

高温多湿、大量湧水下での TBM 坑内解体
ーマレーシア パハン・セランゴール導水トンネルー

清水建設(株) 土木技術本部 正会員 ○岩野 健
清水建設(株) 土木技術本部 正会員 水戸 聡
清水建設(株) 国際支店 非会員 白崎 耕平

1. はじめに

マレーシアパハン・セランゴール導水トンネルは延長44.6kmにおよぶ東南アジア最長のトンネルである。導水トンネル本体は、3つのTBM工区（全長34.6km）、4つのNATM工区（全長9.1km）、1つの開削トンネル工区（全長0.9km）の計8工区で施工された。トンネルは2014年2月に全線貫通し、掘削終了した3台のTBMのうち、2つのTBMはTBM同士の貫通と非常に稀なケースである。施工エリアは高温多湿であり、大量の湧水も見られたため、当初計画を変更せざるを得ず、TBMの2台が向き合って到達したエリアを必要最小限に拡張し、坑内解体を行った。TBMの全景、諸元をそれぞれ写真-1、表-1に示す。本稿ではその経緯について報告する。

2. 工事の概要

トンネルの全体概要を図-1に示す。最大土被りは1,246mに達し、大土被りに伴う山はねの発生、岩盤温度50℃以上の区間が5kmにもおよぶ高温岩体の存在、最大10t/分の突発湧水の発生等の厳しい条件下でのトンネル掘削工事であった。



写真-1 TBM 全景

表-1 TBM 諸元

項目		仕様
掘削径・型式		5.2m, オープンタイプ
全長・総重量		205m, 420t
掘進ストローク		1.8 m
電源		AC11,000V, 3相, 50Hz
カットモーター出力		2,310 kW (7 x 330kW, 690V)
ディスクカット径		19 インチ (483 mm)
カット個数	シングルカット	27 個 (19 インチ)
	センターカット	8 個 (19 インチ)
計		35 個
カット最大荷重		312 kN (19 インチ)
総推力		14,000 kN (=3,500kN x 4個)
装備カット外ル		4,054 kN・m (回転数5.4rpm)
カットヘッド回転速度		0~12 rpm
ベルトコンベヤ	幅	914 mm
	容量	895 m ³ /時間

3. 作業環境

TBM 掘削終了時には12.5ton/分を超える大量の湧水、TBM 解体作業場所の坑内温度42℃という厳しい条件であった（表-2 参照）。

解体用の拡張の形状は、このような条件、課題を考慮し図-2のように決定した。図中のTBM-2を解体後、TBM-1の解体を行うこととした。施工箇所床面はコンクリートを打設し、排水設備を設置した。

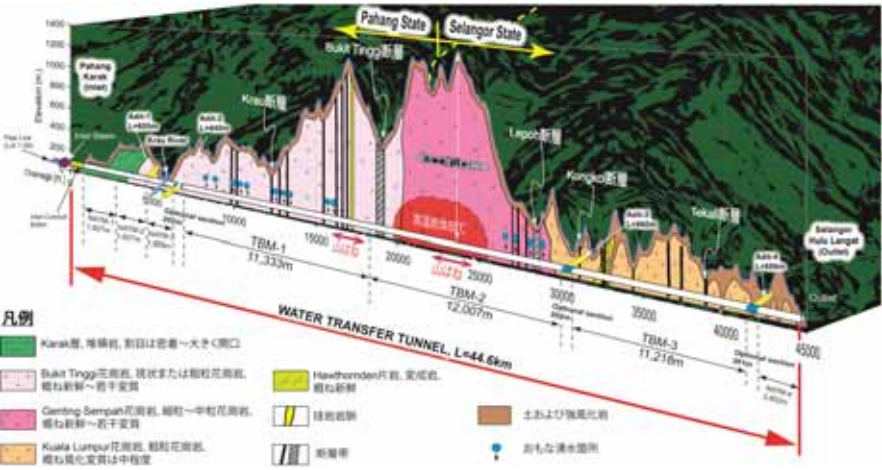


図-1 トンネル全体図

表-2 坑内解体の問題点

事象	当初案	問題点	最終対応案
1 大量湧水（12.5ton/分）	各TBMは解体後、発進基地側までロコで搬出	大型排水設備（中継水槽、電源用乾式トランス）が障害となり、TBM-1を解体後にTBM-1側には移動できない	TBM-1,2ともTBM-2側に自走して解体搬出
2 高温岩体（最大岩盤温度55℃、解体場所坑内温度42℃）	坑内にて主なパーツごとに分解してロコで搬出	施工性が著しく低下	・ 冷房設備の設置（新規・追加） ・ トンネル通過に支障をきたす部品のみの最小限の分解 ・ 抗道換気の実施 ・ TBM後続台車は一体のまま発進基地に搬出

