

官庁営繕事業における 遠隔臨場の有効的な活用方法について

前野 圭亮¹・垣内 朝美¹

¹九州地方整備局 営繕部 保全指導・監督室 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)

国土交通省では、i-Constructionを推進し、その取組の一つとして遠隔臨場の推進が図られている。建築分野においても、官民が一体となり、建物の企画、設計、施工、維持管理の各段階で、従来の対面による協議からWeb会議システムなどを利用したオンラインへの移行が図られている。本稿は「佐世保法務総合庁舎（R2）建築その他工事」の実施事例を通じて遠隔臨場の効果や課題を検証し、今後の営繕工事で遠隔臨場を利用する際の有効的な活用に向けて、改善提案を行うものである。

キーワード 遠隔臨場、生産性向上、i-Construction、DX（デジタルトランスフォーメーション）

1. はじめに

国土交通省では2016年からi-Constructionを推進している。これは建設現場における、一人ひとりの生産性の向上、安全性の確保を推進していくことを目的としたものである。現在、政府におけるデジタル社会の実現に向けた取組として、インフラ分野においても社会経済状況の激しい変化に対応したデータとデジタル技術を活用することで、これまでのi-Constructionの目的である「建築現場の生産性の向上」に加え、「業務、組織、プロセス、文化・風土の働き方の変革」を目的としたDX（デジタルトランスフォーメーション）を推進している。

その中の取り組みの一つが遠隔臨場である。国土交通省は、公共工事の建設現場において遠隔臨場を適用し、受発注者の作業効率化を図るとともに、監督職員の立会い等を適切に行うことを目的とした試行要領（案）を2020年3月に発表した。遠隔臨場とは、動画撮影用のカメラ（ウェアラブルカメラ等）とWeb会議システムを利用し、立会い等（段階確認、材料検査及び現場の施工箇所の検査等）を行うものである（図1）。

今回、営繕部で遠隔臨場を実施した現場では工事期間中に、コロナによる県外への移動自粛や、複数人が集まる対面での会議開催が難しいことも相まって、実施回数を重ねることができたので、得られた知見を報告する。



図1 イメージ図

2. 対象事業の事業概要

(1) 工事概要

- ・工事場所：長崎県佐世保市
- ・工期：2021年11月～2022年5月（工事期間約19か月）
- ・構造：鉄筋コンクリート造 3階建
- ・建築面積：約761㎡、延べ床面積：約2,068㎡

(2) 建物計画の特徴

- ・敷地はマンションなどが建ち並ぶ地区であり、裁判所、病院、小学校に隣接している（図2-1、図2-2）。



図2-1 対象工事施設

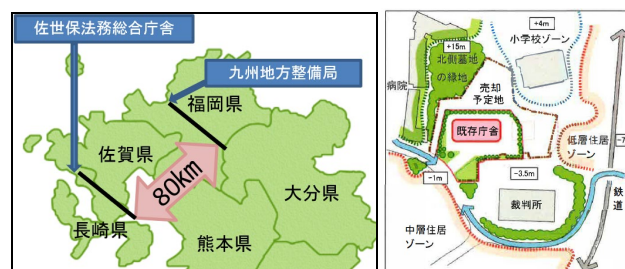


図2-2 対象工事エリア

3. 遠隔臨場に使用した機材

現場で使用する機材については、日常業務で使用している機材から選定することを念頭に置いた。これは遠隔臨場時にのみ使用する機材では、操作の習熟に時間が必要となり、受注者への負担増加が懸念されたためである。検討の結果、ノートパソコン、スマートフォン内蔵のカメラ及び業務用ウェアラブルカメラを選定した。業務用ウェアラブルカメラは、揺れの補正機能が強力なため映像のブレが少なく、防塵防水性能が優れているので、現場の作業環境に適している。スマートフォンを使用するメリットは、wi-fiと携帯電波の切り替えがスムーズに行えるため、通信状況による不具合に対応しやすいという点である（写真1-1、写真1-2）。

