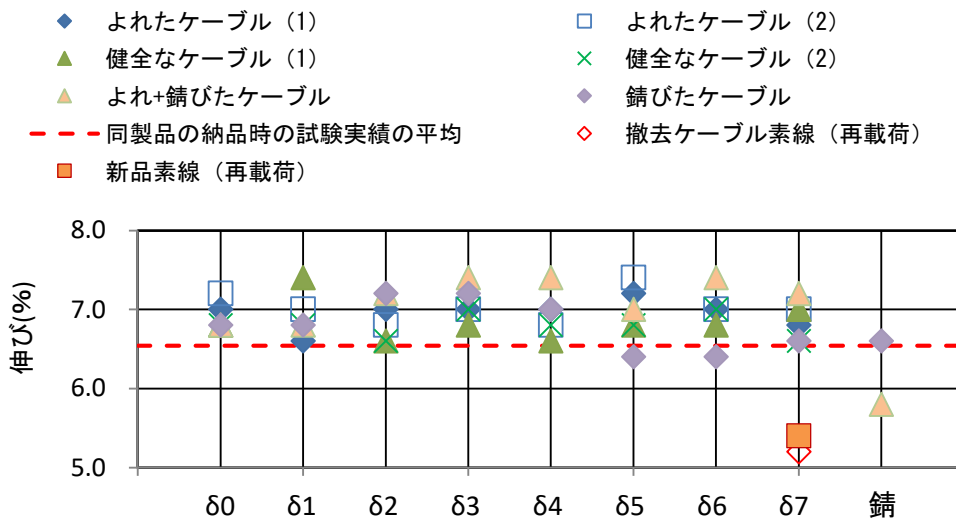


図-4.2 素線の引張試験による破断伸びの比較

#### 4.2.1.4. ケーブルの耐久性に関する研究

##### (1) ケーブル内部の状態把握方法

ケーブル内部の素線の状態の確認方法として、本研究では PE 被覆の一部を削孔して内部の状態を確認する微破壊調査によりケーブル内部の素線の状態を目視で把握する方法を検討した。

被覆を削孔する際の孔の位置や大きさは、内部の素線状態の把握に加えて、ケーブル内の温湿度環境や、調査後に削孔部を補修してケーブルを引き続き供用することも考慮して決める必要があり、前述の調査結果等を踏まえて以下のように整理した。

- a) 削孔位置はケーブルの中でも腐食環境となりやすい箇所であること、調査後に孔を閉塞する観点から、ケーブル表面を伝う雨水の水みち経路上にないこと、閉塞のための補修施工の確実性が確保できる箇所であることに配慮して選定することが重要である。具体的には、降雨時のケーブルを伝う水の流れから水みちとなるケーブル下面 (写真-4.4) や、より直接的に雨がかけやすいケーブル上面側は避けることや、調査のために大がかりな足場の設置などをせずとも目視による確認が容易な位置が適している。
- b) 削孔部の大きさは、錆は素線どうしの谷間が水みちとなって生じていたことが前述の撤去ケーブルの調査で確認されたことから、隣接しあう少なくとも 2 本の素線の確認はできるようにする必要がある。また、削孔部は調査終了後に補修するが、補修部とその周辺の被覆との応力差などにより被覆が損傷しケーブル内部に水が浸入することがないような補修ができることも考慮して設定する必要がある。

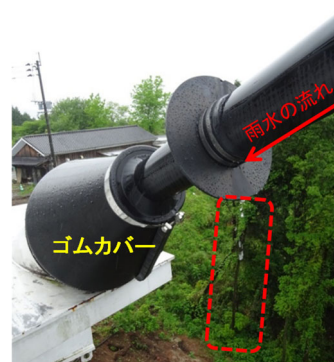


写真-4.4 ケーブルを伝う水の流れ

##### (2) PE 被覆の補修方法

PE はその物性上、接着剤が使用できないものの熔融による溶着はできる。また、被覆の補修方法は補修範囲の大きさや形状などによって使い分けることが想定される。ここでは、主にケーブル内部素線の状態を確認するための局所的な欠損箇所の補修を想定して、小孔や直線状の傷を熔融した PE 材を充填する方法による補修を対象に検討した。

検討は撤去ケーブルを活用して行った。まず、ケーブルの PE 被覆に小孔や傷を模した欠損箇所をつくり、溶着時の熱の与え方や削孔部への溶接材のあて方などを変えて PE 材を充填して試験体を作製した。そして、作製した試験体に対して、補修した被覆部の断面状態、補修した被覆の強度、さらに後述する方法による耐水性の確認を行った。

この一連の検討の結果から、PE 被覆の補修にあたっては、PE 材を充填する削孔部とその境界部の母材部分だけでなくその周辺の母材も十分に予熱すること、溶接材が接することになる削孔部の内側の母材部分を内部素線との接触部まで温めること等、耐水性を確保した施工品質のよい補修を行ううえで重要となる点を明らかにし、補修方法を提案した(図-4.3)。

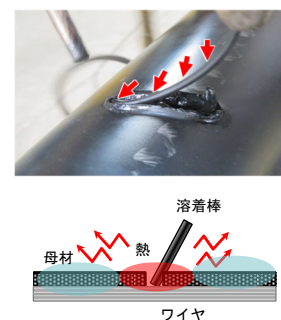


図-4.3 補修状況

##### (3) PE 被覆を補修したケーブルの耐水性検証方法

PE 被覆を補修したケーブル部材の内部鋼材の腐食に対する耐久性を検証するために、補修箇所から

ケーブル内部に水が浸入しないことの確認する方法を検討した。

ケーブル被覆の耐水性を確認するための標準的な試験法は我が国には現時点ではない。そこで、本研究では、CIP recommendation on cable stays<sup>2)</sup>の article11.3 “Qualificaiton of cable-stay watertightness” に示される試験法を参考に耐水性試験法を検討した。この試験は、ケーブル定着部が浸水した状態を想定したもので、浸水させたままの状態温度変化を与えたり、ケーブル軸直角方向に偏向角を繰り返し与えたりしたうえで耐水性を確認するものである(図-4.4)。一方で、今回の試験はケーブル定着部を対象としたものではなく補修をした被覆部からの水の浸水有無の確認が目的であることを考慮し、本研究では浸水深さ、浸水時間、温度変化に伴う被覆の伸縮等の影響を考慮した温度負荷のサイクルと温度付与を表-4.1の条件とした試験法によることとした。

試験体のケーブル長は300mmとし、ケーブル端部はペーパーを入れた上でVUキャップで密閉し、さらに熱収縮チューブにより止水性を確保した。これを食紅で着色した水に入れ、端部に設置したペーパーの色の変化からケーブル内部に水が浸入したことを確認できるようにした。以上を踏まえて提案した耐水性検証方法を図-4.5に示す。

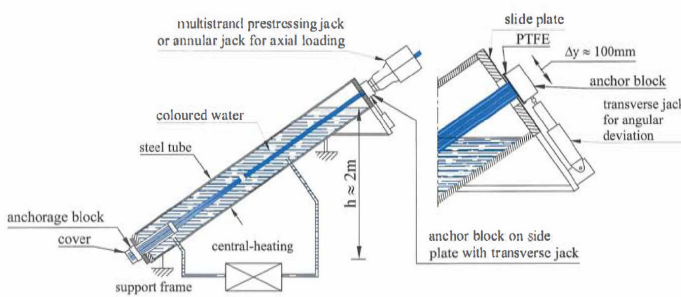


表-4.1 耐水性試験の条件

項目	条件
浸水深さ	3.7m(試験上面位置) 図-4.5(c)参照
浸水時間	3日
浸水前に与える温度負荷	温度変化範囲：20～70度 3サイクル (12時間毎に切替)

図-4.4 watertightness test rig

(文献2)より抜粋)

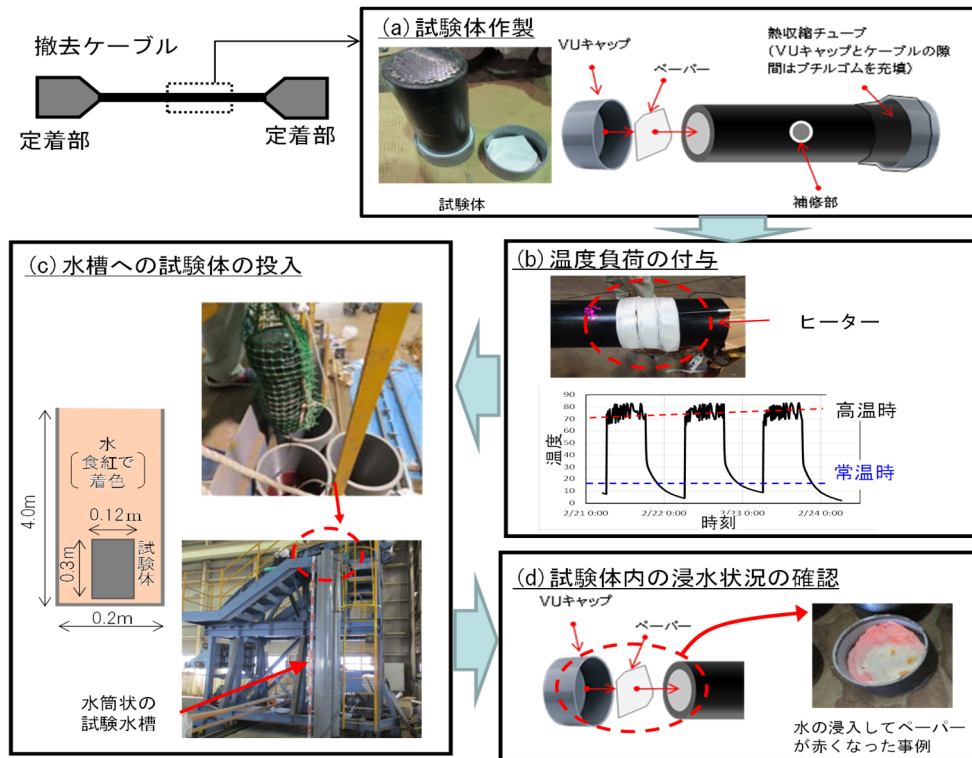


図-4.5 PE被覆を補修したケーブルの耐水性検証方法の提案

#### (4) 復旧工事での研究成果の活用

残置した桑鶴大橋のケーブル8本について、耐久性能が確保できているかを確認するために内部の素線状態の把握を、(1)で示す状態把握方法により行った。削孔範囲は本橋のケーブルの素線の直径(7mm)も踏まえて直径10mmの円孔とし、位置はケーブル全長の下方の定着部付近にあるゴムカバー上面より25cm上方で橋面側の側面とした。孔内の素線の状態を確認後の補修は、(3)で示す耐水性検証方法により確認をした(2)に示す施工品質のよい補修方法により行った。残置ケーブルの調査孔位置及び調査孔の補修状況を図-4.6に示す。

