

## 62. 路下式深礎掘削機械化工法（JORS工法）の開発

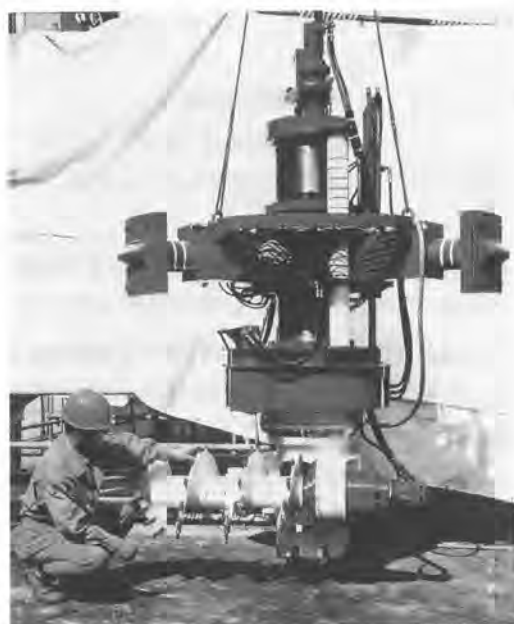
（株）大林組：\*小山 浩史  
東日本旅客鉄道（株）：森本 武夫

### 1. はじめに

近年、高架橋下や既設ビル下といった空頭が限られた条件下での基礎杭工事が多くなっている。現在杭径 $\phi$ 1m～3m、空頭4m～5mの条件下で採用されている基礎杭の施工法としては、リバース工法や深礎工法などがある。各工法とも施工条件に応じてその特徴を活かされているが、まだ解決されていない課題も種々あるのが現状である。特に深礎工法は、設備が簡便である、狭い場所での施工が可能である、支持層を直接確認できるなどの利点がある反面、人力による作業が中心である、狭い空間での典型的な苦渋作業をとまなう、硬質地盤での施工速度が低下するなどの問題がある。特に最近では、熟練労働者の減少、作業条件の向上が問題となっており、深礎工法の機械化に対する開発が望まれていた。

以上のような背景のもと、東日本旅客鉄道（株）と（株）大林組は、深礎工法の掘削及び土砂搬出を低空頭下でも施工できる深礎掘削機械化工法「JORS（ジョーズ）工法」を共同開発した。本報告は、今回開発した本工法の概要と実証実験結果について報告するものである。

写真－1 機械全景



表－1 機械仕様

掘削機	ヘリカルドラム	形状	$\phi$ 500mm
		回転数	0～60rpm
		駆動方式	油圧駆動
	旋回機構	旋回角度	360° 全旋回
		旋回回転数	0.5～3rpm
		駆動方式	油圧駆動
機	グリップバー	伸縮方式	油圧シリンダ－3本
		シュー寸法	400mm×400mm
	グリップバー架台	スライド方式	油圧シリンダ－1本
機	スライド機構	ストローク	550mm
	機械寸法	高さ2420mm 外径 $\phi$ 1800mm	
		ヘリカルドラム先端脱着時 $\phi$ 1500mm	
	掘削外径	$\phi$ 1.8m～3m程度（標準 $\phi$ 2.0m）	
	機械重量	1650kg	
風送設備	機種	パワープロベスター SS-11BWP	
	馬力	192PS	
	風量	100m <sup>3</sup> /min	
	静圧	-650mmHg	

