現場見学 の 記 録　　2016 年 7 月 7～9 日

2016 年　九州地方現場見学

～平成 28 年熊本地震による被災状況視察～

文責　木戸隆之祐　KIDO Ryunosuke　博士課程一年
宮﨑祐輔　MIYAZAKI Yusuke　博士課程一年
小西陽太　KONISHI Yota　修士課程二年
松下麗菜　Matsushita Reina　修士課程二年
光吉泰生　MITSUYOSHI Yasuo　修士課程二年

2016 年 7 月 7 日より 7 月 9 日の三日間で，平成 28 年熊本地震（以下では，『熊本地震』と呼ぶ）による，ヒンジ式プレキャストアーチカルバートの被災状況を視察する機会を頂いた．震災からおよそ 3 ヵ月が経過した時点での視察であったが，熊本県阿蘇地方では大地震による爪痕が生々しく残っている様子が伺え，自然災害の脅威を物語っていた．今回の現場見学では震災後間もない被災状況を知ることで，日々取り組む研究の意義を再認識する貴重な機会であった．以下にその内容を報告する．

1. 九州地方におけるヒンジ式プレキャストアーチカルバートの視察

図 1-1 に，今回の視察ルートを示す．今回視察した，ヒンジ式プレキャストアーチカルバートの概要については，1.1 において後述する．一日目に福岡県大川市坂井地区，柳川市中島高架，熊本県荒尾市万田町を，二日目に熊本県菊池郡大津町，大分県玖珠郡九重町を，三日目に福岡県飯塚市下三緒地区を視察した．なお，図中の視察ルートは概略を示しており，実際の交通ルートとは異なることに注意されたい．

図 1-1　視察ルート【博多→熊本→別府→博多】

赤線：視察したカルバート　青線：見学した土木遺産　緑線：有明海沿岸道路　赤字：震度

1.1 ヒンジ式プレキャストアーチカルバート [1-1, 2)]

カルバートとは，立体交通を確保するために，道路盛土に埋め戻して設置されるトンネルのことを指す．従来，カルバートは現場打ちコンクリートで作製されてきた．しかし，近年，建設業従業者数の高齢化に伴い，工期の省力化が求められるようになり，カルバート工においてもプレキャスト化が進められている．プレキャストとは，コンクリートを現場打ちでなく，工場で事前に作製することを指し，省力化とコンクリートの優れた品質管理を狙いとしている．そのようなプレキャスト製のカルバートの代表例にヒンジ式プレキャストアーチカルバートがある．

ヒンジ式プレキャストアーチカルバートは，アーチ断面を多分割化し，プレキャスト製のコンクリート部材を架設して，カルバート構造を構築する．さらに断面の分割位置にヒンジ機能を持たせ，部材の変形をある程度許容することで，盛土からの地盤反力を積極的に引出し安定化する構造物である．**図 1-2** に示すように，本構造物は，ヒンジ機能を施す断面の分割位置により大別して 2 種類にタイプ分けがなされている．これらの構造物が，今回の被災における視察対象である．

