

## 53. 深礎の機械化工法の開発

東日本旅客鉄道(株)：新堀 敏彦

鉄建建設(株)：齋藤 雅春，\*山村 康夫

### 1. はじめに

近年、土木建設工事の大規模化に伴い、合理的で効率の良い施工法が要求されるようになり、さまざまな新工法の開発・実用化が進められている。このような状況の中であって、深礎工法は基礎杭等の構築方法として古くから用いられている工法の一つであるが、複数の同時施工ができること、障害物の撤去が可能なこと、床付け盤の確認ができることなどのメリットから、現在でも幅広く採用されている。しかし、この工法にはバケットによる土砂搬出の際の上下作業、昇降時の転落、墜落の危険といった安全面の問題や、建設工事の3Kにからんだ熟練労働者の不足などの問題が常につきまとっていた。そのため、より効率的で安全性の高い工法となるよう機械化・省力化技術の開発が望まれてきた。

東日本旅客鉄道(株)と鉄建建設(株)では、深礎工法における掘削から土砂搬出までの機械化施工と、直打ちコンクリートライニングによる山留め構築方法を組み合わせた「深礎の機械化工法( JTS工法)」を共同開発した。本文では、この工法の概要と実証試験結果について述べる。

### 2. 工法の概要

本工法は、掘削装置、土砂搬出装置およびライニング型枠から構成される。

施工方法は、まず、所定の位置に掘削装置を設置し掘削を開始する。このとき、発生した土砂は土砂搬出装置で坑外の排土ホッパーに連続搬出される。1スパン掘削後掘削装置を停止し、ライニング型枠を移動、セットして型枠と地山の隙間にコンクリートを打設する。所定の強度発現後、再び次のスパンを掘削する。以上を所定の深さまで繰り返し、底盤コンクリートを打設によるライニングを構築し山留めするものである。図-1に施工概要図を示す

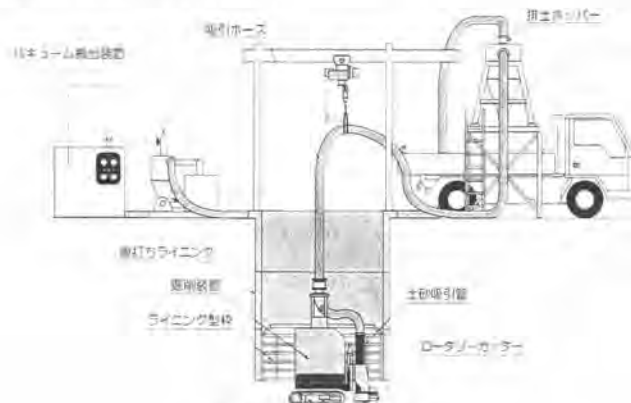


図-1 施工概要図

## 2.1 掘削装置

掘削装置は、小型走行機構にロータリーカッターと土砂吸引機構を装備している。無線操縦で、360° 回転しながらN値 15～50 程度の土砂地山を、最小掘削径φ 2.5 m、平均速度 1.2 m<sup>3</sup>/h で連続掘削する。

特長は、①カッタードラムに旋回掘削に適した縦型タイプを採用することにより、外径φ 2.5m まで対応できる。②運転操作は、FM変調方式の無線操縦（作業条件に応じて有線にも切り換え可能）なので、オペレータの安全を確保できる。③油圧回路のバルブ制御は、ジョイスティックによる比例制御方式を採用しているので、未経験者にも扱いやすく長時間の作業でも疲れにくい。④油圧ユニットを本体に搭載しているため、現場への搬入が容易である。などが挙げられる。

図-2 に概要図を示す。また、表-1 に仕様一覧表を示す。

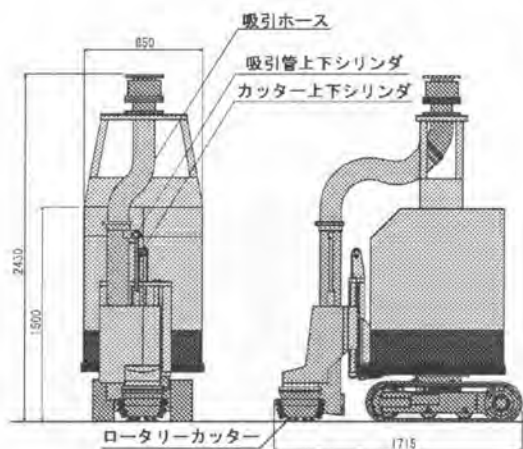


図-2 掘削装置概要図

## 2.2 土砂搬出装置

ロータリーカッターで切削した土砂は、地上に設置した土砂搬出装置で発生させた大風量・高真空圧の空気流によりホース内を移動し、排土ホッパーに蓄積される。排土ホッパーに蓄積された土砂は、あらかじめタイマーで設定した時間毎にダンプトラック等に排出される。

