

54. 地下工事における安全情報管理システムの開発と適用

清水建設(株)：菊池 雄一・*河野 重行
深井 日出男

昨今の地下構造物の大断面化、太深度化、長大化の傾向に対し、解析技術・施工技術の進歩は著しい。建設業においては、生産性の向上、省人化、施工精度の向上などを目標に、各種の自動化が開発、導入されており、なかでもシールド工事は、もっとも自動化が進んでいるもののひとつである。これらシールドの掘進関連の自動化はかなり進んでおり、自動姿勢制御やセグメント搬送システムなどは多くの実施工において効果を表している。しかしながら、安全管理を含めた施工管理の省人化・自動化に関しては、あまり研究・開発が行われていないのが現状である。今後、作業現場においては、従来以上の人員削減が予想され、現場管理の合理化が求められるとともに、構造物の複雑化や施工規模の増大およびそれにとまなう作業員数の増加の傾向に対し、従来以上の管理の質の向上が必要となる。

昨今、赤外線やマイクロ波を使った電波を用いたIDカードにより、人員管理や工事現場への入門管理が行われていたが、IDカードの検知距離が最大でも1~2mにすぎず、その結果、IDカードからの信号を受信する装置を設置したゲートを設けなければならない。特に、施工場所が広範囲にわたる場合などはゲートを必ずしもIDカードを所持した作業員が通るとは限らず、検知精度に問題があった。

今回、筆者らは、微弱波を用いたIDカードを使用することにより、検知距離を従来より格段に伸ばし、トンネルなどの閉鎖的な作業現場において、作業員や作業車両の位置、さらに異常発生時にはその内容と場所までを、監督者が地上にいながらリアルタイムに集中管理できる安全情報管理システム「サイト・ウォッチャー」を開発・実用化したので報告する。

2. システムの概要

システムの構成図を図-1に示す。システムは、各人が携帯したり、ヘルメットなどに取付ける名刺大の電波発信カードと管理対象区域に設置する電波受信装置、および事務所などに設置する監視装置で構成されている。

電波発信カードを写真-1に示す。電波発信カードは大きさが54 x 86 x 6mmであり、携帯に便利である。カードは事前に設定した一定の間隔（0.5秒~16秒）でID番号を含む電波を発信するが、電波は微弱波であり、従来のIDカードと異なり約15m程度届く（免許は不要である）。また、カード内には、リチウム電池が内蔵されており、約3カ月は電池の取り替えが不要となる。このカードには、押しボタンがついており、このボタンを押すことにより、前述の電波以外に緊急通報電波を発することができる。緊急通報電波は手でボタンを押すことにより発信できるほか、各設備からON/OFFの接点情報を取り込むことにより、緊急通報電波を飛ばすことができ、設備の稼働状況の監視を行うことができる。この各設備の監視用として、カードを内蔵した端子ボックスを作成し、容易に各設備に取付けやすくして

いる。

電波受信装置の大きさは320 x 95 x 220mmで重量は6kgであり、取付けは容易に行える。装置はダイバーシティアンテナを用いているため、広いエリアの電波を受信できる。また、容易に受信装置の感度を調整することができ、その結果、電波の検知範囲を調整することができる。

事務所に設置する監視装置は32ビットのCPUで40MBのハードディスクをもつパーソナルコンピュータとカラーディスプレイから構成される。

各人が携帯する電波発信カードより発せられたID番号が、もよりの電波受信装置で受信され、電波受信装置をつなぐ専用ケーブルを通し、事務所などにある監視装置につながる。監視装置において、検知されたID番号が自動的に、事前に登録しておいた対応する個人情報と参照され、個人の位置情報が把握される。

3. システムの実証

本システムを京都市における大規模下水道工事に適用し、その効果の実証を行った。本工事は、都市部における幹線道路の直下をシールドで掘進するもので、周辺には多くの民家もあり、リアルタイムなシールドの施工管理が必要となるため、本システムが導入された。本導入例においては、シールド立坑の入り口に、従来から設置してある入坑札に隣接してカラーディスプレイからなる監視装置を設置した。この監視装置は事務所に設置したパーソナルコンピュータと連動しており、坑内の作業員情報をリアルタイムに把握できる。本シールド工事への導入におけるシステム構成を図-2に示す。

