

解説

小口径管推進工法用遠隔施工支援システムの開発と運用事例 アイアンモールオペレータサポートシステム

藤井 松幸

コマツ 地下建機事業室
アイアンモール部
営業グループ 営業課長



上田 耕嗣

推進工事技士
コマツ 地下建機事業室
アイアンモール部
営業グループ 技術担当



1. はじめに

コマツでは、昭和52年に世界初の方向修正機能付き小口径推進機TP80を開発、市場導入した。当初圧密式二工程工法で始まったアイアンモール工法も、下水道事業の伸展に伴い、対象とする土質も比較的柔らかい沖積層から礫土質へと変化し、礫地盤に対応するため泥土圧式一工程工法のTP90Sを開発し、礫混りから岩盤まで難地盤での掘削を実現した。また、塩化ビニル管による下水道管渠築造の要望から低耐荷力方式泥土圧一工程工法TP50Sを開発してきた。

現在は、難地盤で長距離推進が可能なアイアンモールハイパー TP125S、TP95S、小型立坑からの推進を実現するアイアンモールハイパー TP75SCL（写真－1）、アイアンモールTP60S、TP40SCLなど時代の要請に即した推進機械を開発・市場導入してきている。

このような推進工事への需要の高まりに加え、土質条件などの適用範囲の拡大に伴い、熟練オペレータの不足、施工品質のばらつきなどがあり、これらの問題を解決するための技術開発が望まれていた。

そこで、コマツと三興建設㈱は共同で通信回線を利用して現場のオペレータを遠隔地から支援する「アイアンモールオペレータサポートシステム」を開発した。

本稿では、本システムの概要、特長ならびに実際の運用事例について報告する。

2. 開発の背景と目的

前述のように、近年技術開発によりアイアンモールの適用可能土質が拡大し、その対象となる



写真－1 アイアンモールハイパー TP75SCL

地盤も沖積層から礫玉石、滞水地盤など施工の難しい現場での工事が多くなってきている。加えて、長距離推進に伴って推進区間内の地盤変化も多くなり、オペレータに対して高度なオペレーション技術が要求されるようになってきている。

しかし、このような難地盤での施工においては推進状況を正確に把握し推進状況やマシンの挙動の変化を予測し、総合的な判断でオペレーションしなければならないなど現場のオペレータに対して高度なオペレーション技術が要求されるが、実際には個々のオペレータの習熟度やノウハウに頼っているのが現状であり、オペレーションに起因するトラブルが発生することもあり、これらの問題解決のための技術開発が望まれている。

コマツではオペレータの育成のため、コマツのテクノセンタにおいて少人数での技能者育成コースを開催し、オペレータの育成を行ってきた¹⁾。加えて、推進機械の電子制御化に伴い、ファジィ制御やAIの活用による推進機械の自動運転システムを開発し、市場導入している²⁻³⁾。

近年の情報通信技術の発達に伴い、コンピュータもスタンドアローンからネットワークコンピューティングへと変化してきた。

このような状況の中、

- ①施工トラブルの発生防止ならびに発生したトラブルの拡大防止
- ②施工精度、効率の向上
- ③熟練オペレータ不足解消ならびにオペレータ育成に関する期間・コストの縮減

を目的として本システムを開発した。

N T T ドコモのポケット通信網を利用し、施工現場で稼働する推進機械の情報を遠隔地にあるオペレータ支援センタへ送信することにより、オペレータ支援センタの熟練オペレータと現場のオペレータで推進機械の情報を共有することが可能となり、熟練オペレータが遠隔地から施工現場のオペレータに対して適切な指示、支援を行うことにより熟練オペレータの不足やトラブル発生等の問題を解消し、さらに施工品質の向上、効率的な施工を実現した。

3. システムの概要

本システムは、複数の施工現場で稼働する推進機械からカッタートルクや推進力などの推進データをN T T ドコモのポケット通信網を利用してオペレータ支援センタにリアルタイムに送信するシステムである(図-1)。

施工現場から送信された推進データはオペレータ支援センタ内のコンピュータで処理され、施工現場に設置されたコントロールユニットと同一の情報(操作画面)や稼働履歴などがオペレータ支援センタの熟練オペレータに提供される。熟練オペレータは送信されてきた各種推進データを基に各施工現場に対して的確なオペレーションの指示、支援を行うことができる。なお、オペレータ支援センタからは電話等を用いて音声で指示、支援を行っている。

