

阿蘇長陽大橋・戸下大橋の復旧工事

— 平成 28 年熊本地震で被災した PC 橋の復旧 —

岩下 義弘*1・宇土 力*2・津留 和人*3・妹川 寿秀*4

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震により、橋梁やトンネルなどの被災、斜面崩壊により熊本市内と阿蘇地域を結ぶ主要ルートが寸断された。そのひとつの南阿蘇村が管理する村道柵の木～立野線の復旧事業は、南阿蘇村中心部と分断された同村立野地区を結ぶ道路であり、地域の生活道路であるとともに阿蘇観光の玄関口として一日も早い普及が望まれるなか、平成 29 年 8 月 27 日に応急復旧として開通した。

本稿では、同路線における阿蘇長陽大橋の上部工と橋脚の補修、および戸下大橋の主桁架替えについて報告する。

キーワード：災害復旧工事、コンクリート充填、炭素繊維、支取替え、主桁撤去・架替え

1. はじめに

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震では、14 日の前震と 16 日の本震と 2 度にわたり最大震度 7 を観測し、多くのインフラ施設が被災した。熊本県阿蘇郡南阿蘇村の阿蘇大橋地区の被害はとくに甚大で、大規模な斜面崩壊が発生して国道 57 号、これに接続する阿蘇大橋の落橋により国道 325 号が通行止めとなった。また、熊本市内と南阿蘇村をつなぐ路線のひとつである村道柵の木～立野線は、黒川を挟んで西側に位置する南阿蘇村の立野地区と東側に位置する南阿蘇村の中心部を直結する最短ルートとして、地域住民の生活や通勤・通学のための重要な路線となっていたが、阿蘇長陽大橋、戸下大橋などが大きな被害を受けて通行止めとなった（図 - 1）。

本報告では、平成 29 年 2 月 4 日より開始した平成 28 年度災害復旧立野地区外橋梁補修工事の阿蘇長陽大橋、および戸下大橋の復旧工事について報告する。



写真出典：国土地理院ホームページ (<http://maps.gsi.go.jp>)

図 - 1 橋梁位置図

2. 橋梁の被災概要

2.1 橋梁概要

阿蘇長陽大橋は、平成 5 年に完成した PC 4 径間連続ラーメン箱桁橋で、昭和 55 年の道路橋示方書に準拠して設計されている。橋脚は壁式で内部が中空となっており、また、上部工は両側径間長が異なる不等径間となっている。

戸下大橋は、プレテンション方式単純桁で構成されており、平成 6 年度に完成している。各橋梁の橋梁諸元を表 - 1、2 に示す。

表 - 1 阿蘇長陽大橋の橋梁諸元

橋 長	276.0 m
桁 長	275.7 m
支 間 長	39.3 m + 2@91.0 m + 53.3 m
幅 員	6.5 m + 1.0 m
構造形式	上部工：PC 4 径間連続ラーメン箱桁 下部工：重力式橋台、壁式橋脚
適用示方書	昭和 55 年

表 - 2 戸下大橋の橋梁諸元

橋 長	380.8 m
径 間 長	片栈橋 45 m + 2@20 m + 9.8 m + 20.2 m + 10 m + 9@20 m + 3@15 m + 片栈橋 30.8 m
幅 員	7.5 m + 1.0 m
構造形式	上部工：プレテンション方式 PC 単純 T 桁 プレテンション方式 PC 単純中空床版桁 下部工：ハンマー式橋台、張出し式橋脚
適用示方書	平成 2 年

2.2 被災概要

(1) 阿蘇長陽大橋

阿蘇長陽大橋の被災状況を図 - 2 に示す。A1 橋台は周

*1 Yoshihiro IWASHITA：(株) 富士ピー・エス 九州支店 工事チーム

*2 Chikara UTO：(株) 富士ピー・エス 九州支店 工事チーム

*3 Kazuto TSURU：(株) 富士ピー・エス 九州支店 工事チーム

*4 Toshhide IMOKAWA：(株) 富士ピー・エス 九州支店 設計チーム

○ 工事報告 ○

辺および前面の斜面崩壊により沈下が発生，さらに，背面取付道路も沈下した（写真 - 1）。また，A2 橋台，上部工，P1 ～ P3 橋脚も損傷をうけており，橋脚は P3 橋脚の被害が甚大で，橋脚の中間高さ位置の段落とし部に貫通ひび割れと剥離が生じていた（写真 - 2）。上部工は，主桁端部の支承周りが大きく損傷し（写真 - 3），また，ウェブおよび下床版に最大で 1 mm 未満のひび割れが多数確認された。