Web会議システムとしては、「Microsoft Teams」を採用した。このアプリは、チャット通話機能の他、ビデオ会話機能、ファイル共有機能、officeアプリとの連携機能があり、Microsoftアカウントがあれば無料で利用可能という点で優れている。

その他試行を重ね工夫した点として、機材を取り扱う際に両手が塞がってしまうと現場内での移動の際に危険なため、ハンズフリーで移動することができ、また機材の落下等を防止するため首元に機材を保持できる補助器具を採用した（写真1-3）。



写真 1-1 ウェアラブルカメラ使用時



写真 1-2 スマートフォン使用時



写真 1-3 遠隔臨場装備全身

4. 施工段階での活用事例と改善点

本工事工程の中で複数回遠隔臨場による検査を実施した。以下各工程での気づきや、工夫した点などをまとめる。

(1) 鉄筋工事（配筋検査）

鉄筋工事では、スラブ配筋の種類や径、数量及び配置の検査を行った。今回の検査では事前に通リ芯の読み合わせを行うことで、受注者と発注者側の検査箇所の違いがないように対策をした（図3）。

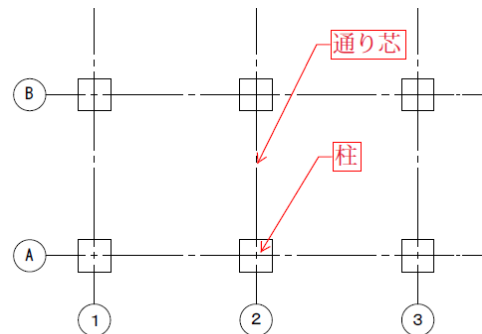


図3 見下げ図例

鉄筋の配置の確認は、画面上でも数値が確認しやすいように、目盛りの大きなスケールを用意したが、実際は手持ちサイズのメジャーでも十分に数値の確認は可能だった（写真2-1、写真2-2）。鉄筋径や種類は、カメラを近接して行ったが、鉄筋が混み合っている仕口部分や、梁下端筋の配筋状況の把握は、鉄筋間の狭い隙間にカメラを差し込む必要があり、スマートフォンでは、検査箇所の詳細な確認が出来なかった。そのため今回は、本体サイズが小さいウェアラブルカメラが有効だった。スマートフォンとウェアラブルカメラは、状況による使い分けが必要である。

【改善点】

今回の検査では通り芯の読み合わせを実施したことで、スムーズに検査ができたが、検査箇所を区分けするなど限定すれば、より効果的な検査が可能になると考える。また、鉄筋に通リ芯などを表す目印をつけることで、類似箇所の判断を行うことも改善策の一つとして考えられる。



写真2-1 配筋検査



写真2-2 配筋検査

(2) コンクリート工事（生コンの受け入れ検査）

コンクリート工事では品質管理のため、生コンの受け入れ時に監督職員の立会いを行う。今回は受け入れ時期が、福岡県のまん延防止等重点措置の期間と重なり、また現場への移動時間が往復4時間かかるため、工事受注者における監督職員の立会いに伴う手待ち時間の削減を目的に、遠隔臨場を試行した。

映像によりスランプ、空気量及び塩化物量等の試験を行い、数値などの詳細は明瞭に確認し、十分な検査を行うことができた（写真3）。

使用時の問題点として、ミキサー車稼働時にその近くで会話をした場合、稼働音の影響でお互いの声が聞こえづらいことがあった。対策として、監督職員が確認したい箇所はTeamsのチャット機能を利用して意図伝達を行った。なお、監督職員からの細かい指示になると文字を入力時間がかかり、タイムラグが発生してしまうため、通話とチャットの状況による使い分けが、必要なポイントとなる。

【改善点】

駆動音等による聞こえづらさの対策として、イヤホンやヘッドセットの使用を検討したが、耳を完全に塞いでしまうと、現場では周りの状況を把握しづらくなり危険な事故につながる恐れがある。そのため耳を塞ぐことなく音を聞くことができる「骨伝導ヘッドセット」を用いることで、音の大きな現場でも通話することが可能になると考えられる。