4. 通信回線

4.1 通信回線に求められる要件

本システムでは、通信回線を利用して遠隔地の施工現場とオペレータ支援センタを結んでいる。そのため、電話回線などを使用する場合には以下に示す問題がある。

①現場が比較的短期間で移動する

小口径管推進工事はその性格上工事期間が比較的短期間(2週間～2ヶ月程度)で工事場所が移動するため、仮設回線の設置が煩雑となる。

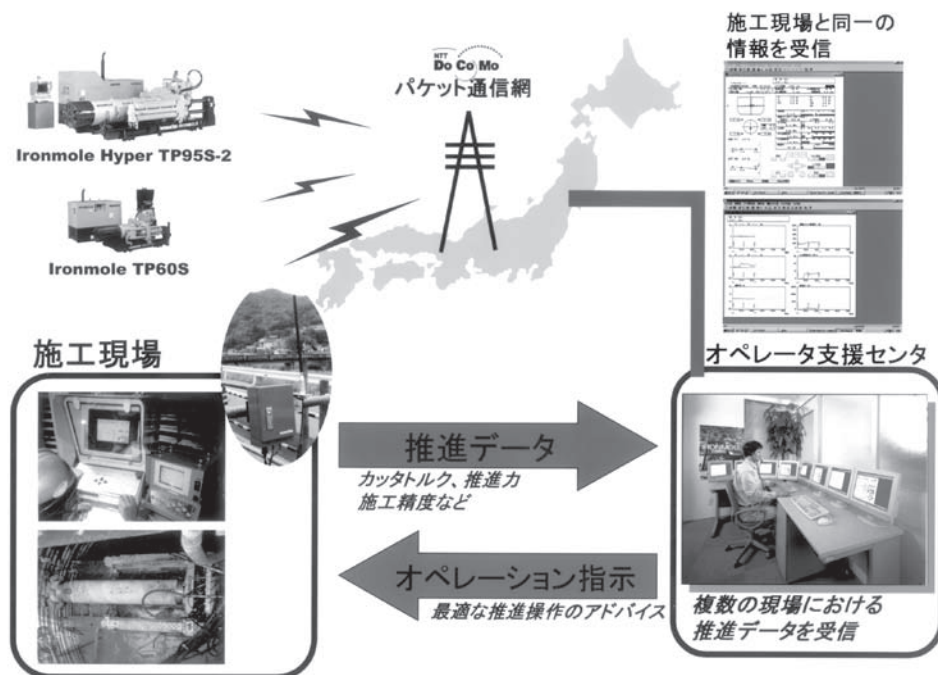
②機械の稼働エリアが広い

推進工事は、専門工事となるためユーザが稼働する範囲(全国各地での工事)も広がるため、通話料金が高くなる。

③通信費が高価

推進データをオペレータ支援センタに送信するために稼働時間中接続していると②の稼働エリアが広いことと合わせて通信費が高価になってしまう。

上記問題を解決するため、N T T ドコモのポケット通信網を採用した。採用の理由としては以



図一 システム概要図

下のものをあげることができる。

①移動体通信(携帯電話)

仮設回線の設置が不要となり、接続するための手続きなどが不要であり現場設置への利便性が高い。

②広いサービスエリア

通話エリアはNTTドコモの提供する携帯電話(800MHz)のサービスエリアと同等である。なお、アイアンモールは主として下水道管渠の埋設工事といった都市土木に使用されており通話エリアは十分にカバーできると考えている。

③安価な課金体型

料金課金が時間課金ではなく、データ量課金のため接続し続けたとしても通信費を安価に抑えることができる。

4.2 パケット通信網

本システムで採用したNTTドコモのパケット通信網はNTTドコモがサービスを提供している、800MHz帯のデジタル携帯電話を使用するパケット通信サービスである。最大通信速度は28800bps(本システムでは9600bpsを採用)。課

金は時間制ではなく、パケット(128bytes)単位で行なわれるのが特徴である。

利用形態は、Internet接続サービスとLAN接続サービスの2つが用意されており、本システムでは、LAN接続サービスを利用している。プロトコルにはTCP/IPを使用しており、接続先が固定されるほか、IPアドレスと電話番号の照合を行なうので、セキュリティ能力が高い。

本システムでは、パケット通信に特化した機器組込用携帯電話を採用している(写真一2)。

パケット通信とは情報をパケット(小包)単位で送信するもので、時間ではなく送受信した量に応じて課金される。そのため接続しっぱなしでもデータのやり取りなければ課金されないので本システムの様な少量のデータテレメトリには利便性が高い。

