

【地下施設／山岳トンネル】

技術名	3D レーザースキャナーによる計測システム
番号	No. 4. 2-27
発注者	西日本高速道路(株)
施設名	所原トンネル
所在地	島根県
工事名称	山陰自動車道所原トンネル工事
施工期間	2005年12月～2009年3月
施工者	(株)熊谷組
キーワード	3次元レーザー計測, 3次元モデル

(1) 概要

所原トンネル工事では、東側坑口底上の岩盤斜面が急崖（一部オーバーハング）を形成しており、この岩盤斜面の不安定化が当初より懸念されていた。本工事では、施工中に当該部の対策工を再検討することとなり、早急に詳細な追加調査を実施する必要が生じた。このような状況から、本工事では、3D レーザー計測による調査を採用して、設計の再検討を行った。

当地が急崖であることや植生に覆われていたことから、伐採前には当該斜面の正確な形状が把握されていなかった。また、急崖部では光波測距法などの従来の測量方法が適用困難なために、今回3D レーザー計測を追加調査として採用するに至った。調査目的は、次の2点である。

- ・推定緩み範囲を含む斜面形状を詳細に把握する。
- ・オーバーハング部の岩塊除去範囲を設定する。

(2) 技術詳細

3D レーザー計測器は、レーザー光により遠隔から非接触で対象物の3次元座標を求められる機器であり、急崖部でも安全に大量の計測データを取得することができる。今回は、中長距離計測が可能な機器（Optech ILRIS- 3D : カナダ）を用い、対象斜面の対岸の道路より計測した（写真-1）。表-1に3D レーザー計測器の仕様を示す。

3D レーザー計測により得られたデータは、(図-1)に示すフローにて処理を行った。なお、当該斜面の計測点数は約100万点であり、計測期間は2日である。



写真-1 3D レーザ計測状況

表-1 3D レーザ計測器の仕様

項目	内容
測定距離	3～800m
スキャニング角	垂直・水平 ±20° (40°×40°)
データサンプルレート	2000ポイント/秒
測定精度	±3mm (計測距離100m時)
レーザー強度	Class 1

(3) 結果

取得した計測データを基に、(図-1)に示した手順により、当該斜面の3Dモデルを作成した(図-2)。この作成した3Dモデルを基に、オーバーハング部の掘削除去範囲の検討を行った。3Dモデルにより把握された形状や地質構造を勘案し、4つの掘削範囲案を作成した(図-3、表-2)。比較検討の結果、掘削除去範囲は除去する岩塊量は大きくなるものの、恒久対策としての機能を最優先に考え、斜面の平均的な勾配に近く、最も安定性が高いと評価されたⅢ案を採用した。

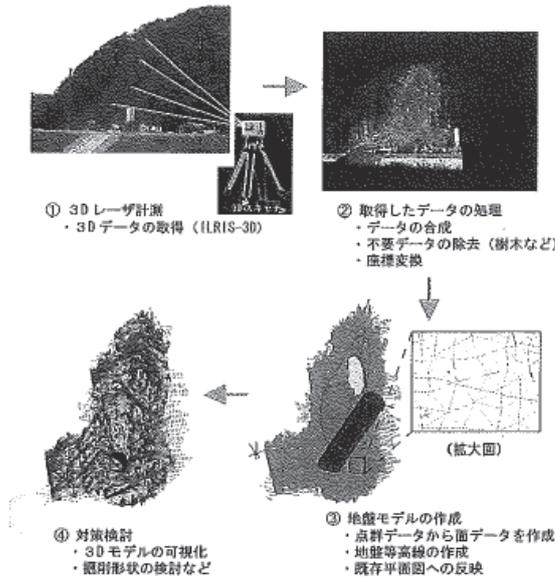


図-1 3Dレーザ計測のデータ処理フロー

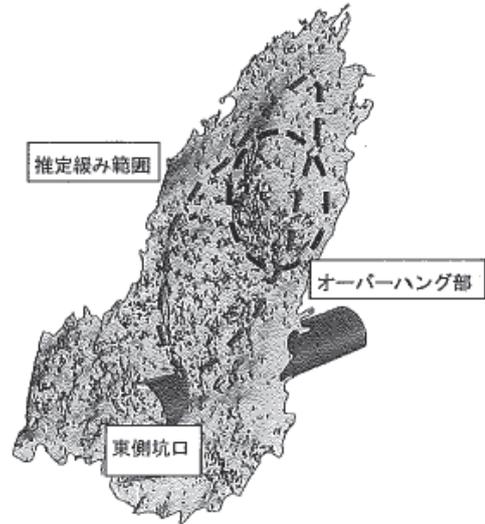


図-2 3Dモデル(俯瞰図)

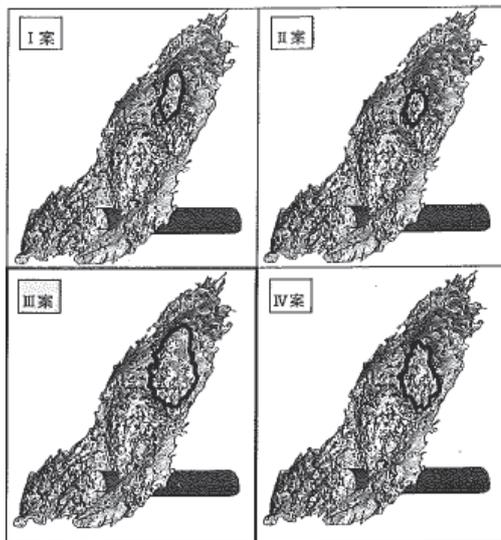


図-3 オーバーハング部掘削除去案(太線が除去部)

表-2 オーバーハング部掘削除去案の比較表

案	除去対象	除去勾配	除去量
I	オーバーハング部の一部	平均斜面勾配 (60°)	160m ³
II	オーバーハング部の一部	すべり面勾配 (70°)	80m ³
III	オーバーハング部全体	平均斜面勾配 (60°)	810m ³
IV	オーバーハング部全体	すべり面勾配 (70°)	350m ³

これらの対策により、対象斜面を特に変状させることなく、坑口部のトンネル施工を終えることができた。本工事で採用した 3D レーザー計測は、当地のような急峻な岩盤斜面において、詳細な斜面形状のデータを比較的短時間で得ることができるため、施工計画を立案する上で有用なツールであると考えられる。