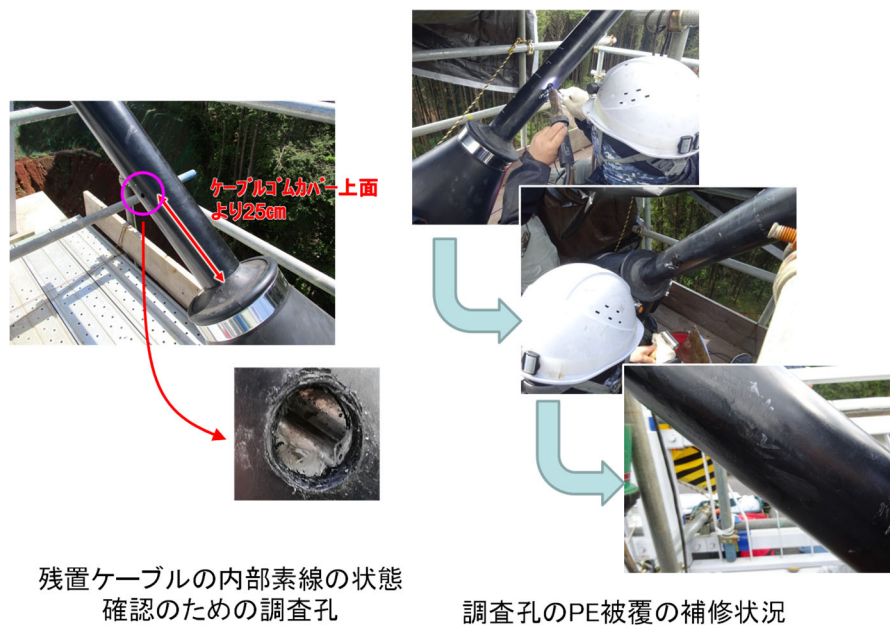


図-4.6 桑鶴大橋の残置ケーブルの調査孔位置及び調査孔のPE被覆の補修状況



## 4.2.2. 基礎の状態把握及び損傷が生じにくい基礎の条件に関する研究<sup>3)</sup>

### 4.2.2.1. 概要

橋梁基礎は土中にあるため、大規模地震などにより変状が生じると状態の把握や補修が容易でなく、基礎の変状が疑われる場合には復旧に時間を要することが少なくない。したがって、地震後に道路機能を速やかに回復するためには、基礎の状態把握を速やかに行えるようにすることや、基礎の損傷を生じにくくすることが重要な観点であると考えられる。復旧研では、この2つの観点について熊本地震で被災した道路橋で行われた基礎の損傷調査データを活用した研究を行った。基礎の状態把握を速やかに行う観点からは、比較的速やかに行える手法の一つとして用いられる高周波衝撃弾性波法の適用性を検証したうえで、基礎の損傷評価における活用方法を検討した。また、基礎の損傷を生じにくくするという観点からは、基礎の損傷と基礎の構造形式や基礎周辺の地形条件の関係について分析し、損傷が生じにくい基礎の構造形式や地形条件を整理した。

### 4.2.2.2. 基礎の状態把握を速やかに行う調査方法に関する研究

#### (1) 高周波衝撃弾性波法による損傷度評価の精度検証

橋梁基礎の状態把握手法には直接目視、ボアホールカメラによる間接目視、非破壊検査である弾性波法や磁気探査、AE法等の手法がある。このうち、弾性波法やボアホールカメラによる調査は、比較的速やかに行うことができる基礎の状態把握手法として用いられることが多い。

本研究では、熊本地震後に実施された基礎の損傷調査結果を活用して、基礎の損傷調査の初期段階で用いられることが多い手法である高周波衝撃弾性波法(写真-4.5)の評価精度を、ボアホールカメラ調査(写真-4.6)による損傷評価と比較、分析することで検証した。

熊本地震で被災した基礎の高周波衝撃弾性波法による損傷度は、反射波を検知する確率から損傷度をA~Dの4段階に区分して評価している(表-4.2)<sup>4)</sup>。ここで、反射波を検知する確率とは、同一の測点で複数回計測した際の計測回数と反射波の検知回数の比である。損傷度Bは耐荷性能に影響を及ぼす程度ではないものの軽微な損傷が生じている状態、損傷度Cは耐荷性能への影響が懸念される損傷が生じている状態をそれぞれ想定している。損傷度BとCの違いは杭先端からの反射波が高い確率で検知されるかにあり、具体的な閾値は個別の現場で設定されている。

高周波衝撃弾性波法とボアホールカメラ調査による損傷評価のクロス集計を行うにあたっては、高周波衝撃弾性波法において損傷度BとCの評価の違いとなる杭先端からの反射波の検知確率の閾値を、全



写真-4.5 高周波衝撃弾性波法による調査例

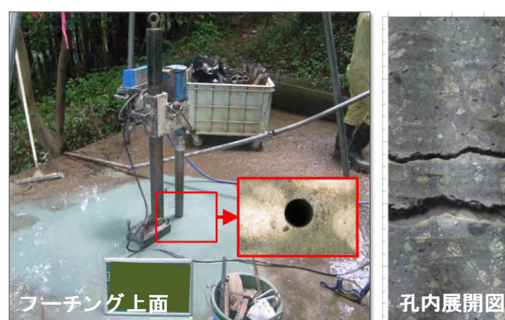


写真-4.6 ボアホールカメラによる調査例

表-4.2 高周波衝撃弾性波法による損傷度評価

損傷度	A	B	C	D
杭の健全性	良好	概ね良好	やや不良	不良
杭先端部の 反射波の検知	高い確率で 検知あり	検知あり	確率は低い が 検知あり	検知なし
杭途中部の 反射波の検知	検知なし	高い確率で 検知あり	高い確率で 検知あり	高い確率で 検知あり

での計測で反射波を検知した場合である 100%とした。これは各測点における計測回数が 3 回程度であり確率を算出するにはサイズが小さいことによる。ボアホールカメラ調査による損傷評価は孔内展開図にひび割れによる不連続面が確認できるか否かの 2 区分で評価した。このとき、ボアホールカメラ調査でひび割れの幅が明確に測定できるのは 1mm 以上<sup>5)</sup>であるが、ここでは不連続面の有無のみに着目し最大幅 1mm 未満のひび割れによる不連続面も対象とした。

2 つの調査法で評価した損傷の集計結果を表-4.3 に示す。この分析で対象としたのは、熊本地震後に実施された基礎の損傷調査の中で高周波衝撃弾性波法とボアホールカメラ調査の測点位置が同じか近傍である 5 基 8 本の杭体における 9 測点の調査結果である。なお、本検討では、間接目視で損傷の状態を確認できるボアホールカメラ調査で評価された損傷が、損傷が確認された基礎深度の断面全体に生じており、これを正として分析した。

耐荷性能への影響が懸念される損傷が生じている状態を想定している損傷度 C の事例ではいずれも不連続面が確認された。一方、高周波衝撃弾性波法で損傷度 B と判定された事例に対しては、不連続面なし、ありがそれぞれ 3 事例とばらついた。不連続面ありの 3 事例のうち 1 事例では、孔内展開図から杭頭付近に最大幅 1mm のひび割れによる不連続面と、杭全体に幅 1mm 未満のひび割れによる不連続面を確認した。他の 2 事例では、孔内展開図から最大幅 1mm 以上のひび割れによる不連続面を複数確認した。この中には最大幅 25mm のひび割れによる不連続面もあった。損傷度 B は軽微な損傷を想定していることを踏まえると、これらの結果は損傷評価方法が想定している損傷度の区分と実際に基礎に損傷が生じているレベルが対応しない場合があることを示唆しているといえる。

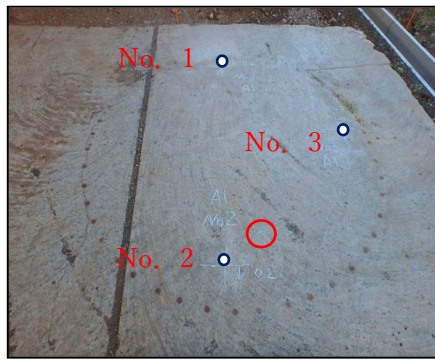
表-4.3 高周波衝撃弾性波法による損傷度評価とボアホールカメラ調査による損傷評価の関係

ボアホール カメラ調査	高周波衝撃弾性波法			
	A	B	C	D
不連続面なし	0	3	0	0
不連続面あり	0	3	3	0

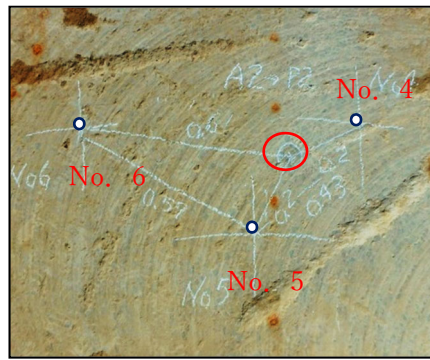
### (3) 高周波衝撃弾性波法による損傷位置の評価精度

高周波衝撃弾性波法により評価される損傷位置について、ボアホールカメラ調査の孔内展開図から得られる位置と比較、分析することで損傷位置の検知精度を検証した。

この検証にあたっては、橋台をセットバックして再構築することになったことから杭頭付近より上側が撤去された俵山大橋の橋台基礎を活用して行った。この旧橋台基礎を対象に地震後の調査でボアホールカメラ調査が行われた地点や杭体の鉄筋との位置関係を確認しながら高周波衝撃弾性波法を行う位置を 1 つの杭に対して 3 測点定めた(写真-4.7)。ボーリング調査が行われた杭体はいずれも径が 2.5m の基礎杭で、杭長は A1 橋台基礎が 22.0m、A2 橋台基礎が 23.5m である。



(a) 旧 A1 橋台



(b) 旧 A2 橋台

○ ボアホールカメラ調査位置  
○ 高周波衝撃弾性波法位置

写真-4.7 高周波衝撃弾性波法の実施位置 (俵山大橋)

高周波衝撃弾性波法で反射波深度を評価するためには、調査原理から弾性波速度の設定が必要である。ここでは、文献や資料、同様の調査実績などから弾性波速度を参考に橋台コンクリート及び深礎杭の弾性波速度は 3.5km/sec とした。

表-4.4 に高周波衝撃弾性波法による損傷検知結果の精度を示す。ここでは、ボアホールカメラ調査を正である前提で損傷位置が合致する箇所数と合致した比率を示す。なお、ボアホールカメラ調査は A1 橋台基礎では杭頭位置から深さ 10m、A2 橋台基礎では 9.8m の範囲で行っているため、この範囲での比較である。図-4.7 に、A1 橋台基礎での調査による損傷箇所等を表す反射波深度を示す。なお、この調査法で推定さされる深度位置はこれまでの調査実績から深度長に対して概ね±5%程度の誤差が生じることからこの範囲も合わせて示している。

