

土木事務所における 360° カメラと ウェアラブルカメラを活用した取組みについて

曾我 愛実¹・竹内 信²

¹滋賀県長浜土木事務所木之本支所 道路計画課

²(公財)滋賀県建設技術センター 技術課

近年、建設業界ではインフラDXや働き方改革が推進されているが、その一つとして進められてきた現場の遠隔臨場は、これまでスマートフォンを用いた撮影が主流であった。本研究では360°カメラおよびウェアラブルカメラを導入することで、より詳細で広範囲な撮影が可能となり、受信側が臨場感を感じられる遠隔臨場を実現した。

また、この360°カメラを土木事務所での日常業務における様々な場面にも取り入れ、点検・調査業務や災害対応、現場見学会等の幅広い活用方法を試み、その有用性を確認した。本稿では、その詳細について報告する。

キーワード インフラDX、360°カメラ、ウェアラブルカメラ、遠隔臨場、技術伝承

1. はじめに

近年、デジタル技術の普及・拡大による技術革新が様々な業界・業種で急速に進んできたが、建設業界においては、デジタル技術に対応できる人材の不足や業界内でのデジタル格差が課題となり技術革新に遅れをとっていた。しかし、昨今の建設業界が抱える課題である、少子高齢化による担い手不足や、インフラ施設の老朽化、気候変動により激甚化する災害等に対応していくためには、技術革新による生産性の向上や業務効率化が不可欠である。国土交通省では、平成28年度に策定された「i-Construction」を中核としつつ、その後もインフラ分野におけるDX推進に取り組みされており、令和4年3月には「インフラ分野のDXアクションプラン」がとりまとめられ、令和5年8月には第2版が公表された¹。ここではインフラ分野におけるDXの取組方針が具現化され、利用者目線で実現できる事項が示されている。さらに令和6年4月には「i-Construction 2.0 ～建設現場のオートメーション化」が公表²され、建設現場における新たな生産性向上の取組がまとめられた。

その取組方針の一つである”施工管理のオートメーション化”の第一歩となる遠隔臨場は、本県でも平成30年度より試行的に導入され、各現場で徐々に定着してきた。また、新型コロナウイルス感染拡大による職員の働き方の変化も契機となり、リモートワークの導入でさらに実

用性が見直されている。しかし、従来の遠隔臨場では映像範囲が限定的であり、伝達する情報が発信側に委ねられることから、実際に現場へ赴くことの代替までは達していなかった。

そこで本研究では、遠隔臨場におけるよりリアルな情報共有を実現すべく、インフラ分野のDXアクションプラン¹の具体的事例でも示された360°カメラおよびウェアラブルカメラに着目し、(公財)滋賀県建設技術センターにおいて令和3年度より試行的に導入していた360°カメラおよびウェアラブルカメラによるリアルタイム配信サービス²を土木事務所の実業務で活用し、その効果を検証した。

加えて、360°カメラは遠隔臨場以外にも土木事務所での日常業務における様々な場面で活用が期待されたことから、各土木事務所の実務における様々な場面での活用検討、およびその効果の検証を行った。

本稿では、その結果を報告する。

2. 360°カメラおよびウェアラブルカメラの概要

(1) 機器仕様

今回使用した360°カメラおよびウェアラブルカメラの機器仕様を下記に示す。

- ・360°カメラ：RICOH THETA Z1
- ・ウェアラブルカメラ：VUZIX M400 (4K画像)

360°カメラおよびウェアラブルカメラを装着した様子は写真-1のとおりで、ウェアラブルカメラはヘルメットやメガネ型デバイスに取り付けてハンズフリーで利用でき、360°カメラは市販の自撮り棒に取り付けて片手で保持可能である。また、どちらのカメラも市販のスマホやタブレットと接続可能で、映像を確認しながらの撮影も可能である。



写真-1 360°カメラおよびウェアラブルカメラ

(2) 360°映像に期待されるメリット

ここで、360°映像のメリットについて述べる。

- ① 撮影地点における全天球型映像を取得でき、視聴者が自由に画面を操作しながら、まるで現地に立っているかのような臨場感のある映像を見ることができる。
- ② 撮影者の技術力を問わず、撮影漏れを防げる。
- ③ 遠隔による現場指示や現地対応の支援が可能。
- ④ 関係者へ詳細な現地状況を共有することが可能。