しかしながら、現状の 3D レーザー計測では、データの処理やモデルの作成に専用のソフトと専門の技術者による作業が必要である。

今後は、汎用のソフトでデータ処理が可能となり、かつ現在の汎用 CAD の 2 次元図面のように、一般的な土木技術者でも扱えるようになれば、3D レーザー計測は、普遍的に使用されるツールとなると考えられる。

参考文献	理工図書 月刊土木技術：西日本高速道路(株) 長井正他、VOL. 64 NO. 5、pp54-60、2009. 5
備考	—

【地下施設／山岳トンネル】

技術名	地盤判別システム「ITS」
番号	No. 4. 2-28
発注者	中日本高速道路(株) 東京支社
施設名	第二東名高速道路 今里第一トンネル
所在地	静岡県裾野市今里地内
工事名称	第二東名高速道路 今里第一トンネル工事
施工期間	2001年3月23日～2008年10月14日
施工者	清水建設・アイサワ工業・ピーエス三菱特定建設工事共同企業体
キーワード	地盤判定、パーカッション式ボーリングマシン、地盤改良

(1) 概要

1) 工事概要

工法：山岳工法

掘削断面積：約 206m²（新東名の三車線トンネル）

土被り：10～17m

上下線の離隔：4～6m（超近接双設大断面トンネル）

補助工法：地盤改良工 63,000kL（超微粒子セメント、セメントベントナイト）

備考：地山の安定と上部建物保全のため、地表より事前に大規模な地盤改良を行う。



写真-1 施工中の今里第一トンネル坑口付近

2) 技術概要

本トンネルの地質構造は複雑で、注入規模も大断面であることから、注入工を行いながら注入範囲を特定することが可能な地層判別システム（ITS：Imazato Tunnel Sounding system）

を開発して導入した。このシステムはライト工業のエンパソルという地盤判定技術がベースとなっている。しかし、エンパソルは都市部における土砂地山を想定したものであり、ロータリ式の削孔機械に取り付けるシステムである。一方、今回の対象地山は硬い玄武岩溶岩であり、打撃を用いなければ効率的な穿孔はできないため、パーカッション式のボーリングマシンに適用できるようにセンサを追加し、古河ロックドリル社の協力を得て新たにパーカッション用の地盤判別システムを開発した。

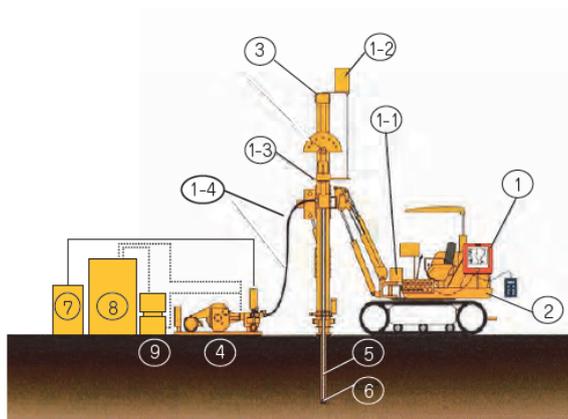
(2) 技術詳細

本システムは、削孔機に取付けた各種センサからのデータをリアルタイムに測定・解析することが可能で、玄武岩溶岩部と自破碎溶岩部を判別できることから、削孔と同時に注入対象層である自破碎溶岩部が特定でき、注入範囲を限定した効率的な注入が可能となった。

削孔はロータリパーカッション方式で行い、5mm 削孔毎にデータを取得し、処理の段階で 20 データ（10cm 分）の中央値を評価位置のデータとして採用した。

表-1 地層判別システムの測定パラメータ

パラメータ	表示名称	単位	センサ最大スケール	説明
送水圧	MUD_PRESS	N/mm ²	3.5	削孔水送圧力
トルク	TORQUE	N/mm ²	15	ビット回転機構駆動油圧（トルクを発生させる油圧であって、トルクそのものではない。）
スラスト	THRUST	N/mm ²	15	フィード回転機構駆動油圧
保持力	PULL_UP	N/mm ²	15	フィード機構背圧
時間	TIME	s	8	5mm削孔に要した時間
削孔速度	SPEED	m/h	4.095	ビット前進速度（=5mm/TIME）
回転数	ROTATION	Teeth	65,535	ビット回転機構駆動ギア歯数（5mm削孔中に回転したギア歯数）
打撃数	打撃数	回	65,535	ピストン打撃回数（5mmあたりの打撃数）
ビブラソル	VIBRASOL	G	5,000	打撃削孔時のドリフタ振動加速度



番号	名称
1	地盤判別システム計器
1-1	センサ(圧力)
1-2	センサ(深度)
1-3	センサ(回転)
1-4	センサ(打撃)
2	クローラ式削孔機
3	ドリルヘッド
4	送水ポンプ
5	ロッド
6	ビット
7	発電機
8	水タンク
9	グラウトミキサ

図-1 地層判別システム

(3) 結果

事前の調査試験によると、玄武岩質溶岩の一軸圧縮強度は $100\text{MN}/\text{m}^2$ 、変形係数は $300\sim 1,000\text{MN}/\text{m}^2$ であった。一方、自破碎溶岩は土砂に分類され、固結したものと未固結のものとの試験結果にばらつきはあるが、変形係数は $10\sim 50\text{MN}/\text{m}^2$ 程度であった。このように極端に物性の異なる硬質な玄武岩溶岩と脆弱な自破碎溶岩の互層からなる溶岩層は、実際に施工すると、単純に層状を呈しているのではなく、その幅を変えながら複雑な互層を形成していることが確認できた。

図-2の①は調査ボーリングを基に当初想定したトンネル部の地質縦断図を示し、②はITSを用いて確認された地質縦断図を示す。図-2の着色部分は、注入対象の自破碎溶岩である。両者を比較すると、当初想定では、数本のボーリングデータからの地層推定であるため層状構造としていた地質が、実際には、玄武岩溶岩と自破碎溶岩が複雑に混じり合いながら互層となっていることが確認できた。