2つの調査法による損傷位置が合致した割合は、個々の測点での結果だけでみると 3~5 割程度であるが、それぞれ 3 測点の結果を合わせると 8 割程度であった。また、いずれにおいてもボアホールカメラ調査の結果より損傷箇所を少なく評価している一方で、高周波衝撃弾性波法の場合のみ損傷があると判定されたのは 2 割程度に留まっている。ボアホールカメラ調査で確認された損傷位置と合致する割合は、ボアホールに近い測点で合致する比率が高いと想定していたものの有意な関係性はみられなかった。これらのことから、高周波衝撃弾性波法で基礎の損傷評価では、測点数が少ないと損傷箇所を少なく評価し結果に影響すること、損傷箇所の直上付近で測定しても損傷位置の推定精度が必ずしも向上するとは限らないといえる。

表-4.4 損傷箇所検知率

橋台名	測点名	ボアホール位置からの離れ(m)	ボアホールカメラ損傷検知箇所数(a)	高周波衝撃弾性波法での損傷検知箇所数		損傷箇所合致率(c)/(a)(%)	損傷外検知率(b-c)/(a)(%)
				(b)	(c)うちボアホールカメラ検知箇所と合致した箇所数		
A1	No. 1	1.9	18	8	8	44.4	0
	No. 2	0.2		11	10	55.6	5.6
	No. 3	1.0		9	8	44.4	5.6
	計	—	18	17	15	83.3	11.1
A2	No. 4	0.2	9	5	5	55.6	0
	No. 5	0.2		5	3	33.3	22.2
	No. 6	0.6		6	5	55.6	11.1
	計	—	9	9	7	77.8	22.2

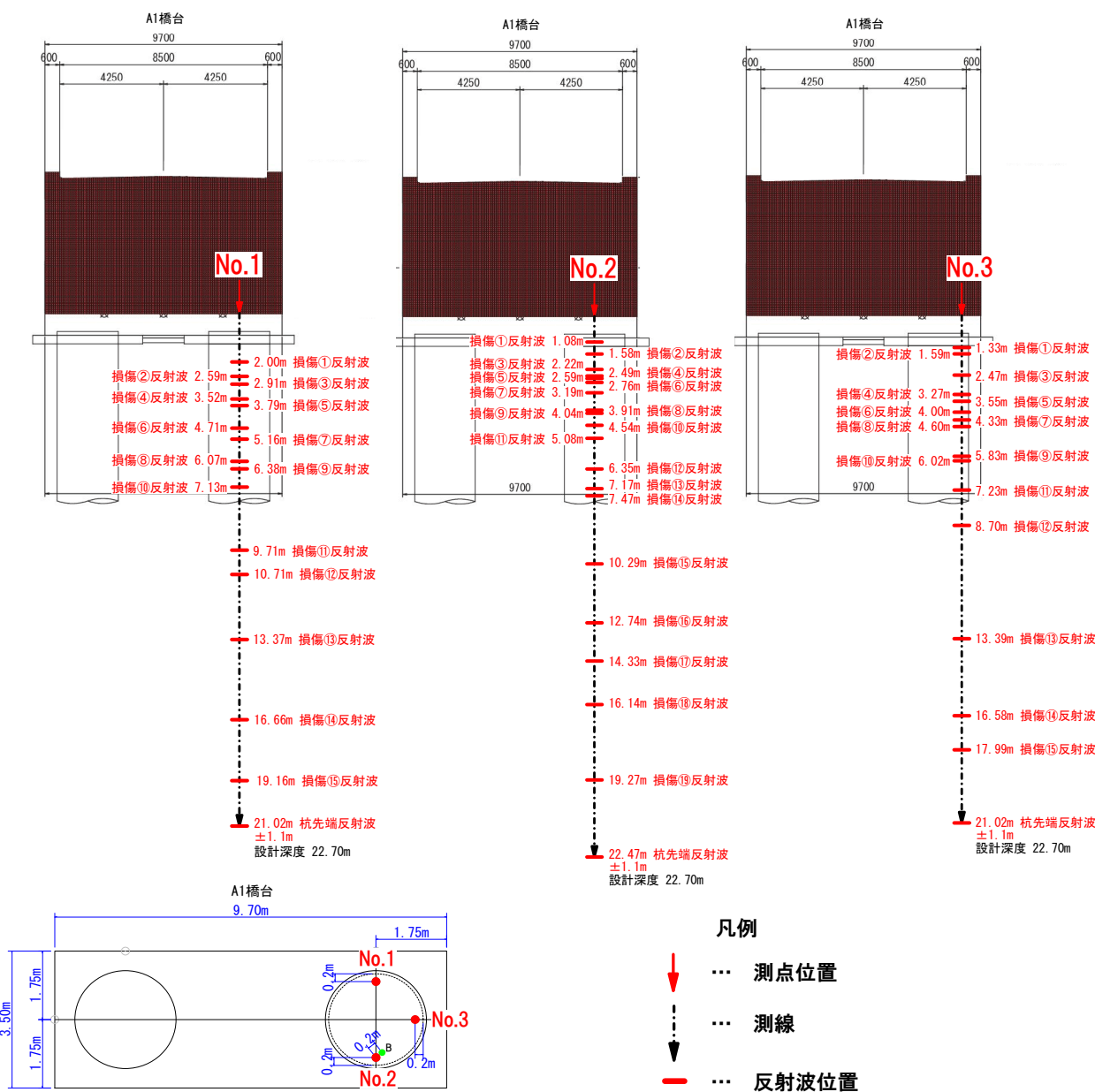


図-4.7 高周波衝撃弾性波法で評価された損傷位置 (A1 橋台)

#### (4) 地震後の基礎の損傷調査法の選定の考え方

高周波衝撃弾性波法は地震後の基礎の状態把握を迅速に行える方法の1つとして用いられることが多いが、今回の検討から高周波衝撃弾性波法により耐荷性能に影響ない程度の損傷と評価した場合でも、ボアホールカメラ調査により損傷が認められる事例を確認した。この結果から、地震後の基礎の状態把握を速やかに行う観点からは、高周波衝撃弾性波法はボアホールカメラ調査の実施対象を選定するスクリーニングとして活用することが考えられる (図-4.8)。ただし、今回の検討対象には損傷度 A に相当するデータが含まれておらず、また、基礎形式、地盤条件含め限られた調査結果に基づく提案であることには留意が必要である。

なお、本研究では基礎の損傷調査法として迅速に行える方法の1つとして高周波衝撃弾性波法を対象に検証したが、今後開発される方法も含めて別の基礎損傷調査法によることも考えられる。そのと

きに調査の迅速性や容易さ、把握できる損傷の程度等を勘案して、基礎の損傷調査法を適切に選定できるようにするためには、少なくとも上記(2)(3)と同様の観点から精度の検証がされていることが望ましいといえる。

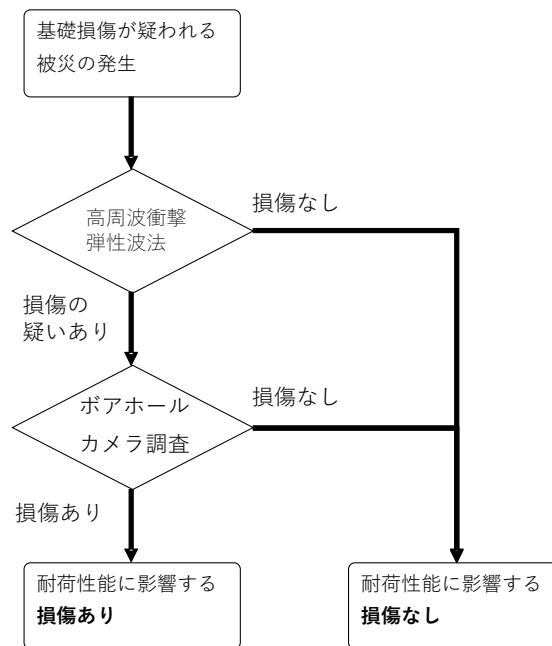


図-4.8 地震後の基礎の損傷調査における高周波衝撃弾性波法の活用方法案

#### 4.2.2.3. 損傷が生じにくい基礎の条件に関する研究

熊本地震後に行われた基礎の損傷調査データを用いて基礎の構造形式や基礎周辺の地形条件と基礎の損傷との関係を分析し、主に斜面上などにある基礎において損傷が生じにくい条件を整理した。

検討対象は、外観調査により被害の有無を判断できる直接基礎、およびポアホールカメラによる損傷調査が行われた基礎で橋台基礎9基と橋脚基礎11基の合計20基である。直接基礎については、橋の性能に影響を与える沈下や平面移動等が確認された場合を損傷として計数した。また、下部構造が設置された周辺の斜面条件を簡易的に定量化するために、図-4.9に示すように下部構造の周辺の等高線の状況から周囲の傾斜した斜面の方向数を「斜面方向数」として定義した。

斜面方向数別の基礎の損傷状況を図-4.10に示す。斜面方向数0~2の場合には、斜面方向数と基礎の損傷有無との間に関係性は認められない一方で、斜面方向数3に該当する直接基礎2基と橋軸方向に単列配置の深礎基礎1基ではいずれも損傷が生じていた。このうち深礎基礎は、橋の耐震設計法が大きく変わった平成8年の道路橋示方書を適用して設計された橋の基礎である。これらから橋台の前面側及び両側面側が全て斜面となっているような位置に橋台を設置すると、適用示方書によらず地盤変状の影響を受けた際に基礎に損傷が生じやすい傾向にあるといえる。

斜面方向数1または2の場合を対象に、基礎の損傷状況を基礎の構造形式ごとに集計した結果を図-4.11に示す。これより基礎の損傷は橋軸方向に単列配置となった深礎基礎の場合に損傷が発生しやすい傾向があるといえる。

以上より、下部構造の周囲を斜面に囲まれた場合や橋軸方向に単列配置された深礎基礎において斜面変状の影響を受けやすいといえる。この結果を踏まえると、斜面の近傍に下部構造を設置せざるをえない場合に地盤変状の影響に対して基礎に損傷が生じるリスクを小さくするためには、変形の生じ