写真 - 1 A1 橋台の沈下状況（阿蘇長陽大橋）



写真 - 2 P3 橋脚の損傷状況（阿蘇長陽大橋）



写真 - 3 主桁端部の損傷状況（阿蘇長陽大橋）

(2) 戸下大橋

戸下大橋の被災状況を図 - 3 に示す。地震や斜面崩壊の影響により，P4 ～ P6 径間の上部工と P5 橋脚が崩落した（写真 - 4）。また，P1 ～ P2 径間と P3 ～ P4 径間において，崩落土砂および落石による衝撃で上部工が損傷した（写真 - 5）。その他に，橋脚の傾斜や落石などにより防護柵・地覆などが損傷した。

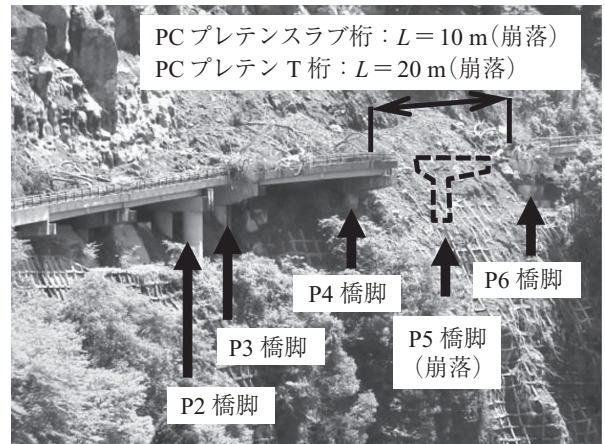


写真 - 4 P4 ～ P6 径間の被災状況（戸下大橋）

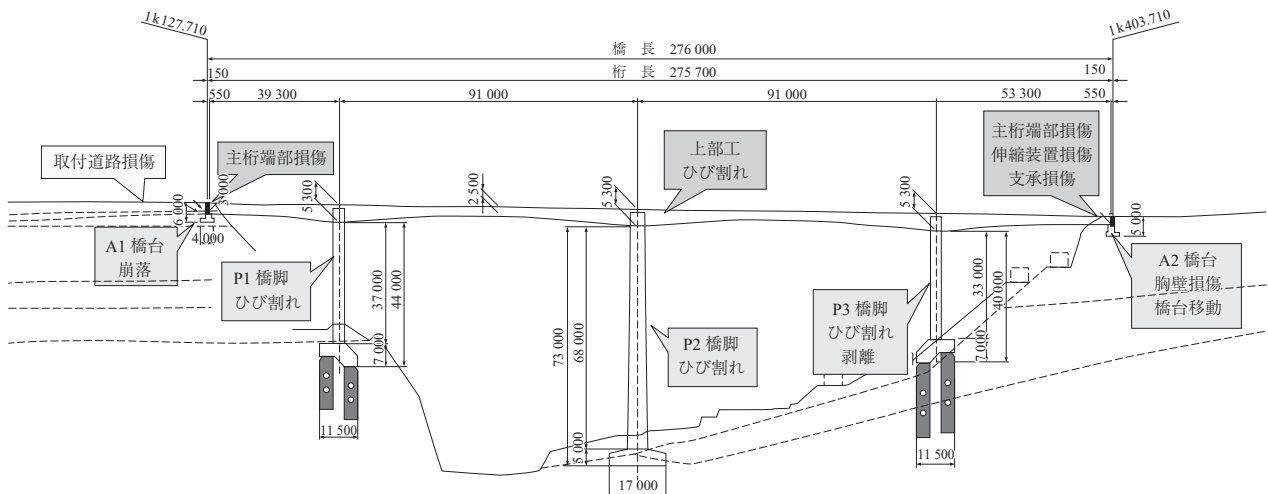


図 - 2 阿蘇長陽大橋の被災状況

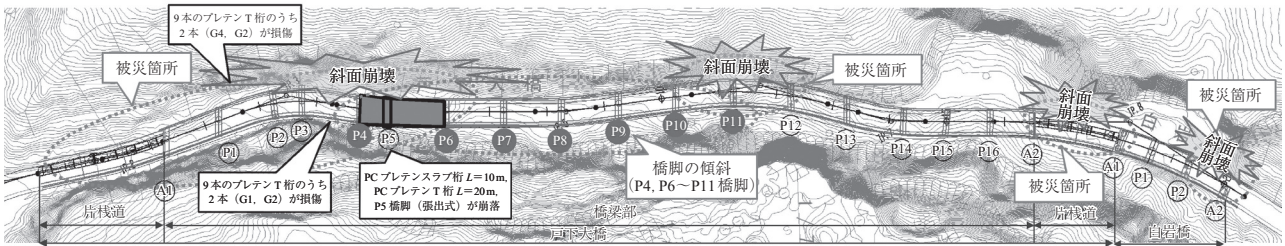


図 - 3 戸下大橋の被災状況



写真 - 5 P3～P4 径間の被災状況 (戸下大橋)

3. 阿蘇長陽大橋の復旧工事

3.1 復旧概要

阿蘇長陽大橋の復旧は、表 - 3 に示す補修対策を実施した。A1 橋台の再構築にあたっては、再度、地震などにより斜面が変形しても構造全体が変形しにくく、仮に全体的に変位が生じても構造安全性を保持し、できるだけ通行機能が保持されるように配慮される観点から、構造全体が一体で挙動できるようなきわめて剛性の高い連続ラーメン構造が採用された (図 - 4)。