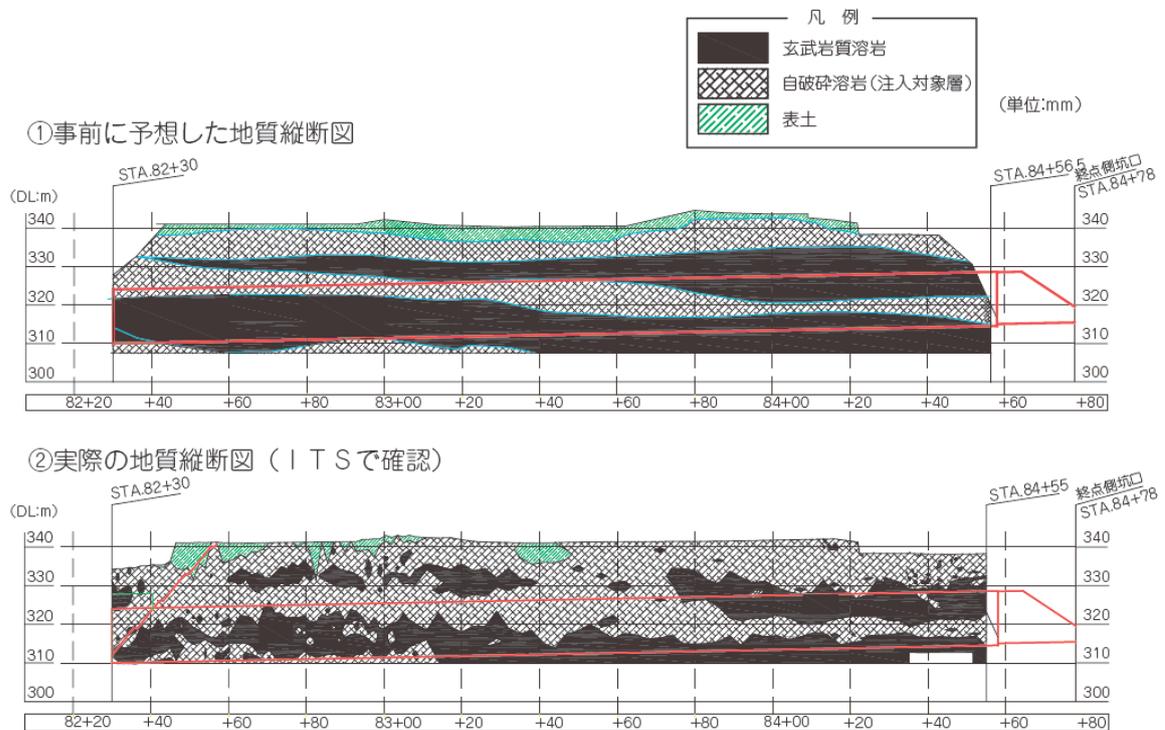


図-2 地質縦断図

地盤改良工を開始するにあたり、平成14年1月から平成14年8月までの期間、本施工の範囲内において試験注入を行い、開削調査を行った。図-3に試験注入パターンを示す。注入口の色は注入材がどこに広がるか判別できるように黒、黄、赤、無色に色分けしている。その結果、以下のことが判った。

- ・ 改良体の性状は良好である。
- ・ 注入材は地層の傾斜に沿って流れ、対象範囲の外周より外側まで流れている。

- ・ 地層は地形に合わせて、写真-2 の上側から下側に向かって 20～30° の傾斜で下っている。
- ・ 注入材が流れた形跡のみで、未充てんの部分がある。
- ・ 注入材は間隙の大きい層に偏り、間隙が小さい層の充てんは不十分である。
- ・ 定量完了が 90%以上と浸透性は良好である。
- ・ 底部の方ほど改良体が大きい。
- ・ 空隙率が当初想定（40%）より高い。
- ・ 改良体の改良度（変形係数）は良好である。

これより、底部に注入材の逸散を防止するものがなく、注入材の下への移動量が大きいこと、注入の規定量が小さすぎて、空隙の充てんが不十分であるという問題点が浮かび上がった。写真-2 は注入試験の開削調査により現れた改良体の状況である。注入工 A については規定注入量が大きいため、しっかりした改良ができているのに対して、注入工 B では注入工 A に比べて低い位置から改良体が現れ、上部の改良は不十分であった。

