

【地下施設／シールドトンネル】

技 術 名	セグメント組立同時掘進「F-NAVI」システム
番 号	No. 4. 2-37
発 注 者	東京ガス(株)
施 設 名	鋼製ガス管
所 在 地	神奈川県横浜市磯子区新磯子町 34 番地先～泉区新橋町 153 番地先
工 事 名 称	新根岸幹線シールド工事
施 工 期 間	2007 年 1 月 10 日～2012 年 1 月 15 日
施 工 者	清水建設・大林組・鹿島建設共同企業体
キーワード	同時掘進、姿勢制御、首振り、自動追従型エレクター

(1) 概 要

1) 工事概要

工法：泥水式シールド工法、一次覆工 内径φ 2,000mm（鋼製セグメント）

延長：13,961.8m（根岸工区 4,698.3m、東戸塚工区 4,508.5m、新橋工区 4,755.0m）



写真-1 シールド機（中折れ有り）

2) 技術概要

「F-NAVI シールド工法」とは、Front-Navigate シールド工法の略称で、前胴部がシールド機を正しい方向に誘導するということである。本工法は、シールド機の前胴部で姿勢制御を行うため、従来のシールドジャッキのパターン選択に関係なく進行方向を自由に制御できる。これにより、シールド掘削とセグメント組立を同時に行うことが可能になり、時代のニーズにマッチした高速施工が実現した。

根岸工区、新橋工区のシールド機は、曲線半径 32m および 35m という急曲線が存在するため、最大 5.8° の中折れ機構を装備した。東戸塚工区では、最小曲線半径が 200m と比較的緩やかな線形のため、中折れは装備していない。シールド機は、高速掘進を実現するため、3 機ともに F-NAVI 仕様とした。