写真3 コンクリート受け入れ検査の様子

(3) 防水工事（防水検査）

防水工事における下地コンクリートの仕上がり状況や乾燥状態、アスファルトルーフィングの重ね幅の適否の確認、保護コンクリート打設前の下地の納まり状況及び設備基礎等の塗膜防水の状態などを確認できた。今回の検査では設備基礎の顎下の部分に塗膜防水の部分的な塗り不足に気づき、手直しを行った。

カメラの届く範囲であれば、足元や構造物の目視確認の難しい箇所も比較的容易に検査ができた。

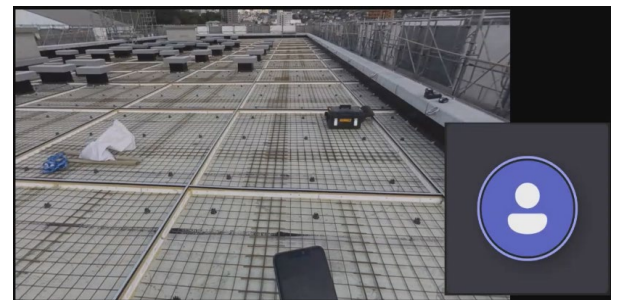


写真4-1 保護コンクリート打設前検査



写真4-2 塗膜防水の検査の様子

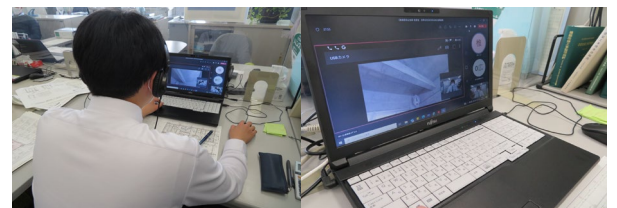


写真4-3 防水検査の様子(発注者側の様子)

(4) タイル工事 (外壁タイル張り付け検査)

タイル工事では工程上の都合により、日暮れに近い時間に張り付け検査を行った。そのためカメラのライトだけでは明るさの確保が不十分だったが、日常利用している現場の仮設照明などを利用することにより、タイルの裏足の適否などの材料検査も十分確認できた(写真5-1~写真5-4)。

張り付けモルタルの調合からタイル張り付けまでの一連の工程についても、他の作業員の支障になるようなこともなく確認することができた。

遠隔臨場を活用したことで、立会いの移動時間や受注者の待ち時間が短縮でき、発注者、受注者双方にとって大きなメリットがあった。またこの検査ではTeamsで設計者も参加し、実際の外壁の色彩などリアルタイムで確認でき、好評であった。