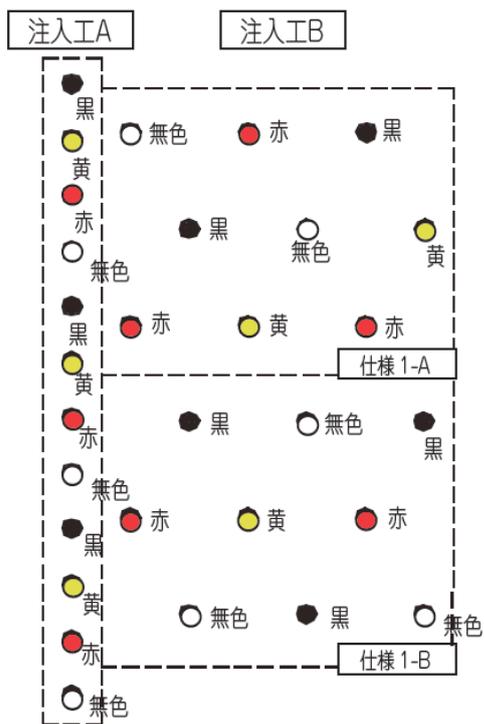


図-3 試験注入パターン

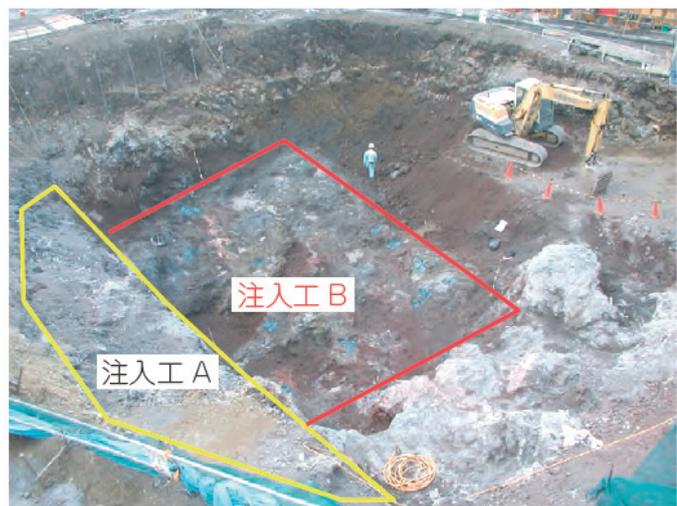


写真-2 試験注入開削調査状況

参考文献	土木クォータリー Vol. 164 : 清水建設(株)、P2-37、2009年11月
備考	—

【地下施設／山岳トンネル】

技術名	山岳トンネル計測データ一元管理システム「Penta-NAISS」
番号	No. 4. 2-29
発注者	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
施設名	北海道新幹線
所在地	青森県東津軽郡蓬田村
工事名称	北海道新幹線、阿弥陀高架橋他
施工期間	2010年10月25日～2014年7月13日
施工者	五洋建設・あおみ建設・丸井重機建設 北海道新幹線、阿弥陀高架橋他共同企業体
キーワード	切羽観察、変位置予測

(1) 概要

従来、トンネル施工時の切羽観察結果や計測結果は別々のアプリケーションソフトで管理されていたため、各結果の関連性を考慮した評価・分析には多くの時間や労力が必要であった。また、評価・分析の視点は技術者の力量に左右されやすいという課題があった。

本技術は、これらの課題を解決するために開発したものである。

(2) 技術詳細

1) システムの概要

「Penta-NAISS」は、施工時の観察・計測結果に加え、施工情報(いつ、どこで、何を施工したか)も一元的に管理できるシステムである。Penta-NAISS の運用により、観察・計測結果が半自動的に分析されるため、多様な視点からの評価が可能となり、迅速かつ適切に施工にフィードバックすることができる。また、施工情報もリンクしているため、維持管理にも活用できる。(図-1、図-2)



図-1 Penta-NAISS のイメージ

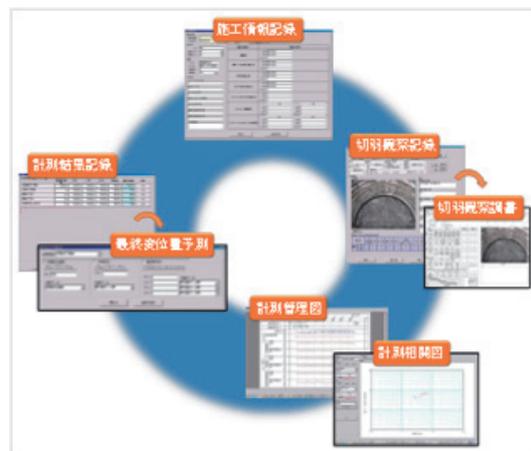


図-2 Penta-NAISS のアウトプット(例)

2) システムの特徴

本システムの特徴は、

① 計測管理図の作成

切羽前方の施工方法の検討資料に活用できる計測管理図が簡単に作成できる。

② 最終変位量の予測

各手法(初期変位速度、1D時変位量※、重回帰分析等)により最終変位量が予測できる。

(※1D時変位量：計測断面と切羽の距離がトンネル掘削幅相当になった時点の変位量)

③ 計測相関図の作成

計測相関図を作成することで、任意の2つの計測項目の相関関係が容易に把握できる。

④ 施工情報の記録

各作業(掘削、支保工、覆工、補助工法等)の施工日が記録できる。

⑤ 切羽観察調書に対応

各発注者の切羽観察調書に対応できる。

(3) 結果

1) 実施結果

坑内最終変位量を複数の手法から予測できる機能を、同種のシステムとしては初めて搭載し、支保パターンの見直しや変状対策工の検討などが迅速に行えるようになった。

2) 今後の課題・展開

今後想定されるシステムの機能強化は以下のとおり。

① 切羽前方探査データや孔内傾斜計・伸縮計など特殊な計測データへの対応

② 覆工の初期点検記録などの維持管理に使用するデータへの対応

③ 複数のトンネル施工データを一元管理できるデータを構築し、現場のみならず本・支店等においても随時閲覧可能な情報管理システムの開発

参考文献	ホームページ： http://www.penta-ocean.co.jp/news/2011/110829.html プレス発表資料（2016年11月25日現在）
備考	—

【地下施設／山岳トンネル】

技 術 名	トンネル施工情報管理システム
番 号	No. 4. 2-30
発 注 者	山口県
施 設 名	小郡トンネル
所 在 地	山口県山口市小郡上郷字円座～小郡下郷字迫田式
工 事 名 称	県道山口宇部線道路改良（小郡トンネル）工事
施 工 期 間	2006年10月～2010年1月
施 工 者	飛島建設・フジタ・藤本工業・栗本共同企業体
キーワード	レーザーマーキング、画像処理、3次元表示

(1) 概 要

山岳トンネル建設工事では、経済性・品質の確保・安全な施工を行うため、施工実績や写真などを記録し、必要に応じて計画や実施工へ活用しているが、切羽状態の観察記録・トンネル全体の記録管理や分析に多大な労力を費やすことが課題となった。この課題を解決するため、トンネル施工情報を一元管理し、迅速に情報の検索・分析・表示できるシステムを開発した。

本システムは、関連する情報を一元管理することができ、過去（既施工区間の施工実績情報）、現在（掘削中の切羽状況や画像計測による掘削面積）、未来（今後の計画・設計情報や地質の予測）をひとつのシステムで評価することが可能である。

(2) 技術詳細

1) システムの概要

2-1-1 トンネル施工情報管理システム

トンネル施工情報管理システムは、トンネル情報（計画・設計情報、施工実績情報、切羽観察情報、切羽画像情報）を一元管理し、情報の検索・分析作業を省力化する（図-1）。