(3) リアルタイム配信サービス (RICOH Remote Field) の活用

360°映像は、リアルタイム配信サービス (RICOH Remote Field) を利用することで遠隔臨場に活用できる。360°カメラは全天球型映像を取得するため、受信側が各自で自由に画面を操作しながら全方向を閲覧することができ、立会範囲に限らず現場全体の確認が可能となる。

(4) クラウドサービス (THETA 360.biz) の活用

360°カメラは、リアルタイム配信だけでなく通常のカメラとしても現地状況を把握するのに有用である。撮影した360°画像や動画は、360°映像の閲覧に対応した無料のアプリやブラウザを使用して、市販のPC、スマホ、タブレット等の端末で容易に閲覧できる。

また、クラウドサービス (THETA 360.biz) を活用することで、360°画像や動画と位置情報等をリンクさせたGoogle ストリートビューのようなコンテンツを任意地点で簡単に作成し、webサイト上で公開することも可能である。360°映像のデメリットとして、視聴者の自由操作が可能な反面、撮影者の意図が伝わりにくいという点があるが、THETA 360.bizでは位置情報の他、キャプションや関連の画像・動画等の付加情報を360°映像上に与えることができるため、撮影者の意図を伝えるツールとしても有用である。

3. 遠隔臨場における360°カメラおよびウェアラブルカメラの活用

(1) 法面工事における活用

筆者の所属する長浜土木事務所木之本支所では、長浜市西浅井町菅浦地先にて県道葛籠尾崎大浦線の法面対策工事を実施中であり、当現場での遠隔臨場において360°カメラおよびウェアラブルカメラの導入を試みた。

この工事では、既設法枠の上部法面を安定させるため、路面からの高さが30mを超える位置に吹付法枠工、グラウンドアンカー工、鉄筋挿入工 (無足場工法) を施工する。その施工範囲に立ち入るには、労働安全衛生法の規定によりフルハーネスの装着が必須となり、発注者の監督職員が現地立会で現地の詳細を確認するのは困難であった。そのため、360°カメラを作業箇所下部の足場上に設置して現場全体の様子を映すと同時に、ウェアラブルカメラを専門技能者のヘルメットに装着して施工箇所の細部を映す形の遠隔臨場を導入した (写真-2参照)。

従来の遠隔臨場は、スマートフォンを用いて行うことが主であったが、足場上に設置した360°カメラの映像では、スマートフォンによる映像よりも施工中の法面全体を見渡せた他、足場上に置かれた機材や材料の保管状況、足場下の道路交通状況なども同時に確認することができた。加えて、スマートフォンでは撮影者の片手が塞がれるため、フルハーネスの装着や親綱が必要な法面からの映像配信は危険を伴う作業となっていたが、ウェアラブルカメラはヘルメットや眼鏡に装着することで、両手を塞がれることなく撮影者の視点映像を届けることができ、安全性が向上した。また、今回使用したウェアラブルカメラでの配信映像の解像度は4Kと高画質であることから、画面越しでも巻尺の目盛りや計測器の数値等を鮮明に読み取ることが可能であった (写真-3参照)。



<https://f78908498.theta360.biz/tb30d670a-2490-11ef-bcd3-0613720b7bf9-1>

写真-2 法面工事における遠隔臨場の様子



写真-3 ウェアラブルカメラによる目盛り確認の様子

(2) 現場見学会における活用

前項で記載した法面対策工事について、360°カメラとウェアラブルカメラのリアルタイム映像を用いて、立命館大学の授業と連携した現場見学会を遠隔で開催した(写真-4参照)。

立命館大学から現場までは約100kmと遠距離で、高速利用でも片道約1時間30分の移動時間がかかるため、現地へ足を運ぶと半日以上が必要となるが、遠隔開催とすることで授業1コマの時間内で開催が可能であった。加えて、立命館大学以外にも県庁や他の土木事務所など各所からリモート接続し参加できる環境を用意することもできた(写真-5参照)。

内容面でも、従来の遠隔での現場見学会では一方的に現場の映像を届けるだけであったが、360°カメラを導入することにより、各参加者が見たい箇所を能動的に選択し多角的な視点で現場を見学することが可能である。加えて、専用ゴーグルにて現場のVR体験を行うことも可能である。また施工者側にとっても、見学者の安全確保のために施工を中断したり内容を変更したりする必要が無い場合、工程に影響を及ぼすことなく安全に現場見学会を開催でき、普段どおりの作業を見学してもらえるなどの利点が確認できた。

