

多重機を使用した長距離無人化施工における無線 LAN の活用

(株)熊谷組 土木事業本部 正会員 北原 成郎
 (株)熊谷組 九州支店 岡本 仁
 (株)熊谷組 九州支店 正会員 ○飛鳥馬 翼

1. はじめに

従来の無人化施工のデータ伝送は、特定小電力無線、建設無線といった専用の無線機で伝送を行っていた。そのため、重機の操作情報、車載カメラ情報は個別の無線機が必要であった。今日では、ICT の発展に伴い、データ伝送はネットワークを利用した伝送へと移行し、光ファイバケーブルや無線 LAN を使用して伝送する無人化施工システムが主流となっている。

無線 LAN のメリットとしては、現場に適した無線機やアンテナを自由に選定でき、ローミング機能があるため、無線基地局を複数用意し長距離無人化施工にも対応できることが挙げられる。また、1つの無線親機で複数(以下、1対n。1つの無線親機に対し単数の場合、1対1)の重機を遠隔操作可能であるため、赤松谷川11号床固工工事(以下、本工事)のように多くの重機を使用する工事においては、無線周波数の干渉回避やコスト削減といった面でも有効なシステムである。

本工事の以前には、4台の重機の映像まで含めた全てのデータを光ファイバーおよび無線 LAN で伝送、制御した実績があったが、本工事のように IP 伝送を利用して20台もの重機を実現場で稼働させた例はなかった。

複数重機を制御するという事は、データの増加分だけ伝送経路に負荷がかかるということであり、無線機のデータ伝送の限界が懸念される。本工事においては、IEEE 802.11j 規格(以下、11j)の無線機を使用した結果、初期において単純な接続だけではカメラ画像が乱れるトラブルが頻繁に生じた。計画的に無線基地局を配置するなどの取り組みをした結果、トラブルを少なくして画像データ等を安定して伝送することができた。

本報告では、11j 無線機の伝送能力と 11j 無線機を使用して多重機を制御する方法の考察を報告する。

2. 本工事概要

本工事は水無川砂防基本構想に基づき、雲仙普賢岳からの土石流災害から地域の安全安心な生活を確保することを目的とした、砂防施設を建設するものである。本工事施工箇所は土石流や溶岩ドームの崩落が発生する恐れのある警戒区域内であるため、作業員の安全を確保するため、施工は遠隔操作による大型重機を駆使した無人化施工で実施した。

3. 無線 LAN システム概要

重機の操作データ、車載カメラデータ、情報化施工データを全て IP 化して伝送した。遠隔操作室から無線キーワード 無人化施工、多重機の制御、無線 LAN、IEEE 802.11j、データ伝送

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木事業本部機材部 TEL03-3235-8627

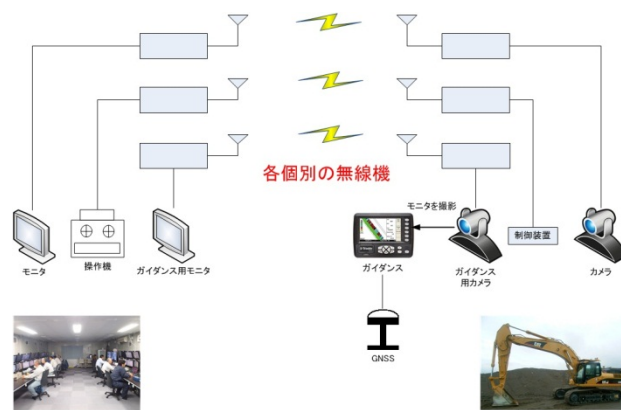


図-1 従来の無人化施工システム

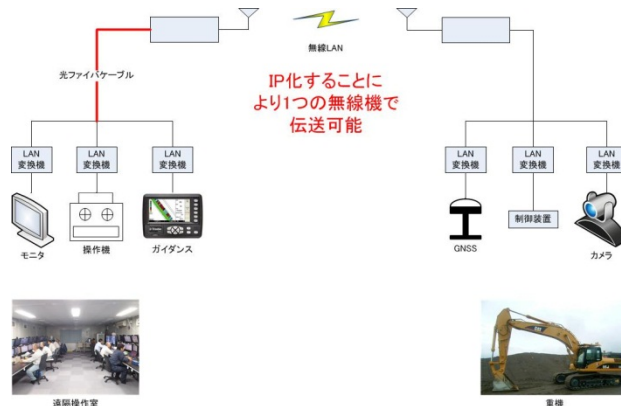


図-2 今日の無人化施工システム

表-1 本工事概要

工事名	赤松谷川11号床固工工事
発注者	国土交通省 九州地方整備局
工事内容	砂防土工=249,100m ³ 作業土工(床掘)=一式 RCCコンクリート=48,592m ³ 無人化設備工=一式 仮設工=一式

基地局までの400m間は光ファイバケーブルを使用して伝送した。無線基地局から施工箇所までは最大400m程度距離があるため、無線の確実な配信のため無線中継局(ローラダンプをベースとした移動式無線中継局)を設置し、無線親機を無線基地局には4台、無線中継局には3台設置した。

無線基地局と無線中継局の間は、指向性は強いが、伝送量も大きく、長距離伝送が可能である、25GHz帯の高速無線アクセスシステムを使用した。無線親機と無線子機には5GHz帯の11j無線機を使用し、合計20台の重機を移動させた。

