

無人撮影機を用いた2016年熊本地震における 俵山バイパス橋梁群の被災情報保存

葛西昭¹・牛塚悠太²・松永昭吾³・江山栄一⁴

¹正会員 博士(工学) 熊本大学 大学院先端科学研究部 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

²学生会員 学士(工学) 熊本大学 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

³正会員 博士(工学) (株)共同技術コンサルタント (〒813-0044 福岡市東区千早4-15-12-307)

⁴非会員 学士(工学) (株)栄泉測量設計 (〒861-4108 熊本県熊本市南区幸田2-10-7)

1. 緒言

2016年熊本地震は、震度6弱以上を7回観測する地震群であった。日奈久断層帯、布田川断層帯、別府一万年山断層帯で生じた地震と言われている。いずれの地震が主要因であるか、あるいは、これらの地震の複合的な要因であるのかは、これからの分析を待つところであるが、熊本県西原村における俵山バイパスは、非常に甚大な被害が生じた。

本稿は、デジタル技術の進歩に伴い、非常に安価で利用しやすくなった無人撮影機を駆使し、これら橋梁群の被災状況をできる限り、現状保存できるよう実施した調査を報告するものである。著者らは既に文献1)にて、大切畑大橋の被災状況を報告している。本稿では、これに加えて、桑鶴大橋、扇の坂橋、すすきの原橋、俵山大橋の被災状況について報告する。ただし、各橋梁の詳しい被災分析は別報に委ねるとして、本稿では、あくまでも、無人撮影機による現状保存について報告するものである。各橋梁の被災状況は、その他の文献にて確認されたい。

2. 俵山バイパス

図-1は、国土地理院による地図に、俵山バイパスを書き入れたものである。別報に委ねるが、布田川断層帯が近接しており、地盤変状及び地盤震動の双方によって被害が生じたと言える。2003年には供用を開始しており、それまで、阿蘇外輪山を利用するしかなかった部分の交通の利便性を飛躍的に向上することとなった。しかし、山間部であることから、



図-1 俵山バイパスの位置（国土地理院より）

ひとたび被害が生じると、現場へのアクセスが容易ではなく、即座に種々の判断を下すには、困難な場所であると言わざるを得ない。

3. 無人撮影機の利用

著者らは、4月16日未明の本震以降に俵山バイパスに調査に入った。当初の目的は、速やかに現状把握することにあった。しかし、上記の通り、山間部に位置する橋梁群であるため、まず、現場へのアクセスそのものにもかなり難航した。これは、山間部における道路であったため、盛土部や切り土部が存在し、このような地震の場合、盛土部での被害が甚大であることは、これまでの経験でも分かっていることではあり、それに漏れることなく、写真-1に示すように、2016年熊本地震においても状況は同じであった。そのため、橋梁に近づくこと自体も非常に困難を要した。その上、人間が容易に立ち入る領域が極めて少なく、橋梁の損傷状況を把握できたとしても、どうしても限定的なものに留まった。



写真-1 大切畑大橋付近の道路被害



写真-2 DJI 社製無人撮影機



写真-3 大切畑大橋（橋桁の撮影）



写真-4 大切畑大橋（ゴム支承部分の損傷）

そのため、無人撮影機を導入し、人間では立ち入ることの難しい場所について、撮影を試みた。用いた無人撮影機は、DJI社製のINSPIRE1PROである（写真-2参照）。4Kモードでのビデオ撮影もできる機器である。無人撮影機を用いた現場計測に関する文献は様々存在する^{（例えば2）、3）}。本稿では、撮影精度などに関する議論をするのではなく、地震後のような極めて緊急性の高い状況の中で、無人撮影機を駆使し、橋梁被害の状況を撮影したことを報告することに重点を置きたい。従って、本来であれば、天候条件などの撮影に関する諸条件をまとめるべきであるが、このあたりに言及できない点をご容赦願いたい。