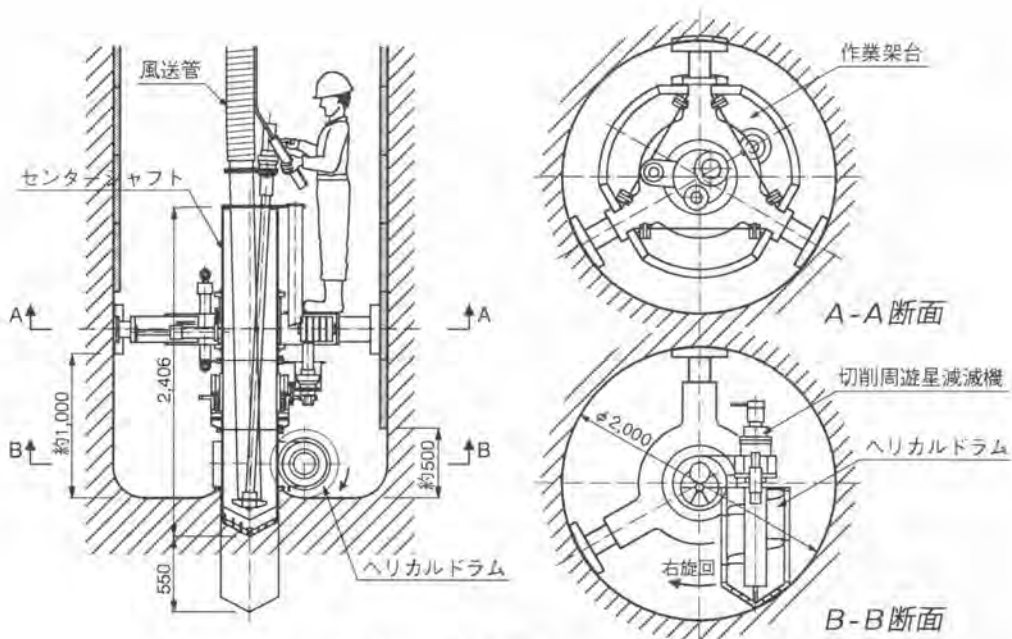


図-2 機械概要図

## 2. 機械概要

今回開発した機械の全景写真を写真-1に、機械概要を図-2に、機械仕様を表-1に示す。掘削および掘削土の中央部への集土はヘリカルドラム自体の回転とセンターシャフト回りの旋回機構により行う。センターシャフト内に取り込まれた掘削土は風送（バキューム）方式により連続的に地上部まで揚土される。

本工法の特徴を以下に示す。

①機械高さが2.5mと低く、空頭が限られた場所での施工が可能である。②機械本体重量が1.7tonfと軽量であり、さらに機械を分割可能としているため、狭隘な場所への搬入が容易である。③掘削と揚土が同時にでき効率的である。④覆工方式は、ライナープレート、吹き付けコンクリートなど任意に選べる。⑤掘削外径は、ヘリカルドラムの先端部を取り替えることにより、 $\phi 1.8\sim 3.0\text{m}$ まで容易に変更可能である。⑥対象地盤は、中硬岩および巨礫混じりの礫層を除く全ての地層に対応可能である。⑦機械操作はグリッパー架台で行うことを基本としたが、地上で操作することも可能であり、掘削・揚土時の坑内作業の無人化が図れ、安全性が向上する。

## 3. 施工順序

ライナープレートによる覆工を行った場合の施工順序図を図-2に示す。①グリッパーをライナープレートに当て機械の位置決めをする。②センターシャフトを1回転当たり数cmずつ貫入させながらヘリカルドラムにより掘削し、同時に風送による揚土を行う。③1リング分(50cm)掘削が完了後、ライナープレートを設置する。④グリッパーを縮め、機体本体を吊るすワイヤーを緩めながらグリッパー架台をスライドさせる。以下①から④を繰り返す。

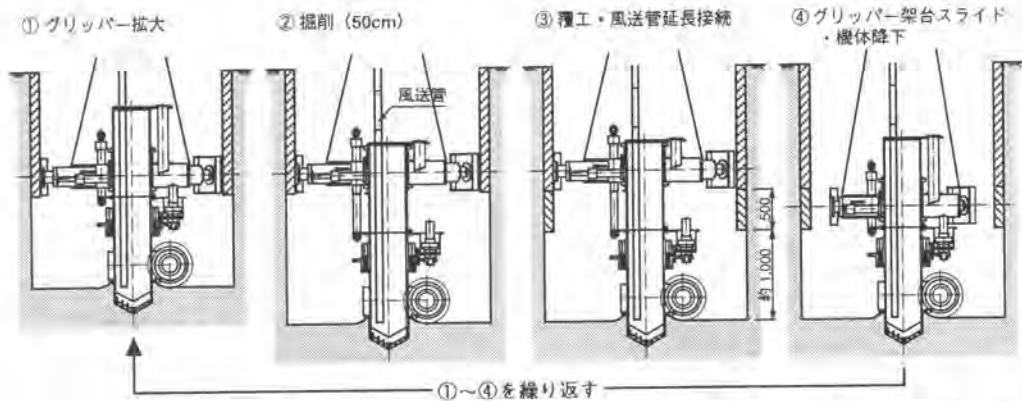


図-2 施工順序図

#### 4. 実証実験結果

今回試作した機械の掘削能力・施工性を確認する目的で実証実験を実施した。実験の規模はφ2.0m、掘削深さ15mで、実験位置での土質条件を図-3に、本工法の全体システム図を図-4に示す。