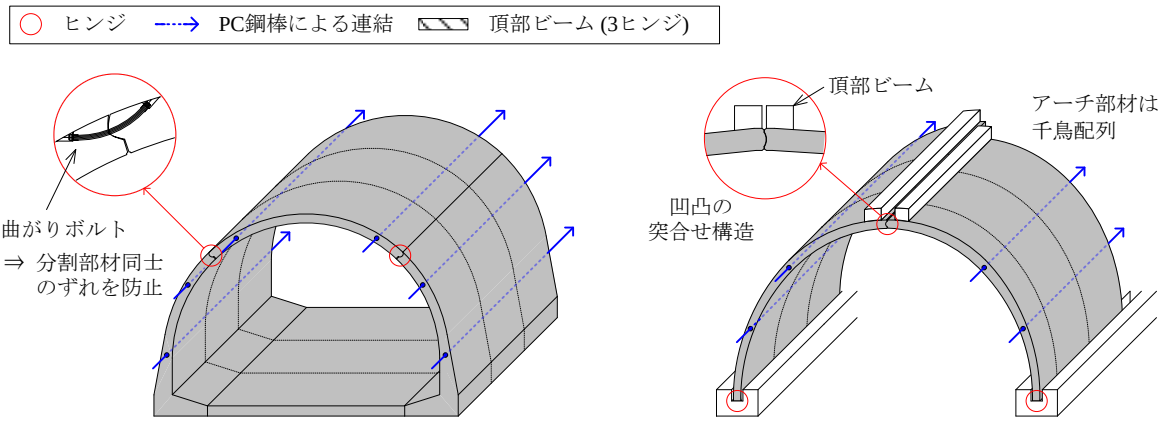
1.2 福岡県大川市坂井地区－2 ヒンジ式　シングルアーチカルバート

福岡県大牟田市を起点とし，佐賀県鹿島市に至る自動車専用道路である有明海沿岸道路（**図 1** 参照）のうち，大川市を経由する区間に存在するアーチカルバートである（**写真 1-1(a)**）．熊本地震によって，坂井地区には震度 5 強が観測された．構造物周辺に近づいて観察すると，内壁にはひび割れ等の目立った損傷は見られなかった．しかし，カルバート頂部の壁に比較的大きな亀裂が見られ，アーチ部材に沿って微細なひび割れが生じている様子を確認した（**写真 1-1(b), (c)**）．また，カルバート正面から壁面をみると，数センチ程度ずれていた（**写真 1-1(d)**）．

1.3 福岡県柳川市中島地区－2 ヒンジ式　多連アーチカルバート（中島高架）

中島高架は，プレキャストアーチカルバートを，横断方向に連続に設置した多連式アーチカルバートである．施工性に優れるほか，盛土構造のため維持管理が容易，高架橋に近い開放感等の特長がある．中島高架は，先述した有明海沿岸道路の一部であり，矢部川橋梁への取り付け高架である．

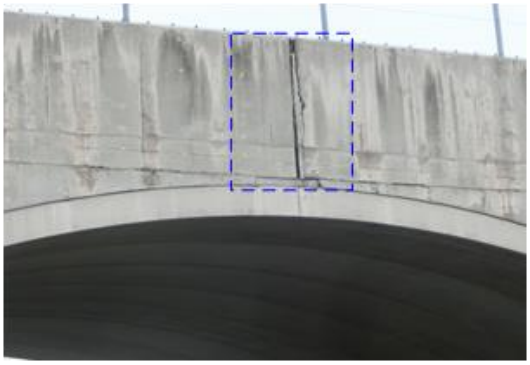
中島高架の連続するアーチ構造は実に美しく，盛土内の大断面空間による開放的な構造は，周囲との景観に調和していた．機能性・安全性に加え美観性も考慮された設計と，それを実現する土木技術の高さに感服した．地震による目立った損傷は見られず，漏水や汚れが目立つ程度であった（**写真 1-2**）．