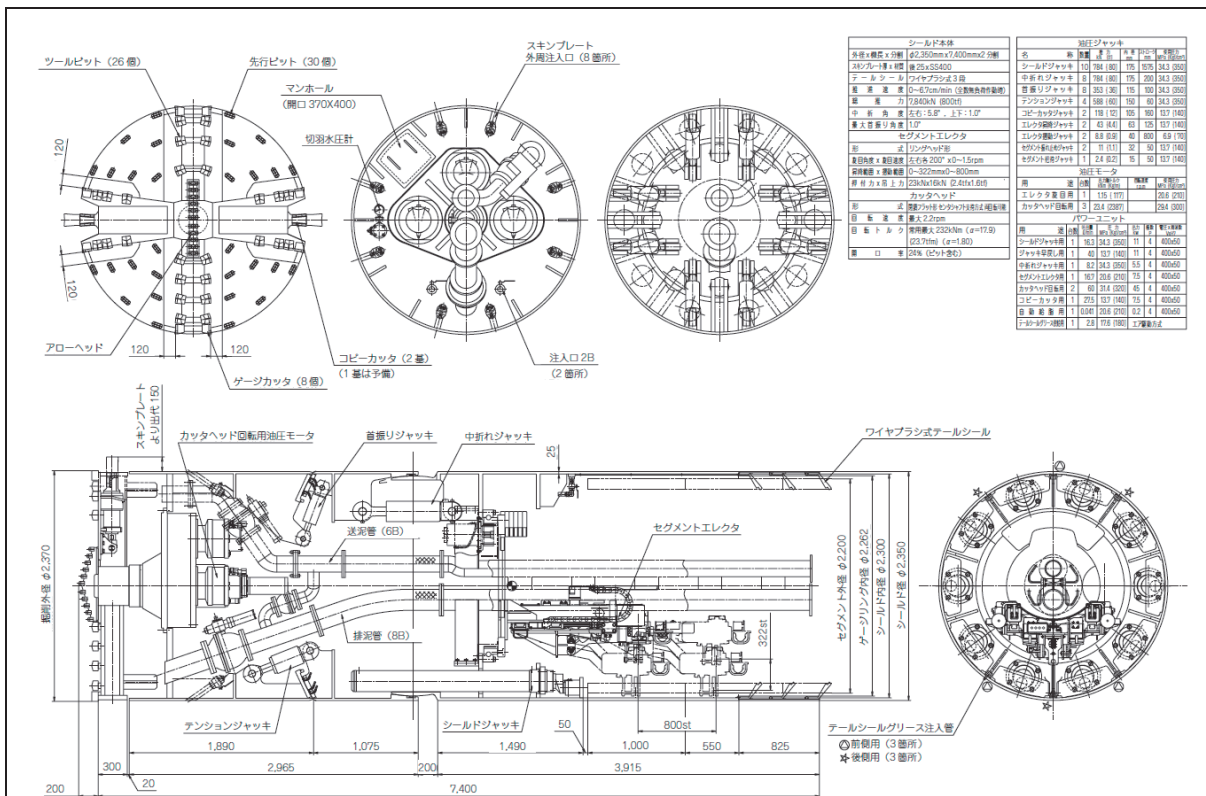


図-1 シールド機全体構造図

(2) 技術詳細

1) F-NAVI シールド機の構造

F-NAVI シールド機はシールド「本体部」と「前胴部」からなり、この2つをつなぐ「テンションジャッキ」と姿勢制御（前胴部の首振り）を行う「球面座」および「アーティキュレートジャッキ」、そして同時組立を可能にする「自動追従型エレクター」と「ロングストロークジャッキ」から構成される（図-2）。

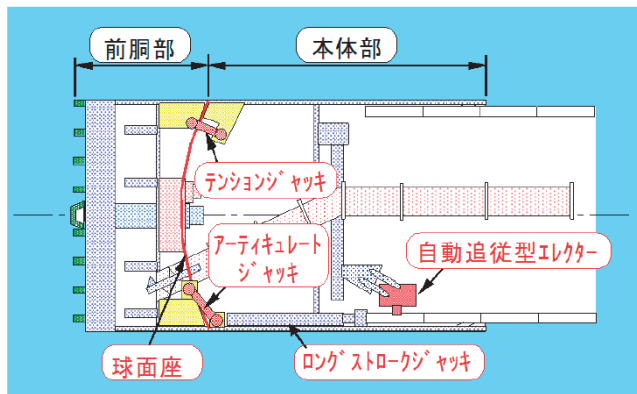


図-2 F-NAVI シールド機の概要図

F-NAVI シールド機の特徴を以下に示す。

- 掘削とセグメント組立の同時掘進による高速施工が可能である。

- ・ シールドジャッキの選択により姿勢を制御する。
- ・ 球面アーティキュレートにより、上下左右どの方向にも迅速な姿勢制御が行える。
- ・ 前胴部が曲線に沿って屈曲でき、余掘りが少なく地盤への影響が低減できる。

