

トンネル坑内における遠隔臨場のための通信環境検討

(株)熊谷組 正会員 ○飛鳥馬 翼 正会員 畑本 浩伸
石中 亮 小松 花穂里

1. はじめに

業務の効率化を目的とし、国土交通省などの各機関はウェアラブルカメラを用いた立会(以降、遠隔臨場という)を推進している。施工途中の立会は現場の作業状況に合わせて行う場合が多いが、遠方からの立会では交通事情等で予定通りの時間に行えない場合がある。このような中、令和2年度はCOVID-19の感染拡大防止の観点からも遠隔臨場の需要が高まり、今後はその導入が加速されていくと考える。

本稿の現場では、監督員事務所から現場まで遠く、立会の調整に苦労していたことからCOVID-19が流行する前の令和元年10月より遠隔臨場システムを試験的に導入した。当該システムは通常ウェアラブル端末からモバイルWi-Fiルータに接続することによりインターネットに接続するが、施工中のトンネル内ではモバイルWi-Fiルータによる通信が不可能である。本現場では施工状況確認のための坑内Webカメラや連絡手段としてIP電話を導入していたことにより、坑内に通信ネットワークが構築されており、Wi-Fi環境も整備されていた。

本稿では、トンネル坑内における遠隔臨場のための通信環境の検討について報告する。

2. 遠隔臨場を実施する上での課題

遠隔臨場はいわゆるビデオ会議であり、遠隔地の双方向の映像と音声による会議を実施する。ビデオ会議では通信回線が不安定になると映像が固まったり遅延したりといった現象が発生する。これは遠隔臨場でも同様であり、監督員に現場の状況を見てもらうには現場側の通信回線を安定させること、すなわち伝送速度を確保することが極めて重要になる。

映像のデータ量は大きく、国土交通省が令和2年3月に定めた「建設現場の遠隔臨場に関する試行要領(案)」の画素数1920×1080を満たすには10Mbps以上の伝送速度が必要になる。10Mbps以上の伝送速度を確保するためにモバイルWi-Fiルータを使用する場合、当該ルータを提供する通信キャリアのサービスエリア内であれば容易である。しかしながら、本現場のように現場専用の通信ネットワークを使用する場合、伝送速度は構築した通信ネットワーク品質に依存する。本現場においては、遠隔臨場システムを当初構築していた通信ネットワークへ単純に導入しただけでは映像が乱れる、音声が途切れる等の問題が発生した。そこで当該ネットワークの品質調査を実施することとした。

3. 通信ネットワークの品質調査

本現場の坑内通信ネットワーク図を図1に示す。

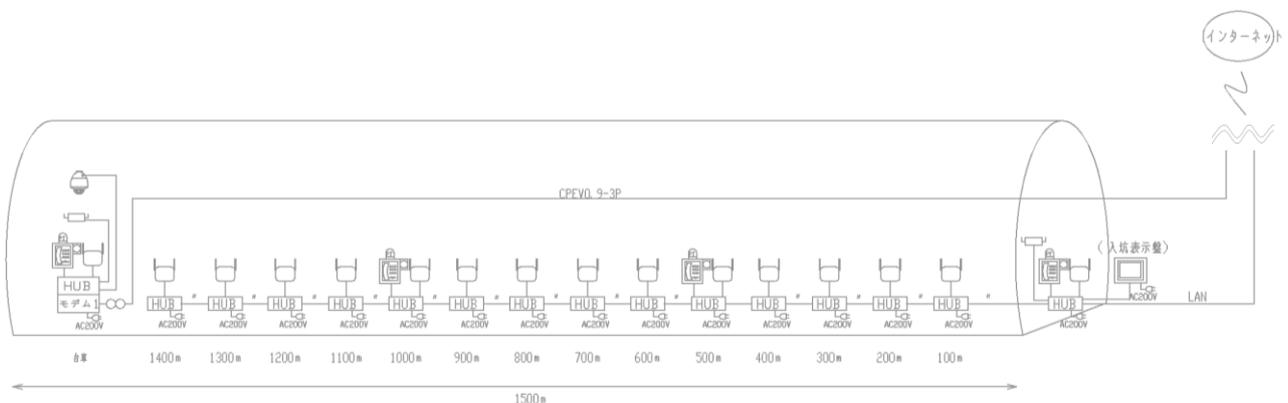


図1 坑内通信ネットワーク図

キーワード 遠隔臨場, ウェアラブルカメラ, 坑内通信ネットワーク

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1(株)熊谷組 土木事業本部 ICT推進室 TEL03-3235-8653

3-1 有線部の調査

坑内において有線部には LAN ケーブル、電話回線ケーブルが使用されており、それぞれについて伝送速度を計測した。伝送速度の計測には jPerf というネットワークパフォーマンス測定ソフトウェアを使用した。