また、トンネル情報を3次元的に表現することが可能であるため、これまでの実績や今後の計画等、トンネル全体の状況の把握が容易である（図-2）。

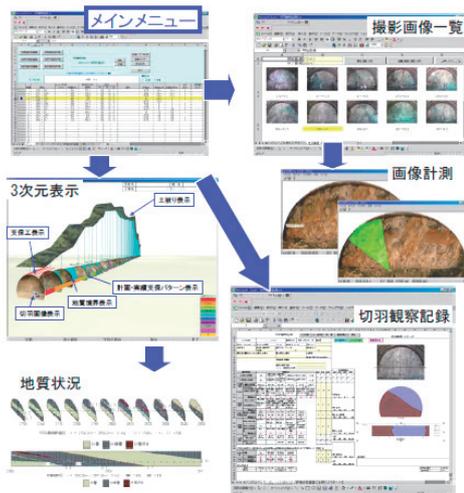


図-1 トンネル施工情報管理システム構成図

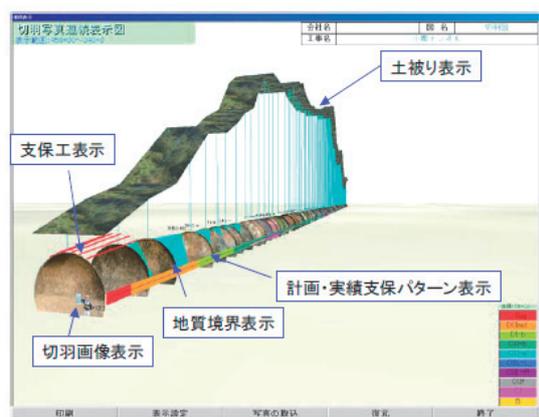
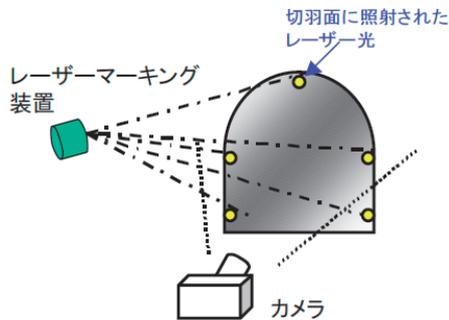


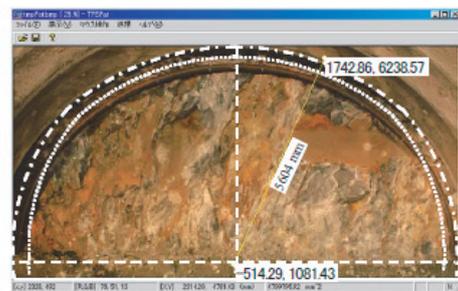
図-2 3次元表示画面

2-1-2 切羽撮影画像処理機能

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。



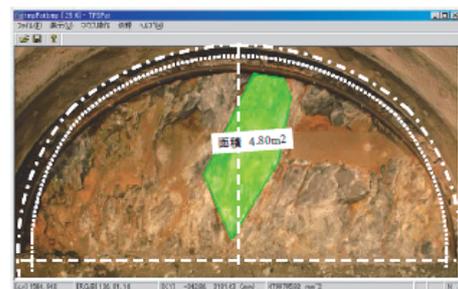
(a) 画像取得



(c) 長さ計測（掘削位置）



(b) 画像処理



(d) 面積計測（弱層部面積）

図-3 画像取得と画像処理

図-4 画像計測の一例

(3) 結 果

1) 現場での判定結果

本システムは、トンネル全体にわたって計画・設計情報、施工実績情報、切羽観察情報、切羽画像情報の検索・分析を改善し、施工の合理化に大きく貢献するものと考えられる。

2) 今後の課題・展開

切羽上の地質境界位置や弱層部面積の測量作業について大幅に短縮できることが期待される。

参 考 文 献	トンネル施工情報管理システムの開発 とびしま技報：飛島建設(株) 筒井隆規他 pp.116-117 No.57(2008)
備 考	—

【地下施設／山岳トンネル】

技 術 名	TLAN-spot
番 号	No. 4. 2-31
発 注 者	国土交通省 近畿地方整備局
施 設 名	瑞穂トンネル
所 在 地	京都府
工 事 名 称	丹波綾部道路瑞穂トンネル水呑地区工事
施 工 期 間	2012年3月～2015年3月
施 工 者	佐藤工業(株)
キーワード	無線 LAN, ネットワーク化
<p>(1) 概 要</p> <p>施工データは、現場で取得した後に事務所に持ち帰る必要があり、現場と事務所を何度も往復する手間があった。このような状況を踏まえて、トンネル工事の施工ヤードをネットワークエリアとすることで、トンネル坑内、トンネル坑外、現場事務所等の作業エリアのどこにおいてもデータの入出力を可能とした。</p> <p>(2) 技術詳細</p> <p>TLAN-spot(トラン-スポット)トンネル工事の施工ヤード全体をひとつのネットワークエリアとすることで、施工データの通信状態を飛躍的に安定させ、トンネル坑内、トンネル坑外、現場事務所等の作業エリアのどこにおいてもデータの入出力を可能とした技術である(特許出願済)。本技術は、トンネル施工において施工品質の向上と省力化を図ることができる。</p> <p>1) 施工エリア全体をネットワーク化</p> <p>施工データを得るために現場と事務所を往復していた手間が不要となり、正確で迅速な対応が可能となる。事務所のみならず支店、本社のサポート部門が切羽と直結することも可能となる。</p> <p>2) 様々な接続機器の管理が可能</p> <p>各測定機器を無線 LAN 接続することで坑内連絡や切羽観察記録の作成、トンネル坑内の粉じん自動計測や有毒ガス発生時、酸欠時の警報、電力量自動計測の他、騒音、振動、地下水位地形変位の自動計測、濁水処理警報等と様々な機器との接続が可能となる。坑内換気が必要な通常の作業全般に適用できる。</p> <p>3) 施工方法</p> <p>①トンネル坑内外にアクセスポイント設置し施工エリア全体をネットワーク化する。</p> <p>②切羽の進行に合わせてアクセスポイントを増設する。</p> <p>③管理PC、タブレット端末、携帯端末で管理データの入出力を行う。</p>	