2) 方向制御の原理

F-NAVI シールド機による方向制御の原理を図-3 に示す。

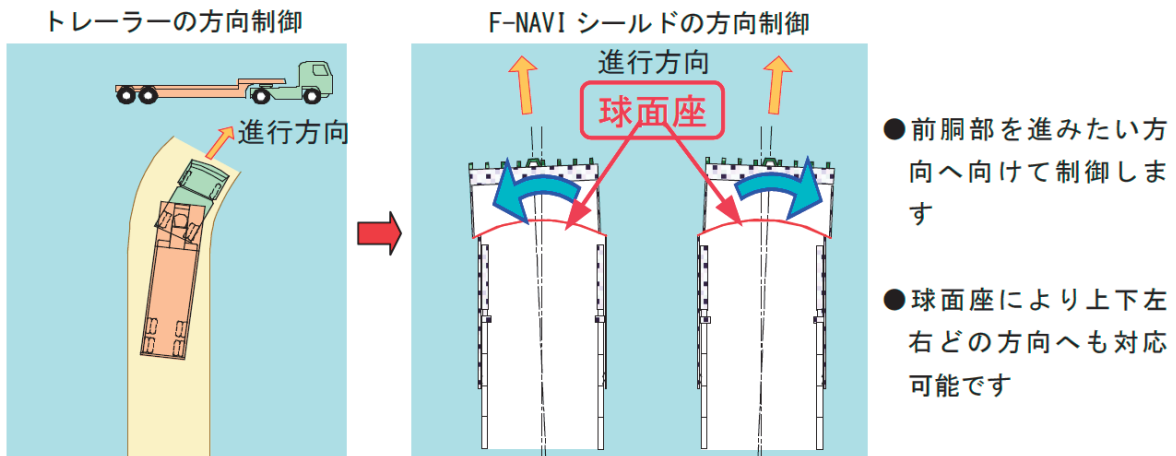


図-3 F-NAVI シールド機の方方向制御の原理

(3) 結果

本シールド工事は4,500m から4,750m の長距離掘進であるため、路線後半では坑内移動時間の増加による日進量の低下と機械メンテナンスの増加による掘進稼働日数の減少を想定し、「本掘進期間の平均月進量300m」を目標とした。これに対して、本工事での最大月進量は、平成21年9月に新橋工区が掘進した551mであった。これは、9月1日から9月30日までの実稼働日数23日間に片番平均12R(12m)を維持して達成したものであり、25日稼働日換算では、599mという月進量であった。

本シールド機はF-NAVIシールド機ではあるが、シールド機の位置、姿勢およびジャッキ盛替えに応じて自動で首振りを行うような自動方向制御システムを採用しなかった。このため、首振りの操作はすべて、指示書に基づき中央制御室のオペレータが手動で行った。中央制御室のオペレータは、多岐にわたる制御を集中して行っており、同時掘進時のジャッキ盛替えに応じて毎回首振りを手動で操作して方向を制御するという管理は非常に困難である。このことから、施工時の姿勢制御は、シールド機が中心線に対して右側にいる時は首を左に振り、徐々に中心線に近づけるような制御方法をとった。

各工区での同時掘進の実施状況は以下の通りである。

1) 根岸工区

路線前半部に曲線半径の小さいカーブが連続しているため、本格的に同時掘進を開始したのは700リング(600m)を過ぎてからであった。曲線半径45mの急曲線部以外はほとんど同時掘進を行い、曲線半径200m～1,000mの曲線区間(12カ所、延長約1,280m)についても、

セグメントの組み方が同時掘進の甲乙組と合う場合には同時掘進を行った。本工区での同時掘進適用率は、路線延長の 85.3%であった。

2) 東戸塚工区

掘進速度が 40mm/min 以下であれば同時掘進により掘進組立サイクルの時間を短縮することができたが、掘進速度が 40mm/min を超える場合は、同時掘進を行っても組立中に掘進を停止することになり、逆に掘進組立サイクルが若干、長くなってしまった。このため、通常掘進を行うケースが多くなり、本工区での同時掘進適用率は、路線延長の 20.3%であった。

3) 新橋工区

路線前半部に急曲線区間が多いため、本格的に同時掘進を開始したのは 2,500 リング (2,180m) を過ぎてからであった。路線後半部には曲線半径 200m ~800m の曲線区間が 9カ所 (延長約 880m) あったが、セグメントの組み方が同時掘進の甲乙組と合う場合には同時掘進を行った。本工区での同時掘進適用率は、路線延長の 59.0%であった。

本工区は東戸塚立坑への到達となるため、当初計画では、カッタヘッドのみをエントランスから押し出し切断撤去し、シールド機内設備を撤去して、スキンプレートを一次覆工構造部材として使用する予定であった。しかしながら、F-NAVI シールド機は内部を切断撤去しても、止水性確保のために首振り部が大きく残り、トンネル内空を侵害することとなる。特に、坑口部付近は、シールドトンネル完了後の配管施工時に縦吊りした管を坑内に引き込むため、トンネル内空の確保が重要となる。このため、実施工ではシールド機後胴約 2m 部分を残して到達立坑内に押し出し、前胴および後胴のほとんどを切断搬出する計画に変更した (図-4)。