にくい複数列配置の基礎形式にする、あるいは大口径深礎基礎のような剛性が高い形式を選定する方がよいことがわかる。

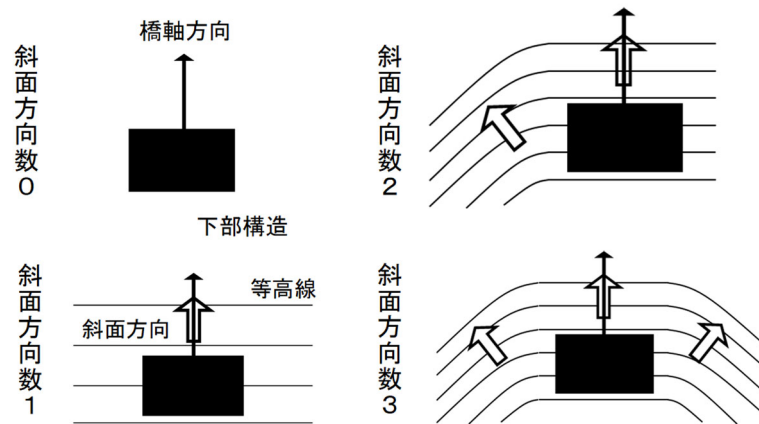


図-4.9 斜面向数の定義

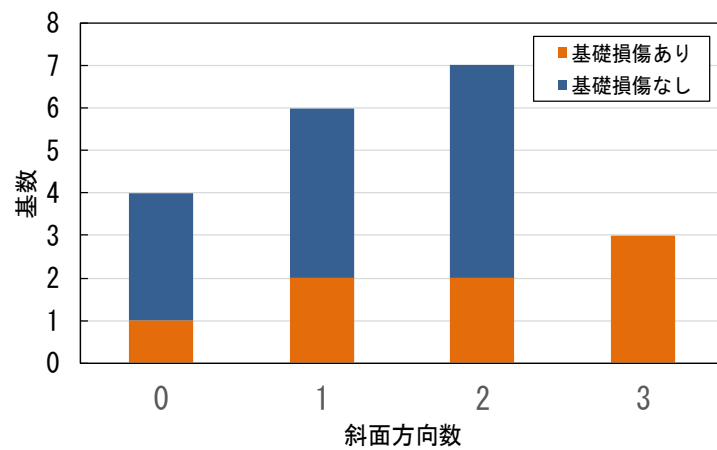


図-4.10 斜面向数が基礎の損傷に及ぼす影響

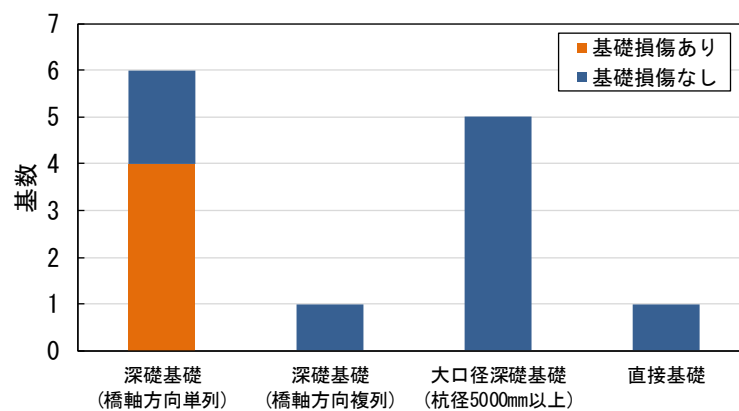


図-4.11 斜面向数が1又は2の場合において基礎の構造形式が基礎の損傷に及ぼす影響

### 4.3. 3次元点群データを活用した斜面変状把握手法に関する研究<sup>6)</sup>

#### 4.3.1. 概要

熊本地震では、地盤変状の影響により道路機能に支障をきたす被害が発生し、その中には急峻な斜面沿いにあり復旧に長時間を要した道路もあった(写真-4.8)。このような条件の道路で地震後に通行可否や応急復旧判断をできる限り速やかに行うためには、斜面の状態を早期かつ面的に把握することが重要な要素の一つとして課題認識された。復旧研では、近接が容易でない斜面の状態を安全で早期かつ面的に把握できる方法として、UAVレーザ測量で取得した3次元点群データを活用した変状把握手法の研究を実施した。



(a) 村道栃の木～立野線 戸下大橋



(b) 国道57号 立野橋付近

写真-4.8 熊本地震で被災した斜面沿いにある道路の事例

#### 4.3.2. 点群データの取得方法と斜面変状の評価方法

斜面の3次元点群データを取得するための計測方法は、大規模地震後に接近が容易ではない斜面を対象に面的にかつ速やかに行えると考えられるUAVレーザを用いた方法によることとした。また、計測方法の違いが変状把握結果に及ぼす影響を検討する観点から地上レーザスキャナ(TLS)を用いた方法も併せて実施した。計測から3次元モデル作成までの一連は、「UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」<sup>7)</sup>及び「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」<sup>8)</sup>(以下、これらを「公共測量マニュアル」という。)に示される標準にて実施した。

これらのマニュアルでは、植生の影響が大きい箇所のグラウンドデータを成果品目とする場合、オリジナル点群データの要求点密度を20~200点/m<sup>2</sup>以上とすることが定められている。本検討での計測にあたっては、これを十分満足できるように400点/m<sup>2</sup>以上となるよう計測条件を設定した。取得した3次元点群データから、植生等の影響を除去するフィルタリングを行い地表面の高さを示すデータのみを抽出したグラウンドデータを作成し、これを元に斜面の3次元モデルとしての面データ(TIN: 不等三角網)を作成した。

斜面の変化(変状)は、異なる時点・方法で取得した3次元モデルの差分で評価した。差分は、比較TINデータを構成する三角網の構成点位置において、点から最短距離にあたる基準面(基準面からの法線方向)または基準面上の点までの距離を求めることにより評価した(図-4.12)。本研究では点群編集・解析ソ

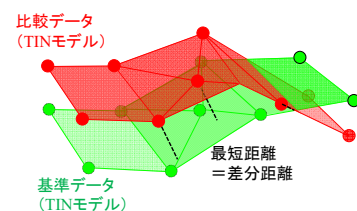


図-4.12 斜面変状の評価方法

フト (I-Site Studio) を用いて差分を求めた。

### 4.3.3. 斜面変状評価と評価結果に及ぼす要因の検討

#### (1) 計測対象斜面及び計測時期

本研究では、熊本地震で被災し復旧工事が行われている村道栃の木～立野線戸下大橋下側斜面（幅約100m、高さ約70m）を対象として検討を行った（写真-4.9）。これは、復旧工事の過程での斜面の形状変化を模擬的な斜面変状とみただることによって変状把握の可能性を評価できると考えたことによる。戸下大橋の下部斜面の表面性状は、複数の方法で斜面对策がされるなど多様であることから表面性状別に検討した。

本稿では以下の2地点（写真-4.9）を対象に検討を行った結果を示す。

地点A：法枠+枠内鉄筋挿入工法面（2020年3月～8月施工）

地点B：モルタル吹付法面（2020年8月～11月施工）

計測時期は、補修工事前（2020年3月）、地点Aの補修工事後（2020年8月）、地点Bの補修工事後（2020年11月）である。TLSの各計測時期における器械点は図-4.13の通りである。なお、使用したUAVレーザ機材は同一仕様であり、オリジナルデータの要求点密度は同一であるものの、計測条件については計測者の違いにより表-4.5のように異なっている。UAVレーザ計測状況例を写真-4.10に示す。

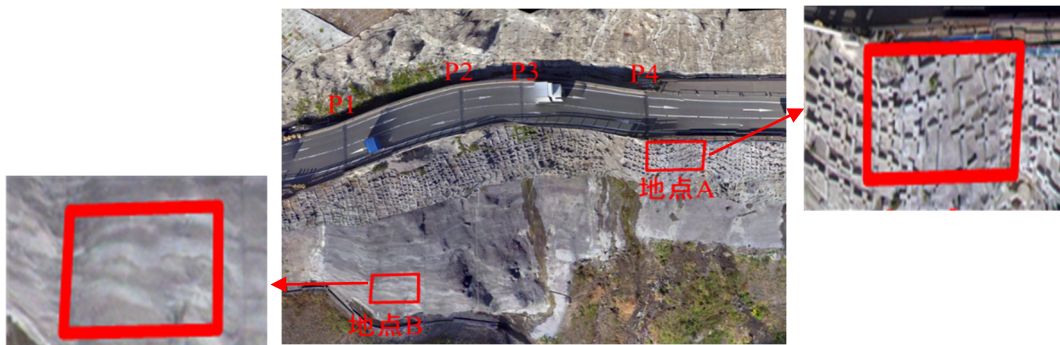


写真-4.9 検討対象箇所

表-4.5 UAVレーザの計測条件

項目	2020年3月計測時	2020年8月、11月計測時
コース間重複度	30%	75%または81%
対地飛行高度	50m~100m	40m(橋梁付近50m)
飛行速度	3~7m/s	4m/s

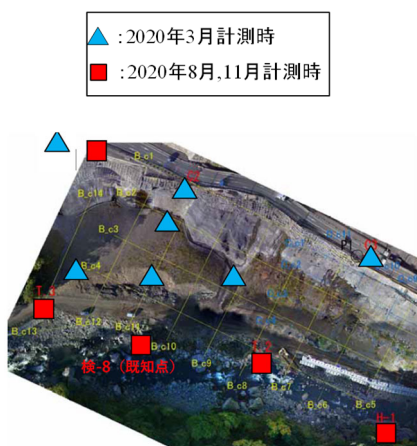


図-4.13 TLS計測における器械点

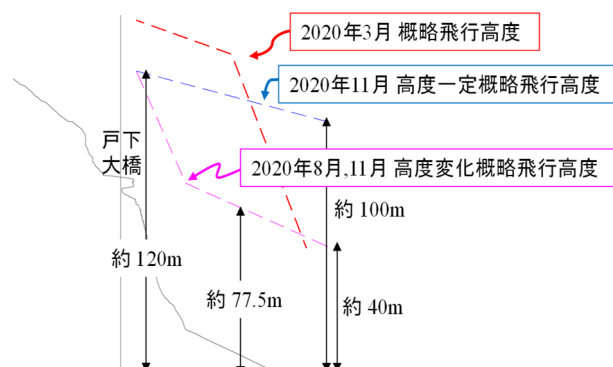






写真-4.10 UAV レーザ計測状況（令和3年9月調査時）

(2) 斜面変状の評価結果

1) UAVレーザで取得したデータに基づく変状評価結果

UAVレーザによる計測データを用いて求めた法枠と枠内アンカーを施工した地点Aの差分図を図-4.14(a)(b)にそれぞれ示す。図-4.14(a)では設計厚30cmの受圧板が施工された箇所が30cm以上の正の差分として評価されており、図-4.14(b)では差分がほとんどないとして評価されていることから、30cm程度の変化を伴う面的な形状変化は把握できていることがわかる。

地点Bのモルタル吹付前後（8月と11月）の差分図（図-4.14(d)）では、部分的に10～15cm程度の差となっておりモルタル吹付による形状変化による影響を捉えている可能性があるものの、モルタル吹付け前の差分（図-4.14(c)）でも同程度の差が生じているところがある。この要因は、差分をとる前のオリジナルデータの計測誤差のほか、モルタルの実際の吹付厚は設計の吹付厚（8cm）どおりに均一では必ずしもないこと、3月と8月では表-4.5に示すように計測条件が異なる部分があることなどが可能性として考えられる。