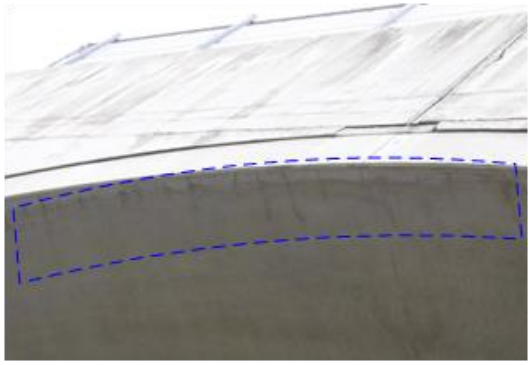
(a) 2 ヒンジ式　　(b) 3 ヒンジ式

図 1-2　代表的なヒンジ式プレキャストアーチカルバート

(a) 坂井地区カルバート全体図



(b) アーチ上部における比較的大きな亀裂



(c) アーチに沿った微細なひび割れ

(d) 壁面のずれ

写真 1-1　坂井地区シングルアーチカルバート　震災後の様子

(a) カルバート正面

(b) カルバート内壁の漏水

(c) 中島高架の連続したアーチと矢部川橋梁

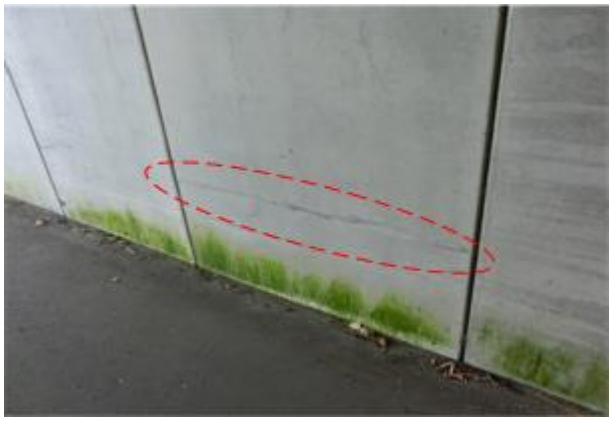
写真 1-2 中島地区多連アーチカルバート　震災後の様子

1.4 熊本県荒尾市万田地区玉名－2 ヒンジ式　シングルアーチカルバート

玉名シングルアーチカルバートは，国道 208 号線から分岐する県道 29 号線のうち，荒尾市万田地区のアンダーパスとして設置されている．カルバート上部の盛土の片側が傾斜した形状で土被りが左右不均一のため，常時においても偏土圧を受けているのが特徴である（**写真 1-3**）．

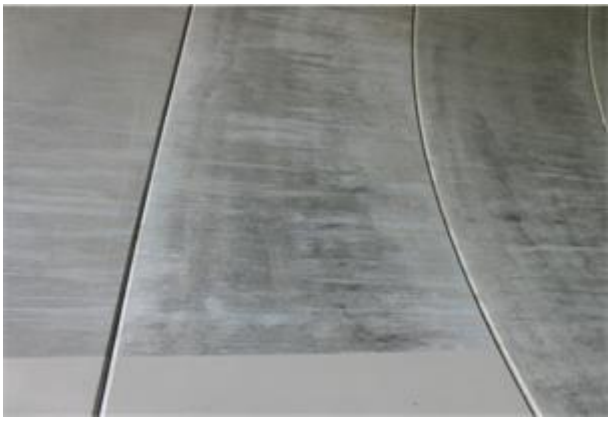
比較参考のために，Google street view から得た被災前の写真（撮影日時 2015 年 2 月）を併せて示す．水平方向の長いひび割れは被災後に発達したと考えられる（**写真 1-3**(b)）．壁面には 0.2 mm 以下の多数のひび割れがあり，荒尾市側のカルバート坑口部では，部材の一部がずれている様子を確認した．微小なひび割れと部材のずれは被災前にも確認できるため，地震よりも常時の偏土圧の影響が要因といえる．

(a) カルバート正面（荒尾市方面より）



(b) 水平方向の長いひび割れ

(c) 内壁の状態　2013 年 11 月(Google street view)



(d)内壁の状態　2016 年 7 月

(e) 部材のずれ　2013 年 11 月(Google street view)

(f)部材のずれ　2016 年 7 月

写真 1-3　玉名シングルアーチカルバート　震災前後の様子

1.5 熊本県菊池郡大津町－2 ヒンジ式　シングルアーチカルバート

熊本県菊池郡大津町の 2 ヒンジ式を**写真 4** に示す．大津町の 2 ヒンジ式は，住宅地の道路にアンダーパスとして設置されており，内空幅は比較的小さく，小型のカルバートであった．大津町の 2 ヒンジ式では，**写真 1-4(b)** に示すように，坑口のヒンジ部に微細な欠けが発生していた程度であった．

1.6 大分県玖珠郡九重町－3 ヒンジ式

大分自動車道のアンダーパスとして，大分県玖珠郡九重町に 3 ヒンジ式プレキャストアーチカルバートが設置されている．視察当時の 3 ヒンジ式の写真を**写真 1-5** に示す．また，比較参考のために，Google street view で確認した，被災前の 3 ヒンジ式の写真（撮影日時 2013 年 11 月）を併せて示す．写真より，3 ヒンジ式の下り側で，震災後に頂部の突合せ部の損傷が観察できた．3 ヒンジ式の頂部の突合せ位置には，部材同士の間隙を埋めるため目地材が充填される．現在の状態では，突合せ上部の目地材が破損し，間隙が生じていることが確認できる．