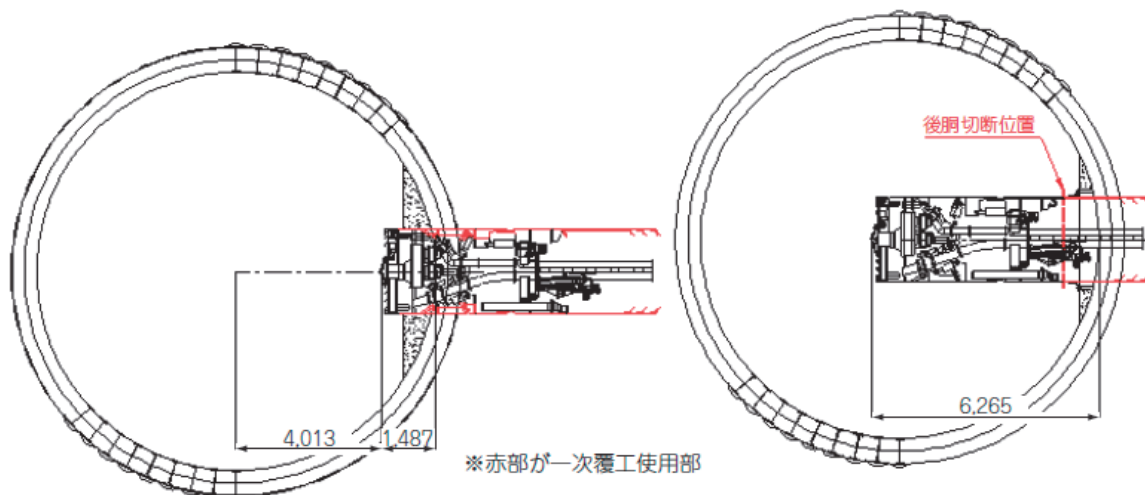


図-4 立坑到達形状変更図 (左 : 当初計画、右 : 変更後)

参考文献	土木クォータリー Vol. 167 : 清水建設(株)、P45-65、2010年8月
備考	—

【地下施設／シールドトンネル】

技術名	ICタグによる維持管理トレーサビリティ
番号	No. 4. 2-38
発注者	国土交通省 近畿地方整備局
施設名	大阪北共同溝
所在地	大阪府交野市
工事名称	大阪北共同溝交野寝屋川地区工事
施工期間	2008年2月～2011年2月
施工者	(株)間組(現・(株)安藤・間)
キーワード	ICタグ, 維持管理, トレーサビリティ

(1) 概要

より効率的な維持管理計画の立案を支援するため、ライフサイクル全体における情報を一元管理し、これら情報を可視化することで容易に情報の利活用が可能なトレーサビリティシステムを開発し、現場へ適用した。

本システムは、ライフサイクル全体を通して維持管理に必要な情報を場所情報と連携させて一元管理し、これら情報を三次元的に可視化するための「三次元情報システム」、現場内で特に維持管理に必要な情報を登録・閲覧するための「ICタグとリーダライタ」から構成される。なお、現場の状況に応じて、「三次元情報システム」のみ、または「ICタグとリーダライタ」のみの選択も可能である。

(2) 技術詳細

1) 三次元情報システム

「三次元情報システム」は構造物トレーサビリティシステムの中核となるシステムで、対象となる構造物を三次元的に表示し、各ブロックに構造物の設計情報や施工情報などを登録し、一元管理する仕組みになっている。また、一元管理されている情報群から任意の条件で検索を行うことができ、該当する情報を抽出するとともに、それに関連付いた構造物の部材部品をライトアップ表示する機能も有している。