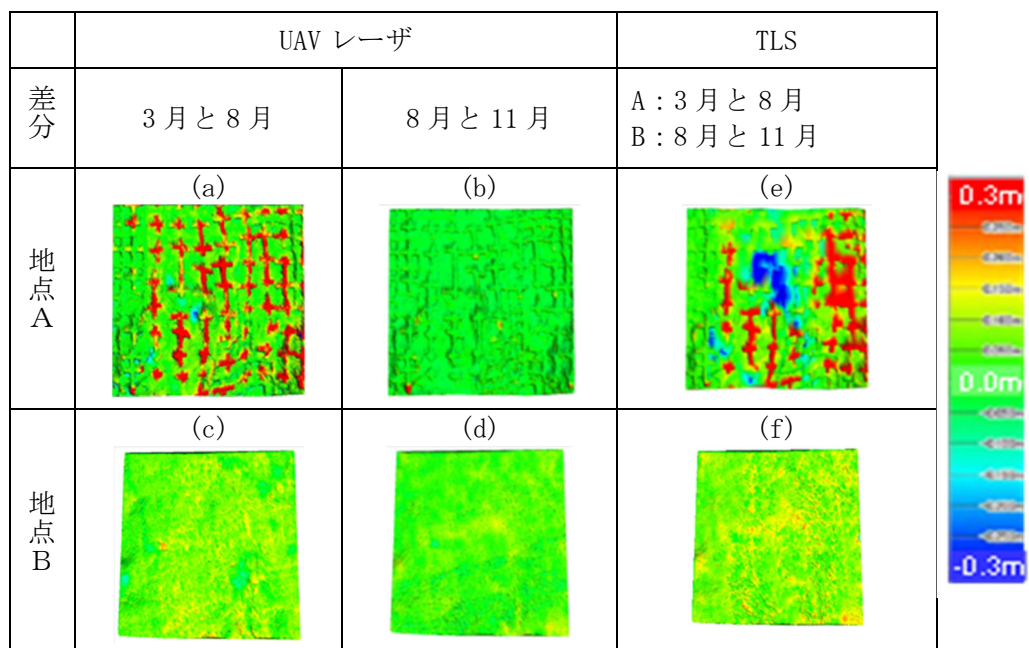


図-4.14 変位の差分図

2) TLSで取得したデータに基づく変状評価結果

TLSによる計測データを用いて求めた地点A及び地点Bの施工前後の差分図を図-4.14(e)(f)に示す。大局的にみれば差分の傾向はいずれもUAVレーザ計測の場合と同様であるが、詳細をみると地点Aで受圧板の形状が盛り上がりだけでなく施工前より凹んでいると評価された部分(青色箇所)があることが明らかに異なっている。施工前より凹んでいると評価された部分を現場の状況とあわせてみると、この部分の下側の箇所では局所的に突きだした斜面形状(オーバーハング部)となっている。このことから、TLSでは現地条件の制約から主に斜面下方に器械点を設置したために突きだした斜面箇所にレーザが妨げられ青色部分付近の形状把握に必要なデータが得られなかったことが施工前より凹んでいると評価された要因となっている可能性が考えられる。

(3) 斜面変状評価に影響を及ぼす要因の分析

斜面形状把握を2つの点群データを用いて評価する場合は、点群データの取得方法等により変状の評価精度に影響することが示唆されたことから、このような影響を生じる要因を明らかにする必要がある。そこで、斜面の状態が変化していない同一時期、同一箇所を対象として、点群データの取得方法を変えた計測結果を元に影響要因の分析を行った。

1) 計測方法による影響

写真-4.9における2地点の2020年11月の計測データを用いて求めたTLSと表-4.5に示す高度変化条件のUAVレーザの計測結果の差分図と点密度分布図を図-4.15にそれぞれ示す。地点Aでは、差分が0に近い領域が多い一方、枠内の一部が30cmの負の差分を示している(図-4.15(a))。負の差分は、図-4.15(c)でグラウンドデータの点密度が低い箇所と対応しているが、この箇所は地上から見てオーバーハング部や受圧板により遮蔽されている部分である。これより、TLSでの点密度が低い要因として、オーバーハング部や受圧板の影となる部分を捉えられなかったこと(図-4.16)が影響していると考えられる。地点Bでは、差分絶対値の平均値は0.023 mと小さい結果となった(図-4.15(d))。点密度は全体的に400点/m<sup>2</sup>を超えており(図-4.15(e)(f))、UAVレーザとTLSで程度の精度で評価可能であることがわかる。

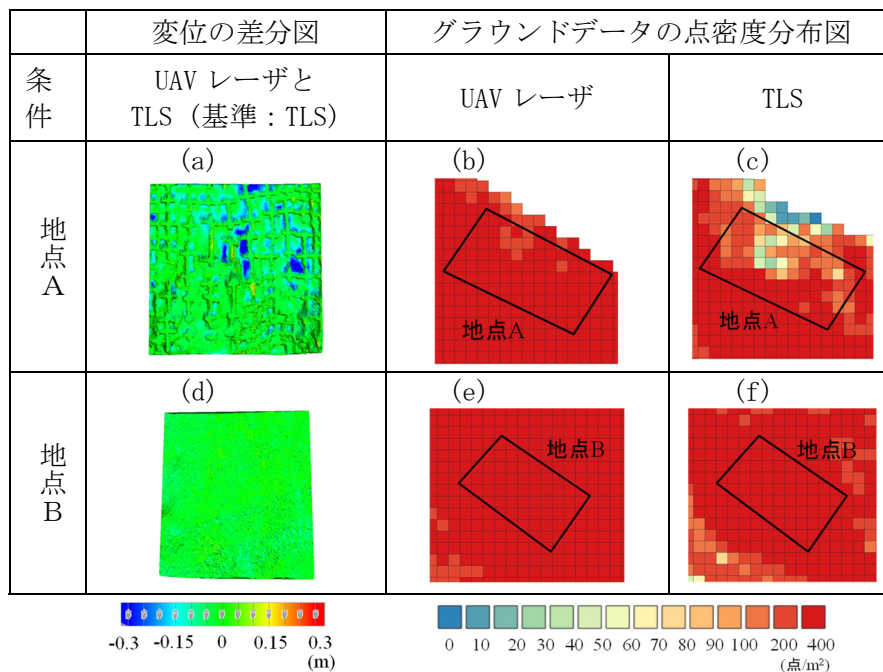


図-4.15 変位の差分図及び点密度分布

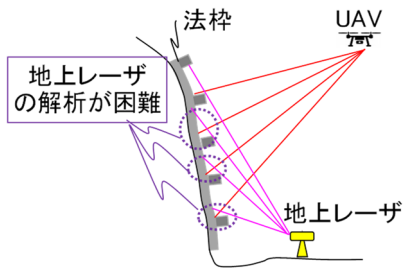


図-4.16 TLS で状態把握が困難となる条件の例

これは、地点Bが斜面下方に位置する吹付法面で形状が滑らかであり、かつ植生も少ない条件であり影となる部分が少なかったためと考えられる。

以上の結果より、固定された位置からの計測の場合、斜面形状によってはグラウンドデータの点密度が減少し、凹凸を捉えきれない箇所が生じるといえる。

2) UAVレーザーの飛行条件による影響(飛行高度条件の違いによる比較)

2020年11月の計測データを用いて求めた地点Aの高度一定と高度変化の差分図(基準:高度一定)と点密度分布図をそれぞれ図-4.17に示す。図-4.17(a)の赤で示される十字形状のものは施工された受圧板であり、特に斜面下方の受圧板周辺で有意な差がみられた。地点Aでの点密度は高度変化条件の場合よりやや低い高度一定条件の場合でもかなりの密度で取得できているにも関わらず下部に差分が生じている。これは、高度一定による計測では、前述のTLSによる計測と同様の理由により受圧板の影響でこの周辺の斜面形状を捉えきれないためと考えられる(図-4.18)。計測範囲全体のグラウンドデータの点密度分布を図-4.19に示す。高高度から測定した高度一定条件では、計測機器からの距離が遠く

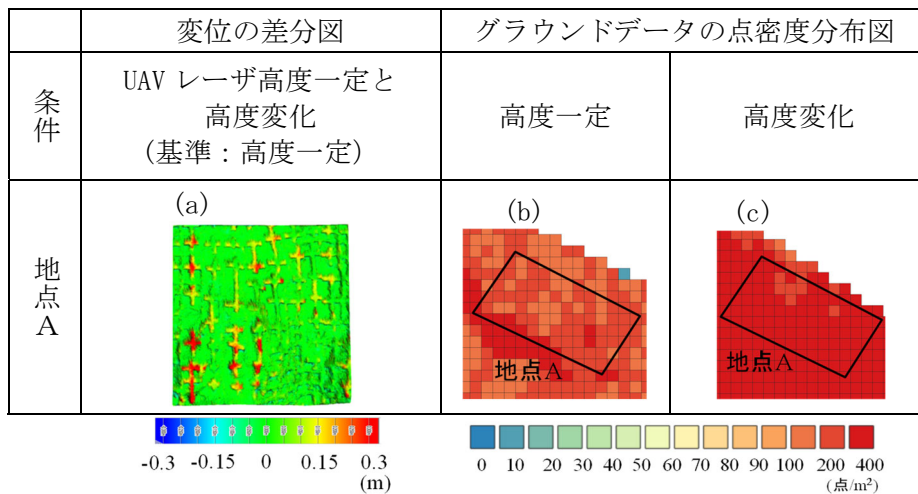


図-4.17 TLS で状態把握が困難となる条件の例

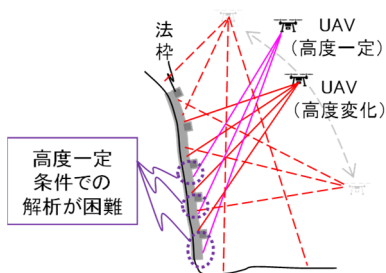
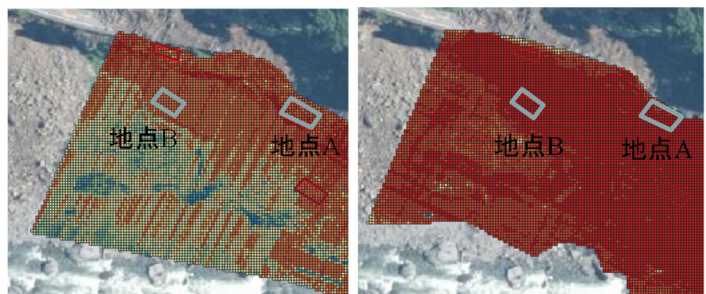


図-4.18 UAV の飛行条件で状態把握が困難となる条件の例



(高度一定(左)、高度変化(右))

図-4.19 斜面全域の点密度分布

なる斜面下側でグラウンドデータの点密度が減少していることから、このことも精度に影響すると考えられる。

### 3) UAV レーザで取得した点群データを活用した斜面変状把握手法の標準化に向けた課題

前述以外の観点も含めた検討から整理した斜面変状の評価精度に影響を及ぼす主な要因を表-4.6に示す。道路沿い斜面の変状を異なる時期における点群データの差分から把握する方法を標準化するには、公共測量マニュアルで定められている最低限の条件に加えて、変状を捉えるために考慮すべき、求められる精度と対象構造物の構造を踏まえた計測条件等を本検討に基づく評価精度に影響する要因を考慮してあらかじめ定めておく必要がある。

表-4.6 UAV レーザ測量による点群データを活用した場合に  
斜面変状評価精度に影響する主な要因

項目	内容（主な要因）
1. オリジナル点群データの取得方法	○計測方法 ○飛行条件 （コース（高度・重複度）、速度）
2. 点群データの処理方法	○標定点設置位置・設置数 ○樹木等の影響を取り除くためのフィルタリング手法 ○3次元モデル作成方法
3. 変状の評価方法	○差分の評価方式

