

トンネル施工現場の遠隔立会技術

清水建設(株)	正会員	小島	英郷
清水建設(株)	正会員	○藤井	暁也
清水建設(株)	正会員	谷村	浩輔
清水建設(株)	正会員	古木	弘

1. はじめに

山岳部のトンネル工事では、発注者の工事事務所が現場から離れているケースが散見される。そうした現場では、品質・出来形検査の際、発注者の検査監督員が現場まで長時間かけて移動しなければならない、それに伴い施工者側の待機時間も発生し、検査の日程調整に苦勞することも少なくない。建設現場の働き方改革が官民を挙げて進められている中で、ICTを活用して物理的な距離を克服し、発注者・施工者双方の検査・管理業務の生産性向上を図るツールとして遠隔立会システムを開発した。本稿では、本システムの概要、システムを利用した立会検査の流れおよび稼働中の山岳トンネル現場での試行結果について報告する。

2. 遠隔立会システム概要

図-1 に遠隔立会システムの概要を、図-2 にシステムの構成図を示す。

本システムは、テレビ会議機能と検査値入力・立会写真撮影機能を備えた遠隔検査ソフト、施工者用のタブレット端末、検査監督員が操作する全景映像配信カメラ、発注者の工事事務所に設置する閲覧用 PC、サーバー PC、トンネル内無線通信網等で構成される。システム利用時は、発注者事務所の閲覧用 PC と坑内のタブレット端末をトンネル内無線通信網でインターネットに接続し、タブレット端末で撮影した坑内映像および施工者が入力した検査結果を両方で共有しながら品質出来形検査を進める。トンネル坑内に設置する無線システムは、従来 LAN ケーブルで配線しアンテナを設置していたが、データ送受信環境の改善のため、本システムでは多段中継無線機を採用した。



図-1 遠隔立会システム概要

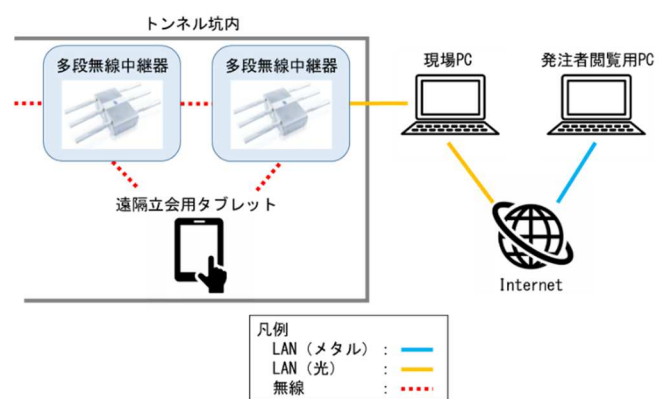


図-2 遠隔立会システム構成図

キーワード 生産性向上、情報化施工、トンネル、ICT

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設株式会社 土木技術本部開発機械部 TEL 03-3561-3886

表-1 に使用機材を示す。検査実施箇所の信頼性の確保を目的として、全景映像配信カメラも設置している。このカメラは、検査監督員が自由に操作して検査周辺状況や坑内検査位置を確認することができる。

表-1 使用機材一覧

項 目	仕 様	備 考
遠隔立会用タブレット端末	Panasonic FZ-M1 Windows10 Pro 64ビット	施工者操作
サーバーPC	Windows10 Pro 64ビット プロセッサ:インテルREG Core i7-7500U 実装メモリ:8GB	
閲覧用PC	同上	発注者操作
スピーカーマイク	骨伝導タイプ	施工者使用
タブレット固定用三脚	タブレットマウント器具三脚	施工者使用
多段無線中継無線機	規格：IEEE802.11b/g/a/n/ac 通信速度：11/54/300/867Mbps	トンネル坑口と坑内約500m毎に設置
全景映像配信カメラ	Cannon VB-M44 1/3型CMOS 約130万画素 デジタルズーム20倍	施工者坑内設置 発注者操作

3. 遠隔立会の流れと特徴

遠隔立会のフローを図-3 に示す。遠隔立会システムを起動後、事務所等にいる発注者側の検査監督員は、閲覧用 PC で施工者側のタブレット端末付属カメラのライブ映像・音声により、検査箇所およびその周辺を確認する。施工者は検査箇所に移動し、遠隔立会を開始する。図-4 は発注者側の検査確認画面であり、施工者側のタブレット画面とライブ映像の双方を見ることができる。映像と音声により相互に検査状況を確認しながら品質・出来形検査を行い、検査結果が合格であることを検査監督員が確認したのち、施工者はタブレット端末上で検査結果入力する。その後、検査データを記載した電子黒板付きの立会写真を撮影する。検査監督員が PC 上で写真の適性を確認し、問題が無ければ検査画面上の承認ボタン（スタンプ）を押下することで承認手続きが完了する。