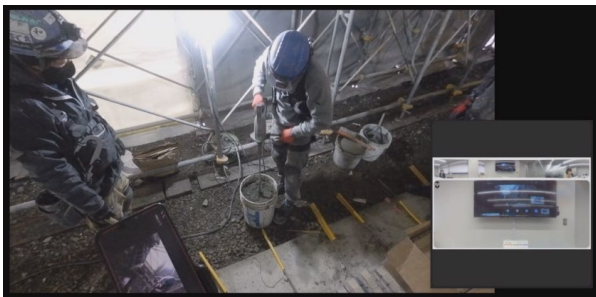


写真5-1 張り付けモルタルの調合



写真5-2 外壁タイル張り付けの様子



写真5-3 外壁タイル裏足の確認

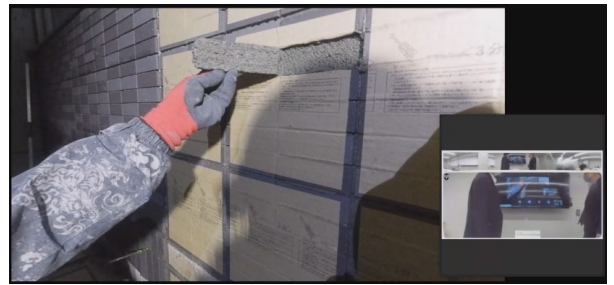


写真5-4 張り付けモルタル充填率の確認

5. その他に活用した事例

(1) 工事監理業務の既済検査の実施

工事監理業務とは、施工者が工事を設計図書のとおりを実施しているかを設計事務所に工事監理業務として委託する業務のことである。

既済検査をTeamsを利用して実施し、検査員の指示や、質問に対し、該当する書類をモニターに映す形式で行った(写真6)。今回、工事監理受注者が長崎に所在のため、通常午後からの検査となるが、対面で実施する場合は移動時間が必要なため、オンラインの活用により午前中であっても無理なく検査を実施できた。監理業務開始当初から業務関係書類や打合せ簿等はデータでやり取りしており、スムーズに検査の準備ができたのも遠隔で検査を行えた要因の一つであった。

今回は調査職員と検査官を一か所に集めて実施したが、自席のパソコンにて実施可能ではという意見もあった。こうした移動時間の軽減のほか、紙の使用率の削減、不足分の書類があった場合PC内のデータなら確認が容易といった点が、この検査方法のメリットであると言える。

しかし、複数の書類を比較しながら検査を進めていくことが難しいこと、また表示モニターのサイズによっては、文字が小さくて見にくいということがあった。表示モニターを複数準備すれば書類の比較が容易になると考えられる。



写真6 工事監理業務の既済検査の実施

(2) 現場見学会

庁舎の完成に伴い、Teamsを利用した現場見学会を営繕部内で開催した。本稿の主題である検査への適用とは異なるが、方法論は共通なのでここで簡単に説明をする。

始めに参加者へ工事概要の説明を行い、庁舎内部の状況をジンバルとスマートフォンのカメラを利用して撮影を行った（写真7-1）。使用機材の一つであるジンバルの採用理由としてスマートフォン単体では、一か所の状況確認には特に影響はないが、今回のように建物内の複数箇所を移動して撮影の必要がある際には、手ぶれの軽減を考慮する必要があるためである。

ジンバルは、映像が動いてもカメラを一定の方向に保ち、揺れや傾きを大幅に軽減することができるため、視聴者が手ぶれ映像による画面酔いを起こしにくくなると同時に、映像の変化量が少なくなることで、データ量を抑えて映像を送信することが可能となる。一方、本体サイズが大きく片手を常に塞いでしまうため、工事現場内の狭い場所での検査には不向きというデメリットもあるが、利用場面を適切に選ぶことで大きな効果を得られる機材として有用である。

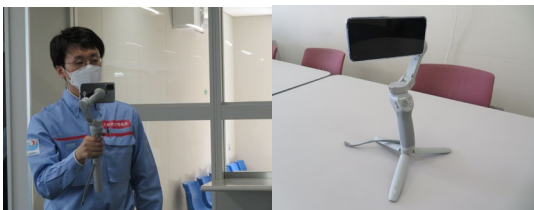


写真 7-1 ジンバル

今回の現場見学会では、Teamsのみの参加者には、現地でどのような質問が出ているのかをスマートフォンのマイクでは拾いきれないことがあった。急遽、音声を拾うための機材をもう一台別に用意することで対応したが、これは工事検査の場合にも有用な方法だと言える。



写真 7-2 現場見学会の様子

6. 活用時の課題と改善点

今回の活用事例より遠隔臨場の課題と改善点をまとめる。

(1) 現場の作業音等の環境音対策

「骨伝導ヘッドセット」の導入を検討する（図4）。骨伝導は、耳の穴や鼓膜を使わず、耳周辺の骨を振動させて、耳を塞ぐことなく音を聞くことが可能な技術であり、通常のヘッドセットに比べて、周囲の状況判断がしやすくなり安全である。また骨伝導の仕組みは、イヤホンだけでなくマイクにも活用されている。人間は、声を出すときに口から音（空気の振動）を発生させる。骨伝導マイクは、発言者の声帯の振動だけを拾う仕組みになっており、周りの空気の振動をあまり拾わず、周囲の騒音が入ってこないメリットがあるため、作業音が大きい場面では骨伝導マイクを活用することで無線による会話がスムーズになる。



