

山岳トンネルにおけるモバイル・コンストラクション・システムの活用

西松建設(株) 正会員 岩間 史明

1. 目的と課題

国土交通省、近畿地方整備局、近畿自動車道周参見第二トンネルは、和歌山県西牟婁郡すさみ町周参見～和深川地内に、延長 2648m、掘削断面積 (74.5～181.3 m²) の道路トンネルを建設する工事である。現場概要を図 1.1 に示す。

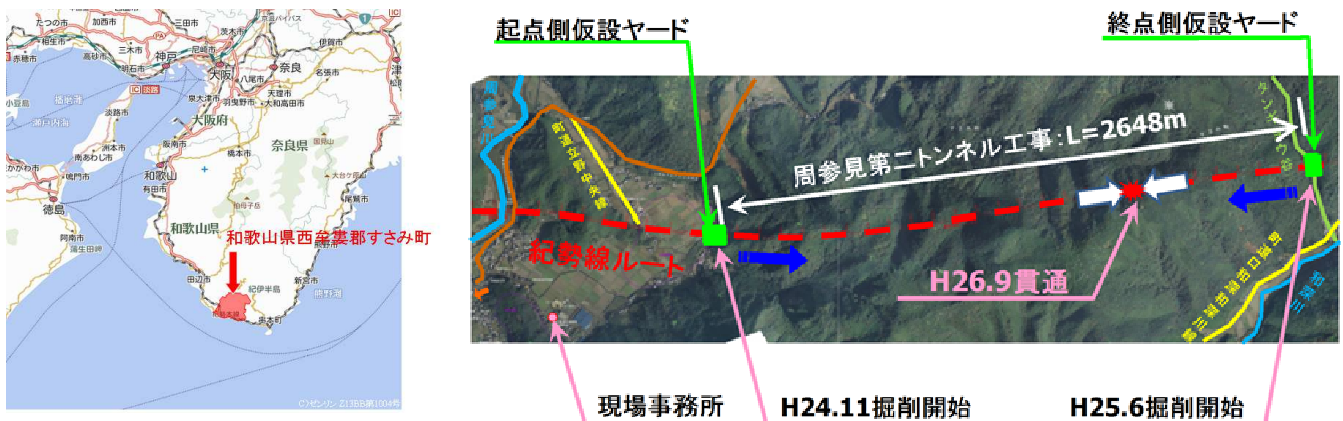


図 1.1 現場概要

掘削は起点側（約 1788m）、終点側（約 860m）の双方から行われる為、管理する切羽は 2 枚となり、現場職員には両切羽の探査、測量、施工、計測、検査等のデータを処理、判断し、次サイクルの施工に反映させることが求められる。しかも両切羽間の移動には山岳地を迂回する必要があるため 30 分以上が必要となるうえ、トンネル掘削が進むと、坑内は携帯電話事業者のサービス範囲外となり、連絡体制の確保すら困難であることが予想された。そこで当出張所においては、以下の課題の解決を目的として仮設計画を行った。

- i) 各種データの個別管理による作業煩雑化及び、ファイル複数化による作業ミスの防止
- ii) 現場内情報の周知遅れによる作業遅延、ミスの防止
- iii) 作業所帰所後のデータ整理、調書作成等に起因する、残業時間の縮減
- iv) 確実な連絡体制の確保

キーワード：トンネル、モバイル、無線 LAN、VPN、スマートフォン、タブレット

連絡先 〒540-8515 西松建設(株)西日本支社関西支店 大阪市中央区釣鐘町 2-4-7 TEL06-6942-1190

2. 課題の解決手段

当出張所において開発した、モバイル・コンストラクション・システムの概要を図 2.1に示す。前記課題の解決の為、当出張所ではa)現場情報共有HDDを事務所内に設置し、職員使用PCから常に最新ファイルにアクセスすることにより、課題 i)を解決した。さらに起点、終点側の現場詰所、ヤード、トンネル坑内においても事務所と同様なアクセス環境を無線LANを用いて構築する為、b)坑内基地局を200m毎に設置した。b)坑内基地局には、法令で定められた非常通信設備、非常用電源が備えられており、非常電話として使用可能である。事務所と起点側詰所は無線LAN、遠隔地の終点側詰所はVPNにて接続され、現場全体が一つのネットワークに統合されている。