5. システムの特長

本システムは、施工現場と遠隔地にいる熟練オペレータで推進データを共有することにより、熟



写真-2 機器組込型携帯電話



写真-3 データ収集ユニット

練オペレータが施工現場の状況を把握することが可能となり、現場のオペレータに対して最適な推進操作の指示・支援ができ、以下に示す特長を有している。

(1) 施工トラブルの発生を未然に防ぐことが可能

オペレータ支援センタに在る熟練オペレータが現場の状況をリアルタイムで確認することができるため、施工トラブルの発生を未然に防ぐことが可能となる。

(2) トラブル発生時の対応が容易

トラブル発生時には、オペレータ支援センタからの確かな復旧策の提供、支援を行うことができるため、施工トラブルによるダウンタイムを短くすることができる。

(3) オペレータの習熟度によらず高品質施工が可能

遠隔地から熟練オペレータが施工をサポートするため、熟練オペレータの指導のもと操作するため現場に在るオペレータの習熟度によらずに高品質かつ安定した品質での施工が可能となる。

(4) 複数の施工現場への支援が可能

熟練オペレータがひとりで複数の現場の施工支援を行うことができるため、効率的な施工支援が可能となる。また、複数の現場の施工の進捗状況が確認できるため、集中的な施工管理が可能となる。

(5) 常時接続が可能

現場からの送信にパケット通信を利用したこと

により、現場とオペレータ支援センタとの間は常時接続が可能となり、機械の稼働中は常に情報を送信することができる。加えてパケット通信の課金はデータ量課金のため一日中接続していても通信コストは安価である。

6. システムの構成と機能

本システムは、施工現場側とオペレータ支援センタ側に大きく分けることができる。

現場側の構成は、コントロールユニットに接続し各種センサ情報を取得する「データ収集ユニット」(写真-3)ならびにN T Tドコモのパケット通信網を利用するための携帯電話が入った「通信ユニット」(写真-4、5)から構成されている。データ収集ユニットで集められたデータはN T Tドコ



写真-4 通信ユニット



写真一五 通信ユニットに設置された携帯電話

モの packet 通信網を利用し、オペレータ支援センタ側へ送信される。

オペレータ支援センタ側の構成は、NTTドコモの packet 通信網と接続するための回線 (ISDN もしくは専用回線) とパソコンで構成されている。送信されたデータはオペレータ支援センタ側のパソコンで処理され、推進機の状態を熟練オペレータに提供する (写真一六)。また、PHS によるリモートアクセスが可能であり、支援センタ以外のモバイル環境においても、施工支援が可能となっている。

本システムの主な機能は以下の通りである。



写真一七 データ収集ユニット設置状況



写真一六 オペレータ支援センタ

①データ取得

アイアンモールのコントロールユニットとデータ収集ユニットを接続することにより、アイアンモールの装備した各種センサの情報を取得する。写真一七に現場での設置状況を示す。

②データ送信

取得された推進データを packet 通信網を利用して、オペレータ支援センタへ送信する。オペレータ支援センタとは常時接続した状態であり、必要に応じてデータ送信間隔を調整することが可能である。なお、通信間隔はオペレータ支援センタ側で任意に設定する。通信ユニットはアンテナと共に施工現場の単管等に固定する (写真一八)。



