

39. トンネル工事による作業環境の改善と機械の大型化

清水建設㈱：和田 利彦・*小野 啓二

1. はじめに

建設工事における熟練労働者の不足と高齢化が進むなかで、特にトンネル工事は厳しい労働環境における作業のため、いわゆる3K職場（きつい、汚い、危険）の典型とされ、従業員の確保が難しくなっている。この厳しい労働環境にあるトンネル工事を魅力ある工種にするには機械を大型化し作業箇所の集約化、省力化、自動化をすすめなければならない。

その第一歩としてトンネル工事の施工方法の中で掘削効率が良いとされるミニベンチ工法を採用し自由断面掘削機と多機能型作業構台を組み合わせた大型掘削機の開発を行った。（写真-1）

この開発機械を日本鉄道建設公団が施工を進めている北陸新幹線里見トンネル工事に導入した。



写真-1 自由断面掘削機+多機能型作業構台

2. 開発機械概要

2.1自由断面掘削機（ブームヘッダー）

掘削効率の良いミニベンチ工法を採用するにあたり、幅 10.5m、高さ 8.29m、掘削断面積約 80m² の断面を、長さ3mのミニベンチを残しながら上半部と下半部を並行して掘削できる大型掘削機の開発が求められた。

開発にあたっては機械の大型化、軽量化、さらにはベンチの下から上半部を掘削できるリーチの長いブームの開発が焦点となった。大型化と軽量化については、機構を大型化する一方、できるだけ簡素化して軽量化を図り、加えてクローラの幅を拡げて接地圧を下げ、路盤への影響を最小限にとどめた。またブームについては油圧式の伸縮機構を付加して掘削半径を拡大し、機械を掘削位置に配置した後、機械を移動する事なくミニベンチを残しながら掘削できるようにした。

基本的な作業順序は、多機能型作業構台の後方に待機していた自由断面掘削機が自走して前方から見ると門型をした多機能型作業構台の下方をくぐりぬけ、掘削位置まで前進する。上半部を掘削した後、下半部の掘削に移り、それぞれ1mずつ交互に掘進する。掘削完了した後多機能型作業構台の後

方に移動し、待機する。その後、支保工建込み、コンクリート吹き付け、ロックボルト打設、という一連のトンネル作業の繰り返しとなる。

駆動源は電力で、電源は400V、50Hzを供給する。

電源設備は容量300KVAのトランスを多機能型作業構台に搭載しており、ここで3300Vを400Vに変電し、キャプタイヤケーブルを経由して供給する。

機械を大型化したため、機械本体の保護装置（タッチセンサ、近接スイッチ）、第三者に対する安全装置（非常停止装置前後左右4箇所）の充実をはかった。

図-1に自由断面掘削機を示し、表-1に仕様を示す。

表-1 自由断面掘削機の仕様

機 体 寸 法	高さ 4.5m×全幅 4.8m×長さ約25.0m	
切 削 寸 法	高さ 9.0m×幅 10.5m	
機 体 重 量	130tonf	
切 削 部	電 動 機	132KW×4P×400/440V×50/60Hz
	回 転 数	50/29rpm(50Hz) 60/36rpm(60Hz)
	カッターヘッド径	φ870mm
	カッター掛付力	17tonf
	カッター旋回速度及び力	4m/min×8tonf
	ブーム上下速度及び力	4m/min×8tonf
走 行 部	走 行 速 度	12/15 m/min(50/60Hz)
	接 地 圧	1.45Kgf/cm ²
	登 板 能 力	14度

2.2多機能型作業構台（ガントリージャンボ）

通常、トンネル工事でNATM施工を行う場合に必要となる鋼製支保工の建込みや、コンクリートの吹付け、ロックボルトの打込みなどの一連のトンネル作業は作業員が別々の機械を使用し施工している。

トンネルという制約された場所の中で各作業毎に必要な機械を操作運転し、移動、入替えし、随時作業を行っている。これらの作業の中には接触災害、挟まれ災害等の危険が潜んでおり、重大災害、人身事故にまでも波及する恐れがある。これら一連のトンネル作業に必要な機械の機能を集約し、作業を出来る限り機械化して一つの作業構台に搭載した大型機械が、今回開発した多機能型作業構台である。