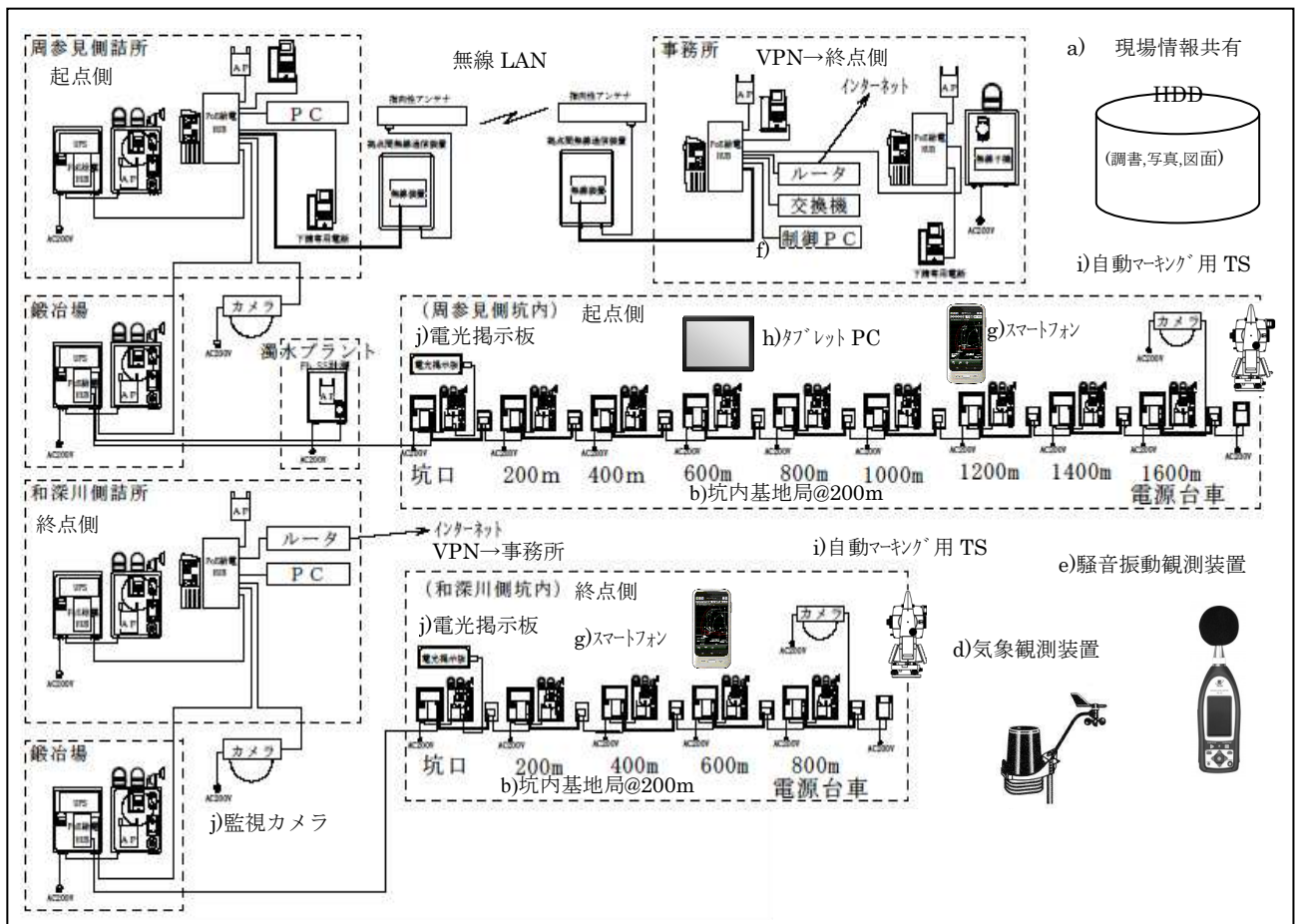


図 2.1 モバイル・コンストラクション・システム概要図

ネットワーク内にはc)濁水プラントからのPH、濁度データ、d)気象観測装置データ、e)振動騒音観測データ、j)監視カメラ画像データが統合され、f)事務所PC、g)スマートフォン、h)タブレットPCから閲覧が可能である。また、トンネル掘削に使用されるi)自動マーキングシステム用トータルステーション(TS)の操作や進行の確認等もg)スマートフォン、h)タブレットPCから可能となっている。両坑口にはj)電光掲示板が設置され、当日の安全事項や施工情報が事務所よりネットワークを通じて掲示される(課題iiの解決)。また、課題iiiを解決する為、h)タブレットPCには、切羽観察記録、内空変計測、施工管理、CAD等の各種ソフトウェアがインストールされており、ネットワークを介しa)現場情報共有HDD等にアクセスし、現場内の如何なる場所からでもデータ整理や調書作成が可能である。