特長は、①φ 150 mmホースを延長していくだけで、垂直距離約 30 m、水平距離約 200 mを連続搬送できるので、土砂の積み替えがなく効率が良い。②粉塵やガスなどが発生した場合でも吸引・排出してしまうので、作業環境が良い。③清掃は、キャッチャー内の水の汚れた水を交換するだけなので簡単。

表-2 に仕様一覧表を示す。

表-1 掘削装置仕様一覧表

外形寸法	長さ 1,715 mm 幅 850 mm 高さ 2,430 mm
重量	本体 1,200 kg
切削方式	縦型ロータリーカッター
カッター径	φ 364 mm
回転数	120 rpm
走行方式	クローラ式
走行速度	10 m/min.
接地圧	0.5 kg f/cm <sup>2</sup>
電源	動力 200V 60A 制御 100V 15A
ポンプ形式	4連式ギアポンプ
操作方式	リモートコントロール方式 (無線または有線選択可)

表-2 土砂搬出装置仕様一覧表

架装型式	SS-11BWP
適応シャーシ	11 Ton
外形寸法	長さ 9,900 mm 幅 2,490 mm 高さ 3,350 mm
車両総重量	19,935 kg
駆動方式	特殊強化型 PTO
使用馬力	192 PS
風量	100 m <sup>3</sup> /min
静圧	-650 mmHg.
処理能力	ドライ砂 30 Ton/Hr 汚泥 120 Ton/Hr (ホース長さ 20 m)
レシーバ <sup>®</sup> 全容量	5,200 ㎥
使用ホース径	150 mm

## 2.3 ライニング型枠

掘削個所の山留めは、円形のライニング型枠を移動・セットしながら、型枠と地山の間に連続したコンクリートライニングを構築することによって行う。

使用するライニング型枠の特長は、①フレームにアルミ合金を使用し鋼製型枠の約1/2と軽量である。②掘削との並行作業を考慮し、内側にサポート類を一切設けないリング形状をしている。また、円周の一部を取り外して内側に折りたためる構造なので、脱型・移動・組立が迅速にできる。③面材にFRP樹脂パネルを使用しているので、耐久性に優れ、また剥離性も良く仕上がりがきれいである。図-3に概要図を示す。また、表-3に仕様一覧表を示す。

表-3 ライニング型枠仕様一覧

(ライニング内径φ 2700 mmの場合)

構成	外径	φ 2700 mm
	内径	φ 2550 mm
	全高	1160 mm
構成	フレーム	アルミニウム成型材
	面材	ガラス繊維補強可塑性合成樹脂ボード
	傘部	一般構造用圧延鋼板
造	脱型・移動方法	ヒンジ部分を内側に折りたたんで行う
	コンクリート打設方法	型枠上部からシュート等で行う