## 参考文献

- 1) 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 巻 pp. 617-628、(公社) 土木学会、2020. 4.
- 2) CIP recommendation on cable stays, 2002.
- 3) 鈴木慎也、西田秀明、星隈順一：平成 28 年熊本地震により被災した道路橋基礎の損傷調査結果に基づく非破壊検査の適用性と損傷要因分析、土木技術資料 Vol. 61 No. 7 pp. 38-41、(一財) 土木研究センター、2019. 7.
- 4) 永井哲夫、中村敏明、永野賢司：高周波衝撃弾性波法による杭基礎の評価、全地連技術フォーラム2013論文集、論文No. 76、2013.
- 5) 建設省土木研究所、基礎地盤コンサルタンツ(株)、(株)東京ソイルリサーチ、梶谷エンジニア(株)：ポアホールカメラを用いた橋梁基礎の損傷調査法マニュアル(案)、1999.
- 6) 西村海知、西田秀明：3次元点群データを活用した道路沿い斜面の変状把握手法に関する一考察、第39回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集 pp. 119-120、2021. 12.
- 7) 国土地理院：UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)、平成 30 年 3 月(令和 2 年 3 月改正)  
[https://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/uavls/doc/uavsl\\_manual.pdf](https://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/uavls/doc/uavsl_manual.pdf)
- 8) 国土地理院：地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)、平成 30 年 3 月  
[https://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/tls/doc/tls\\_manual\\_20180316.pdf](https://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/tls/doc/tls_manual_20180316.pdf)

## 5. 地域に根ざした研究室の活動

### 5.1. 地方整備局や地方公共団体への技術支援

復旧研の大きな役割は、熊本地震による被災からの早期復旧に係る技術支援であるが、国総研の九州における地域拠点として、熊本地震以外も含めて九州地方整備局や地方公共団体からの技術相談にも適宜対応した。

#### (1) 令和2年7月豪雨での対応<sup>1)</sup>

令和2年7月豪雨では、九州地方をはじめ広い範囲で大雨となり、国総研道路構造物研究部及び社会資本マネジメント研究センター、土研構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）及び地質・地盤研究グループでは道路管理者等からの要請により職員を派遣し、技術的支援を行った。

国総研（つくば）では令和2年7月4日4時50分から非常体制に入り、情報収集や技術支援体制の構築がなされた。この災害では熊本県を流れる球磨川流域で甚大な被害が発生したが、熊本県に職員が常駐していた復旧研が発災初期の段階から現地での情報収集や技術支援を行い、研究所のリエゾンとしての役割も担った。7月4日、復旧研では熊本県内の報道情報から午前中の段階で深水橋及び西瀬橋の被災を確認し、つくばの国総研関係部署へ情報提供した。同日夕刻には、熊本県からの要請を受けた九州地方整備局道路部から国総研に、球磨川を渡河する流失した道路橋の被災状況の確認と応急復旧対策検討（応急復旧橋の架設方法、架設位置等）を迅速に行うための技術支援要請があり、翌5日午前から1回目の現地調査を整備局職員、復旧研究室長ほかで実施した。以後、徒歩のみの場合も含めて現地へのルートが概ね確認された橋から順次現地調査を行った（7月7日、9日）（写真-5.1）。さらに、多数の被災橋への迅速な技術支援が必要であったことから、10日にはつくばの国総研橋梁研究室及び土研構造物メンテナンス研究センターの職員も現地入りし、この日で球磨川本川を渡河する流失した道路橋全てに対する初動の調査、技術支援を終えた。このときまでに行われた調査結果については、全国から派遣されたTEC-FORCEが実施した被災調査結果とともに、「国道219号と県道等（八代～人吉）球磨川を渡河する橋梁調査報告書」としてとりまとめられ、7月18日に実施された報告会にて熊本県に手交された。報告会には九州地方整備局とともに国総研からも復旧研究室長が同席し被災の特徴と復旧にあたって考慮すべき基本的な事項について説明した（写真-5.2）。



(a) 深水橋 (R2. 7. 5)



(d) 鎌瀬橋 (R2. 7. 9)

写真-5.1 令和2年7月豪雨初動調査状況



写真-5.2 熊本県への橋梁被災調査結果の報告 (R2. 7. 18)

球磨川を渡河する流失 10 橋の本復旧に向けて設置された「球磨川橋梁復旧技術検討会」(委員長：園田佳巨 九州大学教授、事務局：九州地方整備局八代復興事務所、熊本県土木部)に復旧研究室長が委員として参画し、今般の被災を踏まえたうえで、災害により強い橋づくりのための技術支援を行っている。

## (2) その他の地域技術支援

平成 31 年 1 月 3 日に熊本地方を震源とする地震があり、熊本県和水(なごみ)町で最大震度 6 弱が観測された。この地震で高速道路(九州道)を跨ぐ橋の端部で段差が生じたことから、熊本県及び和水町の要請に基づいて復旧研究室長が現地にて調査し、技術的助言を行った(写真-5.3)。

規模の大きな災害時以外にも道路に関する技術支援を行った。例えば、各都道府県に設置されている道路メンテナンス会議の活動支援の一環として熊本県や大分県にある石橋について、九州の大学関係者と共に現地調査を行い、健全性の評価や今後の維持管理での留意点等に関して技術的助言をした(写真-5.4)。これ以外にも、降雨による球磨川沿いの道路の路肩崩壊(写真-5.5)や支承が損傷し通行止めとなった熊本県内の道路橋の応急復旧のための技術支援など、支援対象箇所の現場に近い特性を踏まえ早期に現地を確認し、必要に応じてつくばの関係部署と連携しながら対応にあたった。



写真-5.3 段差が生じた橋の診断についての熊本県、和水町職員への助言状況 (H31. 1. 8)



写真-5.4 大分県内の石橋の現地調査状況 (R3. 12. 3)



写真-5.5 球磨川沿いの道路の路肩崩壊箇所の現地調査 (R3. 5. 21)

### (3) 管理者等との協働した情報取得を通じた技術支援

新阿蘇大橋では、維持管理段階への活用できる情報の一つとして、橋に生じる微小な振動から橋の固有振動数の情報を開通前に取得した。これは、地震等で被災した際に、被災前の橋の状態に関する情報があることが復旧を行ううえで重要となることを教訓として実施したものである。

この情報は簡易に取得することが可能であることから、工事主体である復興事務所や復旧研だけでなく、本橋の管理者である熊本県や、熊本県と技術協定を結んでいる熊本大学と共同で実施した(図-5.1)。このような体制で情報取得したのは、工事主体である国が管理しない中で、将来必要なときに道路管理者を含む地元の者のみで適切に情報の取得、活用を図ることができるようにするためである。これは管理者への引継ぎになるとともに、現地に技術を残すことにも寄与したと考えられる。

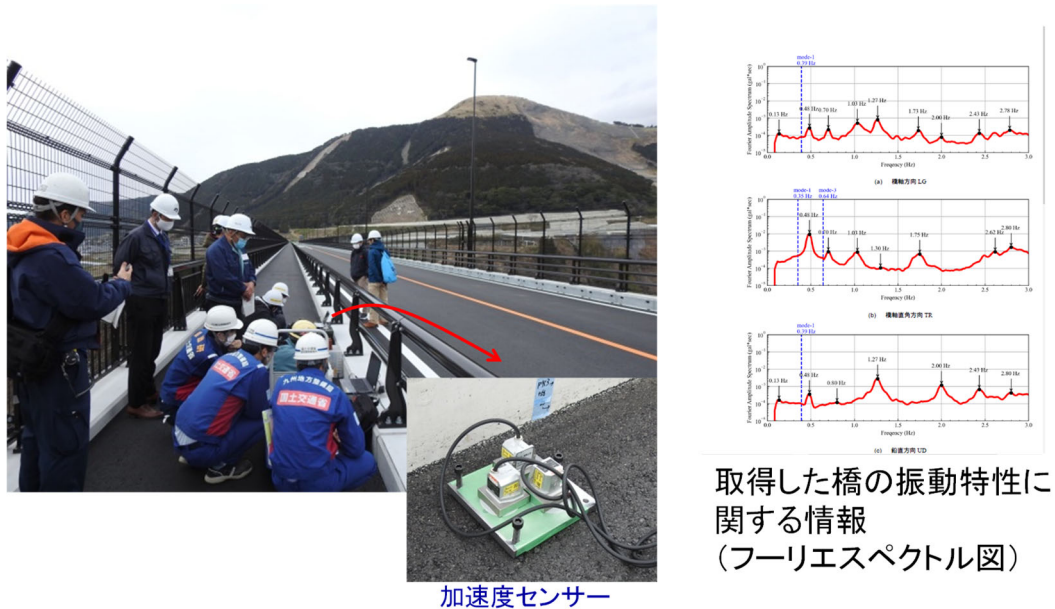


図-5.1 国、道路管理者(熊本県)、熊本大学との合同での維持管理に資する情報の取得  
(新阿蘇大橋)

## 5.2. 技術情報の発信

震災復旧や地域での活動、並びに道路技術に携わる研究室の一つとして実施した技術的知見等について、広く周知を図るとともに、今後の復旧等を行う際に参考となるアーカイブとすべく各種学会や専門誌への報文、記事等で発表を行った。復旧研の活動に関して執筆に関係した文献の一覧を巻末の参考資料 1 に示す。また、国内外の技術者や地元の土木工学を専攻する学生などが復旧現場を視察の際に、復旧に関する技術的なポイントの説明や意見交換を行うことを通じて技術情報を発信した(写真-5.6)。

復旧研が九州地方にあることの地域的特性を踏まえた取り組みの一つとして、全国向けだけでなく、特に九州の技術者の技術力の向上、人材育成の一助となるべく講演会や研修等を通じて技術情報の発信に努めた(表-5.1、写真-5.7)。ここでは、熊本地震からの復旧に係る技術情報だけでなく、道路橋の設計、施工、復旧技術、道路を取り巻く最新の技術動向など様々な情報を提供した。

また、復旧研の web ページや開通式におけるパネル展示等を通じて、専門的な知識がある方だけではなく一般の方にも国総研が関わった復旧に係る技術的なポイント等が伝わるように努めた(写真-5.8)。式典で用いたパネルの一部は、阿蘇火山博物館の「阿蘇復興に向けた取り組み」をテーマとした特別展示でも紹介された。さらに、地元の方や観光で訪れる一般の方を対象として新阿蘇大橋及び阿蘇長陽大橋に係る技術的な特徴を説明した看板を、熊本復興事務所及び道路管理者(熊本県、南阿蘇村)と連携して新阿蘇大橋のたもとにある展望所「ヨ・ミュール」の展望スペースの一角に設置した(図-5.2)。この看板には QR コードを設置し<sup>2) 3)</sup>、より詳しい内容を知ることができるように情報提供した。



(a) 建設技術者を対象とした復旧状況の説明(俵山大橋)



(b) 土木工学を専攻する学生を対象とした復旧状況の説明(桑鶴大橋)



(c) 韓国国立災難安全研究院研究員への復旧技術に関する説明(現地視察後)