##### (1) 切削・集土性能

今回試作した掘削機械の特徴であるヘリカルドラムの自転および旋回機構により、粘性土（N値=2~3）、砂質土（N値=9）及び土丹層（N値 $\geq$ 50）のいずれの地盤に対して、少なくとも $8\sim 9\text{m}^3/\text{hr}$ 程度の切削能力があることがわかった。また、ヘリカルドラムへの土砂の付着についても、土砂の横送り機能に対し、特に問題となるようなことはなかった。

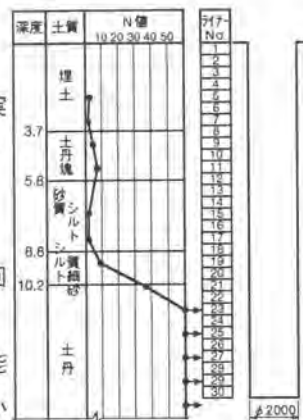


図-3 土質条件

##### (2) グリッパーによる機械保持性能

3本のグリッパーをライナープレートに押し当てることより、掘削時の反力は充分確保できた。グリッパーの押し付け面形状を変え、直接土丹層に当たった場合でも同様であった。

##### (3) ライナープレートの組立性

本掘削機による掘削形状は、ほぼ真円（ $\pm 10\text{mm}$ ）に近く、はつりが少ないためライナープレートの組立性は良好であった。また、余掘り量が最小で済むため、掘削後の立坑の鉛直精度は $\pm 10\text{mm}/10\text{m}$ と高精度であった。

##### (4) 掘削・揚土効率

掘削・揚土効率は、風送による揚土効率により決まり、この風送効率は風送管内への土砂の

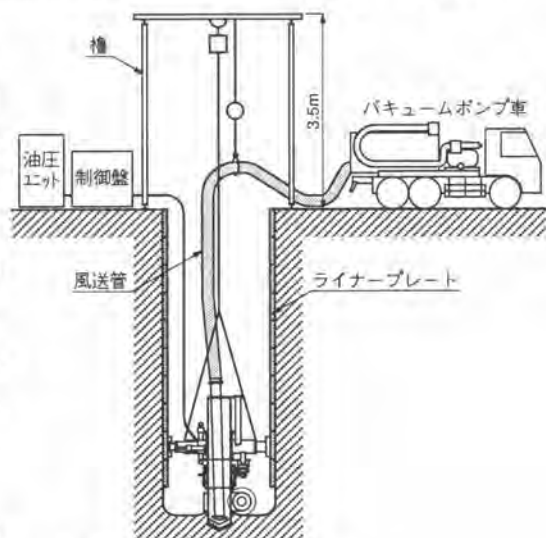


図-4 全体システム図

付着やそれにとまなう管内閉塞によりかなり低下していく。このため掘削・揚土全体システムとしての効率は、 $2\text{m}^3/\text{hr}$ 程度であった。この風送効率を低下させる主原因である風送管内の土砂の付着は、直管より曲がり管部で顕著であった。

#### (5) サイクルタイム

今回の実験において土丹層を50cm ( $1.57\text{m}^3$ ) 掘削・揚土するのに要した時間は概ね60～160分であった。所要時間にばらつきがあるのは、特に土丹層の場合では風送管内に土砂が付着することによる風送能力の低下、および風送管内が閉塞した場合の除去に時間がかかったためである。

本掘削システムによる1リング(50cm)当たりのサイクルタイムの平均値を土丹層掘削の場合を例として表-2に示す。なお、実施工の場合には、表記作業の他に揚土用の風送管接続等の時間が必要となる。これらを含め1日当たりの施工可能量は2リング(100cm)程度となり、従来の人力による土丹層掘削時と比較すると、約2倍の施工速度となる。

土丹層の掘削状況を写真-2に、立坑内の機械設置状況を写真-3に示す。

#### 5. まとめ

以上の結果から、今回開発したJOR工法は充分実用化に耐える性能を有することが確認できた。今後は、風送管への土砂付着防止機構を検討するとともに、掘削・揚土・覆工の一連作業のシステム化や坑内作業の無人化を目指し、駅の改良工事や地下街の建設工事などに本工法への活用を図っていく予定である。なお、本工法を開発するにあたり御協力頂いた(株)三井三池製作所ならびに兼松エンジニアリング(株)の関係各位に感謝の意を表します。

表-2 1リング当たりのサイクルタイム

貫入・掘削 (50cm)	101分
グリッパー縮め	1分
本体降下	2分
位置決め・グリッパー張り	6分
ライナープレート組立	65分
合計	175分

写真-2 土丹層の掘削状況



写真-3 立坑内の機械設置状況