キーワード： TBM、長距離、坑内解体、高温、大量湧水
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株) 土木技術本部機械技術部 TEL03-3561-3880

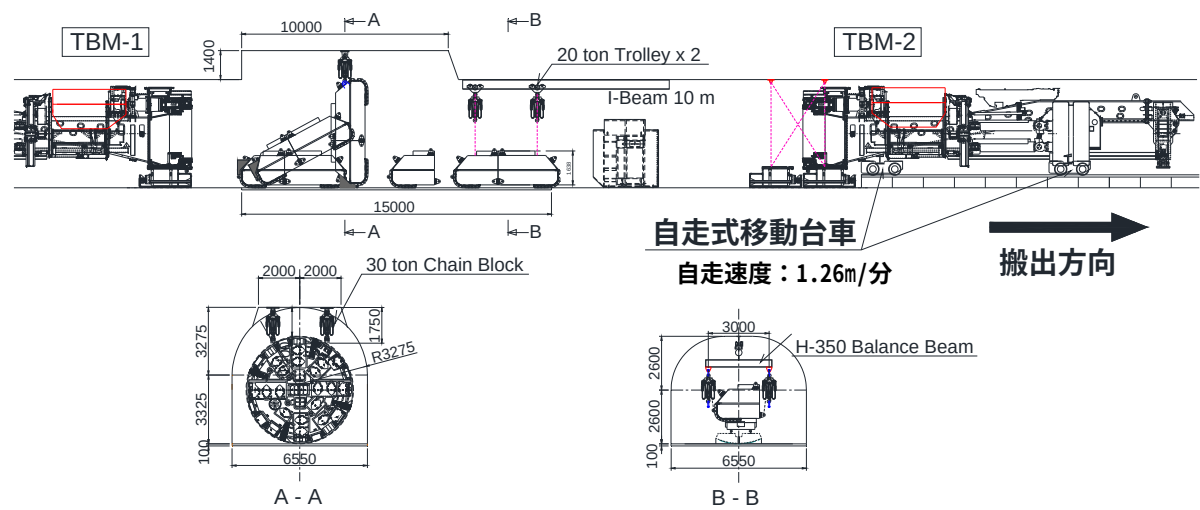


図-2 TBM 解体施工エリア状況図全景

4. 施工 (TBM 解体)

施工は重量物揚重用設備の設置、作業エリアの整備から始め、カッタヘッド、ルーフサポート、サイドサポートおよびバーチカルサポートのみ坑内解体とし、TBM カッタヘッドサポート、メインビームおよびメイングリッパ等の主要部は自走式移動台車を設置して一体のまま坑外へ自走搬出した。

TBM 本体主要部解体状況を写真-2 から写真-4 に示す。



写真-2 TBM カッタヘッド解体状況 写真-3 自走式移動台車 写真-4 TBM 本体坑内自走搬出状況

5. まとめ

施工上の現場とった施策とその効果、実績を表-3 に一覧に示す。

表-3 坑内解体でとった施策と効果、実績

項目	効果と実績
1 TBM本体自走式移動台車使用	・ 坑内解体作業数量の削減による安全性の向上。 ・ 坑内TBM自走移動実績：923m/日
2 水冷式空気冷却設備の使用と坑道換気の実施、水冷式冷房人車の使用	・ 水冷式空気冷却設備の使用により解体場所温度の4℃低下を実現（42℃→38℃） ・ 水冷式冷房人車を休憩室として使用し、ストレスを軽減
3 今までに経験のない環境下でのTBM解体作業	・ TBM2台の解体所要月数：5.5ヶ月（TBM1台あたり2.8ヶ月）

高温岩体による高温環境下での作業，および坑内大量湧水という厳しい制約条件のもと，無事故で施工を完遂した．本工事で得られた知見を今後同種工事があった際には，展開していきたいと考えている．

参考文献

1) 水戸聰・松本高之・仲野義邦・大橋健二・岩野健：TBM（トンネル・ボーリング・マシン）の組立、および坑内解体方法の工夫—マレーシア パハン・セランゴール導水トンネル—, 土木建設技術発表会 2014, 2014.11.26