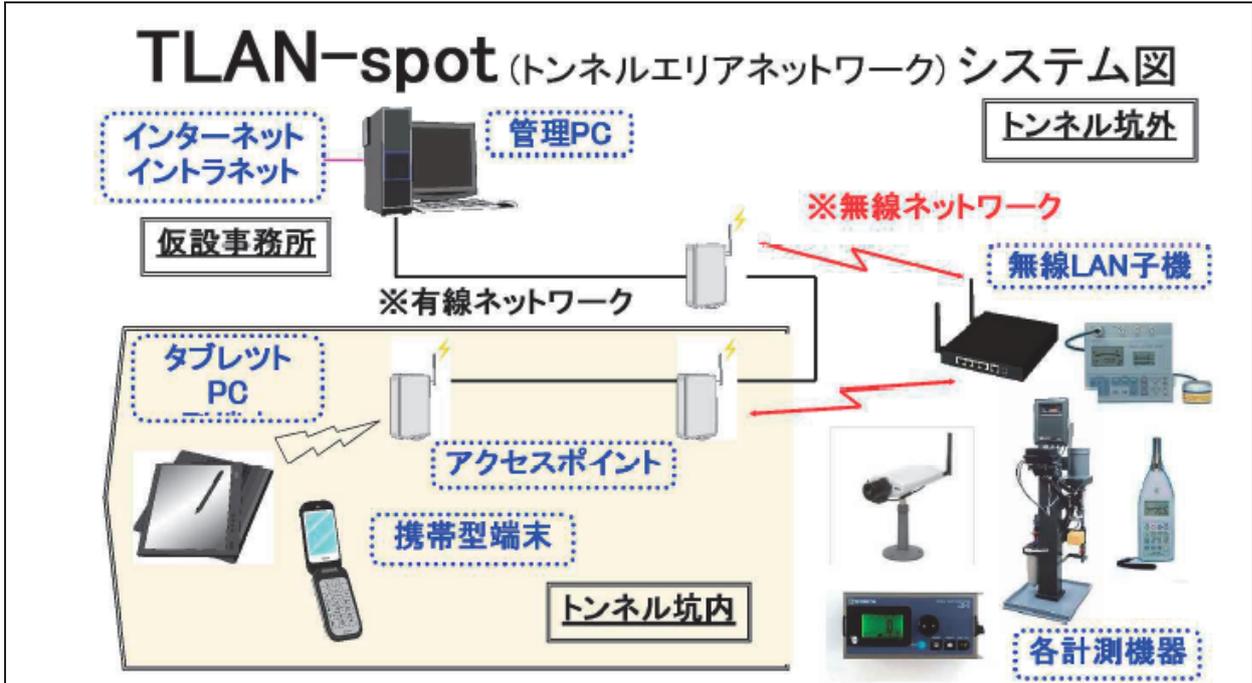


図-1 TLAN-spot (トンネルエリアネットワーク) システム図



図-2 切羽観察記録の作成



図-3 坑内アクセスポイント設置例

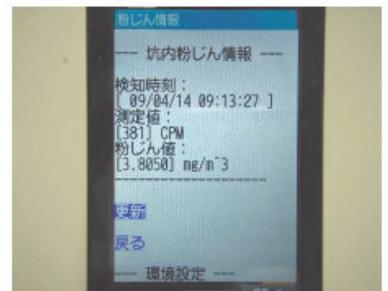
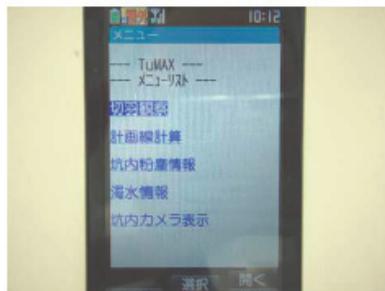
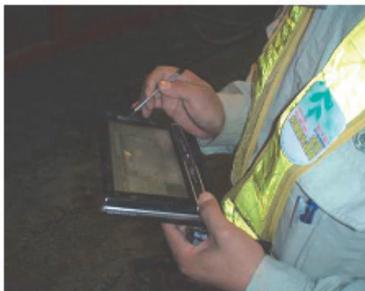


図-4 タブレット型 PC 端末と携帯型端末による測定情報表示

(3) 結果

京都府の当社施工トンネルにて導入、実用化した。坑内連絡、切羽観察記録作成、粉じん量自動計測、電力量自動計測を実施した。

アクセスポイントは、無線 LAN 親機として坑内、坑外に設置した。アクセスポイント同士の接続は通信精度に優れた有線で行った。トンネル坑内のアクセスポイントは、切羽の進行に合わせて増設した。各アクセスポイント間の距離は LAN 配線規格に準拠し 100m を基本とした。実証試験より得られたアクセスポイントと無線 LAN 子機（携帯端末など）とのデータ送受信可能距離を表-1 に示す。

表-1 データ送受信可能な距離

アンテナ	前方	後方
標準(無指向性)	100m	100m
指向性	150m	50m
超指向性	220m	30m

参考文献	佐藤工業(株)、ホームページ http://www.satokogyo.co.jp/technology/detail.php?id=43&parent_id=26&category_id=38
備考	—

技術名	衝突防止支援システム
番号	No. 4. 2-32
発注者	国土交通省 東北地方整備局
施設名	—
所在地	福島県相馬市玉野字東玉野地内
工事名称	国道 115 号玉野トンネル工事
施工期間	2013 年 11 月～2015 年 11 月
施工者	西松建設(株)
キーワード	車両運行管理システム、衝突防止支援装置、画像解析

(1) 概要

法令遵守、安全・安心に注目度が高まる昨今では、ダンプトラック・アジテータトラックなどの工事用車両についても、運行管理の重要性が認識されつつある。しかし、工事車両については乗用車の装着されている自動ブレーキシステムなどの安全機能を有した車両が製造されていない。こうした背景より、建設現場における工事用車両の交通安全対策として、一般車両との車間距離判定他の機能を有する「衝突防止補助システム」と「運行管理システム」を融合した「衝突防止支援システム」を開発した。

(2) 技術詳細

1) システムの概要

2-1-1 衝突防止支援システム

本システムは、運転者に速度超過や指定ルート逸脱、歩行者等の飛び出しを音声ガイダンスで注意喚起する。また、インターネットにて運行状況や危険行為を把握することも可能なシステムである。取り付けは運転手が行い、他のダンプトラックに移設することも可能である。これらのシステムは「運行管理システム」と「衝突防止補助システム」の2種のシステムから構成されている(図-1)。