非常電話機能としては、b)坑内基地局に備えられた非常ボタンにより、サイレン、回転灯による警報発令や、g)スマートフォン、固定電話、放送スピーカーを用いた一斉放送、発破放送が可能である。

g)スマートフォンは起点側、終点側のどちらにいても単一の電話番号による呼び出しや、外線への発信が可能であり、職員と作業員双方間での情報伝達を確実かつスピーディーにすることで、坑内電源台車設備にスマートフォンを常設することで、作業員による発破放送、業務連絡が可能。緊急連絡体制の強化（課題ivの解決）を図っている。

また、従来は個別に配線されていた音声通話ラインと、データ通信ライン（自動計測、カメラ等）が統合される事により、全体設備は簡略化されている。

3. 当出張所における成果

3.1 各種データの個別管理やファイル複数化の防止（課題 i）

本システムにおいては、濁水 PH、濁度、気象、振動騒音データが事務所 PC に集約されている為、管理の煩雑さが解消し、取り扱いが容易となった。さらにネットワーク内に接続された端末からの閲覧、編集がリアルタイムで可能となり、個別 PC や USB メモリ等で、事務所～現場間を移動し、タイムスタンプの異なる同名ファイルが複数発生する状況が回避され、業務効率が大幅に向上した。現場タブレット PC から図面データにアクセスした状況を図 3.1.1 に示す。



図 3.1.1 タブレット PC 図面データアクセス状況

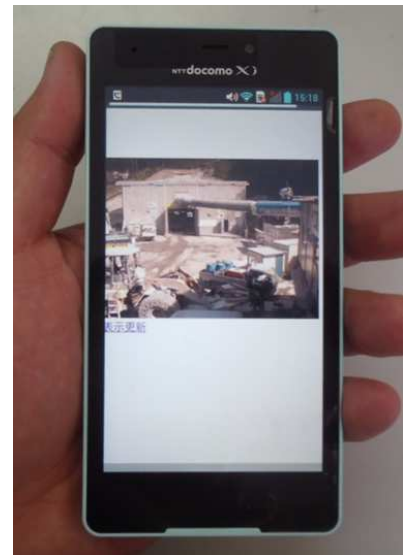


図 3.1.2 スマートフォン監視カメラ確認状況

3.2 情報の周知遅れの防止（課題 ii）

上記（課題 i の解決）に伴い、施工図等の修正があった場合、即時に現場全体で情報共有が可能となり、図面数値確認の為、事務所～現場間を往復する等の時間が削減された。また、現場内各所に設置された監視カメラは、事務所モニタに常時表示されるとともに、職員が携帯しているスマートフォンやタブレット PC からの閲覧が可能(図 3.1.2)であり、移動中や作業の合間等に状況確認が可能である。

図 2.1 に示したように、起点側～終点側は同一のネットワークにて結ばれており、起点側の作業中に、終点側の切羽作業状況を把握できる。また、緊急に現場内に周知徹底の必要のある事項が発生した場合、携帯しているスマートフォンからの一斉放送や、事務所 PC からの遠隔操作による、坑口に設置された電光掲示板（図 3.2.1）への表示が可能である。電光掲示板への具体的な表示項目としては、現場パトロール等の行事連絡、気象情報、熱中症予報、発注者の立会時間等をすべての人に見せることで、現場内の情報伝達速度を大幅に向上させた。

3.3 残業時間の短縮（課題iii）

トンネル現場においては、地山の急変等による作業サイクルの変更が避けられない。その場合、現場職員には予定外の空き時間が発生する場合も多いが、不定期かつ短時間（0.5～1.0h）な為、その時間を生かせない場合も多かった。本システムの開発により、空き時間に現場内の如何なる場所においても A 計測データ整理や切羽観察等調書作成（図 3.3.1～3.3.3）が可能となった為、内業を現場にて行い、作業サイクルに合わせ現業に復帰するなどの時間調整が簡単に行えるようになった。まとまった文章入力が必要な場合はワイヤレスキーボード等（図 3.3.4）を使用する。その結果、昼勤及び夕礼終了後の残業時間における内業作業量が縮減し、現場全体の作業環境が向上した。

3.4 連絡体制の確保（課題iv）

スマートフォン（図 3.4.1）は、起点側、終点側のどちらにいても単一の電話番号による呼び出しが可能であり、作業確認や緊急の連絡が可能である。さらに外線電話への発信や、インターネットへの接続、メール送受信も可能であり、現場内のみならず、外部との連絡体制も強化された。携帯電話事業者との契約を行うと、スマートフォン本体を発注者、支店、本社等の外部にて使用でき、現場内と同様の連絡、通信体制を確保することが可能である。



