

## ヒューム管採用施工事例

# 軌道横断、民家直下、巨石を含む盛土層などの特殊条件下での推進施工事例



小宮山 弘子

(株)小宮山土木 土木部



森田 智

(株)アルファシビルエンジニアリング 技術部

### 1. はじめに

本工事は、県営農村地域防災減災事業として旧用水路トンネルの老朽化等に伴い用水トンネルを新設する工事であった。対象地盤は転石や巨石が混在する路線かつ、鉄道横断区間と民家直下を推進する工事であった。一般的に推進工法においては、官民境界内での路線条件となるが、接続位置や埋設物の関係から民家直下を地盤改良なしでの施工が求められた。

### 2. 工事概要

下記に工事概要を示す。また、**図-1**および**図-2**に本工事の施工路線図と土質構成図を示す。

工事名：令和2年度 県営農村地域防災減災事業

大久保地区岩村田用水トンネル工事

工事場所：長野県北佐久郡御代田町大字御代田

発注者：長野県佐久地域振興局

施工者：(株)小宮山土木

管呼び径：900

推進延長：下流 L1=238.35 m、上流 L2=110.90 m

曲線半径：(L1) 100R + 100R、(L2) 150R

土被り：(L1) 7.22 ~ 2.59 m、(L2) 7.20 ~ 0.83 m

推進土質：玉石混じり砂

N値：8 ~ 50 / 6、無水層

特記事項：家屋直下施工、軌道横断、リターン回収

**図-1**、**2**に示すとおり、L1の発進から約40m付近に軌道横断区間があり、そこから約120m後に家屋区間を抜けて到達する路線となっている。上流側は起伏が激しく山道に到達立坑を設ける計画となっており、大型の揚重設備が入場できないため、リターン回収掘進工法にて対応した。土質的には下流側で第3砂質土層（玉石混じり砂）、埋土層の最大玉石径はφ750mmと想定された。盛土層は逸水が激しく空隙が大きいものと推定され、路線部は無水層でかつ巨石・転石混じりの高透水性地盤と想定された。

### 3. 掘進機および推進管の選定

#### 3.1 掘進機の選定

掘進機の選定にあたっては、複合地盤かつ無水層であること、巨石・転石混じりであること、上流スパンはリターン回収型であることから、単体ビット構造のリターン回収機能付き破碎型掘進機を採用した。また、**写真-1**に使用した破碎型掘

進機を示す。

### 3.2 推進管の選定

推進管の選定にあたっては、計画推進力を算出したところ、全線 50N 管での対応が可能であった。一方で、巨石・玉石層掘進特有のテールボイド側からの破砕片による局所荷重が影響する推進管破損に対する適用性向上のため、全線において 2 種管が採用されていた。曲線用推進力伝達材については、作用する計画推進力と曲線条件により、発泡ポリスチレン製の推進力伝達材（FJ リング 2.0 倍～2.5 倍）を適宜使用して施工した。当該現場

の推進管割付図および推進力伝達材配置図を図-3 に示す。

### 4. 課題の抽出と対策

本工事の課題および対応策について以下に述べる。

- (1) 家屋直下の掘進中および軌道横断時における周辺地盤への影響
- (2) 巨石・転石遭遇時の掘進速度低下や掘進不能
- (3) 寒冷地における滑材品質の低下