見学後の参加者アンケートでも、「現場の規模感や足場の高さ、作業員間の様子がリアルに伝わった。」「遠隔管理を導入することで、仕事の効率化や経費削減に繋がっていると感じた。」等の意見が寄せられた。このことから、遠隔での現場見学会であっても、360°カメラとウェアラブルカメラを用いて実体験に近い形での開催とすることで、参加者の記憶にも残りやすく満足度を向上することが可能といえる。加えて、このような現場見学会を通して、新技術の導入やそれに伴う業務効率化の取組みを紹介することで、建設業界や公務員の職務に対するイメージアップ効果も期待できる。建設業の魅力を発信するための手法として、現場を間近で見てもらい魅力を伝える従来の現場見学会と並行して、このような形の現場見学会も今後開催していきたい。



写真-4 立命館大学でのリモート現場見学会の様子

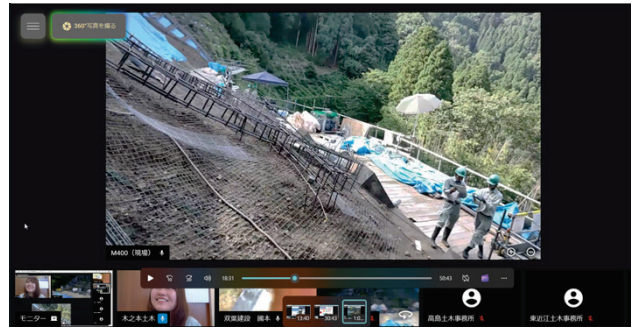


写真-5 リモート現場見学会の実施画面

4. 土木事務所の業務における360°カメラの活用

(1) 道路構造物の調査・点検における活用

橋梁やトンネル等の道路構造物点検において、部材毎や変状が見受けられた部分などのスポット的な記録写真のみでは、部材毎の位置関係など構造物の全体像を把握しにくいという課題があった。そこで、360°カメラを活用して構造物全体の記録を試みた。

今回の試行では、橋梁(東近江土木事務所管内、紅葉橋)とトンネル(長浜土木事務所木之本支所管内、賤ヶ岳隧道)を対象としたが、写真-6および写真-7に示すとおり、どちらも全天球型映像として取得することで構造物全体の状況を把握することができた。さらに、THETA 360.bizを活用して撮影位置との紐付けや劣化箇所のコメントを付与することで、わかりやすい点検資料を作成できた。加えて、360°カメラは動画も撮影可能であり、トンネルのように線的構造物で延長が長い場合は、全区間を途切れず記録に残せる動画撮影も有効であった。また、今後新たに変状等が発見された場合にも、360°映像を過去の状態確認に活用可能である。

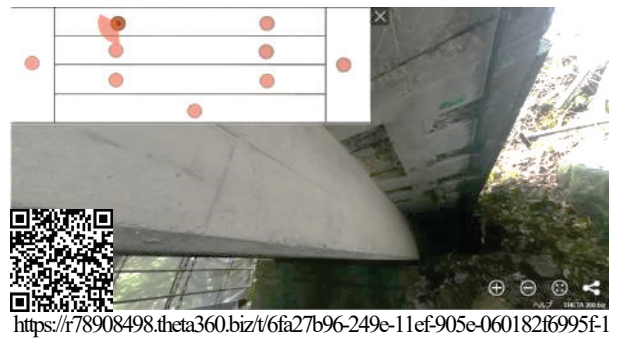


写真-6 橋梁点検での360°カメラの活用(紅葉橋)

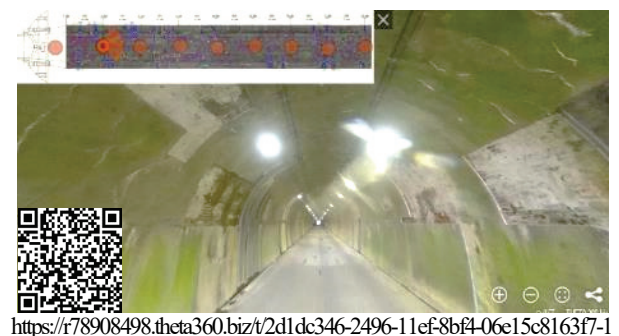


写真-7 トンネル点検での360°カメラの活用(賤ヶ岳隧道)

