

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-416	吹付けコンクリートの温度管理工法	戸田建設 名岐エンジニアリング
--------	------------------	--------------------

概要

山岳トンネル工事において、吹付けコンクリートは重要な支保部材である。吹付けコンクリートは一般的に現場内の製造設備で製造され（図-1）、冬期寒冷地では使用材料の温度が低下するため、練上り温度が低くなる。コンクリート温度が低下すると、急結剤の反応速度が低下するため、付着性或初期強度の発現が阻害される。対策として実施工では急結剤の添加量を増加させることでこれらを確保している。しかし、急結剤添加量の増加は、長期強度増進の阻害要因となることやコストの増大につながるものが課題となっている。

そこで、戸田建設(株)と名岐エンジニアリング(株)は、独自の加温設備と温度管理手法を用いて、吹付けコンクリートの練上り温度を一定に保つことにより、品質確保とコスト削減が可能な温度管理工法を共同で開発した。



図-1 コンクリート製造設備および吹付けコンクリート施工状況

特徴

本工法は練混ぜ水の加温とミキサ本体、および、ミキサ内を加温することにより、コンクリートの温度を一定（20℃程度）に保つことで、急結剤を大量添加することなく吹付けコンクリートの初期強度確保が可能となる。

本工法の特徴は以下の通りである（図-2）。

①練混ぜ水の温度制御

分割練混ぜ方式におけるコンクリートの練混ぜ水（一次水）を灯油式ボイラー（60,000 kcal × 2 台）により 40～70℃の温度に任意に加温。

②ミキサ本体の温度制御

ミキサ本体を電熱線（150 W × 28 本）により 40～70℃程度の温度に任意に加温。

③ミキサ内部の温度制御

電気式の温風ヒーター（10 kW × 1 台）により任意に加温。

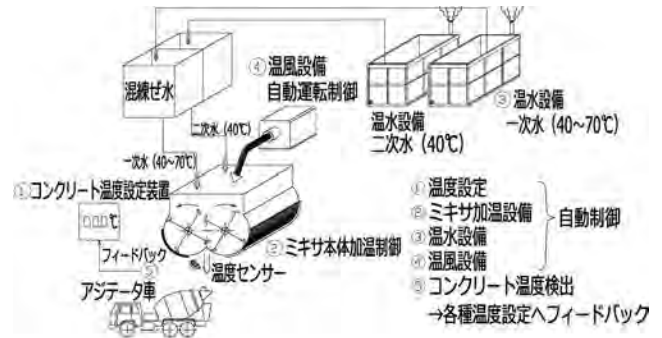


図-2 コンクリート製造フロー図

効果

以下に本工法と従来工法（練混ぜ水のみ 40 度に加温）の比較を示す。

- ①本工法の適用により、外気温が氷点下の環境においても、コンクリート温度を 20℃程度に保つことが可能となる（図-3）。
- ②コンクリート温度を 20℃程度に保つことで、吹付けコンクリートの初期強度を確保することができる。また、急結剤添加量の増加による長期強度発現への影響を抑制できる。
- ③急結剤のコストは、従来工法と比較すると、2 割程度削減することが可能となる（当社試算、設備投資費を除く）。

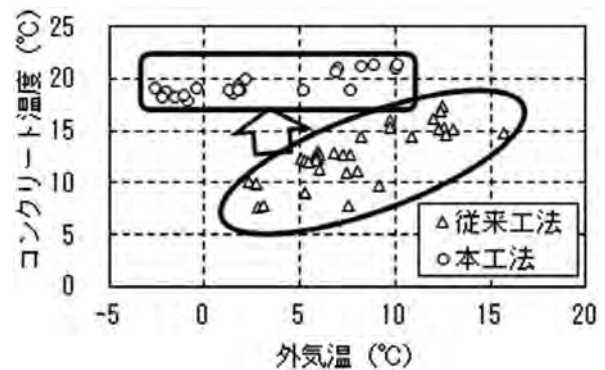


図-3 コンクリート温度測定結果

用途

・吹付けコンクリート

実績

・冬期寒冷地のトンネル工事

問合せ先

戸田建設(株) 技術開発センター 社会基盤再生ユニット
〒108-0031 東京都中央区京橋 1-18-1
TEL : 03-3535-2641

04-417	エレファントノズル 自動配管システム	西松建設 岐阜工業
--------	-----------------------	--------------