表 - 3 阿蘇長陽大橋の補修概要

上部工	ひび割れ補修・断面修復・表面含侵・炭素繊維シート貼付け・支承取替え	
下部工	P1 橋脚 (別工事)	ひび割れ補修・断面修復・炭素繊維シート貼付け
	P2 橋脚	ひび割れ補修・断面修復・炭素繊維シート貼付け
	P3 橋脚	ひび割れ補修・断面修復・炭素繊維シート貼付け・コンクリート充填
	橋台 (別工事)	再構築

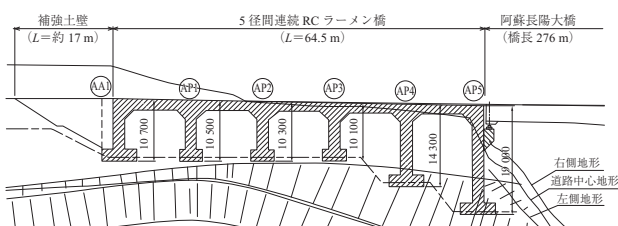


図 - 4 A1 橋台の再構築

3.2 主桁の復旧工事

主桁には、ウェブの斜めひび割れ、下床版に橋軸および直角方向ひび割れが生じていたことから、ひび割れ注入と断面修復を行ったのち、炭素繊維シート接着工による補修を行った (図 - 5)。

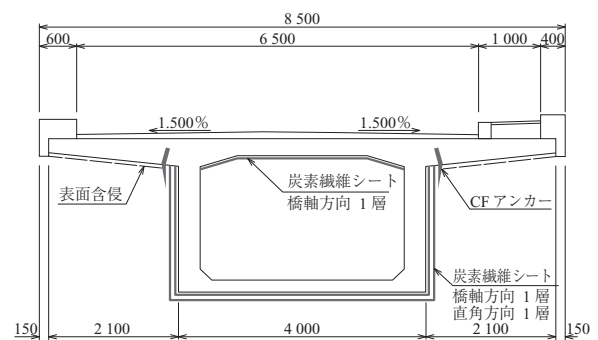


図 - 5 主桁の補修図

主桁外面に炭素繊維シートを貼付けるためには、吊足場が必要となる。一般的な吊足場は、単管パイプ、吊チェーン、足場板で構成されるが、吊チェーンを橋軸方向に 600～900 mm 間隔で設置するため、インサートアンカーの設置箇所数が多くなり、炭素繊維シート貼付けの作業効率が低下し時間がかかることが予測された。このため、チェーンの吊間隔が 2.5 m と広くできるトラス式吊足場を使用し、作業空間の確保、作業効率の向上を図った (写真 - 6, 7)。



