

新工法紹介 機関誌編集委員会

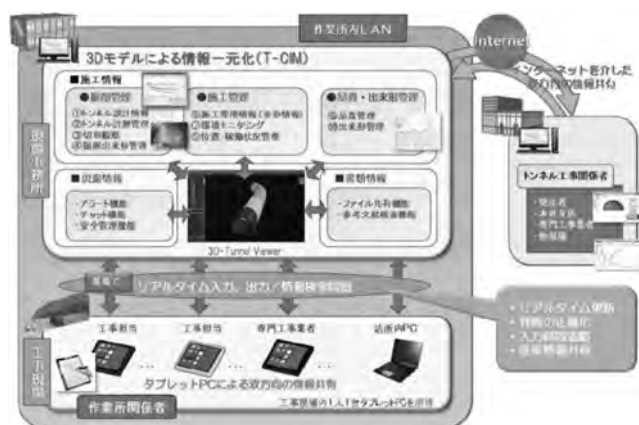
04-376	T-CIM®/Tunnel	大成建設
--------	---------------	------

概要

現在、山岳トンネル工事では、CIM システム^{※1}が数多く導入されているが、3次元モデルの作成や施工情報との紐付けなどに煩雑な3次元CADの操作が必要であるため、現場だけでは対応しきれなかった。

そこで、施工情報（施工管理、品質・出来形管理各種データ）、現場情報（安全管理、警報通知）、書類情報（帳票・資料）等を一元管理、かつ情報共有することで作業効率を大幅に改善し、日々の業務管理の負荷を低減できる「T-CIM®/Tunnel」^{※2}を構築、導入した（図－1）。

2017年度以降は、全トンネル工事作業所への展開を目指す。また、国土交通省の「CIM導入ガイドライン」に対応できるように「T-CIM®/Tunnel」を機能拡張する。



図－1 T-CIM®/Tunnelの全体構成



図－2 タブレットPCを用いた切羽観察

特徴

「T-CIM®/Tunnel」の主な特徴は以下のとおりである。

- ①トンネル断面情報と線形データ等から自動的に簡易3次元モデルを作成。また、作成されたモデルへの施工情報の紐付けには、従来の3次元CADではなく、操作が容易な簡易ソフトを使用することで、作業効率を向上。
- ②情報共有のツールとして「Windows タブレット PC」を使用し、場所を選ばず、写真撮影・データ入力から帳票作成までを実施。例えば、切羽観察では、タブレット PC を使用して切羽状況の写真を撮影・加工し、観察データを入力・記録することで、切羽観察シートの作成を「現場」で完了できるなど、作業を効率化（図－2）。
- ③切羽観察記録などの掘削管理、施工管理や品質・出来形管理のデータを、現場事務所などに設置されたサーバーを介して、工事関係者間で情報共有。

※1 CIM（Construction Information Modeling）は、2012年に国土交通省が建設事業全体の生産性向上を目指して提唱した情報システムである。CIMでは、各工事の3次元モデルに、関連する属性情報を紐付けたCIMデータを構築し、建設事業フローの川上である調査計画、設計積算段階から川下である施工、維持管理段階まで、コンピュータやネットワーク上で一元的に管理しながら情報共有を図り、合意形成や設計、施工の高度化、維持管理の効率化を目指す。

※2 T-CIM®は、当社の土木工事作業所に導入を開始している情報通信技術を活用した施工システムと、3次元モデルを統合した独自のCIMシステムで、ダムやトンネルなど構造物に特化した「専門工種」と、どの工事にも当てはまるコンクリート工などの「共通工種」を相互に関連させ体系化したシステムである。本システムの適用により、施工情報の紐付けに最適な3次元モデルを容易に作成し、3次元モデルと連動した施工情報の入力・更新を効率的に行うことが可能となる。

用途

- ・山岳工法によるトンネルの施工情報、現場情報、品質管理、書類情報の一元化

実績

- ・道路トンネル工事 延長 1,314 m 適用済み
- ・道路トンネル工事 延長 1,239 m 運用中

問合せ先

大成建設㈱コーポレートコミュニケーション部広報室
〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1
TEL：03-5381-5011（ダイヤルイン）

04-379	予測型山岳トンネル CIM	大林組
--------	---------------	-----

▶ 概 要

近年、ICT の導入によって建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取り組みである i-Construction が国土交通省主導で進められている。その一つの施策として、建設生産プロセスを管理する CIM (Construction Information Modeling/Management) が注目されている。CIM は施工管理の生産性向上と維持管理業務の見える化・効率化を図ることを目的とし、3次元 CAD に属性情報を持たせることを特徴としている。大林組では2016年11月現在、国内外110の現場で適用している。その内、山岳トンネルでは、2015年3月に竣工した近畿自動車道紀伊線見草トンネル工事（和歌山県西牟婁郡、発注：国土交通省近畿地方整備局）で、国内初の CIM による統合化データを電子納品した。ここでの形態は、設計時における地形・地質構造、施工時に取得した坑内観察・計測結果および竣工直前に取得した覆工コンクリート壁面情報等を3Dモデル化し取り込んだものである。そのため、この形態を「施工型 CIM」と称している。