1.7 飯塚庄内田川バイパス下三緒地区－2 ヒンジ式　多連アーチカルバート

飯塚庄内田川バイパスは，八木山バイパスならびに田川バイパスを直結し，飯塚市街部の交通混雑の緩和と交通安全を確保すると共に，鳥尾峠の異常気象時交通規制区間の解消を目的とする道路である．この下三緒地区において多連式アーチカルバート盛土が採用されている（**図 1-3**[1-3)]）．

この現場では，多連式アーチカルバートを端から端まで見学したが，大きなクラックや地震による明確な損傷は見当たらなかった．また，ここでは，盛土からしみ出す水分を集水するために，雨水管を盛土壁面に沿うように設置していた（**写真 1-6(a)**）．盛土片側にのみ，雨水管が備え付けられており，カルバート本体の汚れが軽減されていた．その反対側の壁面及びカルバートと比較すると，カルバートの断面を綺麗に保つという観点では，雨水管の設置が成功していると思われる．

参考文献

1-1) モジュラーチ工法協会：Modularch 技術マニュアル，財団法人 地域地盤環境研究所 2008.

1-2) テクスパン工法設計施工マニュアル検討委員会：テクスパン工法設計施工マニュアル (案)，財団法人 先端建設技術センター1998.

1-3) 九州地方整備局，平成 23 年度　第 3 回　事業評価監視委員会　資料，
URL：http://www.qsr.mlit.go.jp/s_top/jigyo-hyoka/110926/siryou59.pdf (2016/7/28 アクセス)

(a) 遠景

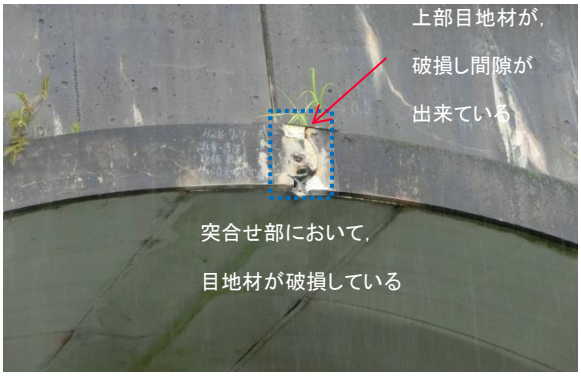
(b) ヒンジ部の欠け

写真 1-4　大津町 2 ヒンジ式プレキャストアーチカルバート　震災後の様子

(a) 下り側　2013 年 11 月(Google street view)

(b) 下り側　2016 年 7 月

(c) 下り側　ヒンジ部　2013 年 11 月(Google street view)



(d) 下り側　ヒンジ部　2016 年 7 月

写真 1-5　九重町 3 ヒンジ式プレキャストアーチカルバート　震災前後の様子

図 1-3　飯塚庄内田川バイパス　下三緒地区 [1-3)]

(a)　雨水管を有する面

(b)　雨水管を有さない面

写真 1-6　下三緒地区 多連式アーチカルバート盛土（全体図）

2. 九州地方における土木資産の視察

九州地方のヒンジ式プレキャストアーチカルバートの視察の傍ら，土木資産を見学する機会を頂いた．以下には，筑後川昇開橋，青の洞門，耶馬溪橋（オランダ橋）について紹介する．

2.1 筑後川昇開橋 [2-1)]

筑後川昇開橋は筑後川の河口近くをまたいで福岡県大川市と佐賀県佐賀市諸富町を結ぶ全長 507 m の可動式の歩道橋である（**図 2-1**[2-2)]）．かつては鉄道用の可動式橋梁であり 1935 年の竣工から 1987 年の廃線まで，日本国有鉄道佐賀線に存在していた．現在の遊歩道橋梁としての姿は，地元住民の橋梁存続の要望に応えたものである．**写真 2-1** は，筑後川上流側から撮影した昇開橋の全景であるが，その新鮮でダイナミックな姿には古さを感じず，町のシンボルとしての魅力を強く感じた．その特徴的な姿には古さは感じなかったが，**写真 2-2** のように接合に用いられているのは，ボルトではなくリベットである．リベットは，**図 2-2** に示すように片側のみ直径の大きい円柱状の金属を接合したい部材の穴に通し反対側を同様の形状になるよう潰し締結するものである．このような構造物など大きなものでは，真っ赤に熱して赤くしたものをかしめるとのことで東京タワーなどでも用いられているが，現在では，その技術を持つ者が減り少なくなっているとのことである．