図-1 施工路線図

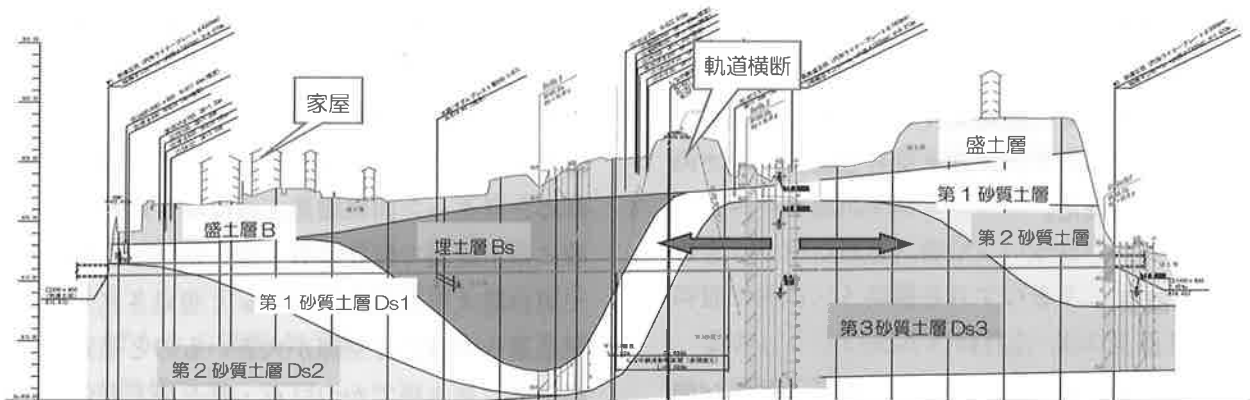


図-2 土質構成図



全景



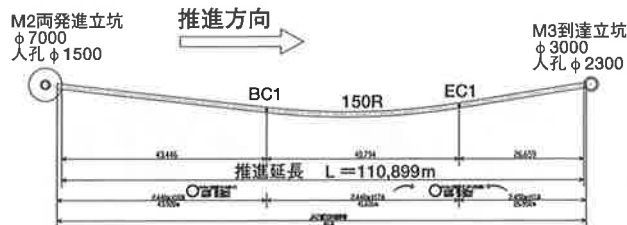
正面

写真-1 リターン回収機能付き破砕型掘進機

(1) 家屋直下の掘進中および軌道横断時における周辺地盤への影響

推進工法は加圧状態を常に保持しながら掘進を行う工法であるが、切羽への泥水加圧注入による掘進前方のクラウン部の緩みが発生する。今回、前代未聞の家屋直下での無改良による推進工事であったことから、クラウン部およびテールボイド外側の地盤の安定性の確保が重要となった。基本的には掘進機により30mm程度オーバーカットされた範囲内でテールボイド層を確実に構築することで周辺への影響は最小限に抑えることが可能と判断できるが、掘進により加圧充填しながら管路

【上流スパン】



【下流スパン】

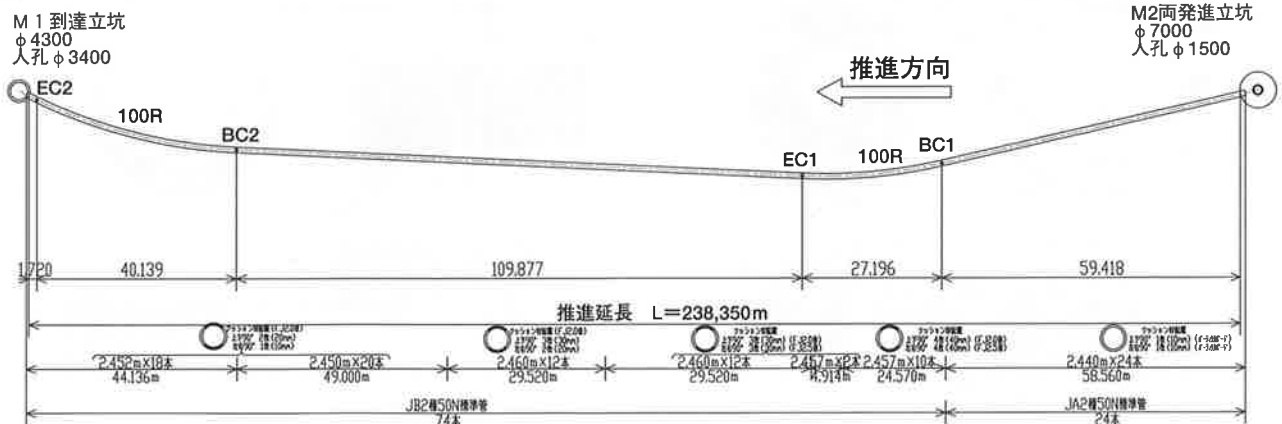


図-3 推進管管割図

を形成するため、少なからず地山自体の土粒子構成を変化させている行為となる。そのため、泥水浸透領域範囲の間隙状況や土粒子状況の確認と補足注入として懸濁型瞬結剤による地盤安定注入が同時に行える「クラウンチェックモール装置」を装備した。

また、掘進機通過後のクラウン部の緩み状況を把握するために、推進管専用のクラウンチェックモール装置も装備した。写真-2に工場検査時のクラウンチェックモール試運転状況を示す。