図4 骨伝導技術の活用

(2) 通信環境の改善

スマートフォンの電話回線を利用することで、ある程度の通信環境の改善は見込める。しかし、スマートフォンの契約によっては通信量に制限があるため、ネット回線との切り替えタイミングはその時の状況で判断が必要となる。また、通信が頻繁に途切れ使用できないような現場では、検査箇所を画像や映像で記録したもので、監督職員は机上で確認することも可能である。

(3) 使用機材の選定

機材の選定を行う際の、検討すべき項目の中に、カメラの画素数がある。画素数が多く高画質の場合、検査の際の映像が細かい部分まで見え、より正確な検査を行うことができる。しかし高画質のデータ容量は非常に大きくなり、遠隔臨場のようにリアルタイムで映像をやり取りする際、使用するネットワークによっては許容量

を超えてしまい、映像の遅延によるカクつきや音声の乱れが発生して逆効果となりえる。

機材を選定する際、ネット回線の速度によっては使用機材の性能を最大限発揮できない場合があることを理解したうえで、「官庁営繕事業の建設現場における遠隔臨場に関する実施要領」の通信回線速度などの参考数値を基に、受発注者間での協議を進めるべきである（表1-1～表1-3）。

表1-1 動画撮影用のカメラ等に関する参考数値

画質	画素数	最低限必要な通信速度
360p	640×480	530kbps
480p	720×480	800kbps
720p	1280×720	1.8Mbps
1080p	1920×1080	3.0Mbps
2160p	4096×2160	20.0Mbps

表1-2 Web 会議システム等に関する参考数値

項目	仕様	備考
映像	画素数：1920×1080 以上	カラー
	フレームレート：30fps 以上	
音声	マイク：モノラル（1チャンネル）以上	
	スピーカー：モノラル（1チャンネル）以上	

表1-3 画質・画素数と最低限必要な通信速度

項目	仕様	備考
通信回線速度	下り最大 50Mbps、上り最大 5Mbps 以上	
映像・音声	転送レート（VBR）：平均 3 Mbps 以上	

7. まとめ

以上のように、実際の工事で遠隔臨場を実施し、その結果に基づき改善策の提案を行った。遠隔臨場は、日常利用している機材を用いることができるため、無理なく活用でき、建築現場への導入が、容易なシステムである。そのほか、規模の大きな現場や、特殊な工法などの検査の際には、より多くの人にオンラインで情報を共有することで、人材育成にも大きな効果を発揮するシステムである。

現在、国土交通省の工事において、現場立会いを実施することは、工事の品質を確保する上で大切な過程となっている。また、さらなる労働者人口減少を見据え、持続可能な取り組みとなるよう効率化を進めていくことも重要であり、この両方の目的を達成するために、遠隔臨場の導入を進めることは、今後の建設産業の発展に必要不可欠である。

現在、5G回線の普及により大容量データ通信が無線でも可能となりつつあり、このような通信環境を利用すれば、BIMやLiDAR^{*1}などの技術を取り入れた遠隔臨場が期待できるが、そのためには官民の連携がカギとなってくる。遠隔臨場を有効的に活用することは、建築分野のデジタル化を推進する上で今後中核を担う取り組みであると確信している。

謝辞： 取り組み検討にあたり、機材の選定や、システム検証及びご協力頂きました受注者様に深く感謝申し上げます。

参考文献

1) 国土交通省・大臣官房官庁営繕部整備課：

官庁営繕事業の建設現場における遠隔臨場に関する実施要領

^{*1}「Light Detection and Ranging（光検出と測距）」の略。LiDARセンサーから発した光が物体に当たって跳ね返ってくるまでの時間を計測し、その物体までの距離や大きさを特定することができる技術。