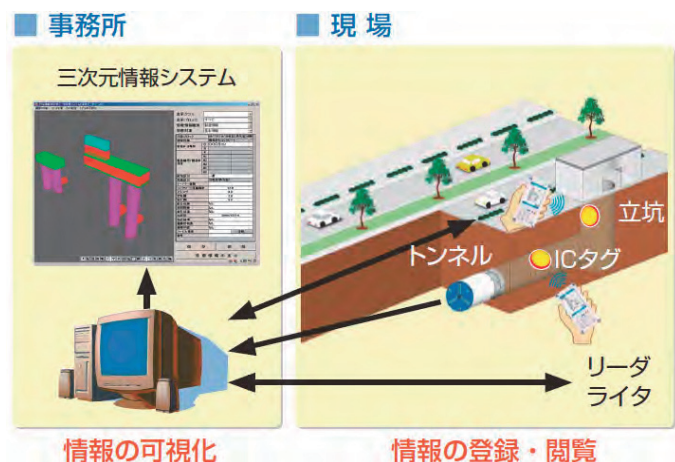


図-1 システム全体図

従来の紙図面や平面的なCADデータと、その場所における必要な情報など様々な資料から採し出すという長時間の情報収集作業から解放されるだけでなく、担当者間で空間把握に關す

る共通の認識を持つことができ、誤認も少なくなるといったメリットもある。共同溝や上下水道管など実際の構造物を外から立体的に確認することが難しい地下構造物では非常に有効なシステムである。溶岩ドーム崩落による危険に対し、無人化施工による RCC 工法を採用した。

2) IC タグとリーダーライタ

現場内で管理の対象となる部材部品に読み書き可能な IC タグを取り付けることで、専用のリーダーライタにて現地での情報の登録および閲覧が可能になる。

例えば維持管理時における点検情報などを点検直後にその場で情報登録することにより、誤登録や未登録などを防ぐことができる。さらに、部材部品の現認と同時に過去の点検履歴や補修履歴の閲覧も可能になり、より効率的な維持管理が期待できる。

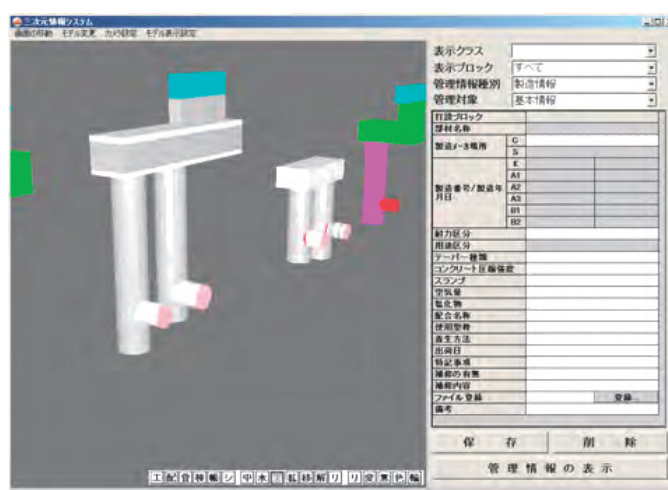


図-2 三次元情報システム
(分岐室、分岐シャフト、横坑のモデル図)

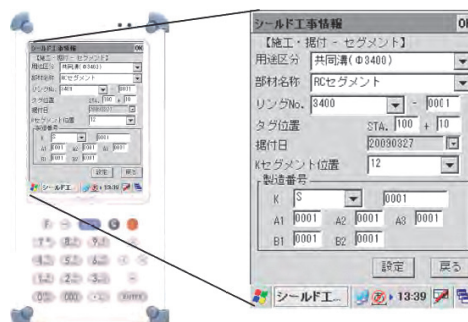


写真-1 IC タグ (左) とリーダーライタ (右)

(3) 結果

1) シールドトンネル (共同溝) への適用

総延長約 3,900m の共同溝工事において「三次元情報システム」と「IC タグとリーダーライタ」を導入し、トレーサビリティの対象となる 3100 リングのセグメントと 150 ブロックに区分した現場打ちコンクリートについて、設計、製造、施工、点検など 5 項目 100 種類の情報を一元管理した。

セグメントは 1 リングごと、現場打ちコンクリートは打設ブロックごとにそれぞれコイン型の IC タグ 1 個を取り付け、100 種類の中から現場内で登録・閲覧する必要がある情報を選別・登録し、登録後は無線 LAN で「三次元情報システム」と接続して常に最新の情報を管理する処理を行った。

実際の運用では、まず、セグメントが所定の位置に据え付けられると、担当者がセグメントに IC タグを取り付け、製造情報や施工情報をリーダーライタを介して IC タグへ登録する (写真-2)。施工時または維持管理時の点検情報、補修情報などは後から登録することができるので、