昇開橋より下流は有明海に注ぐ筑後川河口となっており有明海の干満の影響を強く受ける．港も近く建設当時は船舶が主要な交通手段であったが，この干満の影響により船舶の通行ができなくなる可能性があり，橋中央の 24 m の可動橋が高さ 23 m まで上昇する構造となったとのことである（**図 2-3**）．（公財）筑後川昇開橋観光財団の方に「どちらかというと船優先」とのお話を頂いたが，佐賀線設置の際に船舶会社との協議により，列車通過時以外は船舶優先という取り決めがなされたとのことで，列車通過時に可動橋が降ろされる形であったという．可動橋の自重は 48 t あるが，**図 2-3** に示すように，約 20 t のウェイトが鉄塔の両側に下がっていることで可動橋のスムーズな昇降を行っている．

この筑後川昇開橋も，地震により一時，昇降ができなくなっており，訪問時も万全ではないことに加え突然であったにも拘わらず，我々のために可動橋を上昇して頂いた（**写真 2-3**）．イメージや予想より驚くほどに静かに滑らかな上昇でありその精巧な造りに感動した．その後，河口から船舶がやってきたため，本来の目的のため可動橋が上昇したが，有明海の潮風薫る中，滑らかに上昇した鉄橋の下を船舶が通る姿は非常に新鮮であった．

橋の両端には公園が整備されており，国鉄佐賀線に使われていた信号機や警報機が保存されていたり，遊歩道に続く階段を含め線路の装飾がなされていたりと町のシンボルとしてさらには観光資源としての整備が行き届いていた．その保存のために，可動橋付近では寄付も募られていたが，観光財団の方のお話ではやはり保存のための維持費も厳しいとのことであった．先人が築き，役割を果たしてきた美しい構造物が，シンボルとして市民に愛され観光資源となることは非常に素晴らしいことだと感じたが，同時にそれを持続させることも考えなければならないと感じた．

図 2-1 筑後川昇開橋の位置 [2-2)]

写真 2-1 筑後川昇開橋全景

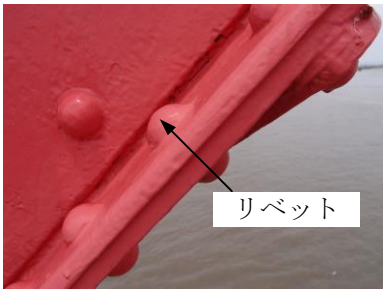


写真 2-2 リベットによる締結

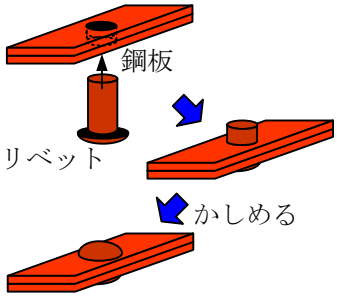


図 2-2 リベットの原理

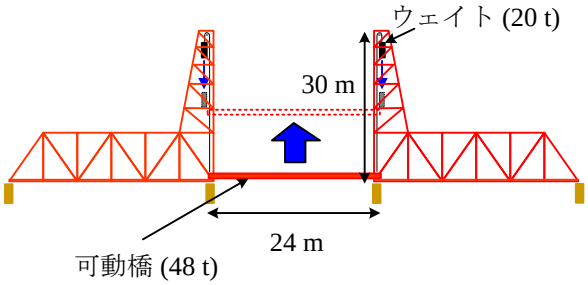


図 2-3 可動橋とウェイト

写真 2-3 上昇した可動橋

2.2 青の洞門 [2-3)]（写真 2-4, 2-5）

青の洞門は，大分県中津市本耶馬渓町樋田にある洞門であり，山国川に面してそそり立つ競秀峰の裾に位置する．全長は約 342 m で，そのうちトンネル部分は約 144 m．諸国巡礼の旅の途中に耶馬渓へ立ち寄った禅海和尚（**写真 2-6**）は，断崖絶壁に鎖のみで結ばれた難所で通行人が命を落とすのを見て，トンネルを掘り安全な道を作ろうと決意．雇った石工たちとともにノミとツチだけでトンネルを掘り続け，30 年余りかけて完成させたと伝えられている．トンネルの途中には外部からの光を取り入れる明かり窓（**写真 2-7**）が設けられており，この洞門が人の手によってつくられたということを感じることができた．今も昔も人や物の移動には道が必要であることは変わらず，安全な道をつくるための先人たちの努力から学ぶものは非常に大きかった．