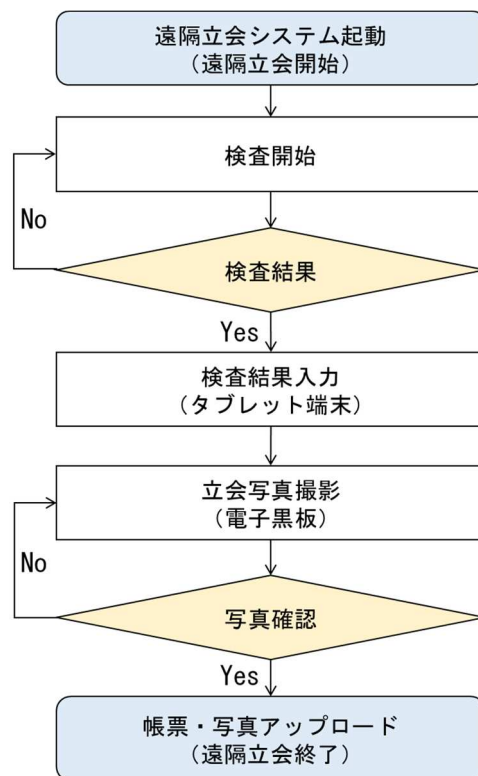


図-3 遠隔立会の流れ

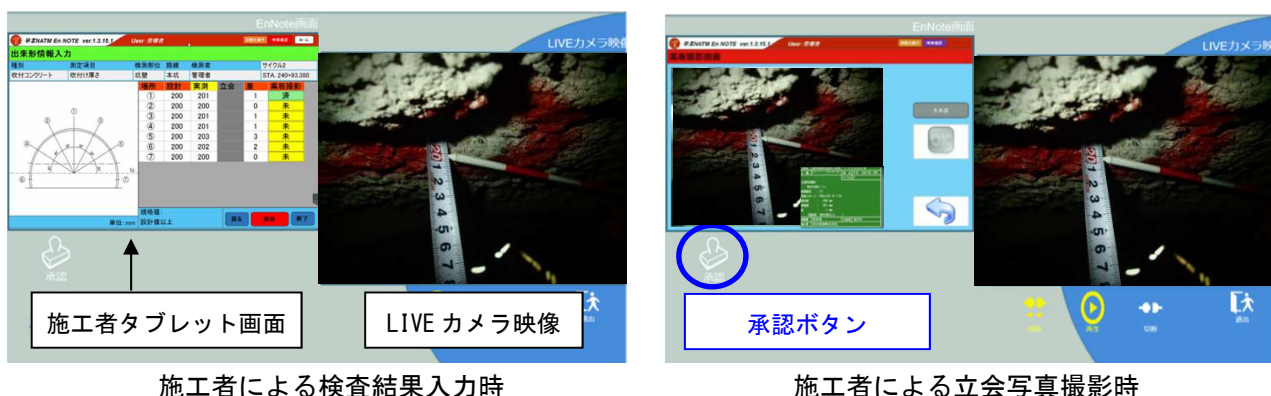


図-4 発注者側の検査確認画面

検査監督員承認後、施工者タブレット端末画面には承認済 OK ボタンが明示され（図-5）、これを押下することによって写真および入力した帳票データが自動的にサーバ PC に保存される。保存したデータは WEB 上で閲覧・ダウンロードすることができ、工事関係者間でリアルタイムに検査結果を共有できる。電子黒板は国土交通省ガイドラインに準拠した改ざん防止機能付きである。

本システムは、遠隔で施工状況の確認から立会写真・帳票類の承認にいたる一連のプロセスを完結できることが特徴である。期待できる効果として、検査監督員は検査のため現場まで移動する必要がなくなり、移動時間が削減できる。また施工者側は、検査監督員が現場へ到着するまでの待機時間の低減、検査監督員と検査日時の調整の簡略化を図ることができる。また、検査時の入力データから自動的に帳票を作成するので、データ記入・転記ミスの防止やデータ管理の簡略化、書類作成の負荷が軽減できる。