写真 - 6 トラス式吊足場



写真 - 7 炭素繊維シートの貼付け状況

3.3 支承の復旧工事

支承取替えの施工フローを図 - 6 に示す。橋体に残った既設支承はワイヤーソーにて切断して撤去した。新たに設置する支承は、桁下空間が狭いため、下部工側のアンカーボルトを分割して、下部工施工時に鋼製ボイド内へ格納しておいた。A1 側の上部工は、橋台で支持されていない状態であったため、一旦、下部工天端にジャッキを設置して仮支持した。

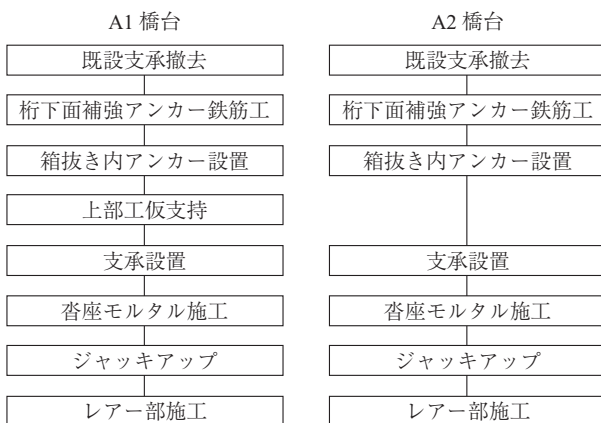


図 - 6 支承取替えの施工フロー

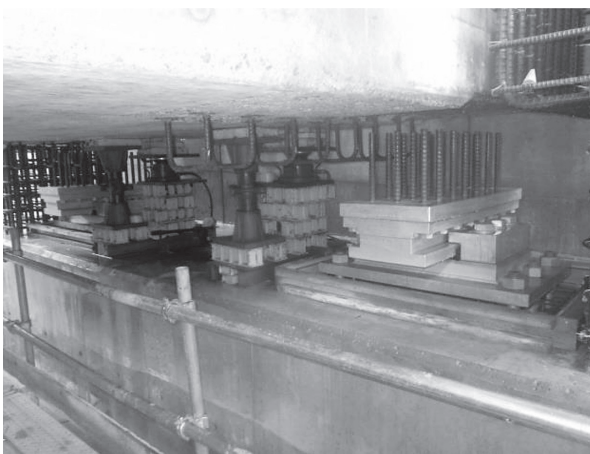


写真 - 8 支承据付け状況

支承設置は、橋台前面に支保工を設置し、側方より引き込み所定の位置に据付け、箱抜き内に事前に格納していた

アンカーボルトと一体化した（写真 - 8）。支承取替えにあたっては、上部工反力相当の荷重にてジャッキアップし、型枠を組立てて無収縮モルタルを充填し、主桁と一体化した。写真 - 9 に支承取替え完了後を示す。



写真 - 9 支承取替え完了

3.4 橋脚の復旧工事

中空断面となっている橋脚中間の段落とし部に貫通ひび割れが生じた P3 橋脚は、せん断抵抗機能を回復させるため、橋脚内部にコンクリートを充填した。P3 橋脚の内部充填にあたっては、再び同様の地震が発生した場合に、早期に状態を確認できるように点検孔 $\Phi 200$ mm を設置することが計画された。点検孔の設置は、 $\Phi 200$ mm の紙ボイドを L 形鋼で固定した（写真 - 10）。また、ボイド内部には、コンクリート充填時の液圧によるつぶれ防止のため VP 管を配置した。

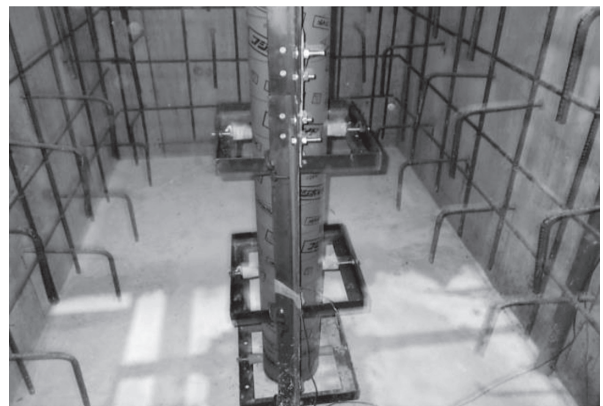


写真 - 10 点検孔設置状況

既設コンクリートと充填するコンクリートの一体性を高めるため、貫通ひび割れが生じている断面の周辺 4.5 m の範囲には、あと施工アンカーにより鉄筋を配置した（図 - 8）。充填するコンクリートは、圧送における流動性と充填性、および締固め作業を考慮して、スランプフロー 60 cm の高流動コンクリートを使用し、ボイド設置精度の向上および脱型のため、1 m ずつ 18 リフトに分割してコンクリート充填を行った。