常に最新の情報を現場内に“残す”ことが可能になっている。なお、IC タグは、セグメントおよび現場打ちコンクリートに傷をつけることなく、かつ容易に取り付け・取り外しができるようにするため、セグメント専用の取付キャップ、現場打ちコンクリート専用のアクリルプレートを新規に作成し、そこに IC タグを埋め込む手法を採用した（写真-3）。



写真-2 IC タグの取り付け（左）、情報入力（中央）、情報登録（右）



写真-3 取付キャップ（左、中央）とアクリルプレート（右）

2) 推進管（用水路）への適用

総延長約 520m の用水路工事において「IC タグとリーダライタ」を導入し、トレーサビリティの対象となる 205 本のヒューム管について、ヒューム管 1 本につき IC タグ 1 個を取り付け、設計、製造、受入検査の 3 項目 15 種類の情報を一元管理した。

本案件では、ヒューム管本体の品質確保も重要な目的の一つであることから、ヒューム管の製造工場にて設計情報、製造検査の登録を行うとともに、現場に搬入した際の受入検査として IC タグの情報確認、受入検査結果の登録およびヒューム管の目視確認を行うことで二重チェックを行った。使用した IC タグは 1) で使用したものと同様に、ヒューム管への取り付けは、直接グラウトキャップに接着剤で取り付け、その後内面を平滑化するためにコンクリートを充填した（図-3 参照）。なお、コンクリート内に埋設した IC タグとの通信は、事前に弊社技術研究所で確認済である。

3) コンクリート構造物への適用

橋脚下部工工事や沈埋函工事、カルバート工事などのコンクリート構造物や、建物内部の配管管理、地下発電所水路など、現場内での情報登録や閲覧の頻度が少ない工事については、「三次元情報システム」のみの導入となっている。現場内での情報登録・閲覧はできないが、IC タグとリーダライタの購入費および専用ソフトの開発費が抑えられるため、容易に導入できるメリットがある。



写真-4 IC タグによる品質管理の状況

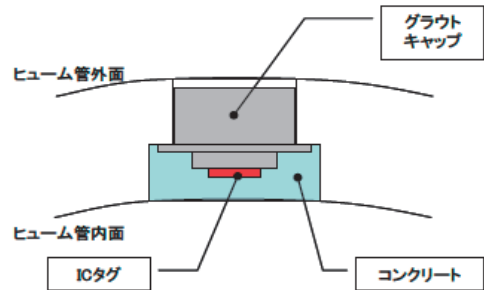


図-3 ヒューム管への IC タグ取付状況

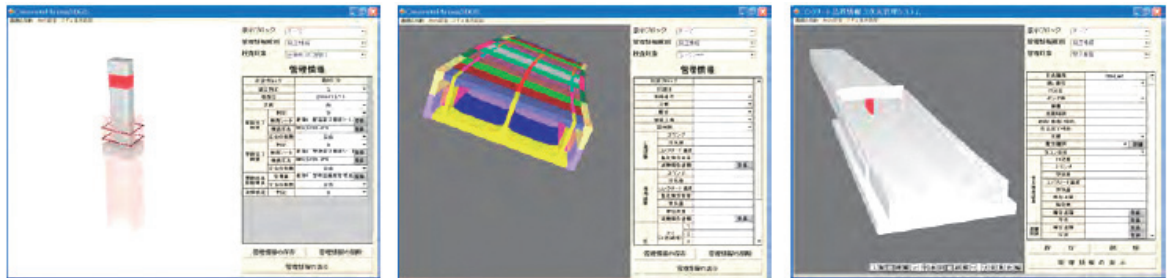


図-4 橋脚下部工工事（左）、沈埋函工事（中央）、カルバート工事（右）への適用事例

4) まとめ

全延長約 560m、打設ブロック約 840 箇所の沈埋函製作工事において、特定の打設ブロックにおける打設コンクリートの試験練中間報告書、打設年月日、施工状況の写真などを収集するのに要した時間を実測したところ、本システムでは電子納品の書類から取得する場合と比較して、平均して 10 分の 1 にまで減少させることができた。また、導入現場数もすでに 20 を超えており、システムの改良を含め引き続き導入現場を増やしていきたいと考える。