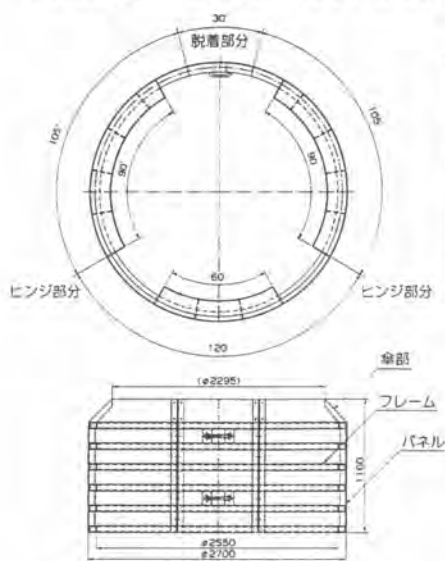


図-3 ライニング型枠概要図



写真-1 試験状況

## 3. 実証試験

### 3.1 試験方法

本工法の現場導入に先立ち、各装置の性能を確認・評価するために、外径φ 3.0 m、深さ10 mの深礎杭を施工した。写真-1に試験状況を示す。

### 3.2 試験結果

#### (1)掘削装置

360° 旋回機構の採用により広範囲を連続して掘削できるので、カッター移動の際のロス時間の短縮、ならびに掘削の不連続が防止できた。また、無線操縦の採用により、周囲の安全確認が容易で、さらに掘削面全体を確認できるので、底面および土留周辺部において余掘りの少ない平滑な仕上がりとなり、人力による整形がほとんど必要なかった。

掘削能力は平均で約1.2 m<sup>3</sup>/hで、硬い砂(N値30以上)やシルトの場合低く、軟らかい砂(N値30以下)の場合高かった。表-4に掘削能力一覧表を示す。<sup>1)</sup>

表-4 掘削能力一覧表

リング	地質	N値	掘削土量 (m <sup>3</sup> )	掘削時間 (min)	掘削能力 (m <sup>3</sup> /h)
1	砂	15	1.45	40	2.19
2	砂	15	7.31	350	1.25
3	シルト混じり砂	14	7.67	290	1.59
4	砂	19	7.68	335	1.38
5	砂	35	8.04	395	1.22
6	シルト混じり砂	20	13.51	790	1.03
7	砂・シルト	40	2.56	380	0.40
8	砂	56	8.04	360	1.34
9	砂	29	8.04	340	1.42
10	沖積砂	25	8.04	340	1.42
計/平均			72.34	3620	1.20

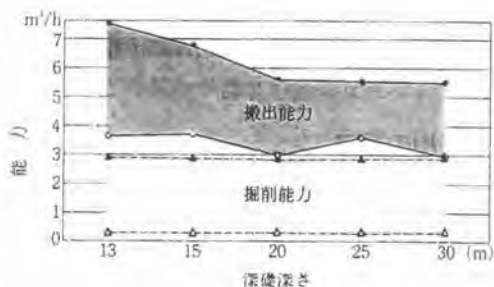


図-4 掘削と搬出のバランス

(2)土砂搬出装置

深さ10mまで、閉塞することなく連続吸引できることが確認された。

掘削外径φ3.0mの場合、1リング当たりの掘削土量は約7~8m<sup>3</sup>であるが、これを連続搬出するためには、『掘削土量≤搬出土量』でなければならない。図-4は、土砂搬出試験と掘削試験より得られたデータの最大と最小を示したものである。<sup>2)</sup>このグラフより、深さ30m程度までは連続搬出が可能であると予想できる。

(3)直打ちライニング

型枠に関しては、機能を阻害するようなフレームの変形や面材の破損等はなく、安全に作業できることが確認された。また、脱型時のコンクリートとの剥離も容易で、覆工表面も平滑であった。

ライニングに関しては、地山との密着状態も良好で、打継ぎ目の目開きもなく良質な覆工が形成できることが確認された。

表-5に型枠組立・脱型時間を示す。<sup>1)</sup>

表-5 型枠組立・脱型時間 (分)

リング	据付	打設	脱型	移動	合計
1	60	-	-	-	60
	-	50	-	-	50
	-	-	25	-	25
2	60	60	-	-	120
3	40	70	20	10	140
4	30	25	15	15	85
5	30	40	30	10	110
6	25	40	50	25	140
7	20	70	30	10	130
8	50	35	20	5	110
9	35	30	30	5	100
10	40	60	35	10	145
平均	39	48	28	11	127

なお、脱型時間は、供試体の一軸圧縮強度より判断した。

4. おわりに

今回の実証試験により、掘削装置・土砂搬出装置およびライニング型枠の単体ならびにシステムとしての機能が確認され、実用化に向けて大きく前進したと思われる。

今後、現場での試験施工等を踏まえてさらに詳細な点を探り、施工法として確立して行きたいと考える。

【参考文献】

- 1) 新堀ら：路下式深礎機械化施工の開発について 土質工学研究発表会 1995年
- 2) 新堀ら：路下式深礎機械化施工の開発 土木施工 1995年5月号