4. 各橋梁の撮影状況について

(1) 大切畑大橋

大切畑大橋は、5径間連続鈑桁橋である。橋脚高さが、高いところでは、33mもあり、橋面を歩行していても、橋脚基部付近を調査しても、なかなか支承周りを調査することは難しい。検査路等を用いる手段もあろうかと思われるが、このような地震時に安全性を確保しながら、検査するのはなかなか難しい。そこで、著者らは、無人撮影機による被害状況の撮影を試みた。紙面の都合上、実際の画像のうち、顕著な撮影ポイントをキャプチャしたものを掲載する。写真-3,4がキャプチャしたものである。写真-3では、桁下の状況が把握できる。ただし、近接が難

しく、現状ではこの程度が限界であった。撮影に対して、どの程度の近接まで必要とするのか、その精度を保証するための手法の確立など、様々な課題がある。ぜひ、今後の課題創出のために本画像を利用いただきたい。写真-4は、中間橋脚にてゴム支承が外れている状況を撮影したものである。周囲のコンクリート部分にも少し損傷が見受けられる。こちらも同様にこの程度の近接では、材料の劣化具合などは把握が難しい。今後の技術の発達に期待したい。

(2) 桑鶴大橋

桑鶴大橋は、2径間鋼斜張橋である。今回の地震では、地震終了後、大きく谷側にずれる形で留まっている。端部の損傷も激しいが、周囲を木々に囲まれており、無人撮影機での撮影が難しい状況であった。写真-5,6が撮影した桑鶴大橋である。主塔付近を通過するように操作し、主塔と橋桁のズレを確認した（写真-5参照）。この橋梁では、照明機器が損傷しているが、無人撮影機により、ケーブルとの接触に伴う損傷であることを示す画像を取得できている（写真-6）。照明機器とケーブルの位置関係を探る上では重要な情報となった。

(3) すすきの原橋

すすきの原橋は、PC橋である。俵山バイパスの橋梁群の中では、比較的損傷が小さかったと言える。写真-7,8が撮影画像である。写真-7によると、人間

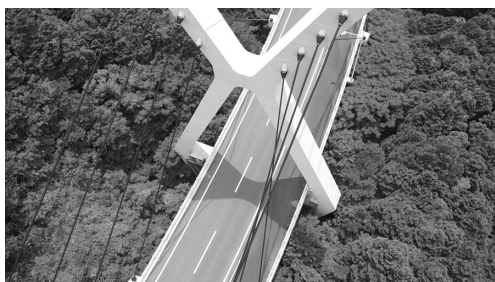


写真-5 桑鶴大橋（主塔付近）



写真-6 桑鶴大橋（ケーブルとの接触）



写真-7 すすきの原橋の橋台（高森側）



写真-8 すすきの原橋の橋台（熊本側）



写真-9 俵山大橋（P2 橋脚付近）



写真-10 俵山大橋端部（熊本側）

が支承周りを調査する段階では、なかなか判断しづらい、橋台付近の地盤の損傷などもはっきりととらえることができる。ただし、桁の中まで撮影することは難しく、無人撮影機の機能の向上が叫ばれる。この種の無人撮影機は、上空から下方をとらえるよう製作されている。しかし、橋梁のような構造物の場合は、下から上をとらえる必要がある。既に上向きをとらえることが可能な機器もあるとの情報もある。橋梁を対象にしたとき、どのような機能が重要かを議論する必要があるだろう。写真-8は、もう一方の橋台付近を撮影したものである。無人撮影機に限らないが、撮影には天候の影響が極めて大きい。この日は晴天であり天気としては良好であったが、日差しが強さの関係で、桁下は逆に非常に暗くなる。どのような状況にも対応する機器の開発が必要である。

(4) 俵山大橋

俵山大橋は、3径間非合成鈹桁橋である。今回の地震では、橋桁の下横構に座屈現象が見られ、橋桁が大きく損傷することとなった。座屈現象を引き起こしているであろう橋台間の圧縮現象あるいは、衝突現象を議論するには、その背面に存在する土塊などの情報も有益である。写真-9は、P2橋脚部付近を

撮影したものである。写真-9によれば、支承部において、主桁にも変状が現れていることが分かる。また、写真-10によれば、橋台部分のみにあらず、背面土の崩壊からも今回の地震被害のメカニズムを探ることができるかもしれない。