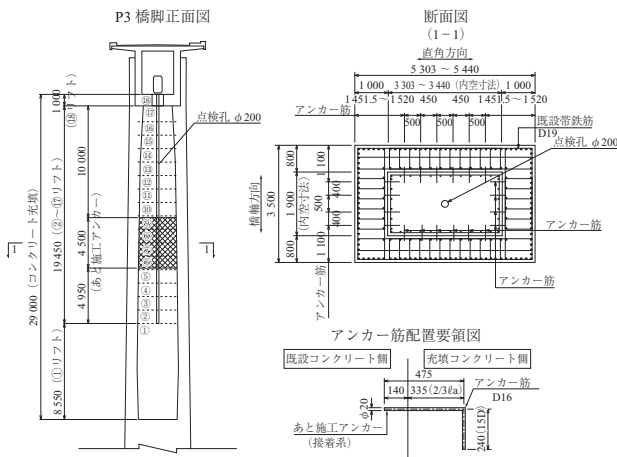


図 - 8 あと施工アンカーの配置図

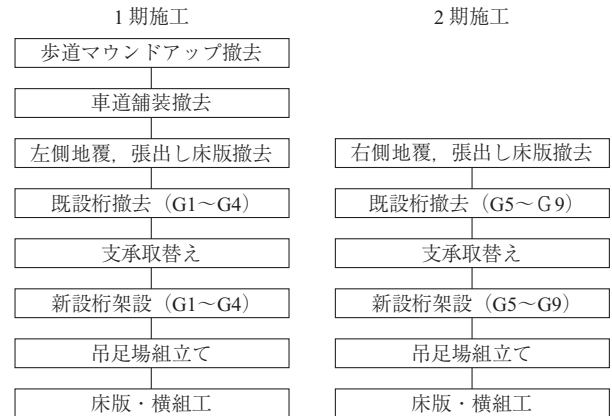


図 - 10 架替えの施工フロー

4. 戸下大橋の復旧工事

4.1 復旧概要

戸下大橋は、阿蘇長陽大橋復旧工事の工事用道路としても使用されるため、早期の復旧が必要であった。このため、P4 - P6 径間の崩落箇所は仮橋により早期の通行が確保された。P1 ~ P2 径間、P3 ~ P4 径間においては、主桁の損傷が大きく、再利用が不可能であったため、上部工の架替えが必要となった。既設桁の撤去から架替えまでの期間においても、工事用車両の通行に約 3 m の走路幅を確保する必要があったため、架替えを 1 期、2 期の分割施工とし工事用道路として供用しながら架替えを行った (図 - 9)。

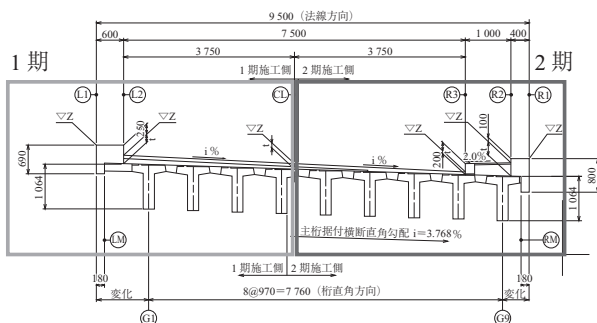


図 - 9 主桁の分割位置

戸下大橋の架替えの施工フローを図 - 10 に示す。既設桁の撤去にあたり、1 期施工時の走路幅を確保するため、歩道マウンドアップ部の撤去を事前に行った。アンカーバーは、端部横桁の側面より水平方向にコアドリルで削孔し、切断した。横桁は、コアドリルおよびワイヤーソーで、間詰め床版は、コンクリートカッターにてそれぞれ切断した。撤去は、50 t 吊クレーン 2 台の相吊りによりポールトレーラーに積込み、仮置きヤードまで運搬した。