前方から機械をみると胴体部分が空洞になった門型をしており、作業構台の下を自由断面掘削機が通り抜けできる。機械外形寸法は全長 27m、全幅 9.3m、全高 7mである。

構台には、地山を支える支保工の建込み装置（エレクタ）を持ったマンゲージ、コンクリート吹付け用ロボット、ロックボルト削孔用削岩機、後方には支保工等材料を作業構台上に仮置きするための荷揚げ用クレーンを搭載している。

これらの装置は全て作業位置までレール上をスライドしながら移動し、各作業を行う。

基本的な作業順序は自由断面掘削機が上半部の掘削を終えて下半部の掘削を始めると、まず、多機能型作業構台が自由断面掘削機を覆うように前進する。つぎにマンケージがスライドしてエレクタ部で鋼製支保工を建込み、続いて吹付けロボットでコンクリートの吹付けを行い、最後にロックボルト削孔用削岩機で削孔し、ロックボルト打設を行う。

これらの作業を行うのに必要な付帯設備である電源設備、給気設備、モルタルポンプ設備も搭載しており、通常はそれぞれの台車に搭載し必要時に移動させ、使用するという手間が省け、作業に対する省力化、安全性も高めている。

図-2に多機能型作業構台を示し、表-2に仕様を示す。

表-2 多機能型作業構台の仕様

機 体 寸 法	高さ 7.0m×全幅 9.3m×長さ約27.0m	
機 体 重 量	機体150tonf+履帯17tonf=167tonf	
穿 孔	ドリフタ	HD75×2台
	ガイドシエル	GH75-30×2台 スライド長3,080mm
	ブーム	JE160TR×2台
	ブーム移動台車	2台 スライド長8,500mm
	潤滑油コンプレッサー	1.0m ³ /min
	増圧水ポンプ	120ℓ/min
	作業油集中給油装置	給油タンク 0.5m ³ 給油ポンプ付
吹 付	吹付けロボット	ZC8021×1台
	エアコンプレッサー	90KW+22KW 14.5+3.7 m ³ /min
	洗浄用水ポンプ	80ℓ/min 50kgf/cm ²
	水タンク	500ℓ
マンケージ	最大荷重 350Kgf×2台 スライド長22,550mm	
クレーン	巻上能力 950Kgf スライド長11,000mm	
走 行	走行速度	11m/min
	アンカージャッキ	37tonf×8台
	スライドレール	25m×2本
電 気	電源設備	3KV/400V 300KVA, 3KV/400V・200V 500KVA 各1台
	ケーブルリール	高圧用, アース用各1台
モルタルポンプ	ポンプ, ミキサー一体型	

3. 工事概要

工事名称 北幹, 里見T他1・2・3 (北陸新幹線 里見トンネル)
工事場所 群馬県群馬郡榛名町中里見1171-1
発注者名 日本鉄道建設公団北陸新幹線建設局
施工者名 清水・日本国土・井上特定建設工事企業体
工 期 平成2年1月4日～平成6年6月30日
トンネル延長 2,483m

現場施工状況を写真-2
に示す。



写真-2 現場施工状況

4. 開発機械の改善効果

- ①各種作業に必要とされる機能を持つ機械を多機能型作業構台に搭載することにより、作業の集約化、省力化がはかれ、作業員を少なくでき、各種機械の入替え手間が省け、安全性を高める事ができる。
- ②多機能型作業構台を配置する事により、限られたトンネル内の空間で無駄なく作業ができる。例えば自由断面掘削機で下半掘削時、上半での支保工建込み、吹付け作業の同時施工が可能である。
- ③自由断面掘削機を配置する事によって下半盤に機械を据えたままで上半部、下半部が掘削できる。
- ④各種作業に必要とされる機能を持つ機械を多機能型作業構台に搭載し切羽に集中させる事で各種機械の頻繁な入替えがなく、その上、多機能型作業構台はレール移動方式なので路盤の泥寧化がある程度防止できる。
- ⑤駆動源は電動式、あるいは油圧式のため坑内の騒音は少なく、粉塵対策にもなる。
- ⑥機械工法なので地山を緩める事も少なく、余掘り量の減少も期待できる。また、施工場所での周囲環境に及ぼす振動・騒音問題なども防止できる。

