

## NATM 機能付き TBM の実現場への適用(その1) —新しい TBM の導入—

鹿島建設(株) 正会員 ○笠川雅章 重永晃洋 西岡和則 北村義宜  
黒部川電力(株) 野原幸嗣 竹正太郎 久保田翔平

### 1. はじめに

黒部川電力(株)新姫川第六発電所(以下、新設発電所と称す)は既設姫川第六発電所(以下、既設発電所と称す)の取水堰堤や沈砂池等を共用し、最大出力 28,000kW の発電設備を新設する工事である。新設する発電所の諸元を表-1 に示す。

新設発電所工事にて施工する導水路トンネル(図-1)は、高速掘進を目指して TBM (φ4,750mm、L=3,818m) による掘削が計画されている。硬質な地山で高速掘進が可能な TBM は 1990 年代に新東名高速道路の先進導坑の掘削などに数多く用いられたが、近年の工事数は減少傾向にある。この原因は、海外と比較して国内は脆弱な地山が出現する頻度が高く、TBM の稼働率が平均 20~30%程度(海外では 35~50%程度)にとどまったことによるところが大きい。このため、国内で 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。

そこで、今回、不良地山の稼働率向上に対して、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)を本工事に導入し、2020年1月より掘削を開始した。本稿では NATBM 掘削機の適用経緯と特徴、および不良地山に遭遇した際の具体的な施工方法を述べる。

### 2. NATBM 掘削機の適用経緯

新設発電所導水路トンネルの地質縦断面図を図-2 に示す。この導水路トンネルでは砂岩優勢混在岩、粘板岩優勢混在岩および粘板岩(蛇紋岩)が出現すると想定されるが、事前の地質調査結果から、区間②(大土被り低強度粘板岩)、区間④(貫入岩介在の脆弱粘板岩)、区間⑤(粘板岩(蛇紋岩))では切羽崩落、地山の押出し等が生じるリスクが高いと推定されている。このため、通常の TBM では工程遅延リスクが大きいと判断して NATBM 掘削機を適用するものとした。

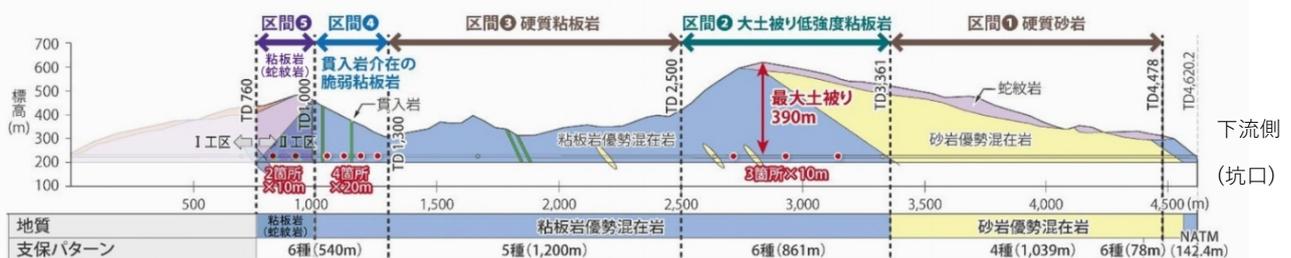


図-2 新姫川第六発電所の導水路トンネルにおける不良地山推定位置

### 3. NATBM 掘削機の概要

NATBM 掘削機は、硬質な地山を掘削する際に TBM モードで高速掘進を行い、不良地山に遭遇した場合は NATM モードに切り替え、写真-1 に示すようにカッタヘッドを開口して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、支保工を構築しながら安定的に掘進できる新型の掘削機である。これにより、脆弱な地山で発生する掘削機の拘束を回避できるため、工期や工費の縮減を期待することができる。



写真-1 NATBM 掘削機外観

キーワード：TBM, NATM, 不良地山

連絡先 〒950-8550 新潟県新潟市中央区万代 1-3-4 鹿島建設(株)北陸(支)土木部 Tel 025-243-3766

#### 4. NATBM 掘削機の特徴

主な特徴は以下に示す3点である。

##### 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(3方)で完了できる。

##### ② 用途にあわせたカッタヘッドの段階的な開口

図-3 に示すようにカッタヘッドを段階的に開口させることができる。これにより、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(左側図)、NATM モードではカッタヘッド中央部を大きく開口させることができる(右側図)。

##### ③ 脆弱な地山における安全・確実な掘進

図-4 に示すように TBM のカッタヘッドの中央を開口し、内部に装備したバケット式掘削機によって掘削する。掘削が完了すれば速やかに支保工を設置し、脆弱な地山の緩みや崩壊を防止できる。