監督者は、作業員の現場雇入れ時に、氏名、血液型、職種、経験年数などの個人情報を事務所にあるパーソナルコンピュータに入力するとともに、各作業員に対応するID番号を持った電波発信カードを渡す。このカードは、2秒間隔など事前に設定した一定の間隔でID番号を発信する。電波発信カードは、たとえば、導入したシールド工事現場においては各作業員のヘルメットに内蔵されており、携帯忘れを防いでいる。

この電波受信装置から発信された情報が、壁などに設置された電波受信装置を経由して、事務所にある監視装置であるパーソナルコンピュータで登録された個人情報と自動的に参照され、作

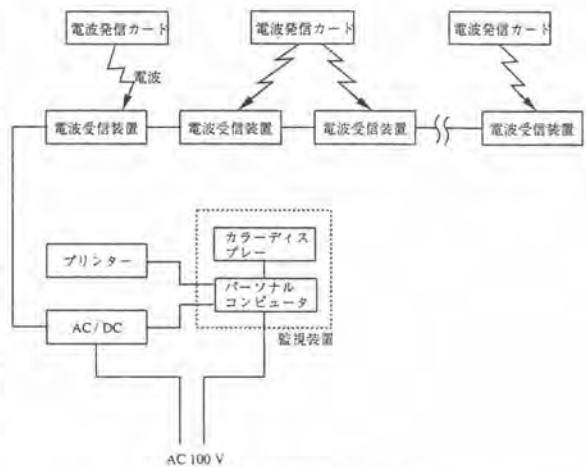


図-1 システム構成図



写真-1 電波発信カード

業員の位置情報として、コンピュータの画面に表示される（写真-2参照）。実際には、全線にわたり、電波発信カードからの電波の最大到達距離である15mの間隔で電波受信装置を設置することはコスト的にも実用的でない。したがって、本システムにおいては、ゾーン管理を行った。シールド全線をいくつかのゾーンに分割し、各ゾーンにひとつの電波受信装置を設置する。電波発信カードを携帯した作業員が当該ゾーンに入り、電波受信装置の15m付近に近づいた時点ではじめてその作業員は当該ゾーンにいると認識される。その後、作業員が隣のゾーンに入ると、その電波受信装置で検知されるまでは、当該ゾーンにいると認識される。一般に、切羽付近や立坑下など作業員が常時いる箇所においては電波受信装置を15m程度に設置することにより、作業員の動きを密に把握することができる。逆に、作業員が常時作業を行っていない箇所などは電波受信装置の設置間隔を広げることが一般的である。したがって、作業員は坑内のどこかに常にいると認識されるため、たとえ、ある時点ですべての電波受信装置で作業員のID番号が受信されていなくても、作業員の位置情報がシステムから消えることはない。また、同時に複数の電波受信装置で作業員が検知された場合、システム的に電波をより強く受信した受信装置があるゾーンにいると認識される。

監視装置の表示画面においては、各作業員の名前と所在箇所、坑内に入っている全作業員の人数が表示され、現場の作業状況がリアルタイムに把握できる。また、別の切り替え画面では、各作業員のID番号の検知にもとづく作業員の全入退坑時間の記録および月別の集計が表示されるとともに、ハードディスクに自動保存される。この電波発信カードを坑内台車に取付けることで、坑内台車の所在場所を監視できる。

また、本システム導入例においては、上記の作業員や坑内台車の管理以外に、電波発信カードを内蔵した端子ボックスを用いて、可燃性ガスの検知（管理濃度を越えたか否か）、立坑内の地下水位の検知（管理水位を越えたか否か）、坑内照明の点灯状況、坑内台車のポイントの切り替わり状況などを監視した。これらの情報は異常発生時に電波により、電波受信装置を経由して、監視装置の表示画面に警報ブザーとともに表示され、異常内容および発生場所が明示されるとともに、警報履歴が記録される。