写真一八 通信ユニット設置状況

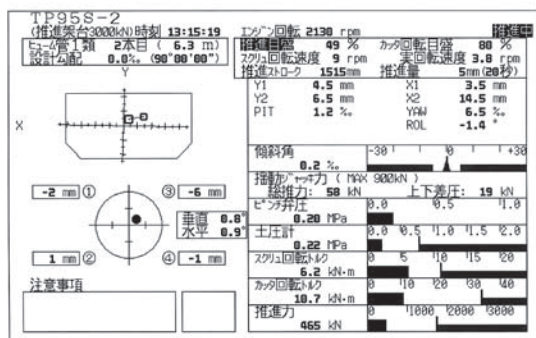


写真-9 コントロールユニットに表示される画面

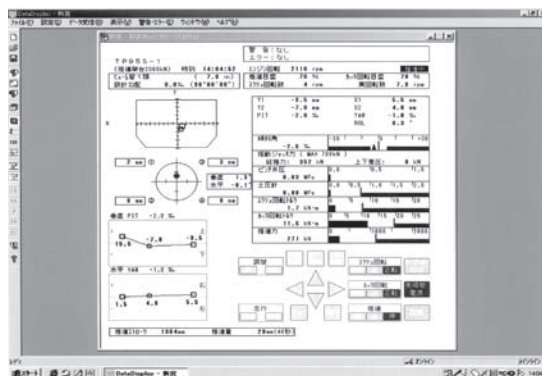


写真-10 支援センタ側に表示される画面

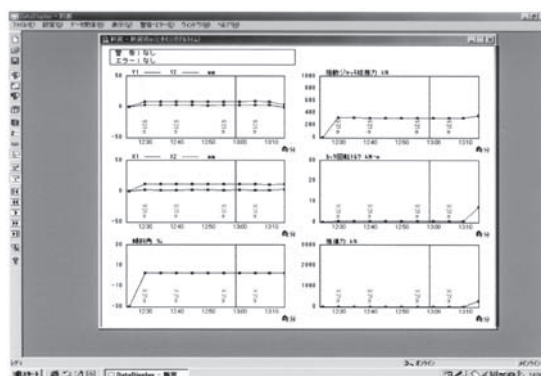


写真-11 履歴表示



写真-12 支援センタでのサポート状況(三興建設)

③データ表示

オペレータ支援センタ側では、現場から送られてきた推進データを処理することにより、現場のオペレータが見ている画面と同様な画面が表示される(写真-9、10)。その他にも、履歴のグラフ表示(写真-11)やセンサデータ表示などの表示機能があり、現場の状況を把握しやすくなっている。

上記以外にも、警告値設定や施工データの保存などの機能を有しており、複数の現場を効率的に支援できるようになっている。

7. 運用事例

7.1 三興建設(株)での運用事例⁴⁻⁶⁾

コマツと本システムを共同開発した三興建設は、2000年5月より運用開始している。

支援センタを三興建設(株)本社(広島県広島市)に設置し、データ収集ユニット(現場側装置)を9セット運用している(写真-12、13)。

本システムの運用開始後には現場と本社(支援センタ)で推進機械の稼働状況が共有できることから、本社で現場の状況が手に取るように分かり、現場のオペレータも本社から支援することにより安心して施工できるようになってきている。また、オペレータ教育においても、データを共有することにより客観的なデータを用いて正しい技術を教育することが可能となった。

7.2 (株)オカトクでの運用事例^{7,8)}

(株)オカトクでは、2001年9月より本システムの運用を開始している。

支援センタを(株)オカトク福岡支店(福岡県春日市)に設置し、データ収集ユニット(現場側装置)を3セット運用している(写真-14、15)。



写真13 現場での操作状況(三興建設)



写真14 支援センターでのサポート状況(オカトク)



写真15 現場での操作状況(オカトク)

システム導入後は、現場、支援センターならびにリモートアクセスによる支援体制により施工ミスが少なくなった。また、情報の共有により現場に対して様々なアドバイスを行えるようになり、オペレータ教育にも役立っている。

8. おわりに

本稿で紹介した遠隔施工支援システムの開発により、遠隔地からの複数現場への効率的な施工支援ならび一元管理を実現でき、導入された会社においては様々なメリットが出てきている。

今後さらに機能の拡充を図り本システムの普及を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 大河原満:「推進工法にソリューションを提供—オペレーターの育成に力を入れる—」,月刊下水道,VOL.25 No.8,2002
- 2) 杉山篤,高津知司,中島実,花本忠幸,高橋典夫:「小口径推進工法の運転支援システム」,第2回建設用ロボットシンポジウム論文集,1991
- 3) 秋山浩志,倉本豊司:「アイアンモールTP50Sについて 自動運転システムを備えた新型アイアンモール」,建設機械,VOL.33 No.2,1997
- 4) 「DoPaを使用した遠隔施工支援システム」,テレコムニュース中国(発行:(財)日本電信電話ユーザ協会広島支部),No.152,2001.1
- 5) 「特集/「土木技術者」の残し方 ノウハウ伝達にこそITを使う」,日経コンストラクション 2001.4.13号,No.277,pp59-60
- 6) ドコモ中国ホームページ: <http://www.docomo-chugoku.co.jp/v/solution/index.html>
- 7) 「遠隔支援システムで技術力を有効に活かす」,ビサイド(発行:株NTTドコモ九州MMビジネス営業部),Vol.11,2002.3
- 8) ドコモ九州ホームページ: <http://gaiwww2.docomokyusyu.co.jp/business/>