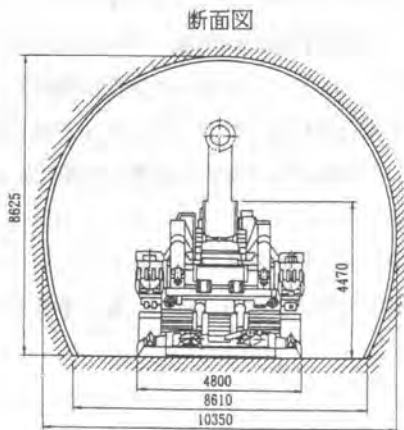
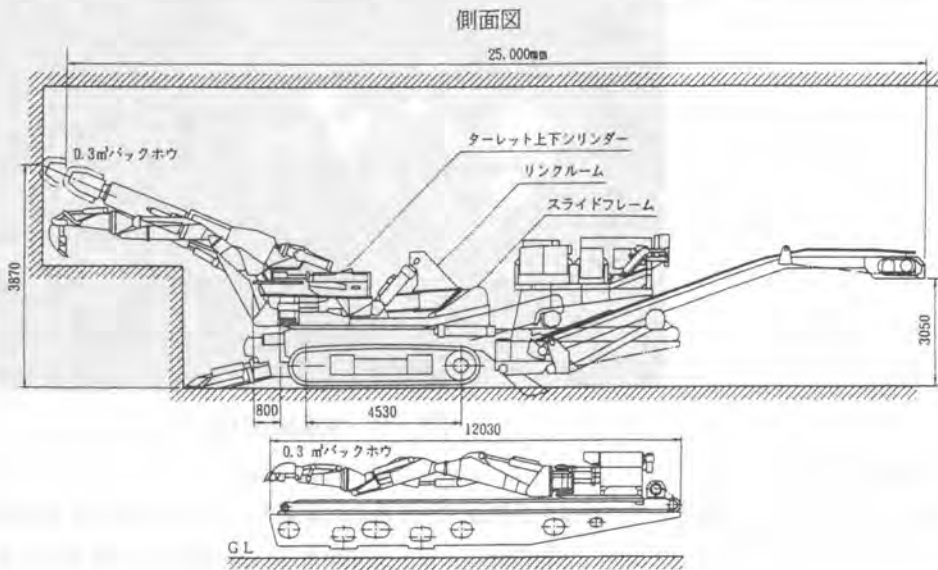
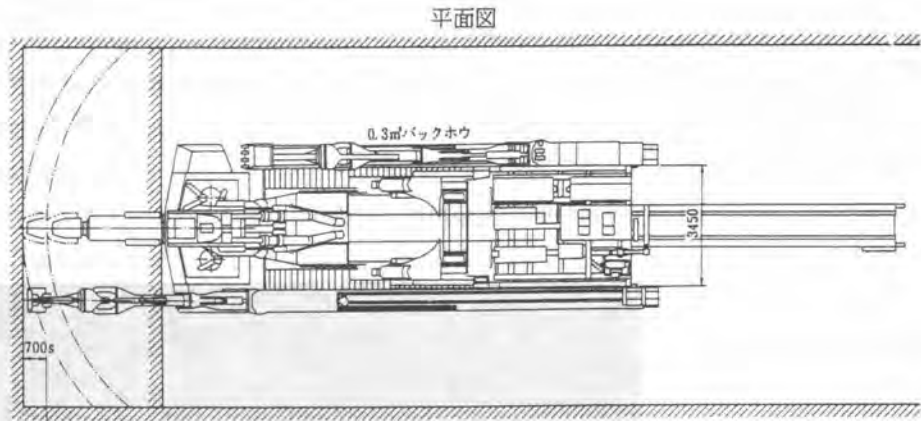
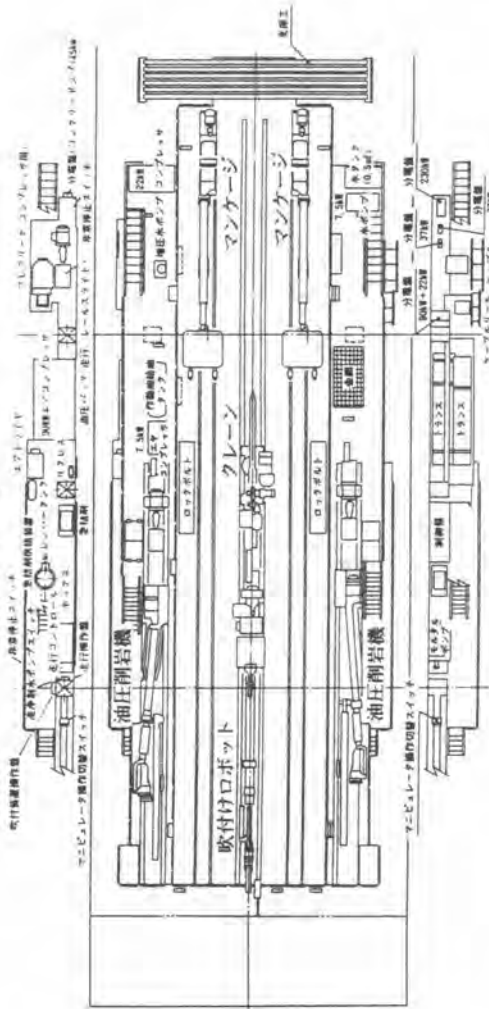
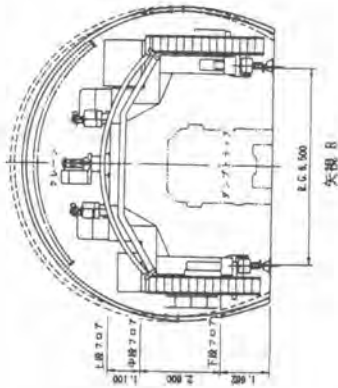