5. データ保存

上記の通り、無人撮影機で撮影することによって、人間にとって安全性の確保されていないところを調査することが可能であるが、まだ、精度の観点では課題が多いと言える。しかし、昨今、種々の場面で無人撮影機を用いる機会が増えてきている状況の中、今回のような甚大な被害が生じたところにおける無人撮影を行ったことは今後の発展のために何かを残せていると感じている。さて、撮影のみでは、現象の把握に留まっており、定量的に判断することに乏しくなる。本稿執筆段階では、まだ、なかなか良い精度で残すことはできていないが、これら無人撮影の結果をデジタルデータとする試みも行っている。図-2, 3は大切畑大橋に関して、無人撮影した結果を点群データにするための処理を行ったものである。



図-2 大切畑大橋端部の点群データ

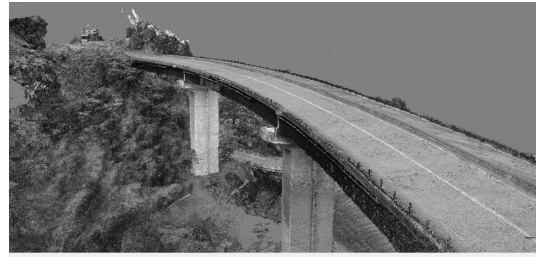


図-3 大切畑大橋の橋面部の点群データ



図-4 俵山大橋橋台部の3Dスキャン



図-5 俵山大橋橋台部の3Dスキャン（上方から）

PhotoScanなるソフト⁴⁾を用いて、処理を行った。撮影との連携をうまくとる必要があり、まだ、精度には問題があるものの、図-2では橋梁端部の段差や背面土の割れも確認できる。図-3では、ゴム支承がずれている部分もおおむねデジタル化できている。もちろん、まだ、定量的に判断するには、課題が多く残されているが、このような技術が今後、重要になってくることは間違いない。

さらに昨今では、3Dスキャニング技術も発達してきている。図-4, 5は俵山大橋の高森側橋台付近を3Dスキャンした結果である。これらは、3次元的な座標も取得が可能のため、デジタルデータとしての価値が高まるであろう。

6. 結言

本稿では、今後発展が期待される無人撮影機を用いたデジタル情報保存について、試行的に行った結果を報告した。現段階では、定量的に判断することは難しい状況であるが、少しでも今後の発展に寄与すべく、撮影画像を公開することとした。著者らは、橋梁工学の全てに精通しているとはいいがたい。従って、この種の情報は、さらに専門家に見ていただく必要がある。情報の公開についても検討していく所存である。

なお、このようなデジタル情報保存は、以下の観点があると著者らは考えている。

- 1) 将来、当該構造物が撤去されてもバーチャルな世界で被災状況を残せるため、地震に関する教

訓として用い、防災の観点で重要である。

- 2) 被災状況を3次元的に捉えることにより、どこがどの程度被災しているかを、危険地域に踏み込むことなく判断でき、減災の観点に発展が可能である。
- 3) 地震後の状況をデータが劣化することなく保存できるため、耐力評価や変形能評価の一指標とすることができる。

しかし、まだいくつかの課題が残されていることは否めない。今後、多くの成果が創出され、安全安心な社会が形成されることを望む。

謝辞

本稿をとりまとめるにあたっては、著者らのみにあらず多くの方々の賛同の元、行うことができた。ここに関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 土木学会西部支部「2016年熊本地震」地震被害調査報告会～緊急災害調査と応急復旧の取り組み～，土木学会西部支部，2016. 5. 31：
<http://committees.jsce.or.jp/report/node/117>
- 2) 渡部要一，佐々真志：UAVを活用した干潟微地形の時空間評価の試み，土木学会論文集B，Vol. 64, pp.24-29, 2008.
- 3) 寺田康人，藤田一郎，浅見佳代，渡辺豊：UAVによる撮影画像を用いた洪水前後の砂州上粒度分布の計測，土木学会論文集B1，71, pp.I_919-I_924, 2015.
- 4) Agisoft LLC.: PhotoScan sers Manual Professional Edition Version 1.0, 2013.10.