図-5 施工者側タブレット端末の確認画面

4. 現場での試行結果

本システムの適用性、有効性を確認するため、稼働中の山岳トンネル現場で試行を実施した(図-6)。遠隔立会の検査項目は、施工管理要領のうち吹付けコンクリート厚さの出来形検査とし、下記、2つの課題に対して検証を進めた。

①通信品質（通信遮断の発生など）の検証

②運用性能の検証（立会検査の機能確認および検査信頼性）

①については、タブレット端末が固定されていないと映像に若干の遅れが発生し、鮮明さに欠ける場合もあったが、全体を通して映像および音声の途切れは無いことが確認できた。また、タブレットで入力された検査結果データは、場内無線 LAN を介してサーバ PC へ問題なく保存できることを確認した。

②については、遠隔立会システムの活用により、発注者・施工者ともに省人化を達成できると評価している。発注者側の意見として、発注者が現場に来ることなく検査が可能であるため、移動時間に関しては省人化 100% 達成と評価した。また従来、発注者の移動状況に依存していた施工者の待機時間は、相互の連絡直後で検査開始となるため、待ち時間はゼロであると評価できた。一方、検査後の施工者は、従来事務処理にて管理帳票を作成していたが、検査承認の直後にデータはサーバ PC に集約記録されるとともに、発注者様式での出力可能なシステムとしているため、データの転記入力作業を行う必要が無くなり、業務効率化を実現できたといえる。



従来の検査状況



遠隔立会システムを利用した検査状況

図-6 稼働中の現場での試行状況

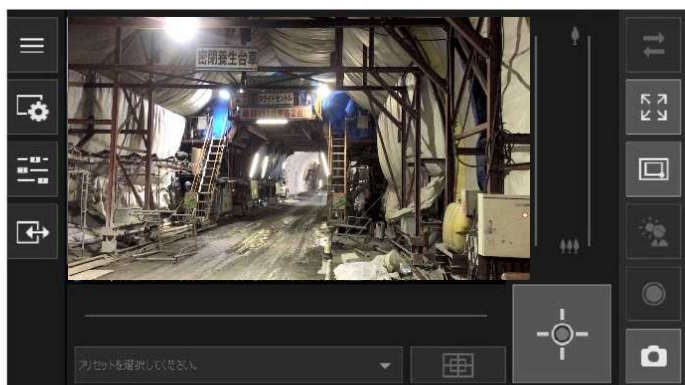
また、吹付けコンクリート厚さの出来形検査に加え、切羽観察・判定への応用も検討し、試行を実施した（図-7）。こちらについても問題なくシステムを利用することができた。この際、タブレット端末と定置型の全景映像配信カメラを併用することで、立会箇所周辺の状況だけでなく、地質、湧水、肌落ちなどの切羽の状況を発注者が詳細に把握できることを確認した（図-8）。



図-7 遠隔立会システムによる切羽判定状況



全景映像配信カメラ



発注者側の全景映像配信カメラ映像

図-8 遠隔操作カメラと発注者側PC確認画面（例）

5. おわりに

建設業は、他産業に比べて時間に依存した変化項目を含む管理業務が多く、検査確認は人の目に頼らざるを得ない事柄も多い。稼働現場での実証により、本システムは発注者・施工者双方の検査業務合理化に役立つことが確認できた。

弊社は、トンネル現場の生産性と安全性の飛躍的向上を目指し、最新技術を活用した次世代型トンネル構築システム「シミズ・スマート・トンネル」（図-9）の開発を進めている。遠隔立会システムは、その要素技術として開発したもので、今後も適用現場、適用検査項目の拡大を図りながら、山岳トンネル施工の生産性向上、働き方改革に注力していく所存である。

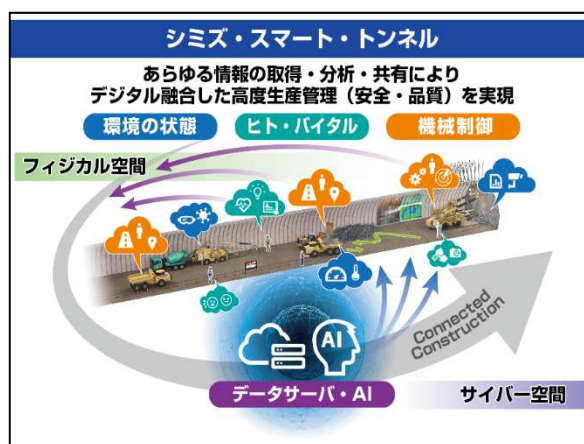


図-9 シミズ・スマート・トンネル概念図