

# トンネル舗装工事における Wi-Fi 環境構築に関する検討

日本道路（株） 技術部 ○池田 茜  
 日本道路（株） 技術部 浅井 友章  
 古野電気（株） 技術研究所 山崎 晃佑

## 1. はじめに

建設業における就業者数の減少や労働時間の上限規制の施行に伴い、舗装工事で ICT の活用等による生産性の向上を進めている。トンネル全域が施工範囲となる舗装工事では、坑内にモバイルデータ通信の電波が届かないため、携帯電話やスマートフォンを用いることができず、施工時の連絡手段に課題を有している。そこで、トンネル舗装工事の作業環境の改善を目的として、ネットワーク機器が利用可能な Wi-Fi 環境をトンネル全域に構築するため、アクセスポイントの設置間隔や通信速度の検討を行った。

## 2. Wi-Fi システム概要

### (1) 従来技術

有線 LAN ケーブルの配線工事が必要で、アクセスポイントを設ける場所に数多くのアンテナを設置する。この場合、配線工事に莫大な費用がかかることに加えて、施工の際に配線が引っかかり切断する事故が生じる、通信範囲が限定的などの課題を有していた。

### (2) 検討技術

今回使用したアクセスポイントの仕様を表-1 に示す。アクセスポイントは、持ち運び式の Wi-Fi システムを使用した。本システムはメッシュ Wi-Fi に対応しているため、アクセスポイント間の有線 LAN ケーブルの配線が不要である。また、指向性アンテナとアクセスポイントが一体化しているため、簡単に一人で設置および撤去が可能である。トンネル坑内でのアクセスポイント設置状況を写真-1 に示す。アクセスポイントは非常用施設の箱抜部に設置した単管パイプに取り付けた。トンネル坑内に Wi-Fi 環境を構築する方法を図-1 に示す。トンネル坑外に設置したモバイルルーターから受信するモバイルデータ通信の電波を元回線とし、有線 LAN ケーブルでアクセスポイントの親機と接続する。トンネル坑内はメッシュ Wi-Fi によって親機と子機を接続し、トンネル坑内に Wi-Fi 環境を構築した。

表-1 アクセスポイントの仕様

項目	仕様
寸法(幅×高さ×厚み) [mm]	472×366×160
重量 [kg]	5.0
電源 [V]	AC 100~240
無線周波数 [GHz]	5.6
動作環境 [°C]	-20~50
防塵/防水性能	IP65



写真-1 トンネル坑内設置状況



図-1 伝送方法

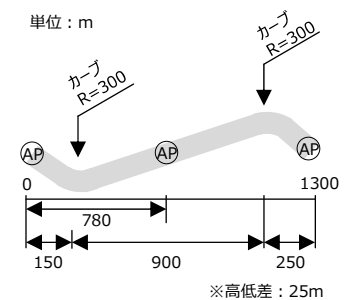


図-2 実証実験現場の概略図

## 3. 実証実験概要

実証実験現場の概略図を図-2 に示す。延長 1,300m のトンネル坑内に 2 箇所のカーブ ( $R=300\text{ m}$ ) が存在し、起終点の高低差は約 25 m を有していた。トンネル坑内はモバイルデータ通信の電波が届かない状況で、トンネル坑外に設置したモバイルルーターから受信する通信速度（下り）は 45 Mbps であった。

当現場で Wi-Fi 環境を構築するにあたり、Wi-Fi の受信信号強度（以下、RSSI）と通信速度を測定し、アクセスポイントの最適な設置台数と位置の検討を行った。実験条件を表-2 に示す。条件 1 は起点のみに設置した親機 1 台の場合であり、条件 2 は起点と終点に計 2 台のアクセスポイントを設置した。条件 3 は条件 2 に加えて中間地点にもアクセスポイントを設置した。