(2) 巨石・転石遭遇時の掘進速度低下や掘進不能

上述のとおり、掘進対象地盤構成から単体ビツ

【推進管】 管種	数量	
	上流側スパン	下流側スパン
JA2種50N標準管	46本	24本
JB2種50N標準管		74本
合計	46本	98本

【曲線用推進力伝達材】 FJリング (倍率・枚数)	数量	
	上流側スパン	下流側スパン
2.0倍 上下20mm・左右10mm	28カ所	38カ所
2.0倍 上下30mm・左右20mm		12カ所
2.0倍 上下30mm		14カ所
2.5倍 左右30mm		
2.0倍 上下40mm		10カ所
2.5倍 左右40mm		

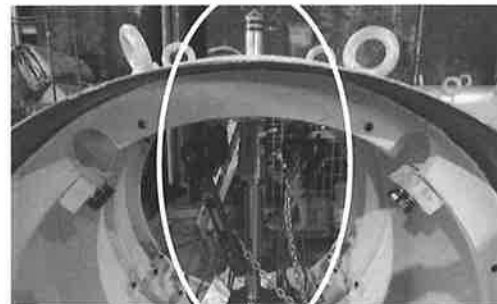
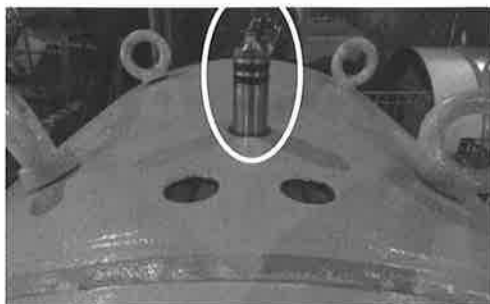


写真-2 クラウンチェックモール装置 (掘進機内蔵型)

ト構造の破碎型掘進機が最適であると判断した。本現場は特に人工的な埋土区間があることから、転石・巨石だけでなく木杭や廃材などの支障物も懸念されるため、面板開口率および排土口が大きい掘進機が望ましいと判断した。また、地下水位は路線以下で無水層となっていたことから、水圧への課題は少ないと判断しφ 300mm の排土口を有した掘進機を使用した。図-4 に、外殻胴管を残置し、ユニットされた駆動本体を発進側へ引き戻すことが可能なリターン回収機能付き破碎型掘進機を示す。

### (3) 寒冷地における滑剤品質の低下

本工事は冬期の施工となったため、各種送排泥ホース等の凍結対策が必要となった。一般的に二液性固結型滑剤は1.5 ショットにより地山内でゲル化させ安定を図るが、寒冷地の場合、ゲルタイムが長くなる恐れがある。そのため、小まめにゲルタイム測定を実施した。また、施工中の品質管理上、高濃度泥水剤の比重測定も適宜実施するようにした。写真-3 にゲルタイム測定状況を、写真-4 にマッドバランスによる高濃度泥水剤の比重測定状況をそれぞれ示す。