LAN ケーブルの伝送速度は平均 94.0Mbps で遠隔臨場の仕様を満足した。電話回線ケーブルの伝送速度は平均 2.7Mbps で遠隔臨場の仕様を満足しなかった。電話回線ケーブルは電源台車に取付けられた Web カメラ、Wi-Fi アクセスポイント(以降、AP という)、IP 電話のための専用回線である。ケーブルの延長工事をせずに施工開始からケーブル 1 本で長距離運用することを考慮して xDSL が採用されていた。長距離大容量通信ケーブルとして光ケーブルも候補に挙がるが、通信ネットワーク構築の計画段階では遠隔臨場の実施は考慮されていなかった。このことを踏まえて、遠隔臨場をする際に LAN のネットワークを使用した。

3-2 無線部の調査

AP は 2.4GHz 帯を使用する IEEE802.11g 規格に対応している。物理層における最大伝送速度は 54Mbps であり、通信環境が良好な場合は仕様を満足する。そこで、本調査では通信品質の劣化要因となる電波干渉や人工雑音の調査を坑内で実施した。なお、調査の際に雑音電力を計測できるスペクトラムアナライザを使用した。

雑音源になりやすい電源台車と電源台車近くのロードヘッダの雑音測定を実施した。このとき、ロードヘッダの電源を起動し、掘削部の先端を回転させた。電源台車やロードヘッダの付近を移動しながら測定した雑音電力の結果を図 2 に示す。同図より、300MHz 帯の雑音が他の周波数帯よりも顕著に出力されていることが分かる(2.4GHz 帯で高い電力を示しているが、これは AP の影響による)。しかしながら、この雑音が AP に影響することは無い。測定結果より無線部における品質は良好であると判断した。

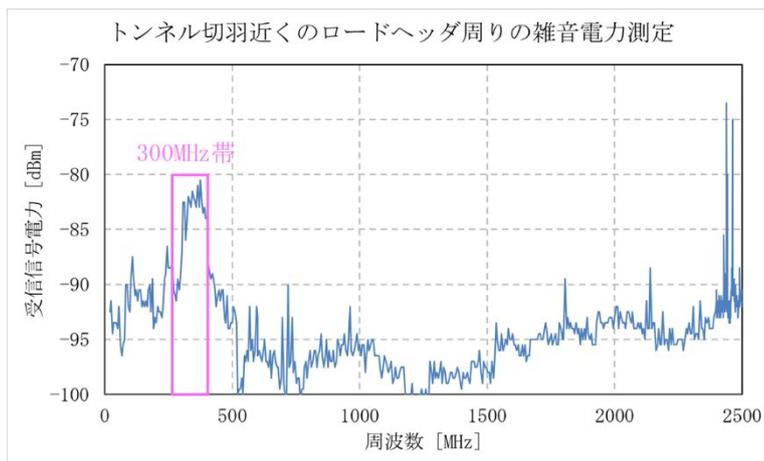


図 2 雑音電力の測定結果

4. 遠隔臨場システムによる違い

遠隔臨場システムの比較表を表 1 に示す。

本現場では当初 A 社のシステムを使用していたが、A 社のウェアラブル端末の Wi-Fi の到達距離が短く、AP の付近では安定して遠隔臨場を実施できるが、AP から離れるとビデオ通話が不安定になった。次に B 社のシステムを導入し、Wi-Fi の到達距離の問題は解決されたが、フレームレートが確保できない

問題が発生した。その後、2.4GHz/5GHz 帯を使用する IEEE802.11n 規格(物理層最大伝送速度 600Mbps)に対応する AP に変更することでフレームレートを確保できた。A 社のシステムは画素数 1280×720、伝送速度 2Mbps 以上あれば良いのに対し、B 社のシステムは画素数 1920×1080、伝送速度 10Mbps 以上必要である。したがって、当初設置していた AP は実効値として伝送速度 10Mbps を実現していなかった可能性がある。

システムの開発会社によって、使用するウェアラブル端末やシステム自体に大きな違いがあることから、システムに合った通信ネットワークの設計を行い、十分に余裕を持った伝送速度を提供可能な通信ネットワークを構築する必要がある。

5. おわりに

遠隔臨場の導入が加速する中、本検討の坑内通信ネットワークの構築事例を今後の取組みに活かし、引続き業務の効率化および生産性の向上を図る所存である。

表 1 遠隔臨場システム比較表

システム開発会社	A社	B社
	Vusix社製	RealWear社製
ウェアラブル端末		
Wi-Fi到達距離	50m程度	50m以上
画素数	1280×720	1920×1080