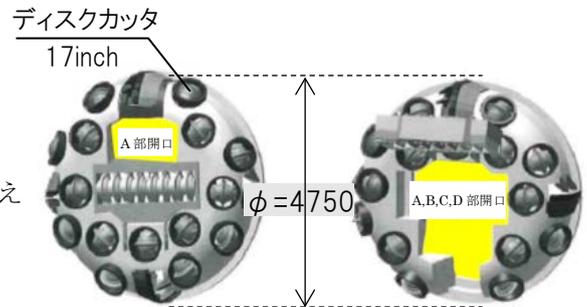


図-3 カッタヘッドの段階的な開口

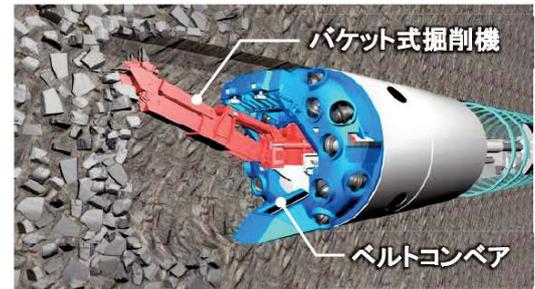


図-4 脆弱地山の掘削イメージ

#### 5. NATBM 掘削機の施工手順

##### ① TBM モードでの掘削 (図-5 参照)

従来型 TBM 同様に、機体後部の左右に設けたグリッパシューを油圧ジャッキによって坑壁に押し付け、カッタヘッドを回転させながら機体左右に設置したスラストジャッキを伸長することにより硬質な地山を掘削する。また、掘削機の後方では支保工を設置する。切羽前方の脆弱な地山を前方探査により把握できる機能も備えている。

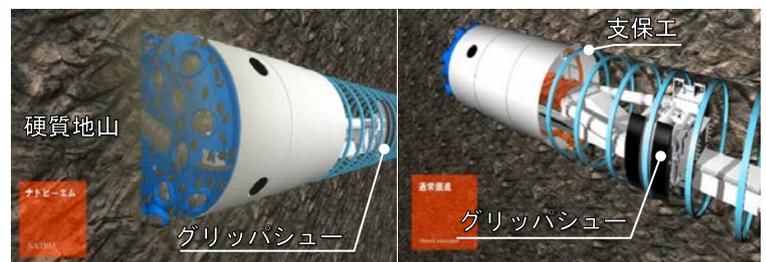


図-5 TBM モードでの掘削

##### ② TBM の後退・カッタヘッドの開口 (図-6 参照)

不良地山の出現等によりカッタヘッドによる掘削が困難となった場合は、マシンを最大3m後退させ、前方に掘削スペースを確保する。この後にカッタヘッドを開口して NATM モードへ切替える。



図-6 TBM の後退

##### ③ NATM モードでの掘削・運転操作 (図-7 参照)

カッタヘッドを開口させ、掘削機内部に装備したバケット式掘削機(0.3m<sup>3</sup>)をマシン前方に送り出す。バケット式掘削機を用いて掘削したずりはベルトコンベアを用いて後方に搬出される。掘削機の運転操作はマシン内で行うことができる。

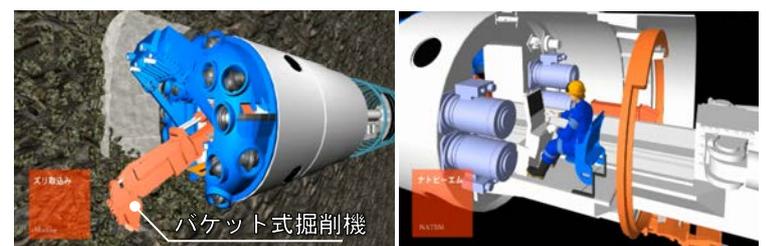


図-7 NATM モードでの掘削・運転操作

##### ④ NATM モードでの支保工構築 (図-8 参照)

1リング分の掘削が完了したら、切羽の坑壁に吹付けモルタルを施工する。その後、1リング分の鋼製支保工を設置し、再度吹付けモルタルを施工して、鋼製支保工を固定する。



図-8 NATM モードでの支保工構築

#### 6. おわりに

2020年3月時点では不良地山に遭遇しておらず、TBM モードにて約780mの掘削を終えた(最大月進563m)。NATM モードによる掘削結果については、次年度以降に詳細を報告する予定である。