写真 2-4　集合写真

写真 2-5　洞門内部の様子

写真 2-6　禅海和尚の銅像

写真 2-7　明かり窓から見える景色

2.3 耶馬渓橋[2-3, 4]（写真 2-8～10）

耶馬渓橋は，青の洞門から約 500 m 下流（**図 2-4**）に位置する布積式の石造アーチ橋である．石橋の中では日本一の長さ（116 m）と径間数（8 連）を誇るため，石橋のお殿様とも称されており，大分県の有形文化財に指定されている．また，長崎県に多い石積み方式であることから，通称 オランダ橋と呼ばれるようになったと考えられている．

耶馬渓橋は，1920 年 11 月から 1923 年 3 月にかけて山国川に架橋された．当時，山国川左岸に道路はなく，競秀峰と青の洞門の全景を鑑賞するすべがなかった．そこで，地元有志の発案により観光道路が整備され，その一部として架橋されたのが耶馬渓橋である．現在は橋そのものも観光資源として注目されており，多くの観光客が訪れている．

青の洞門や耶馬渓橋のある耶馬渓は，阿蘇火山の溶岩が河川に浸食されることによって生まれた名勝である．そのため，耶馬渓では軟らかく加工しやすい石材を調達することができた．既に鉄筋コンクリート橋が実用化されていた建設当時，耶馬渓橋が石造アーチ橋として架橋された理由は，地形的なことや石材の調達が容易であったことに加え，経験豊富な石工が多くいたということもある．工事は地元の岩淵万吉が請け負い，石工には岩淵の義弟の鳥越七郎を含む地元の多くの石工が従事した．

アーチ石橋は木橋と比べると水流に強いが，**図 2-5** (a)のような形式でこの高さの橋を造ると，扇形の壁面が川の半分ほどを塞いでしまうという欠点がある．そのため，洪水が起こると橋壁に水圧がかかり，石橋は流されてしまう危険性が高かった．そこで，**図 2-5** (b)のように各径間毎に橋脚を設けて，その上にアーチを組む工法が採用された．この方法は，深い谷に集落が点在し，洪水も多いこの地域の特徴と言える．それでも 1944 年の大洪水では高欄等が流失してしまったが，コンクリートを使用して復旧された後には，100 年に一度といわれるほどの大型台風による洪水にも耐えた．

今回はじめて耶馬渓橋を訪れ，豊かな自然と古い石の温かみ，アーチの美しさが織り成す絶景に非常に感動した．橋や洞門が観光地へ向かう道として利用されるだけではなく，そのものが観光資源になり，美しい景観を生み出すのだということを学び，土木構造物の可能性と先人の偉大さを感じた．

写真 2-8　耶馬渓橋全景①

写真 2-9　耶馬渓橋全景②

写真 2-10　集合写真

図 2-4　耶馬渓橋と青の洞門の位置関係 [2-2)]