<p>参考文献</p>	<p>北陸地方整備局 北陸地方建設事業推進協議会 平成 24 年度建設技術報告会論文集：(株)間組 澤正樹他、pp52-55、2012. 10</p>
<p>備考</p>	<p>—</p>

【地下施設／シールドトンネル】

技 術 名	IC タグによるバッテリーロコ運行管理システム
番 号	No. 4. 2-39
発 注 者	千葉県水道局
施 設 名	—
所 在 地	千葉県松戸市
工 事 名 称	江戸川～古ヶ崎線(仮称) φ1,200mm 配水本管布設工事(その2)
施 工 期 間	2003年12月10日～2007年3月18日
施 工 者	戸田建設・熊谷組・飛島建設共同企業体
キーワード	ICタグ、バッテリーロコ、入坑管理システム

(1) 概 要

- シールド一次覆工 施工延長 3684.9m
 - 泥水式シールド φ2146mm
 - 鋼製セグメント φ2006mm
- シールド二次覆工 ダクタイル鋳鉄管 φ1200mm
 - 発泡モルタル充填工
- 地盤改良工 発進防護工 薬液注入、高圧噴射攪拌
 - 到達防護工 薬液注入、高圧噴射攪拌
- 開削工 発進基地、到達基地

入坑管理システムと IC タグを使用したバッテリーロコ運行管理システムの2つの新しい方法を採用。坑内歩行時、坑内作業時の安全確保を目的としてトンネル内を走行するバッテリーロコの走行方向および、走行位置を監視する。

今回の工事は小断面であり、バッテリーと歩行者通路を区分することができない。従って、安全確保のためにバッテリーロコの位置を明示するシステムと歩行者にバッテリーロコの接近を所持者の PHS に知らせるシステムを工夫した。

(2) 技術詳細

1) システムの概要

2-1-1 入坑管理システム

入坑管理システムは、入坑者全員に PHS を携帯させることにより坑内 300mごとに設置したアンテナで所在を認識し、入坑者の退坑管理・所在管理を行う。入坑者の位置が立坑入口、中央監視室のモニタに表示されるため、坑内人員の位置とともに緊急時の退避状況が確認できる。また、PHS 通信により坑内、坑外への通信ができるための確な指示ができ、作業性と安全性が向上するシステム (図-1)。

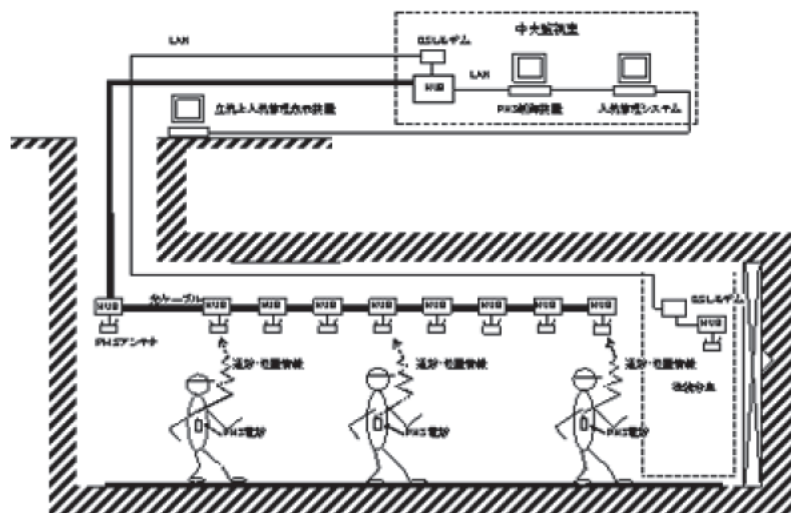


図-1 入坑管理システムの概要図

2-1-2 バッテリーロコ運行管理システム

バッテリーロコ運行管理システムは、坑内歩行時、坑内作業時の安全確保を目的にトンネル内を走行するバッテリーロコの走行方向および、走行位置を監視するシステム（図-2）。