#### 4. 実験結果

RSSI の測定結果を図-3 に示す。RSSI は、デバイスが受信するアクセスポイントからの電波の強さを示す。デバイスはノートパソコンとした。-75 dBm 以下の場合、電波が弱く、無線接続が不安定となる。例えば、メールやチャット等のテキストは送信可能であるが、Web ページ閲覧や動画視聴にはストレスを感じる。このことから今回、トンネル坑内全域で-75 dBm 以上を目標とした。結果から、条件 1 は起点から終点に向かって-50 dBm から-90 dBm に負の値が大きくなっており、アクセスポイントから遠ざかるほど電波が弱くなっている。条件 2 は起点と終点付近は-75 dBm 以上であるが、起点から 200 m から 1,000 m は-75 dBm 程度となっており、アクセスポイント付近のみ電波が強いことがわかる。トンネル全延長で-75 dBm 以上とするため、アクセスポイントを 780 m 位置に設置した条件 3 の結果を見ると、3 台設置したアクセスポイント付近以外も-50 dBm~-70 dBm となり、カーブや高低差の影響によらず、トンネル全延長で-75 dBm 以上となった。

通信速度（下り）の測定結果を図-4 に示す。デバイスはスマートフォンを使用し、インターネット回線を通じて通信速度を測定した。メールの受信や Web サイトの閲覧、動画の視聴には下りの通信速度が重要となる。メールやメッセージの送信は 1 Mbps 程度で、Web サイト閲覧は 1~10 Mbps、動画視聴は 10~20 Mbps が目安とされている。測定結果から、条件 1 は RSSI と同様、終点に向かって低下傾向が見られ、起点から 600 m 以降は通信速度を測定することができなかった。条件 2 はアクセスポイントを有する起終点は通信速度 10 Mbps 前後を示したが、中間となる 700 m 地点は通信速度が 1 Mbps 程度と大きく低下した。条件 3 は起点から終点まで約 10 Mbps 以上の結果を示し、カーブや高低差を有する約 1,300 m のトンネル現場において、アクセスポイント 3 台で坑内全域の Wi-Fi 環境を構築することができた。

#### 5. まとめ

トンネル坑内で Wi-Fi 環境を構築するため、アクセスポイントの設置台数や位置の検討を行った。2 箇所のカブと高低差を有するトンネル延長 1,300 m の全域で Wi-Fi 環境を構築することができた。トンネル坑内に Wi-Fi 環境を構築することで、写真-2 に示すよう、携帯電話やスマートフォンでの IP 電話や、写真や動画で現場状況をリアルタイムに伝達し、トンネル内外の現場従事者や発注者と情報交換が可能となった。

表-2 実験条件（アクセスポイント設置台数と位置）

	親機 【起点】	子機 A 【起点より 780m 位置】	子機 B 【終点】
条件 1	○	—	—
条件 2	○	—	○
条件 3	○	○	○

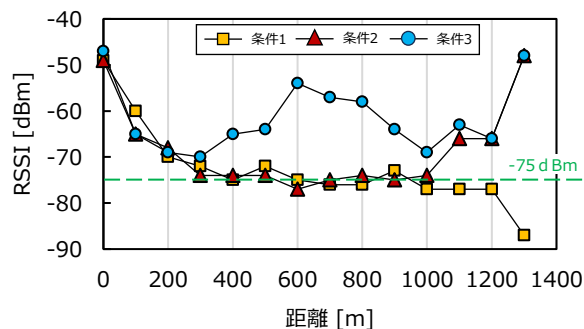


図-3 RSSI 測定結果

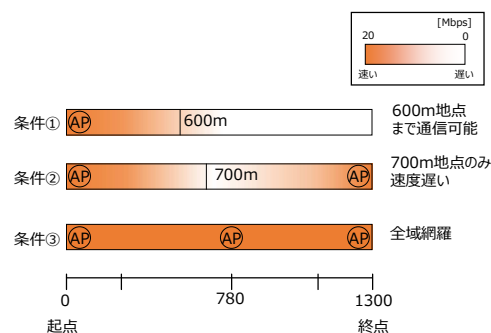


図-4 通信速度（下り）測定結果



写真-2 IP 電話使用状況