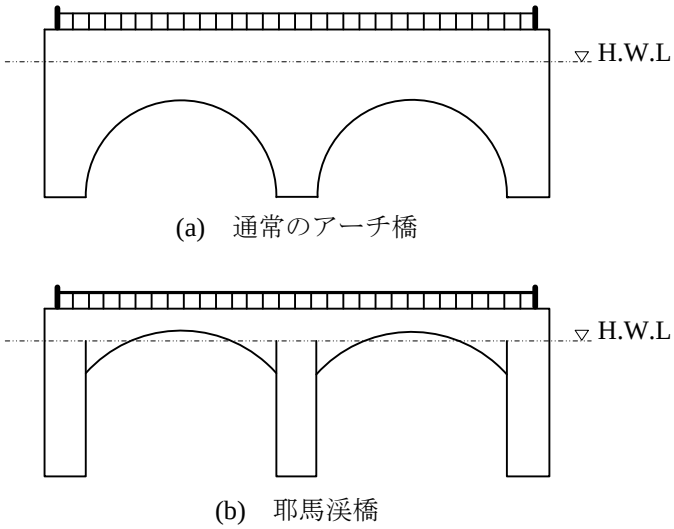


図 2-5　アーチ石橋の構造 [2-4)] を編集

参考文献

2-1)　公益財団法人 筑後川昇開橋観光財団ホームページ : http://www.shoukaikyou.com/ (2016 年 7 月アクセス)

2-2)　Google マップ

2-3)　大分県中津市公式観光サイト：http://www.city-nakatsu.jp/kankodocs/2013080200107/ (2016 年 7 月アクセス)

2-4)　浅見　暁：日本一長い石橋「耶馬渓橋」，Civil Engineering Consultant，Vol.254, pp.32-35, 2012

3. まとめ

熊本城や阿蘇大橋の被害状況はメディアを通してある程度把握していたが，熊本市内ではブルーシートで屋根を補修している家屋や倒壊しているものが多々見受けられ，被害の悲惨さを物語っていた．地震による被害以外にも，経年劣化や施工時の損傷も今回視察した構造物に見られたことから，地震時挙動のみにとらわれず，様々な要因を考慮していく必要性があると感じた．土木工学を学ぶ者として，安心かつ安全な生活基盤を整備する重要さを改めて認識するとともに，将来その役目をしっかりと果たせるよう，日々精進していこうと思った次第である．（木戸）

今回，平成 28 年熊本地震を経験したヒンジ式プレキャストアーチカルバートの現場を，多数見学で

きる貴重な機会を頂いた．まず，被災後の損傷状態から，カルバート横断方向（道路盛土延長方向）やカルバート縦断方向（道路盛土横断方向），さらにその複合的な方向から慣性力を受けたような損傷を観察でき，非常に得るものが多かった．ただし，長年の供用状態からもたらされる損傷と思われるものも多く，一概に地震時の問題だけが重大とも言えないように感じた．今回の視察で得た直観を活かしながら，さらに研究を進めて行きたい．（宮﨑）

阿蘇大橋はじめ実際に被災の惨状を目の当たりにすると言葉を失った．『土木は経験の学問』と言う言葉をよく耳にするが，多くの犠牲と痛みを伴う経験はやはり少ないに越したことはなく，一つの経験からいかに多くのことを学ぶかが我々土木技術者の使命であり責任であると思った．今回，実際に現地で被災に触れさせて頂き，さらには同時に先人の築いた良き土木資産を見たこれらの経験を基により知見を広げ深く考えることで，良い土木技術者を志したいと思う．（小西）

震災後はじめて九州を訪れ，大規模な土砂崩れや構造物の被災状況を目にし，あまりの恐ろしさに衝撃を受けた．熊本地震に関する報道は徐々に減ってきているが，特に南阿蘇村など，復興はこれからだと感じた．熊本市内でも，瓦が落ちた屋根をビニールシートで覆っている家が多くあり，これから台風が来ることを考えると，まだまだ住民の不安も大きいと思う．地震時の被害を小さく抑えることはもちろん，早く復旧して少しでも住民の安心を取り戻すことが大事だと実感したので，これから土木技術者として働いていく上で，そのことを忘れないでいたいと思う．（松下）

九州出身である僕は，熊本地震発生から数週間，家族や友人の安全を願うようにニュースをチェックしていた．7 月にもなると，メディアによる報道も収束しつつあったため，ただ漠然と熊本は徐々に復興しつつあるのだろうと想像していた．しかしながら，現地で土砂崩れのあとや多くの損傷した構造物を目にし，自分の想像以上に地震の爪痕が残っていることに驚いた．今回の視察では，現地に足を運ぶことで得られる情報そして感情がいかに多いかを学ぶことができた．現在の僕のように経験が浅く想像力も乏しい人間は，とにかく現場に足を運びその経験を蓄積することで想像力を培うが大事だと感じた．（光吉）