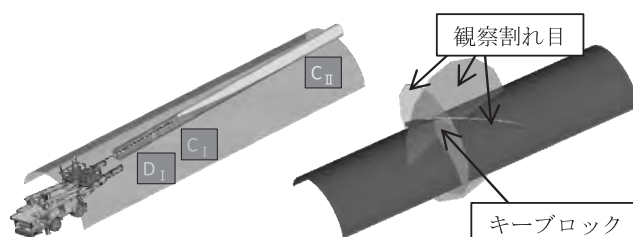
ところで、山岳トンネルでは、事前調査技術の限界や地質の複雑性から、計画・設計段階では地質状況の正確な把握は難しく、施工に際して突然断層破碎帯や突発湧水に遭遇することがある。そのため大林組は、切羽前方の地質変化を高精度に予測できるノンコア削孔切羽前方探査「トンネルナビ」を2008年に開発し現場展開を図ってきた（写真—1）。既に22現場、探査延長約30kmの実績があり、探査精度は約80%である。また、ノンコアボーリング孔の壁面を簡便に観察できる観察装置（図—1）を開発しトンネルナビと併用しながら地山の高精度予測を実現している。そこで、既開発済の施工型 CIM にトンネルナビ解析結果と孔内割れ目情報を取り込み、切羽前方地



写真—1 トンネルナビ実施状況



図—1 ボーリング孔内観察装置と観察画像



図—2 支保規模判別とキープロック予測

質のさらなる見える化による施工の効率化と、割れ目で構成される崩落危険岩塊（キープロック）の早期発見から安全性の向上をめざした「予測型山岳トンネル CIM」を開発・実用化したものである。

▶ 特 徴

① ノンコア削孔切羽前方探査解析結果の3D化：

削孔機械データを3D描画することで、掘削前段階で地山の変化を明確化し、最適な支保工規模を提案できる（図—2左）。

② ボーリング孔内画像からキープロック予測：

孔内画像から割れ目の方向と角度を抽出し、トンネル断面に描画することでキープロックを発見できる（図—2右）。

③ 設計、施工、維持管理データの統合化：

施工中に取得したデータを集約・統合化することで、維持管理を効率良く行う支援ツールとなる。

▶ 用 途

- ・山岳トンネル生産性向上
- ・山岳トンネル維持管理の可視化

▶ 実 績

- ・施工型 CIM：22件（完了、適用中、準備中含む）
- ・予測型 CIM：2件（試行中）

▶ 問合せ先

（株）大林組 CSR 室広報部広報第一課
〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2
TEL：03-5769-1014

新工法紹介

04-380	発破超低周波音消音装置 TBI レゾネータ Type-F	飛鳥建設 藤崎商会
--------	---------------------------------	--------------

概要

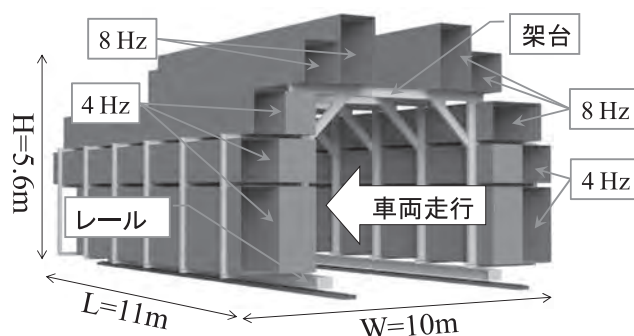
トンネル工事の発破掘削で発生する発破音のうち、超低周波音（20 Hz 以下の音波）は人体へ圧迫感や振動感を与えたり、トンネル周辺家屋の建具をがたつかせるなどして苦情発生の原因になっている。発破音対策として防音屏が一般的であるが、超低周波音の領域での遮音性能は十分でない。

飛鳥建設と藤崎商会は発破による超低周波音の低減を目的として、音波の共鳴現象を利用した消音装置を開発し山岳トンネル工事に適用した。

消音装置は一端が閉じた音響管、音響管を上載する架台、および車輪とレールからなる移動装置で構成する（図—1）。音響管の長さを消音対象音の波長の 1/4 にすることで、入射する音波と音響管閉端から反射した音波が干渉して音響管開口端の音圧が低下する。この効果を利用してトンネル坑内の音圧を低減するものである。また、低減効果を得るためには音響管の開口端が適切な位置にくるよう消音装置を配置する必要がある。このため、消音装置はレールに上載されトンネル縦断方向に移動できるようになっている。