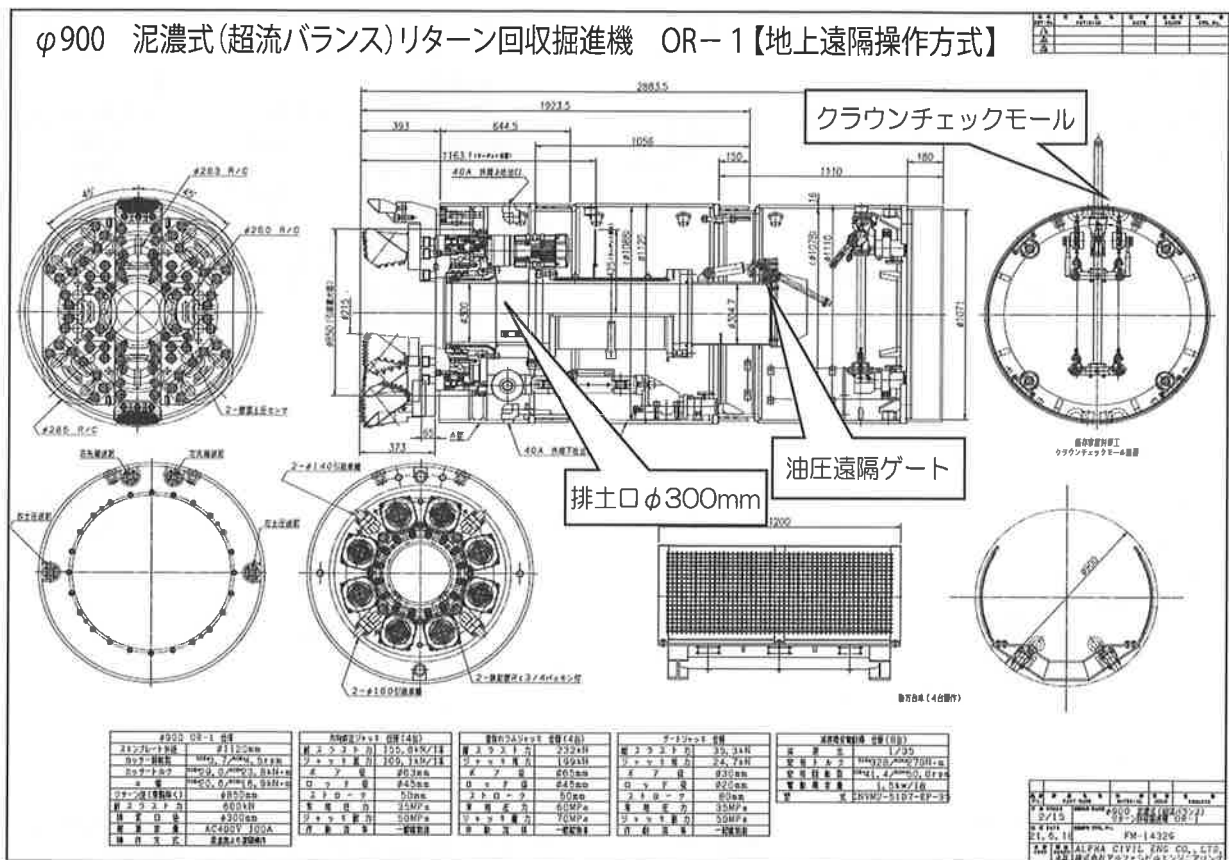


図-4 リターン回収機能付き破碎型掘進機



写真-3 滑剤ゲルタイム測定 (26秒)



写真-4 泥水剤比重測定 (マッドバランス)

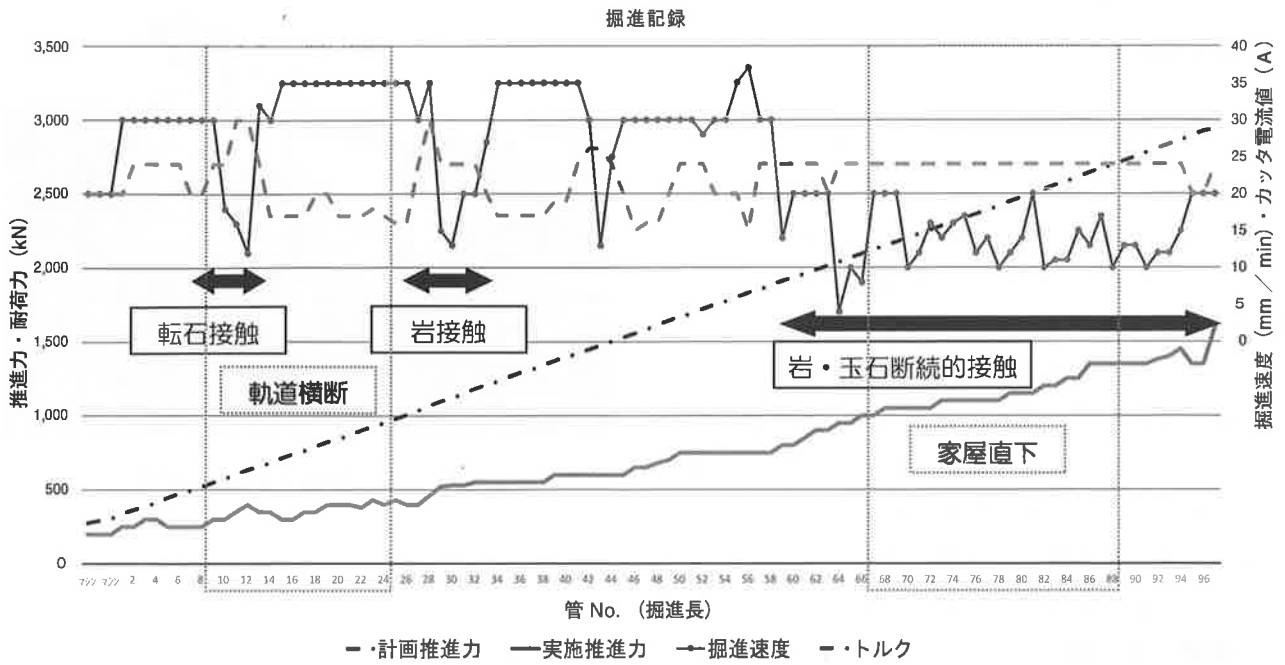


図-5 掘進記録 (下流側)