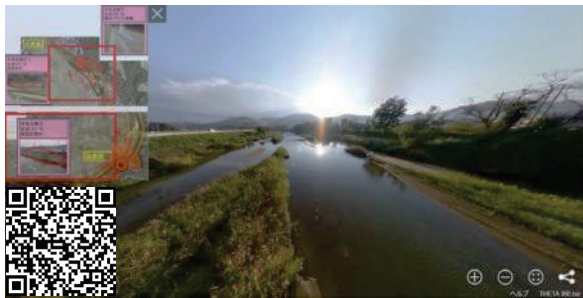
(2) 河川巡視点検における活用

各土木事務所の河川維持管理計画では、管内の管理河川において年一度は直営により河川巡視点検を実施することが定められている。直営巡視では、橋の上流側・下流側などで定点撮影し、過年度の点検写真とも比較しながら河川構造物の異常の有無や、草木の繁茂状況、土砂の堆積状況等を調査する。

従来の巡視点検では、デジタルカメラを用いて現地写真を撮影し、点検終了後は写真とその撮影位置や河川の流向、点検結果を帳票に整理している。流路延長が長く撮影箇所が多い河川では、点検写真の枚数が膨大となり、帳票作成にもかなりの時間と労力を要する。また、河道内を中心に撮影した写真はどこも似たような景色となることが多く、後日改めて撮影位置や流向を判別するのが困難という課題もある。

そこで本研究では、直営の河川巡視点検において試行的に360°カメラを用いて撮影を行った。撮影映像は写真-8に示すとおりで、360°画像とすることで、1枚の写真で河川の兩岸、上下流の全方向を映すことが可能と確認できた。また、河道内だけでなく、堤防道路や背後地の状況等、これまでの点検写真では映しきれなかった範囲も記録に残すことができた。

加えて、THETA 360.bizを活用して撮影位置とリンクさせたり、点検結果をキャプション入力することで、簡単に点検帳票を作成することも可能である。点検写真を360°画像としたことで枚数を縮減し、帳票作成時も位置や流向を正確に判別することができるため、写真整理も容易となった。今後、毎点検時の360°画像を蓄積することで、災害等で変状が発生した場合や地元要望等があった際に、当時の状況を把握した上で対応検討に活かすことも期待される。



<https://r78908498.theta360.biz/t/90c65fc2-248a-11ef-83a6-06e15c8163f7-1>

写真-8 河川巡視点検での360°カメラの活用

(3) 災害時における活用

災害時における被災箇所の調査や関係機関への情報共有、災害査定資料の整理において、360°カメラの活用を検討した。

成果は写真-9のとおりで、被災箇所の調査に360°カメラを活用することで、被災直後の様子を広範囲に記録することができ、後の災害対応を進める上で有用な資料となった。リアルタイム配信サービス（RICOH Remote

Field）利用することで、現地から土木事務所や県庁（災害対策本部）へ迅速に被害状況を共有することも可能である。

さらに、360°カメラは気象条件に影響されず簡単に撮影できるという利点がある。近年、被災箇所の調査にドローンが用いられるケースが増えており、遠隔操作で広範囲を撮影することができる安全な手段として活用されているが、被災直後の悪天候時や強風時には飛行が困難である。このような場合でも、360°カメラを代用すれば被災箇所の全景を撮影することが可能である。



<https://r78908498.theta360.biz/t/ba25acc4-2485-11ef-9840-0a7fdda087bb-1>

写真-9 災害現地調査（法面）での360°カメラの活用

また、試行として昨年度に発生した河川災害箇所を例に360°カメラを活用した査定写真を試作した。査定写真は「公共土木施設災害復旧の災害査定添付写真の撮り方⁴⁾」に基づき、起終点や被災延長が判別できるようボール縦横断写真を作成する必要がある。これに360°画像を用いることで、広範囲の被災箇所でも写真の貼合せ作業が不要となり、1枚で全景を映すことができ（写真-10参照）、対応が急がれる災害後の事務作業の効率化の観点からも有用である。