実物大実験ではトンネル発破で多く採用されている DS 雷管（起爆秒時差：250 ms）で顕著な 4 Hz と 8 Hz の音波を対象とした消音装置（写真—1）を適用した。トンネル断面に対する音響管開口の面積比を各 5% として効果を確認したところ、設置後は設置前の 2 倍の装薬量で発破したにもかかわらず 4 Hz で 6 dB、8 Hz で 12 dB の低減量を得た。

今後は新技術情報提供システム（NETIS）への登録を申請し、発破工法を採用するトンネル工事の超低周波音制御技術として展開する。



図—1 TBI レゾネータ Type-F の構成例

特徴

- ①発破による超低周波音の低減が可能
 - ・音波の共鳴現象を利用することで、トンネル発破で顕著な 4 Hz や 8 Hz の超低周波音の消音を実現。
 - ・音響管の設置本数で低減量をコントロール可能。
- ②様々な周波数の超低周波音の低減が可能
 - ・音響管長さの調整で任意周波数での低減が可能。
 - ・異なる長さの音響管を組合せることで幅広い周波数での消音が可能。
- ③高い品質と優れた施工性
 - ・音響管や架台は専用工場で作製され現場へ搬入されるので高品質。
 - ・現場加工が無いので 2 日間で組立と設置が可能。
 - ・レール上をトンネル縦断方向に移動できるので常に最適な位置へ配置可能。
 - ・架台上に音響管を設置し工事車両の走路を確保。
 - ・使用後は他トンネル工事へ転用可能。

用途

- ・発破工法を採用するトンネル工事

実績

- ・道路トンネル工事（NATM、掘削断面積 108 m² ～ 127 m²）
低減対象周波数：4 Hz、8 Hz

問合せ先

- ・飛鳥建設(株) 技術研究所
〒 270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472
TEL：04-7198-7553（直通）
- ・(株)藤崎商会
〒 730-0835 広島県広島市中区江波南 2-10-6
TEL：082-292-6321（代表）



写真—1 TBI レゾネータ Type-F の設置状況（面積比 5%）

新工法紹介

11-101	作業員の疲労評価システム バイタルアイ (Vital Eye)	安藤ハザマ TAOS 研究所
--------	---------------------------------------	-------------------

▶ 概 要

建設現場では近年、建設作業員の高齢化、生活習慣病の増加、メンタル不調による離職者の増加などを背景に、建設作業員の心身の健康状態を日常的に管理することの重要性が一段と高まっている。しかし、これまでの日々の管理手法は、現場朝礼時の問いかけや建設作業員本人の自己申告によるチェックが一般的だった。

このような流れを受け、客観的データに基づく建設作業員の身体的・精神的疲労の評価を目的として、作業員の疲労評価システム「バイタルアイ (Vital Eye)」を開発した。

バイタルアイはヘッドバンドに装着したウェアラブルセンサを用いて建設作業員の脈波（心臓の拍動に伴う血管の血流の変化）や体温等のバイタルデータをリアルタイムに測定する。また、ヘルメットに装着した計測デバイスで環境温度と湿度を測定する。これらのデータは通信機能を介してクラウド上の専用サーバに自動転送される。

専用サーバではデータを使った評価が行われる。具体的には、環境温度と湿度から暑さ指数（WBGT）を算出し、建設作業員一人ひとりの作業環境を把握する。また、脈波等のバイタルデータから建設作業員の疲労状態を評価する。このとき、TAOS 研究所が有する高度な解析技術を用いることで、脈波の変動から自律神経バランスの乱れを分析し、さらに他の測定データと組合せることで熱中症の予兆や身体的・精神的疲労の状態を定量的に評価することを可能にした。

この評価結果は、管理モニターで現場管理者が確認することができるほか、身体的・精神的疲労に変調が確認されたときには、現場管理者や建設作業員本人にリアルタイムで警報を発信する。

バイタルアイは土木・建築の複数の現場における実証試験を通して熱中症の予兆や疲労蓄積の評価を行い、その有効性を確認している。バイタルアイにより、心身の変調が自覚症状に表れない未然の段階での警告が可能となるため、熱中症の予防や労働災害の防止に大きく寄与することができる。



図ー1 バイタルアイの着用イメージ

▶ 特 徴

- (1) 熱中症の予兆，身体的・精神的疲労状態を客観的・定量的に評価できる。
- (2) 自覚症状に表れない段階で，建設作業員の変調を検出することができる。
- (3) 作業環境の監視，改善にも活用できる。

▶ 用 途

- ・建設作業員の熱中症の予防
- ・建設作業員の労働災害の防止

▶ 実 績

- ・A 建築新築工事
- ・B 地下鉄工事
- ・C 造成工事

▶ 問 合 せ 先

安藤ハザマ 技術研究所 先端・環境研究部

〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1

TEL：029-858-8815

同 土木事業本部 営業第一部

〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20

TEL：03-6234-3600

(株) TAOS 研究所

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-2-15

TEL：045-620-7647