▶ 概 要

山岳トンネルの覆工コンクリート施工は、通常5、6名ほどの作業員で行っている。しかし、作業員の高齢化や新規入職者の減少などを背景に、作業の機械化が求められている。また昨今のトンネル大断面化や長距離化に伴い、作業を効率化する自動化技術へのニーズも高まっている。

通常、覆工コンクリートの打込み作業は、移動式型枠（セントル）を使用し、狭隘なスペースで長時間作業を行うため、特に自動化が望まれる工種であった。そこで、これまで人力で行っていたコンクリートの圧送用配管の切替え作業に注目し、タブレット端末を用いた遠隔操作で簡単に切替えを行える「エレファントノズル自動配管システム」を開発した（写真-1）。

本システムでは自走式マニピュレータを採用し、1人の作業員からの操作指示で所定の配管孔（全12カ所）までマニピュレータが移動した後、自動で配管接続してコンクリートの打込みを開始することができる（写真-2）。また、セントルに取り付けたコンクリートの打ち上がり高さを検知するセンサーやコンクリートポンプなどの連動により、コンクリートが所定の高さまで打ち上がるとポンプからの輸送を停止し、配管を自動で切り替えて次の箇所へコンクリートを打ち込む自動化施工が可能である。

▶ 特 徴

①配管切替作業の効率化

人力による配管切替作業がなく、自走式マニピュレータが所定の配管孔まで移動して自動接続し、直ちにコンクリートの圧送ができるため、安全で効率的な施工が可能

②作業員の負担軽減

配管の切替作業に要する作業員の労力負担を軽減

③コンクリートの高品質化

配管切替作業に伴うコンクリート打込み作業の中断を最小限に抑えられるため、打ち重ね時間を短縮でき、より高品質なコンクリートの施工を実現

④自動化施工への展開

各種センサー（コンクリートセンサー、圧力計など）やコンクリートポンプなどの連動により、覆工コンクリート打込み作業の自動化を実現



写真-1 システム操作状況



写真-2 タブレット操作画面例

▶ 用 途

・山岳トンネルの覆工コンクリート施工

▶ 実 績

・国道294号（仮称）五郎窪トンネル工事

▶ 問 合 せ 先

西松建設(株) 広報課

〒105-6407 東京都港区虎ノ門1-17-1 虎ノ門ヒルズビジネス
タワー

TEL：03-3502-7601

岐阜工業(株) 営業部管理課

〒501-0305 岐阜県瑞穂市宮田三舞越199番地

TEL：058-257-1001

新工法紹介

04-420	TBM と NATM の 優れた機能を兼ね備えた NATBM 掘削機	鹿島建設
--------	--	------

概要

硬質な地山において高速掘進を可能とする TBM は、1990 年代に数多くのトンネル工事に適用されたが、近年の工事数は減少傾向にある。この理由として、欧米のように均質な地層を掘削する際には安定した高速掘進が可能なもの、日本の地質は複雑で、不良地山出現のたびに補助工法の施工により掘削を停止することが多く、TBM の高速掘進のメリットを十分に活かしきれなかったことが挙げられる。このため、国内において TBM の活用を促進するためには、不良地山の掘削方法を改善し、稼働率を向上させる必要がある。

一方、NATM は TBM に比べると掘削速度は劣るものの、トンネル切羽を直接目視確認しながら地山の性状に合わせて支保パターン（鋼製支保工、吹付けコンクリート、ロックボルト）や補助工法（鏡吹付け、フォアパイリング等）を選定することで、不良地山に対して柔軟に対応できる工法である。

そこで、TBM における不良地山の稼働率向上を目指して、高速掘進可能な TBM の機能と、脆弱な地山にも柔軟に対応できる NATM の機能を併せ持つ新型の掘削機 (NATBM 掘削機) を開発し、実工事に導入した。

NATBM 掘削機は、硬質な地山を掘削する際には TBM モードによって高速掘進を行い、不良地山に遭遇した際には NATM モードに切り替えて安定的に掘進できるハイブリッド型掘削機である (図-1)。