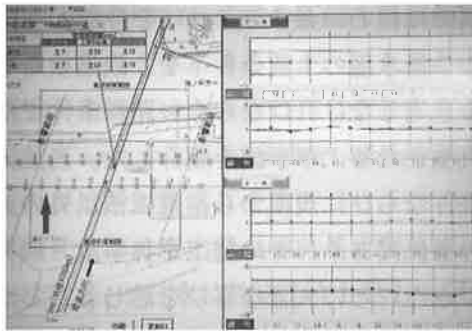


写真-5 軌道変状管理システム



写真-6 排土された人工的な埋土



写真-7 破碎排土された岩盤 530mm



写真-8 破碎排土された岩盤 770mm



写真-9 破碎排土された巨石群

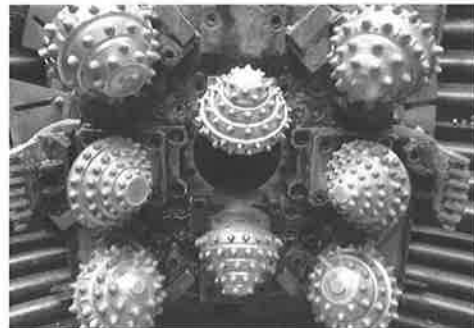


写真-10 到達時の掘進機状況 (下流側)

## 5. 施工結果

図一5に掘進記録を示す。ここに示すとおり、発進部においては砂礫主体で所々転石と接触した区間が見受けられた。その時の最大アンペア計は一時的に通常の1.5倍程度に跳ね上がったものの、掘進速度を低速管理することでオーバートルクを防止した。軌道横断区間においては、夜間施工とし、軌道変状監視計測を実施したが、許容値内で通過することができた(写真一5)。その後の埋土範囲区間では、岩盤層(捨石、転石など想定)との接触や人工的な埋戻土が摘出されたものの最大35mm/minの掘進速度を確保できた箇所もあった(写真一6～9)。

当初からの課題であった家屋直下では、影響範囲区間のすべてにおいて1.2mピッチにてクラウンチェックモールを実施(平均ロッド長500mm、平均注入量390L/1.2m)し家屋への影響もなく到達することができた。一方で、想定以上に玉石摘出量は多かったもののビット摩耗については、一部欠損箇所もあったが概ね良好で摩耗率は30%程度となっている(写真一10)。

推進力については、初期の転石接触区間で計画推進力の約70%で推移、その後は大きな上昇もなく計画推進力の約50%で推移し、最大推進力は計画の55%の1,600kN(平均管外周面抵抗値 $R = 1.73\text{kN/m}^2$ )で到達した。なお、上流スパンについては、ボーリング調査のとおり発進から約50m区間で玉石混じり砂礫層、その後は礫混じり砂層で大きなトラブルもなく完工することができた。なお、家屋調査は別工事で発注されており、数値的な状況を報告することはできないが、施工完了後1年以上経過した現在においても、影響発生の



写真一11 現場見学会実施状況

報告は受けていないことは書き添えておく。

## 6. おわりに

本稿では巨石(最大770mm)を含む人工的な埋土層かつ無水層の土質条件下を、鉄道横断・民家直下を通過しなければならない路線条件で曲線推進を実施した難工事事例を紹介した。当該工事は、路線条件ならびに規模から推進工法以外の適用は難しい条件であり、その施工を無事故・無災害で完了できたことに大きな喜びを感じることができた。また、施工期間中には、周辺住民向けの見学会(写真一11)にも多くの方々にご参加くださり、ご理解をいただきながら工事を実施することができた。

本工事の施工に際し、多大なるご指導を賜りました発注者である長野県佐久地域振興局、用水管理者である佐久市土地改良区、推進工事を担当した(株)アルファシビルエンジニアリング、管材製造会社の(株)藤村クレストならびに(株)クリコンほか、関係者の方々へはこの誌面をお借りして厚く御礼申し上げます。