図-1 衝突防止支援システム 概要図

2-1-2 運行管理システム

GPS から「位置情報」、「速度」といった車両情報を取得しスマートフォンから運転者へ注意喚起や警報を音声にてガイダンスを行う（図-2）。

本システムの主要機能より、事務所ではインターネットを媒体として車両位置情報を地図上で表示することでリアルタイムの運行状況が把握することが可能である（表-1）。



図-2 スマートフォン設置状況

表-1 運行管理システム主要機能

機能	内容
動態管理機能	車両の位置を GPS で取得し、サーバへ自動送信する。
音声ガイダンス機能	事前に登録した地点を通過する際に、音声にて注意喚起を行う。また速度超過等、違反時にも警報を発声する。
監視機能	速度超過、急加速・減速、アイドリング、指定ルート逸脱などの監視を行い、各種警報の出力を行う。
履歴確認機能	車両ごとの日時運行データを再現する。
帳票出力	日時、月次の約 10 種類の帳票出力が可能。
外部機器連動	トラックスケール、LED 掲示板他、様々な機器と連動することが可能

2-1-3 衝突防止支援装置

カメラ付きの車載装置から速度、ブレーキ、左右方向指示器、ワイパー、ハイビームの 5 種類の情報を取得する（図-3）。カメラの視野角は設置個所より左右幅 110 度、上下 30 度で最大検知距離は約 80m である。



図-3 スマートフォン設置状況

画像解析を用いて、検知された対象物までの距離を高度・高速演算処理により計測し、事故防止の為警告モニターから車間距離を表示し警告する（図-4）。本装置の主要機能より、車載装置には自動ブレーキ機能が無いため運転者には警報を発生させることで通知し安全運行の支援を行う（表-2）。

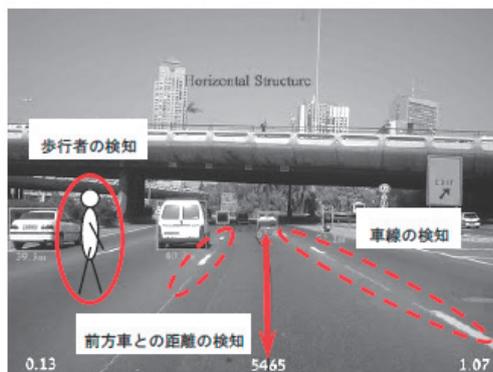


図-4 画像解析イメージ

表-2 衝突防止支援装置主要機能

機能	内容
前方車両衝突警報	前方車両との衝突を警告する。
歩行者検知	歩行者を検知し、接触の可能性を警告する。
車線逸脱警報	方向指示器を出さずに車線を跨ぐと警告する。ふらつき運転防止。
前方車間距離警報	前方車両との車間距離が設定値より近づくと警告する。
低速時前方車両警報	信号待ちや渋滞時などの低速状態で前方車両に接近すると警告する。

2-1-4 システム設置

本システムは、運行管理システム用スマートフォンと衝突防止補助システムよう車載カメラを設置する（図-5）。



図-5 衝突防止支援システム 設置状況

事務所のPCでリアルタイムに表示される警報の発生、車両速度、車両位置を随時管理している。また、過去の運行履歴は作業日報としてダンプ運行管理システムで自動作成され帳票出力をすることで、残土運搬中の危険箇所の抽出及び、天候やその他の外的要因による運搬時間変更、調整を行っている。

(3) 結 果

1) 現場での判定結果

衝突防止支援システムの実施結果を、以下に示す。

- ① リアルタイムに位置情報と警報を記録することで、運搬系路上に存在する危険有害要因を可視化することが可能となり、事故発生時や車両異常時の対応がより正確に行うことが可能となった。
- ② 前日の運行データの帳票を翌日のKY活動に活用することにより運行現場に合った具体的な指示が可能となった。
- ③ 運行管理の状況を作業日報として帳票にまとめることにより、事故発生時の状況や現場、運行の状況をさかのぼって閲覧が可能のため時期や時間による危険箇所の抽出が可能となった。

参 考 文 献	工事用車両の衝突防止支援システムの開発 建設機械施工：西松建設(株) 加瀬太郎他 pp. 50-53 Vol. 67, No. 5 May 2015
備 考	—

技 術 名	ドーナツ TBM 工法
番 号	No. 4. 2-33
発 注 者	—
施 設 名	—
所 在 地	—
工 事 名 称	—
施 工 期 間	—
施 工 者	株木建設(株)
キーワード	TBM

(1) 概 要

本研究開発である DTBM 工法は、TBM の前面中央部分を開けることで切羽の直視を可能にし、この中空部から不良地山に対して従来から培われてきた山岳トンネル技術をそのまま使い対応を図るものである (図-1)。

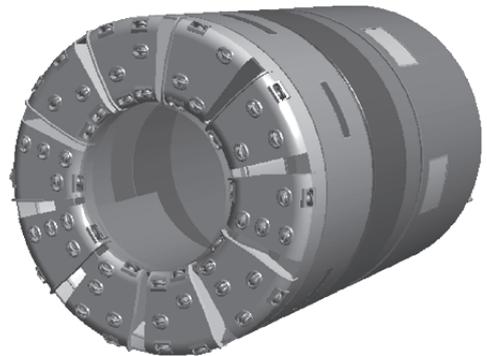


図-1 ドーナツ TBM 概念図

(2) 技術詳細

DTBM 工法、山岳トンネル掘削方式 TBM 工法の改良型に属し、一種のリーミング型 TBM であり、当工法は多くの実績がある技術である (図-2)。全断面 TBM 方式との違いは、トンネル断面を外殻と内部に二分割することで、真中に中空部を設けたことである。外殻を DTBM でドーナツ状に掘進し、内部の核部を残し、進んだ分だけ汎用機械で破碎掘削しながら連続掘進するシステムである (図-3)。