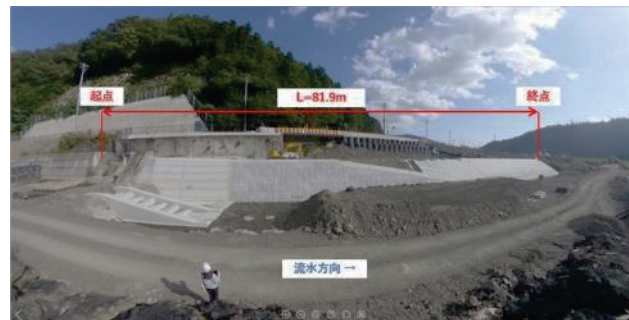


写真-10 災害査定写真の試作

(4) 用地交渉における活用

用地交渉では、地権者が遠方に居住している場合や仕事・家庭の都合等、諸事情により現地での境界確認へ来てもらうことが困難なケースも多い。また、取得対象地が山林等である場合は、境界点が山の中腹や急斜面上に存在しており、地権者が現地で境界点を近接確認するのは危険が及ぶこともある。

そこで本研究では、地権者への境界確認にあたって、

360° 画像を用いた説明を試みた。対象地は長浜市木之本町川合地先の国道303号法面対策予定箇所で、急斜面に樹木が密に繁茂しており、法面上部の境界点を近接確認するのは困難な現場であった。そのため、事前に地積測量図等から復元した境界点を現地に杭やカラーテープで明示し、その周囲を360°カメラで撮影した。また、撮影した画像はTHETA 360.bizを用いて境界確認図とリンクして整理し、地権者が各地点における360°画像を閲覧できるようにした(写真-11参照)。

これにより、現地確認が困難な場所においても、地権者へ分かりやすく周辺の状況を確認頂くことができた。特に境界が不明確となりやすい山林等では、地形の変化点や樹木を目印として地権者間で互いの土地境界を認識されているケースもあり、360°画像を用いたことで、よりスムーズな確認作業に繋がった。



<https://t78908498.theta360.biz/t/effid20aa-2e9b-11ef-ac56-0ad00fde431f-1>

写真-11 用地境界確認での360°カメラの活用

(5) その他日常業務への活用

日常業務において現場へ行く際にも360°カメラを持参し、様々な場面で活用を試みた。

事業予定箇所を360°画像で記録することで、工事対象範囲だけでなく、電柱や架線、照明柱等の支障物件や、側溝や柵、マンホール等の付属構造物、植生繁茂状況など、周囲の状況を一度に記録できた。これにより、経験の浅い職員が現地調査を行う場合でも、確認忘れをカバーし、後日机上で360°画像を再確認しながら設計協議や積算を行うことができた。地元要望や事故対応等による現地確認の際にも360°画像を用いることで、上司への状況報告や、対応方針の検討・説明をより明確でスムーズに行うことが可能であった。

また、上司が別業務の予定や在宅勤務などで現場へ同行することが困難な場合でも、担当職員が360°映像を記録して上司へ送信したり、RICOH Remote Fieldを活用してリアルタイムの360°映像を上司へ配信することで(写真-12参照)、上司は現場の360°映像を自由に操作して閲覧しながら、現地の詳細な情報を取得できる。これにより、担当職員の工事監督業務を支援したり、担当職員が見落としがちなポイントを指摘するなど、技術指導を遠隔で行うことも可能となる。多忙な業務の中で若手職員への技術伝承にかかる時間の確保が課題となって

いるが、360°カメラは技術伝承においても有用なツールとして活用できる。



写真-12 リモートを併用した現場パトロールの様子

5. 360°カメラ事例集の作成・公開

本研究において活用検討を行った事例について、THETA 360.bizを用いて撮影した映像を整理し、事例集を作成した(写真-13参照)。この事例集は、土木事務所職員の利用を前提とした目線で360°カメラの特徴と具体的な事例を紹介しており、日常業務における360°カメラの有用性を職員間で共有し、インフラDXのさらなる推進につなげることを目的としている。本研究で試行した事例は、構造物点検や道路パトロール等、各土木事務所に共通した標準的な業務が主であったが、この事例集をきっかけに、各土木技術職員が個々の業務に応じて様々な場面で360°カメラを活用できるようになればと期待している。なお、作成した事例集は(公財)滋賀県建設技術センターのHPにて一般公開している。本県土木事務所のみならず、あらゆる場面においてこの事例集がインフラDX推進の一助となることを期待する。