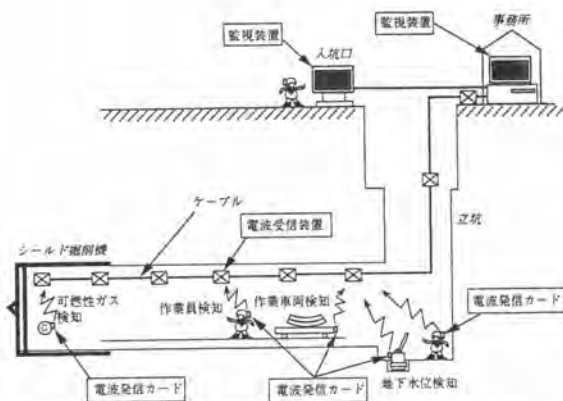


図-2 シールド工事におけるシステム構成例

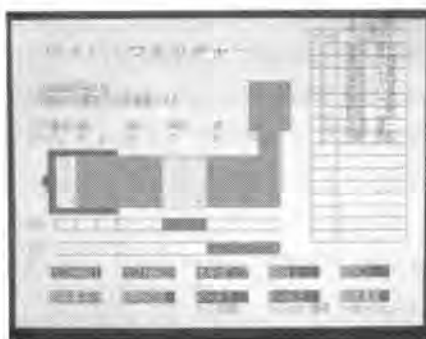


写真-2 監視装置の表示画面

4. システムの効果

実シールド工事における実際の適用に際し、当初、作業員の間には常時監視されるとの思いから多少の戸惑いがあったようであるが、現在は、システムの趣旨をもよく理解し、抵抗なく受け入れるようになってきている。また、リアルタイムに作業員情報および設備稼働状況を事務所において把握できるため、監督者から高い評価を得ている。本システムの効果をまとめると以下のものである。

- 1) 作業員や作業車両が坑内に入ると、事務所内や坑口部に設置された監視装置の画面上にその位置がリアルタイムに表示されるため、監督者は別途布設のインターフォンや坑内電話により、作業指示を迅速・正確に伝達でき、作業性が向上する。
- 2) ガス検知器や水位検知器などは電波発信カードを内蔵した端子ボックスを通し、監視装置で異常監視ができるため、新規に各設備毎の監視用の回線を布設する必要がなく、設置手間が大幅に低減でき、経済的である。
- 3) ガス検知器や水位検知器からの緊急通報電波が検知された時点で、監視装置の警報ブザーが鳴るとともに、発生場所が監視装置の画面上に表示されるため、監督者はいち早く異常の発生を察知できるため、対応方法を迅速・正確に講じることができ、安全性が向上する。
- 4) 緊急時には、作業員が電波発信カードのボタンを押すことにより、緊急通報電波が発せられ、事務所の監視装置の画面上に表示されるため、監督者はいち早く異常の発生を察知できるため、対応方法を迅速・正確に講じることができ、安全性が向上する。
- 5) 監視装置に送られた個人情報、労務日報として管理でき、必要に応じて日報・月報として印字・出力できるため、取引業者ごとの入場者数や入退出時間が正確に把握でき、高精度な労務管理が可能となるとともに、管理の手間が低減できる。

5. おわりに

本システムは清水建設（株）と日本無線（株）の共同で開発されたものであり、現在、数現場で稼働中である。本論文において、システムの概要および実証を通じたその効果について述べた。

本システムは、広範囲に作業員を検知できることにより、作業員の経路が線的（通路が決まっており、人はその通路しか通れない場合）である必要はなく、面的（通路を規定する必要がなく、人は自由に平面を行き来する場合）にも対応可能である。したがって、本システムの汎用性は非常に高く、前述のシールド工事以外にも、一般山岳トンネルや地下鉄や地下駐車場のようないくつかの工事および一般建築工事へも適用可能となる。

筆者らは今後とも、本システムの普及を図り、実績を積むことにより、システムの実用性および汎用性をより一層向上させていくとともに、将来の建設工事のさらなる省人化に対応していくべく努力する次第である。