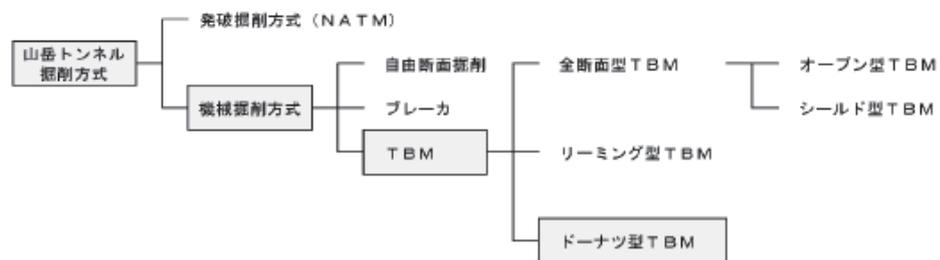


図-2 山岳トンネル掘削方式分類

1) ドーナツ型TBMの主要掘削設備

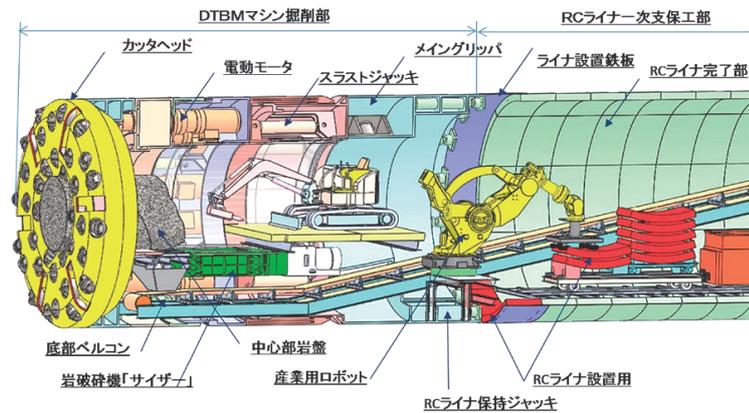


図-3 DTBM マシン本体

2) ドーナツ型TBMの掘削メカニズム

- ① 外周部はカッターヘッドによりドーナツ状に、回転と推進力とで剥ぎ取るように掘削する。掘削ズリは、頂部の120° 排出口から動力を使わずに自然排出される。
- ② 残された中心部は、核残しの役目を果たしながら突き出てきた岩塊を、2軸式岩破砕機「サイザー」により20cm以下に破碎する。バックホウ型ブレーカは、マシン掘削ズリの目詰まり除去や中心部岩塊の補助掘削用として、オペレータにより遠隔運転する。
- ③ 掘削ズリは、底部に配置したベルトコンベアにより坑外まで運搬される。中心部の開口比率については、開口部を汎用機械類が通過できることや中心部の破碎掘削がクリティカル作業にならないことを考慮しつつ、地質性状に合わせて設定する。

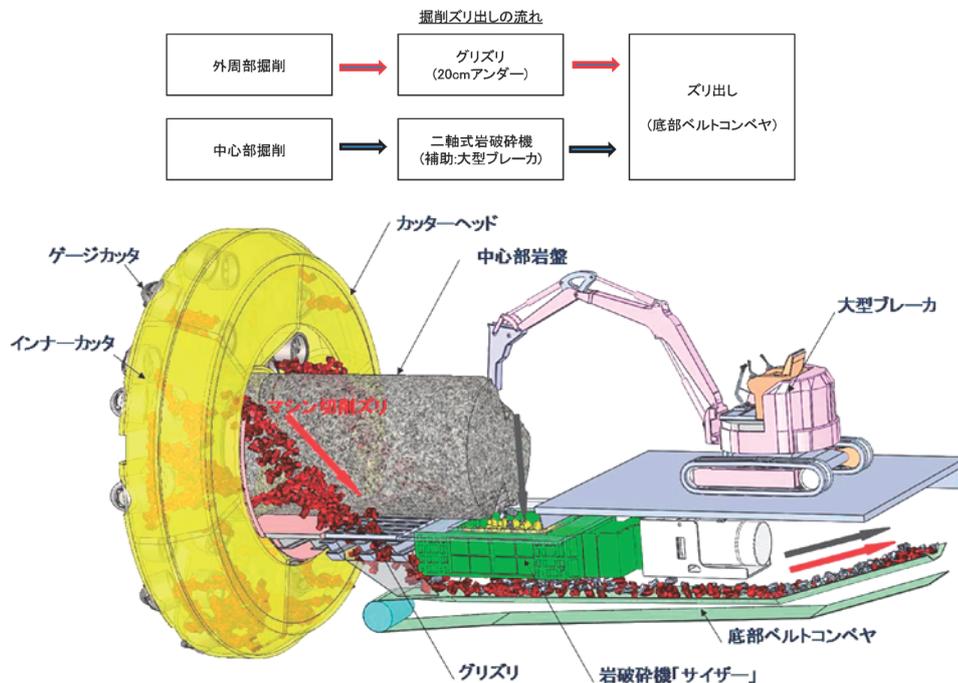


図-4 掘削フロー図

(3) 導入の効果

1) 工期短縮

1日当り作業時間のロス時間を見込み12時間稼働、1月当たり22日稼働として、標準地山に対する掘削速度を試算すると、月間平均で528mの掘削が見込まれる。

(マシン外径6m、一次支保工としてRCライナを採用した場合)

2) 省力化

ドーナツ型TBM工法のメリットである高速施工が実現できれば、全体作業員の大幅な減少が可能となる。また、産業用ロボットの導入等による機械化や自動化により、作業を単純化できる。

例えば、トンネル延長5kmに対する作業員数

ドーナツ型TBM : 15人/方×2方×22日×15ヶ月=9,900人 (平均月進528mの場合)

NATM : 10人/方×2方×22日×52ヶ月=22,880人 (平均月進100mの場合)

3) コストの縮減・環境負の影響

コスト面では、ディスクカッタの磨耗量が少ないと見込まれることから、取替え作業を含めたランニングコストの低減が図られる。

環境面では、工期短縮による自然環境への負荷軽減が図られる。

安全面では、全断面型TBMと同様に鋼製殻の中での作業によるメリットが確保できる。

(4) 今後課題・展開

本研究は開発助成の採択を受けて、従来の産・学に官を加えた体制を構築して研究を進めることにより、実現現場での試行、さらに実用化への道筋を見出していくものである

参考文献	・電力土木技術協会 電力土木、363号、p84-86、2013年1月 ・平成27年度 建設技術研究開発助成制度「ドーナツ型TBMを活用した新たな山岳トンネル工法の開発」一般財団法人先端センターより
備考	—