4. 11j 無線機の伝送能力

重機より伝送されるデータの中で最も大きいデータは画像データであり、その他のデータに関しては画像データが数Mbpsあるのに対して数kbpsと画像データの1/1000のデータ量であることから、重機より伝送される全データは画像データとほぼ等しい。また、本工事で使用したカメラは1台当たり平均2Mbpsのデータ量を伝送していた。

画像データ量は撮影画像が複雑であるほど増加した。バックホウの車載カメラは掘削時より旋回時の方がデータ量は増加した。移動カメラ車のカメラは望遠時より広角時、また被写体の重機が静止時より動作時の方がデータ量は増加した。画像データ量は受信強度が下がっても増加した。-65dBを超えるとデータ量は2Mbpsを超えるようになり、1対nの時にはカメラ画像が乱れることが多くなった。-65dBは無線親機との距離が約320m離れた場所であった。

11j無線機は無線子機の数で伝送能力も変わってくる。重機の作業場所・作業内容によってデータ量に変化が生じるが、本工事では、無線機の表示では1対1の時は13Mbps, 1対3の時は5.7Mbps, 1対5の時は5.23Mbpsまで伝送できることが分かった。

以上のことより、本工事ではカメラ画像のトラブルを抑えるために、無線LANのローミング機能だけではなく、手動で無線親機を切替える運用を行ってきた。無線親機が無線基地局には4台、無線中継局には3台あるので、日々の施工箇所に合わせて重機の無線子機の周波数を変更した。1周波数にはカメラが搭載した重機を3台(1周波数につき6Mbps程度の伝送量)まで設定した。施工中にカメラ画像のトラブルが生じた際には、それぞれの周波数のデータ伝送量を確認し、伝送量の偏りを均すように無線子機の周波数を変更し、トラブルが生じた際でも早急に対応して施工に支障を来すことの無いよう努めた。

5. おわりに

本工事において、11j無線機を使用し、多重機を遠隔制御することに成功した。今後も益々ICTが発展していく中で、オペレータへ負担をかけない高精細な画像を伝送可能である無線LANを選定・開発をしていく所存である。

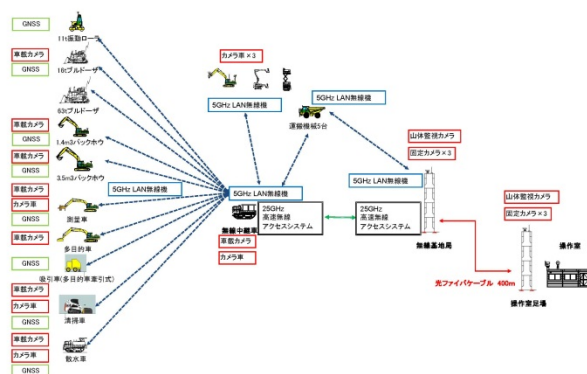


図-3 ネットワーク系統図

表-2 本工事における使用機械

使用機械	用途
16t級ブルドーザ	コンクリート敷均し
68t級ブルドーザ	土砂掘削・敷均し
0.45m ³ 級バックホウ	測量車
0.8m ³ 級バックホウ	多目的車
1.4m ³ 級バックホウ	施工盛土・土砂整形
1.4m ³ 級バックホウ	コンクリートはつり
3.5m ³ 級バックホウ	土砂掘削
45t積ダンブトラック×3	土砂運搬
36t積ダンブトラック×2	コンクリート運搬
11t級振動ローラ	コンクリート締固め
0.45m ³ 級トラックローダ	コンクリート打継面清掃
10t積クローラダンプ	散水車
10t積クローラダンプ	移動無線中継車
路面清掃車	コンクリート打継面レイタンス吸引
0.45m ³ 級バックホウ	カメラ車
9.9m ³ 級高所作業車	カメラ車
6m級高所作業車	カメラ車

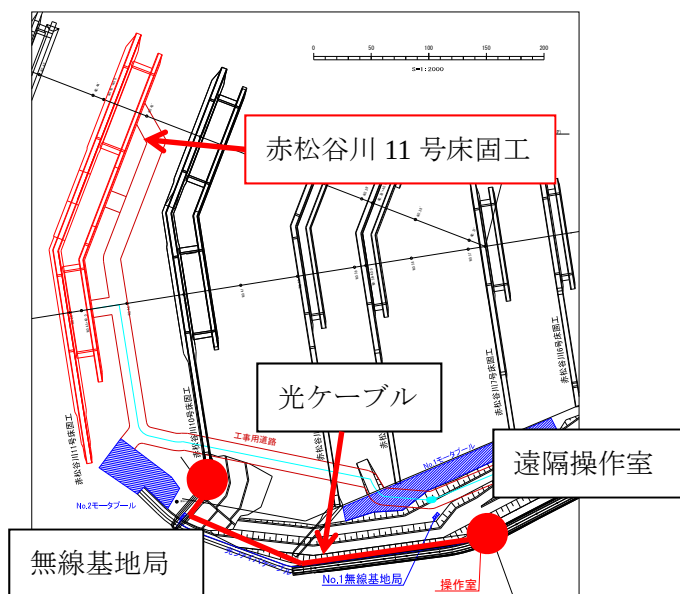


図-4 現場平面図