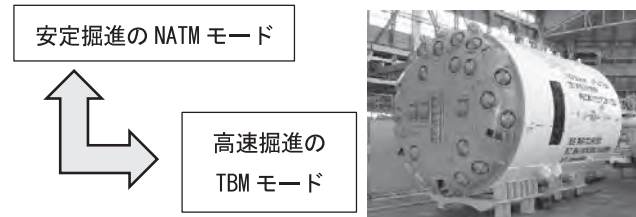
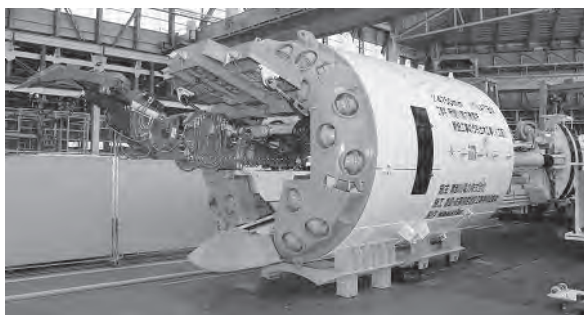


図-1 NATBM 掘削機

特徴

- ① TBM モードから NATM モードへの速やかな切替え
地質の変化に応じて、TBM モードから NATM モードへの切替えが 1.5 日で完了できる。
- ② 用途に合わせたカッタヘッドの段階的な開口
前方探査や軽微な切羽補強時にはカッタヘッド上部を小さく開口させ、NATM モードへ切り替える際にはカッタヘッド中央部を大きく開口することができる (図-2)。

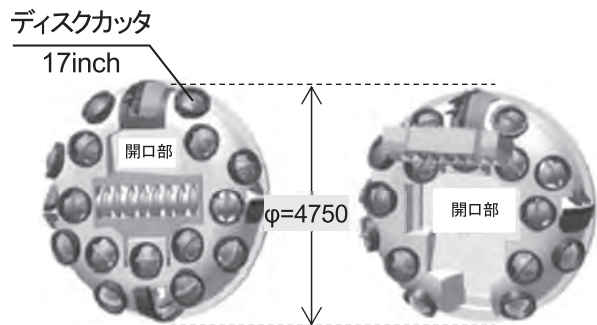


図-2 カッタヘッドの段階的な開口

③ 脆弱な地山における安全・確実な掘削

脆弱な地山においては、TBM のカッタヘッドを開口し、内部に装備したバケット式掘削機を前面に出して地山を掘削した後、速やかに支保工を構築して、地山の緩みや崩壊を防止できる (図-3)。

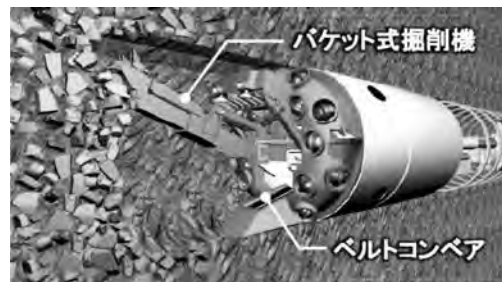


図-3 脆弱な地山における掘削イメージ

用途

- ・山岳トンネルにおける TBM 工事

実績

- ・新姫川第六発電所新設工事のうち土木工事 (Ⅱ工区)
(発注者: 黒部川電力株)

問合せ先

鹿島建設株 土木管理本部
〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11
TEL : 03-5544-0996

05-72	Gi-CIM	五洋建設
-------	--------	------

▶ 概 要

地盤改良工は、不可視領域である地中を施工対象とするため、地中構造物との干渉や出来形、品質を直接確認することができない、という工種特有の課題を持つ。このような課題を解決するために、土層構成や地中構造物を3次元でモデル化、いわゆる「見える化」を行うことは有効である。また、国土交通省のBIM/CIM推進委員会において、2023年（令和5年）までに全事業のBIM/CIMの原則化が目標とされていることから、「見える化（=3次元化）」はこれからの土木工事において必要不可欠であるといえる。