写真-5.6 復旧現場等での技術情報発信の事例



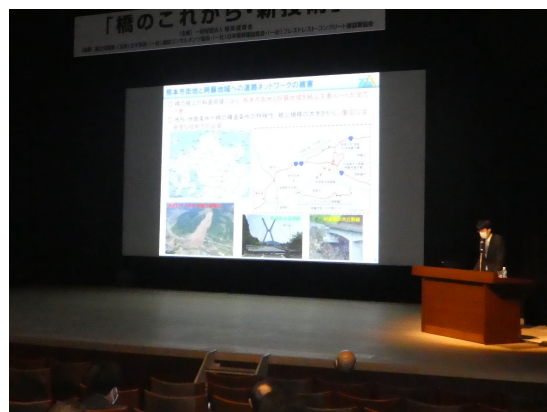
表-5.1 復旧研職員が行った講習会等での技術情報の発信例(復旧技術を含む内容を主に)

<p>1. 全国の技術者向けの講演</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第47回 PC 技術講習会 (PC 工学会、全国 9 会場で実施、R1)</li> <li>・ 橋梁シンポジウム (橋梁調査会、R3)</li> </ul>
<p>2. 九州の技術者、学識者向けの講演</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術講習会 (建設コンサルタント協会九州支部、H30 及び R3)</li> <li>・ 地盤防災減災に関する技術フォーラム (地盤工学会九州支部、R1)</li> <li>・ 2016 年熊本地震対応特別委員会活動報告会 ((一社)九州橋梁・構造工学研究会 (KABSE)、R1)</li> </ul>
<p>3. 研修講師</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 橋梁研修会 (熊本県建設技術センター、H29 及び H30)</li> <li>・ 建設技術者専門研修 (鹿児島県建設技術センター、H30 及び R1)</li> </ul>



(a) 熊本県内自治体職員等への情報発信

〔(一財) 熊本県建設技術研修センター  
橋梁研修会 (H29. 7. 14)〕



(b) 全国の技術者向けの情報発信

〔(一財) 橋梁調査会主催 令和 3 年度  
橋梁シンポジウム (R3. 11. 30)〕



(c) 熊本復興事務職員を対象とした道路橋示方書の説明(勉強会) (H30)

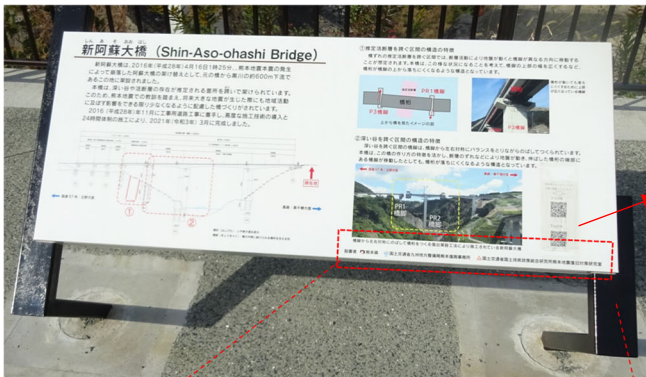
写真-5.7 行政担当者や技術者向けの技術情報発信の事例



(a)長陽大橋ルート開通式 (H29)

(b)県道ルート開通式 (R1)

写真-5.8 式典会場に掲示した復旧を支えた技術を紹介するパネル



QRコードからリンクされる情報

新阿蘇大橋の構造における技術的な工夫

断面の動きに力でも抵抗せず受け流す構造断面

断面の動きに力でも抵抗せず受け流す構造断面の概念図

資料提供：国土交通省九州地方整備局 熊本復興事務所  
国土交通省 国土技術政策総合研究所 熊本地震復旧対策研究室

設置者 熊本県 国土交通省九州地方整備局熊本復興事務所 国土交通省国土技術政策総合研究所熊本地震復旧対策研究室

図-5.2 展望所に設置された技術的工夫を紹介する看板(新阿蘇大橋の看板の例)

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人土木研究所：令和2年7月豪雨道路災害調査報告、国総研資料第1151号、土研資料第4411号、2021.3.
- 2) 熊本県 web ページ  
[https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/life/87072\\_174605\\_misc.pdf](https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/life/87072_174605_misc.pdf)
- 3) 南阿蘇村 web ページ  
[https://www.vill.minamiaso.lg.jp/kiji0031048/3\\_1048\\_shiryou1\\_aqjq8ldq.pdf](https://www.vill.minamiaso.lg.jp/kiji0031048/3_1048_shiryou1_aqjq8ldq.pdf)

## 6. おわりに

熊本地震復旧対策研究室は、熊本地震の災害復旧事業において現地で高度な技術支援を行うことにより早期復旧支援を行うこと等を目的として、国総研として初めて災害復旧現場に設置された。復旧研の5カ年にわたる活動から、災害復旧現場に研究室を設置したことにより得られた主な効果をまとめると次の通りである。

- 1) 熊本市街地と阿蘇地域を結ぶ主要道路は、高度な技術を伴う復旧であったにもかかわらず地震発生から約5年で復旧した。これは、技術的課題が生じた時に現地にて調査や技術的支援を速やかに行うことや、工事に携わる熊本復興事務所及び調査・設計・施工各事業者と認識の共有をよりきめ細かく図ることなど、復旧研が現地にあることで現場での対応を円滑に実施できたことによる効果である。
- 2) 熊本地震での特徴的な被災形態である地盤変状の影響を考慮した研究やケーブルの耐久性に係る検証方法などについて、復旧事業の実施過程の中で新たな研究課題を見出し、現場を活用しつつ研究を実施した。これは、リアルタイムで現場状況を把握できる復旧現場に常駐した効果である。
- 3) 地盤変状の影響を考慮した設計の考え方やICT技術を活用した補修効果の確認方法など、既往の研究成果や本復旧現場で実施した検討成果を、復旧において活用できた。これは、研究所の有する知見や技術基準の趣旨を熟知している研究室が、現場実装するための課題解決を工事主体であり同一庁舎内にある復興事務所と共に密に連携して対応できる環境にあったことによる効果である。
- 4) 同一庁舎内にいる事務所職員との密な技術的やりとりや、熊本地震の復旧事業以外の地域の道路に関する技術支援の実施、地域で開催される講習会や講演会を通じた技術情報の提供等を通じて、九州地域の行政のみならず民間も含めた技術者の技術力の向上の一助となった。これは、研究室が地域に設置されたことで技術的な相談を持ちかけやすくなるなど研究所との距離感が物理的な面だけでなく心理的にも近づいたこと、また、研究室が地域のニーズ等をとらえやすくなり適切な対応を行うことができた効果である。

災害現場に国総研の研究室を設置したことにより災害復旧に関わる行政各機関に及ぼす効果を図-6.1に示す。

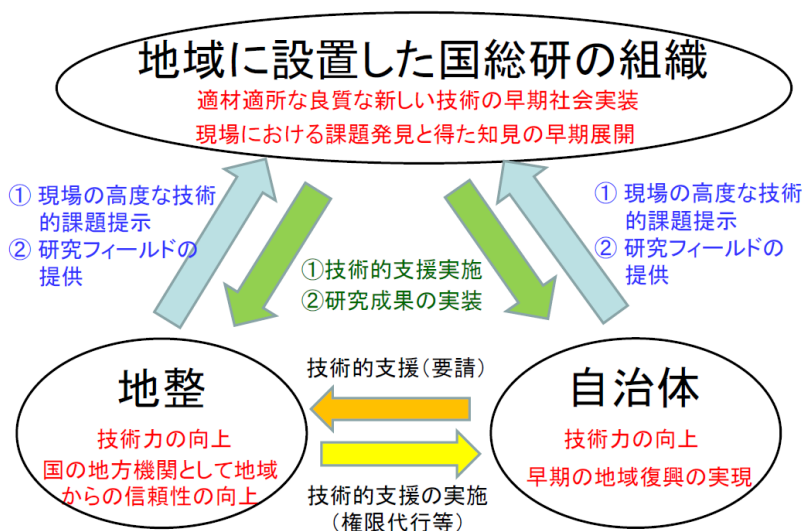


図-6.1 災害現場に国総研の研究室を設置したことによる効果

## 謝 辞

熊本地震復旧対策研究室の活動にあたっては、道路管理者である熊本県や南阿蘇村を始めとする災害復旧現場周辺関係自治体の皆様、九州内の学識者の皆様、調査・設計・施工関係事業者の皆様、国土交通省九州地方整備局、熊本復興事務所、熊本河川国道事務所、立野ダム工事事務所、国立研究開発法人土木研究所や国土技術政策総合研究所関係部局の皆様を始めとする多くの方から様々なご支援を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考資料 1 熊本地震復旧対策研究室関係文献リスト

令和4年1月時点で公表済の執筆に関与した復旧研の活動内容を含む文献を示す。

### ■令和3年度

タイトル	著者	書籍	発刊時期
3次元点群データを活用した道路沿い斜面の変状把握手法に関する一考察	西村海知 西田秀明	第39回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集 pp.119-120	R3.12
点群データの取得方法の違いが斜面形状計測に及ぼす影響	西村海知 西田秀明	第34回日本道路会議(公社)日本道路協会	R3.11
3次元点群データを活用した道路沿い斜面の状態把握手法の検討	西田秀明 西村海知	第34回日本道路会議(公社)日本道路協会	R3.11
新阿蘇大橋の性能に及ぼす地盤変状の影響を小さくするための構造的な配慮と工夫	星隈順一 今村隆浩 宮原史 西田秀明	土木学会論文集A1(構造・地震工学)77巻2号 pp.339-355 (公社)土木学会	R3.8
熊本地震で被災した鋼鉄桁連続橋に対する耐荷性能の挽回方策の考案と設計上の配慮	宮原史 今村隆浩 西田秀明 星隈順一	土木学会論文集A1(構造・地震工学)77巻2号 pp.304-318 (公社)土木学会	R3.8
地盤変状の影響を小さくするための配慮をした新阿蘇大橋の計画及び設計～震災経験から得られた教訓を活かして～	宮原史 今村隆浩 西田秀明 星隈順一	土木技術資料 Vol.63 No.6 pp.48-53 (一財)土木研究センター	R3.6
あの日から1788日、国道325号阿蘇大橋ルートが開通～熊本地震で被災した国道・県道全ルートが開通～	西田秀明 大榎謙	土木技術資料 Vol.63 No.6 p.54 (一財)土木研究センター	R3.6
Restoration of damaged bridges due to the 2016 Kumamoto Earthquake based on lessons learned from failure mode	F.Miyahara T.Imamura H.Nishida J.Hoshikuma	Proceedings of the 10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS 2020) pp.4129-4136 International Association for Bridge Maintenance and Safety	R3.4
国道325号 新阿蘇大橋の設計と施工	鵜林保彦 西田秀明 山田浩司 草道香成 長尾賢二 藤本大輔	橋梁と基礎 Vol.55 No.4 pp.7-13 (株)建設図書	R3.4