<https://www.sct.or.jp/work/technic/360-%E3%82%A3-%E3%83%A1%E3%83%A9%E4%BA%8B%E4%BE%8B%E9%9B%86/>

写真-13 360°カメラ事例集

6. 今後の課題

(1) 通信環境に関する課題

夏季期間に遠隔臨場を試行した際は、直射日光により

機器の温度が上昇して通信不良が発生し、パラソルで直射日光を遮り扇風機や保冷剤で機器の温度を下げる等の対応が必要となるケースがあった。また、足場に囲われた橋の桁下空間などでは十分に電波が入らず通信障害が発生する事態もあった。機器の使用にあたっては現場環境を十分に確認し、状況に応じて録画対応とするなど、対策を講ずる必要がある。

(2) 360°映像データの処理に関する課題

360°映像は1枚あたりのデータ容量が大きく（写真1枚あたり約8MB、動画5分あたり約2GB）、枚数が多くなると土木事務所に配備されているPCでは処理に手間を要することもあった。土木事務所の業務では、360°映像以外にも、容量の大きい3次元データの閲覧・編集作業やデータ共有を必要とする機会が増えていることから、セキュリティ保護と両立しながら関係者とのデータ共有が容易にできる端末やサーバの整備が求められる。

(3) 土木事務所の設備に関する課題

360°カメラによる現場の遠隔管理の普及には、土木事務所での映像閲覧環境を整備することも重要である。現在、筆者の所属する長浜土木事務所木之本支所では、大型モニターは所内の予約制会議室のみに設置されており、通常の遠隔臨場等では個々のノートパソコンやタブレット端末を使用している。そこで本研究では、写真-14に示すとおり執務室内へ大型モニターを試行的に設置して遠隔臨場を実施した。その結果、大画面で360°映像を閲覧することでPCやタブレットの画面での閲覧よりも詳細に現地状況を確認できる点や、個人の閲覧準備作業が不要となり上司や同僚など複数人が手軽に遠隔臨場に参加できる点など、多くのメリットを確認できた。執務室内の大型モニターは、遠隔臨場のみならず360°映像や3次元データ等を閲覧して協議や相談を行う場合にも役立つと考えられることから、配備が推奨される。



写真-14 執務室内への大画面モニター設置の試行

(4) 施工者側への普及に関する課題

360°映像で現場全体を遠隔で確認可能となったことで、施工者側では現場を監視されているような印象を持つ、という意見もあった。施工者側への普及のためには、360°カメラが監視を目的としたものではなく、360°映像による詳細な情報共有を行うことでミスやトラブルを未然に防止したり、受発注者間の協議のレスポンスを早くし円滑なコミュニケーションを図るためのツールである点や、施工者内での技術伝承にも有用である点を強調すべきと考える。

7. おわりに

本研究では、360°カメラおよびウェアラブルカメラの土木事務所への導入を検討した結果、現場の遠隔臨場など様々な場面においてその有用性を確認できた。360°カメラやウェアラブルカメラは、価格や操作性の手軽さから、地方自治体や中小規模企業でも導入しやすい情報通信機器であり、地方の建設業におけるDX推進の有効なツールとして今後も積極的に活用していきたい。

また、本研究で活用を検討した360°カメラやウェアラブルカメラのみならず、現在では様々なデジタル技術が開発されているが、土木事務所の業務に導入し活用するには、前項で述べた課題への対応など、土木事務所のデジタル技術への対応力を向上させることが不可欠となる。これにより、発注者自身の業務の生産性が向上するのはもちろんのこと、受注者側からもデジタル技術を活用した提案が積極的になされるようになり、地域の建設業界全体のDX推進につながると期待されることから、土木事務所そのものをスマート化する「スマート土木事務所」の実現を目指し、今後も積極的に取組みたい。

謝辞

本稿執筆にあたり、ご協力頂いた県庁各課、各土木事務所・支所、(公財)建設技術センター、および各受注者・メーカーの皆様には厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP : https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000073.html
- 2) 国土交通省 HP : https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_001085.html
- 3) 八田尚大、石谷貴英：令和3年度(第43回)滋賀県土木技術研究発表会論文集，pp.31-35，2021.
- 4) (一社)全日本建設技術協会：公共土木施設災害復旧の災害査定添付写真の撮り方（令和5年改訂版），2023.