4.2 既設桁の撤去

主桁に大きなせん断ひび割れが確認された P3 - P4 径間の G3, G4 桁については、吊上げ・運搬時に破壊する可能性が考えられた。そのため、主桁上縁の橋軸方向に梁を設置して補強を行ってから撤去した (写真 - 11)。

また、P1 - P2 径間の 2 期施工時は、幅員が狭くなり、さらに、道路平面線形の曲率が小さくトレーラーの旋回が不可能であった (図 - 11)。そこで、2 台のトラクタを前後に配置して、それぞれの旋回操作で旋回軌跡を小さくして搬出した (写真 - 12)。



写真 - 11 既設桁の補強 (1 期施工)

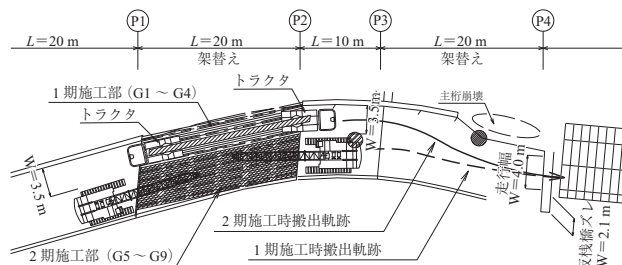


図 - 11 2 期施工時の搬出軌跡



写真 - 12 既設桁撤去状況（2期施工）

4.3 新設桁の架設

新設桁は、1期施工時は2期線上に、2期施工時は1期線上に桁を搬入し、撤去と同様に50t吊クレーン2台により架設した（写真 - 13）。



写真 - 13 主桁の架設（2期施工）

1期施工で架設した主桁4本については、床版・横桁コンクリートを打設し、横締めPC鋼材によりプレストレス導入、グラウト注入を行うことで、幅員方向に一体化して暫定的に車両を通行させる必要があった。しかし、横締めPC鋼材長が約4.5mと短く、くさび式定着具のセットの影響によるPC鋼材引張力の減少量が大きくなるため、設計プレストレス量を満足しなかった。このため対策として、ナット式グリップを使用し、セットによる応力損失を低減して設計プレストレス量を確保した（写真 - 14）。

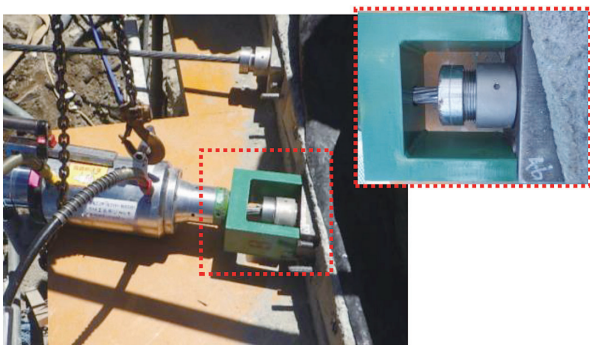


写真 - 14 ナット式グリップ

5. おわりに

村道桁の木～立野線は、応急復旧工事の完了に伴い平成29年8月27日に地元の方々をはじめ多くの方々を迎え開通式が行われ、無事開通した（写真 - 15, 16）。これまで立野地区から大津町に避難している小中学生は、スクールバスで大きく迂回して通学していたが、本線の開通により、大幅に通学時間が短縮されることになった。また、救急車両が通行できるようになったことで、立野地区にある阿蘇立野病院へのアクセスも改善され、工事に携わった身としては、復興に少しでも貢献できたと感じている。

最後に、復旧工事にあたり、多大なご指導、ご協力をいただいた関係者各位および地域の住民の方々に感謝の意を表したい。



写真 - 15 開通式



写真 - 16 開通後の阿蘇長陽大橋

参考文献

- 1) 宇土, 三原: 熊本地震で被災したPC橋の復旧工事, 土木施工, Vol.58, No.9, pp52-56, 2017.9
- 2) 津留, 宇土, 三原, 坂本: 戸下大橋の架替え, 第26回シンポジウム論文集, pp33-36, 2017.10
- 3) 星隈: 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～, 土木技術資料, Vol.59, No.10, pp46-49, 2017.10
- 4) 澤田, 今村, 中川, 星隈: 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, No.2, pp36-39, 2018.2

【2018年2月27日受付】