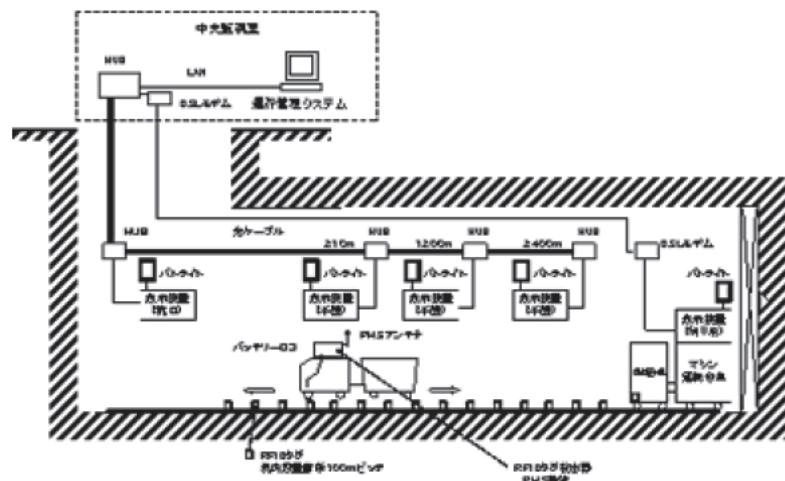


図-2 バッテリーロコ運行管理システムの概要図

2) 現場へ導入したシステムの構成

システム構成としては、坑内100mごとに設置したICタグ（RFIDタグ）の位置情報をバッテリーロコに取り付けたアンテナにより読み取り、位置を検出しPHS通信網を通じて中央監視室に電送して、バッテリーロコの位置と方向を表示する。また、坑口、坑内、後続台車に表示装置を設置し、坑内でもバッテリーロコの走行方向および走行位置が確認できるとともに、各表示装置にバッテリーロコが接近してきた時はパトライトとブザーで知らせることにより危険を回避できるシステムとした。また、入坑者はPHSに接近メッセージが送られてくると近くの待避所でバッテリーロコの通過を待つことができる。



写真-1 レールに取付けた IC タグ設置状況

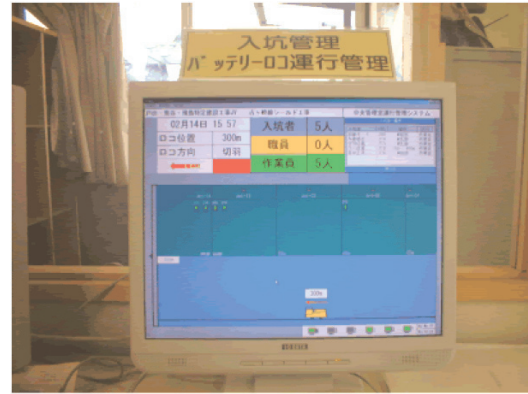


写真-2 管理モニタ

(3) 結果

1) 現場での判定結果

システムの採用により労務災害のリスクが低減するとともに、バッテリーロコの位置を把握することによる作業サイクルの効率化を期待。

2) 今後の課題・展開

山岳トンネル工事への適用も視野に入れ、システムの改善を進め、“より長くなる坑内を快適な作業空間に”を目指した方策に積極的に取り組んでいく予定。

<p>参考文献</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・IC タグを利用したシールド工事バッテリーロコ運行管理システム 土木学会第 60 回年次学術講演会：戸田建設(株) 伊藤耕一他 pp. 285-286 平成 17 年 9 月 ・IC タグを利用したトンネル坑外軌条バッテリーロコ安全運行支援システムの開発 土木学会第 62 回年次学術講演会：戸田建設(株) 伊藤耕一他 pp. 125-126 平成 19 年 9 月 ・戸田建設(株)ホームページ：ニュースリリース 2005 年 3 月 9 日 http://www.toda.co.jp/news/2005/20050309.html
<p>備考</p>	<p>—</p>