■令和2年度

タイトル	著者	書籍	発刊時期
道路橋を維持管理する技術力の解明の試みー支援ツールの活用に着目してー	宮原史 堤盛人	土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) 76 巻 2 号 pp. I_132- I_145、 (公社) 土木学会	R3. 3
道路橋を維持管理する技術力の解明と戦略的な人材育成の実現に向けた一考察	宮原史 堤盛人	橋梁と基礎 Vol. 54 No. 12 pp. 45-50 (株) 建設図書	R2. 12
戦略的な人材育成に向けた道路橋を維持管理する技術力解明の試み	宮原史 星隈順一	土木技術資料 Vol. 62 No. 10 pp. 30-35 (一財) 土木研究センター	R2. 10
Repair of hollow columns in rigid-frame PC bridge damaged by the 2016 Kumamoto Earthquake and examination of performance recovery by monitoring	F. Miyahara, T. Imamura, H. Nishida, M. Sawada, J. Hoshikuma	The 17 <sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering pp. 2d-0054	R2. 9
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	宮原史 今村隆浩 西田秀明 星隈順一	土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) 76 巻 4 号 pp. I_461- I_471 (公社) 土木学会	R2. 9
熊本地震で被災した斜張橋の復旧事例に基づく道路橋を維持管理する技術力に関する一考察	宮原史	第75回土木学会年次学術講演会講演概要集 CSI-33 (公社) 土木学会	R2. 9
橋の早期復旧を図るための鋼 I 桁橋支点部構造の破壊形態に関する研究	田中謙士朗 西田秀明 宮原史	第75回土木学会年次学術講演会講演概要集 I-283 (公社) 土木学会	R2. 9
耐荷性能の挽回に着目した鋼上部構造の補修設計 ー熊本地震で被災した大切畑大橋の復旧事例ー	宮原史 今村隆浩 鈴木慎也 西田秀明 星隈順一	土木技術資料 Vol. 62 No. 8 pp. 46-49 (一財) 土木研究センター	R2. 8
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 ー熊本地震で被災した大切畑大橋の復旧事例ー	宮原史 今村隆浩 鈴木慎也 西田秀明 星隈順一	土木技術資料 Vol. 62 No. 7 pp. 8-13 (一財) 土木研究センター	R2. 7
戦略的な人材育成の実現に向けた道路橋を維持管理する技術力の解明の試み ーブルーム・タキノミーの応用ー	宮原史 堤盛人	土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) 76 巻 1 号 pp. 14-28 (公社) 土木学会	R2. 6

タイトル	著者	書籍	発刊時期
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	西田秀明 今村隆浩 瀧本耕大 玉越隆史 星隈順一	構造工学論文集 A 66A 巻 pp. 617-628 (公社) 土木学会	R2. 4

■令和元年度

タイトル	著者	書籍	発刊時期
震災復旧した道路橋の維持管理に資する情報を有効活用するためのBIM/CIMのあり方	西田秀明 鈴木慎也	道路建設 No. 779 pp. 32-35 (一社) 日本道路建設業協会	R2. 3
座屈した鋼 I 桁を残置したまま桁を追加して震災復旧した橋の補修効果検証	西田秀明 今村隆浩 鈴木慎也 星隈順一	第 33 回日本道路会議 (公社) 日本道路協会	R1. 11
震災復旧工事段階に取得しておくべき橋の維持管理への活用に資する情報に関する一考察	鈴木慎也 西田秀明 宮原史	第 33 回日本道路会議 (公社) 日本道路協会	R1. 11
熊本地震からの復旧事例に基づく橋梁の維持管理に必要な技術力に関する一考察	宮原史 西田秀明	第 33 回日本道路会議 (公社) 日本道路協会	R1. 11
熊本地震で被災した俵山トンネルルートが全線開通 ～国総研・土研の高度な技術的支援が復旧に貢献～	西田秀明	土木技術資料 Vol. 61 No. 11 pp. 48-49 (一財) 土木研究センター	R1. 11
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	宮原史 今村隆浩 西田秀明 星隈順一	第 39 回地震工学研究発表会 講演論文集 (公社) 土木学会	R1. 10
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～	西田秀明 今村隆浩 星隈順一	九州技報 No. 65 pp. 27-32 (一社) 九州地方計画協会	R1. 9
地盤変状が橋の性能に及ぼす影響を最小化するための構造計画の事例	星隈順一 今村隆浩 西田秀明	第 74 回土木学会年次学術講演会講演概要集 CS3-022 pp. 43-44 (公社) 土木学会	R1. 9
震災復旧した橋の維持管理で活用する施工段階のデータと CIM の活用	鈴木慎也 西田秀明 星隈順一 瀧本耕大	第 74 回土木学会年次学術講演会講演概要集 CS11-004 pp. 7-8 (公社) 土木学会	R1. 9

タイトル	著者	書籍	発刊時期
損傷箇所の制御を考慮して設計した積層ゴム支承のせん断試験	西田秀明 鈴木慎也 星隈順一	第74回土木学会年次学術講演会講演概要集 I-090 pp.179-180 (公社)土木学会	R1.9
震災復旧した橋の維持管理で活用する施工段階のデータとBIM/CIM	鈴木慎也 西田秀明 星隈順一	第1回 i-Construction の推進に関するシンポジウム pp.29-32 土木学会建設マネジメント委員会	R1.7
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	星隈順一 今村隆浩 西田秀明	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 (公社)土木学会	R1.7
熊本地震で被災した2径間連続鋼斜張橋の復旧とモニタリングの活用	宮原史 今村隆浩 西田秀明 星隈順一	第22回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集 pp.29-34 (公社)土木学会	R1.7
平成28年熊本地震により被災した道路橋基礎の損傷調査結果に基づく非破壊検査の適用性と損傷要因分析	鈴木慎也 西田秀明 星隈順一	土木技術資料 Vol.61 No.7 pp.38-41 (一財)土木研究センター	R1.7
熊本地震からの復旧事例に学ぶ橋の補修補強と維持管理 —ビルド・バック・ベター、補修補強、モニタリング、維持管理、CIMの活用—	星隈順一 西田秀明 瀧本耕大	第47回PC技術講習会 pp.1-19 (公社)プレストレストコンクリート工学会	R1.6

■平成30年度

タイトル	著者	書籍	発刊時期
近年の道路橋の震災経験から学ぶ	星隈順一	プレストレストコンクリート特集号、第61巻第2号 pp.90-95 (公社)プレストレストコンクリート工学会	H31.3
熊本地震による鋼I桁橋の損傷に基づく鋼桁支点部の構造特性の評価	澤田守 岡田太賀雄 玉越隆史 星隈順一	土木技術資料 Vol.61 No.2 pp.28-31 (一財)土木研究センター	H31.2
熊本地震で被災した阿蘇長陽大橋の復旧	辻芳樹 星隈順一 荒牧聡 平原慎也 宇土力 三原真一	橋梁と基礎 Vol.52 2018	H30.10



タイトル	著者	書籍	発刊時期
震災復旧工事における施工段階での情報取得と維持管理への活用	西田秀明 鈴木慎也 瀧本耕大 星隈順一	土木技術資料 Vol. 60 No. 10 pp. 24-27 (一財)土木研究センター	H30. 10
桑鶴大橋の復旧対策技術の現地説明会を開催～復旧プロセスで得たデータを今後の維持管理で活用～	星隈順一	土木技術資料 Vol. 60 No. 9 pp. 42-43 (一財)土木研究センター	H30. 9
東北地方太平洋沖地震に置ける橋梁の震災経験とその後の研究の発展	星隈順一 大住道生	第 21 回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集 pp. 53-61、 (公社)土木学会	H30. 8
ブレース状にダンパーが設置されていた鋼上路アーチ橋の熊本地震での挙動分析	澤田守 西田秀明 星隈順一	土木学会第 73 回年次学術講演会 I -324 pp. 647-648 (公社)土木学会	H30. 8
平成 28 年熊本地震による地盤変状と橋梁基礎の損傷に関する傾向分析	鈴木慎也 澤田守 星隈順一	土木学会第 73 回年次学術講演会 I -344 pp. 687-688 (公社)土木学会	H30. 8
鋼棒を用いた変位制限構造の応答に関する解析的検討	澤田守 星隈順一 玉越隆史	土木学会第 73 回年次学術講演会 I -485 pp. 969-970 (公社)土木学会	H30. 8
PC ラーメン橋の地震観測に基づくフーチングの地震応答に関する考察	中川量太 片岡正次郎 星隈順一	土木学会第 73 回年次学術講演会 CS12-022 pp. 43-44 (公社)土木学会	H30. 8
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	星隈順一 今村隆浩 澤田守 西田秀明	第 21 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集 pp. 229-234 (公社)土木学会	H30. 7
ダンパーで耐震補強された鋼アーチ橋の解析手法に関する一考察	瀧本耕大 澤田守 西田秀明 星隈順一	第 21 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集 pp. 281-286 (公社)土木学会	H30. 7
熊本地震による積層ゴム支承の破壊形態の分析	鈴木慎也 西田秀明 星隈順一	第 21 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集 pp. 381-388 (公社)土木学会	H30. 7

■平成 29 年度

タイトル	著者	書籍	発刊 時期
熊本地震から早期復興に向けて ～長陽大橋ルートの開通と ICT 技術 を用いたモニタリングの活用～	澤田守 今村隆浩	建設マネジメント技術 2018 年 3 月号 pp.13-18 (一財)経済調査会	H30. 3
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	澤田守 今村隆浩 中川量太 星隈順一	土木技術資料 Vol. 60 No. 2 pp. 36-39 (一財)土木研究センター	H30. 2
熊本地震で被災した長陽大橋ルート、 1 年 4 ヶ月ぶりに開通 ～国総研・土研の高度な技術の総合力 が早期復旧に貢献～	星隈順一	土木技術資料 Vol. 59 No. 10 pp. 46-49 (一財)土木研究センター	H29. 10
熊本地震により被害を受けた道路橋 の損傷痕に基づく要因分析	大住道生 星隈順一	第 20 回性能に基づく橋梁等 の耐震設計に関するシンポ ジウム講演論文集 pp. 121-128 (公社)土木学会	H29. 7
国総研初！災害現場に設置の熊本地 震復旧対策研究室	星隈順一	土木技術資料 Vol. 59 No. 6 pp. 44-45 (一財)土木研究センター	H29. 6

## 参考資料2 熊本地震復旧対策研究室歴代所属員名簿

室長	星隈 順一	(平成29年4月～平成31年3月)
	西田 秀明	(平成31年4月～令和4年3月)
主任研究官	澤田 守	(平成29年4月～平成30年3月)
	西田 秀明	(平成30年4月～平成31年3月)
	宮原 史	(平成31年4月～令和3年3月)
研究官	中川 量太	(平成29年4月～平成30年3月)
	瀧本 耕大	(平成30年4月～平成31年3月)
	田中 謙士朗	(平成31年4月～令和2年6月)
	西村 海知	(令和3年4月～令和4年3月)
交流研究員	鈴木 慎也	(平成29年12月～令和2年3月)

-----  
国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No.1189

March 2022

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

-----  
本資料の転載・複写の問い合わせは  
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地  
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675