図-1 自由断面掘削機（ブームヘッダー）

平面図



断面図



側面図

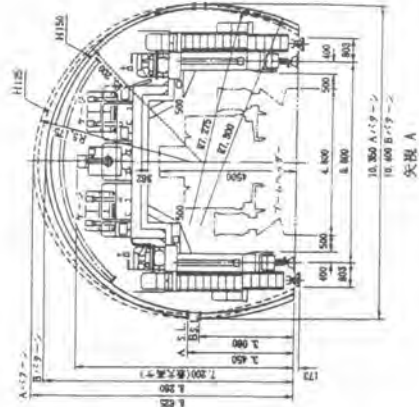
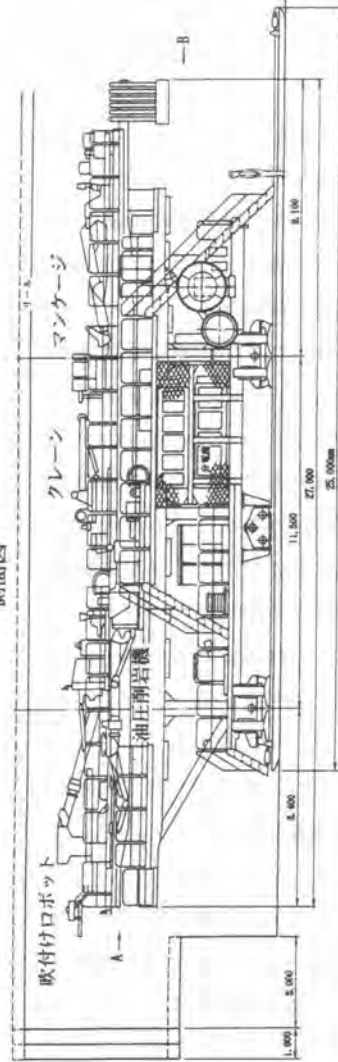


図-2 多機能型作業構台 (ガントリージャンボ)