図 3.2.1 電工掲示板設置状況



図 3.3.1 調書作成状況

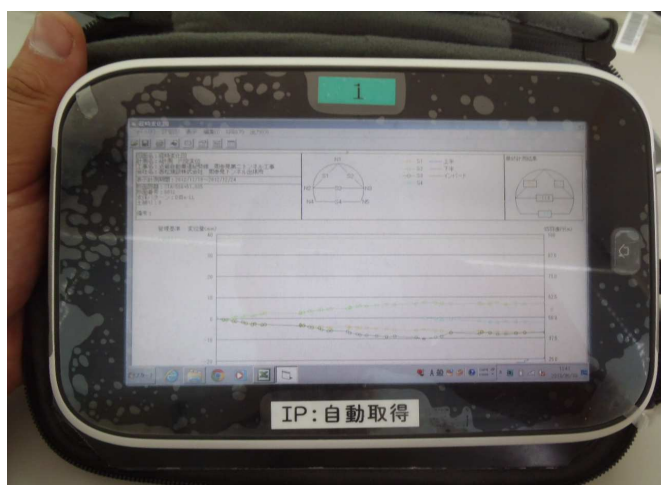


図 3.2.2 A 計測調書



図 3.3.3 切羽観察簿調書



図 3.3.4 ワイヤレスキーボード 装備状況



図 3.4.1 スマートフォン使用状況

3.5 概算費用について（参考）

今回のシステム全体：1200 万円（トンネル延長 2648m 当たり 4532 円/m）

- ① トンネル計測システム：500 万円（20 万円/月）
（起点側：270 万円、終点側：230 万円）
- ② モバイルシステム：590 万円（23.6 万円/月）
（起点設置機器：66 万 2 千円、終点設置機器：57 万円）
（トンネル坑内設置機器：249 万円（10 万円/月）
（ソフトウェア調整費：48.4 万円、ケーブル類：50.6 万円）
- ③ 計測システム付属品：75 万円

上述の概算費用については、現場毎の条件により変動する。

4. まとめ

従来技術^{1), 2), 3)}に代わり、トンネル向けモバイル・コンストラクション・システムを開発し、適用する事により確認できた事項は以下の通りである。

- (1) 作業エリア全体での情報把握が容易になり、情報の認知、判断がより早いタイミングで可能となった（課題 i，課題 ii の解決）。
- (2) 残業時間における内業時間が短縮し、作業環境が向上した（課題 iii の解決）。
- (3) 携帯電話の持つ高いデータ通信機能により、通信体制が現場～外部で確保された（課題 iv の解決）。

今後の展開として、作業の安全管理を目的とした、入坑管理、坑内環境管理（粉塵、ガス）及び、電力管理を目的とした、電気機器管理等（照明、ファン等）に項目を発展させることが可能である。

近年、データ通信、無線化の技術の進歩は急速に進んでいる。多様な SNS サービスや電子決済技術等、新技術が次々に登場し、我々の生活をより豊かにしているが、ものづくりの現場こそ、これら新技術を適用し、その恩恵を受けるべきであると考えます。

今後、トンネル工事のみならず、明かり工事においても適用することができるこのシステムは、我々受注業者が現場内で必要とされる管理項目を一元化することにより、操作は簡単に誰でも使うことができ、無駄のない管理をすることによって施工の円滑化及び効率化、しいては発注者に対する技術的アピールにつながっていくのではないかと考える。まだまだ発展途上の管理手法としてのツールであるが、このシステムが安価でより使い易く、現場毎にカスタマイズできるようになり、色々な現場の管理ツールとして活躍することを期待する。

参考文献

- 1) 山岳トンネルにおける工事用機械の選定(23)仮設備(2)一坑内設備(IT技術)一, 近藤啓二, 跡部芳昭, 盛重知也, 藤原武司, トンネルと地下36巻9号, pp.795-799, 2005, 土木工学社.
- 2) 藤森 勉, 工藤 隆志: コンクリートのトータル打設管理システムについて, 平成21年度 国土交通省 東北地方整備局管内 技術研究発表会, 2009.
- 3) 古川 久夫, 宮口 庄司: 固定IP網・移動IP網の統合(FMC)をどのように進めるか(その4), 電子情報通信学会技術研究報告. MoMuC, モバイルマルチメディア通信107(446), pp.49-54, 2008, 電子情報通信学会.