これに対し、五洋建設は、地盤改良工事の「調査・測量～設計～施工～出来形・品質管理～維持管理」までの一連の工程の中で得られる情報を3次的に統合、管理して“地中に見える化”できる、Gi-CIM（Ground Improvement-Construction Information Modeling）を開発した。

Gi-CIMを薬液注入工に適用した場合、以下のような効果が期待できる（図-1）。

①削孔

設計段階において危険箇所（削孔と地中構造物の干渉）を3次元化し、それを工事関係者間で共有することによってトラブル回避が可能になる。また、挿入式管路計測装置により計測した削孔出来形をモデル化することにより、後工程の薬液注入計画（順序や量）の最適化が可能である。

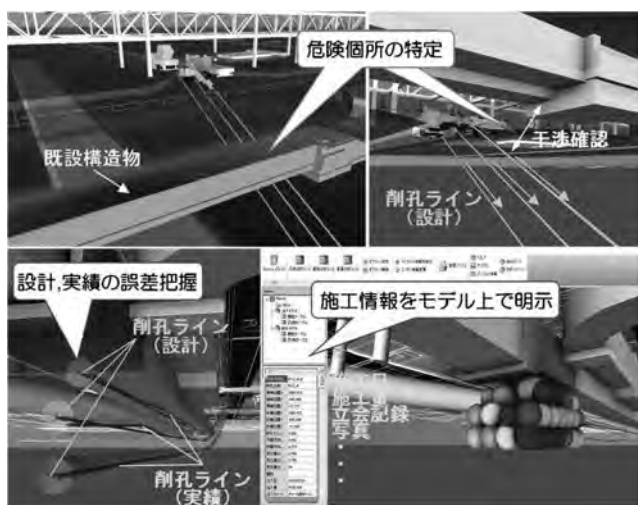


図-1 Gi-CIMの導入効果

②注入

実際の薬液注入量に応じた大きさの改良体を3Dモデル化することにより、各改良体の薬液注入の進捗や注入不良（不足）部を直観的に把握することが可能となる。

③データ管理および共有

一つ一つの改良体に注入量や施工日などの施工情報を属性として与えることにより、膨大なデータを3Dモデル上で一括管理することができ、効率化を図ることが可能である。また、情報共有システムを利用することで、3Dモデルを介した発注者との情報のやり取りも可能となる。

▶ 特 徴

Gi-CIMの特徴を以下に挙げる（図-2）。

- ① Excelへの設計・施工情報の入力により地盤改良の3Dモデル化が可能
- ② サンドコンパクションパイル工法（SCP工法）、静的圧入締固め工法（CPG工法）、深層混合処理工法（CDM工法）等の多様な地盤改良工事へ適用可能
- ③ 施工時の地表面変位データを施工管理情報として表示可能
- ④ サウンディング試験（1D）や物理探査（2D）等の品質試験結果を3Dモデルに統合可能
- ⑤ 施工管理記録や品質管理記録等のあらゆる属性情報の統合管理が可能

▶ 用 途

・地盤改良工事

▶ 実 績

・浸透固化処理工法と高圧噴射攪拌工法による地盤改良工事
 ・曲がり削孔式浸透固化処理工法による地盤改良工事等

▶ 問 合 せ 先

五洋建設(株) 土木部門 土木企画部
 〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8
 TEL：03-3817-7567

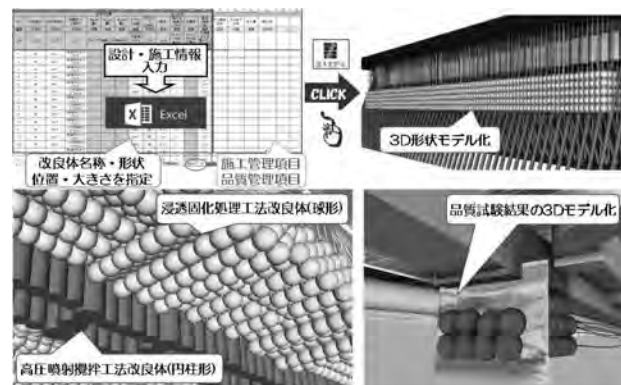


図-2 Gi-CIMの特徴