

## 8. 深礎機械化工法(T-VEX工法)の開発

飛鳥建設(株)：大森 了・堀崎 敏嗣  
川村 哲也

### 1. はじめに

従来、深礎工法は人力作業を主体として基礎を構築する工法として幅広く利用されてきたが、深くて狭小な断面内での人力による施工は安全性や労働環境に課題が多く、また近年、特殊技能労働者不足と工事従事者の高齢化の問題に対し、危険・苦渋作業の改善ならびに省力化を目指したより安全な工法が求められてきた。

このような問題に着目し、本開発工法は施工法の機械化・システム化により、各施工機械をオペレータによる地上からの遠隔操作により孔内人力作業を極力排除し深礎杭基礎施工の安全性と施工性の向上を目指した。以下に工法の概要ならびに実証実験とその結果を報告する。

### 2. 背景と目標

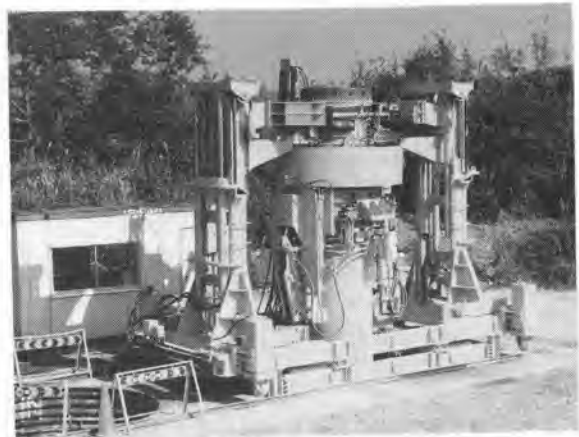
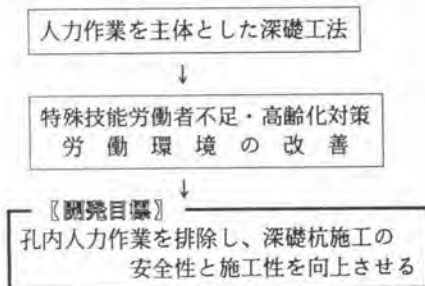


写真-1 装置全景

### 3. 工法の概要

#### 3.1 T-VEX工法のシステム概要

深礎機械化工法の各工種毎の主要構成機器と施工方法を示す。

表-1 システム概要

工種	機器名	施工方法
掘削排土	ガイドパイプ式旋回掘削機 ハンマークラブ	周辺部の掘削及び先行掘削部への集土 中央部先行掘削及び周辺部掘削時同時排土
土留め	吹付マニピュレータ	自動運転による吹付コンクリート
鉄筋	ユニット式鉄筋籠	鉄筋籠連結による地上での建て込み
コンクリート	パイプレータ付トレミ管	遠隔操作による締め固め

従来工法では、中央部の掘削及び排土をテレスコピック式クラムシェルにより行い、周辺部を人力により掘削・整形した後、ライナープレートを組み立てて土留めを行う方法が主流となっている。本工法は、図-1に示すように、ガイドパイプ式旋回掘削機、ハンマーグラブ、土留めに使用する吹付マニピュレータなどで構成され、以下のような手順で施工を行う。

- ①ハンマーグラブにより杭中央部を先行掘削・排土する。
  - ②地盤の硬さに応じてガイドパイプ式旋回掘削機に装備されているツインヘッドまたはブレイカにより周辺部を掘削し、先行掘削部に集土する。  
周辺部の掘削・集土中、並行してハンマーグラブにより排土する。
  - ③吹付マニピュレータにより、吹付コンクリート土留め壁を構築する。
- 以上①～③のサイクルを所定の深度まで繰り返しユニット式鉄筋籠を孔内に挿入後コンクリートを打設して深礎杭1基の施工を終了する。

T-VEX工法  
(Tobishima Vertical Excavate Method)

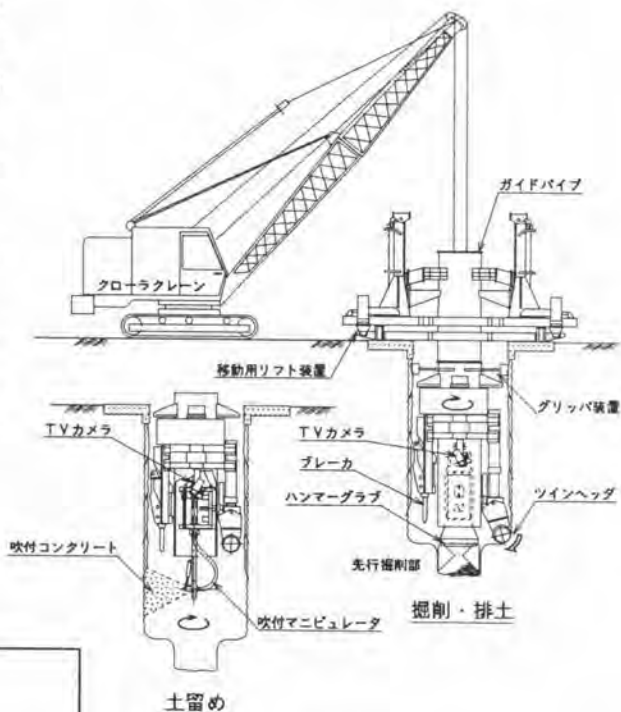


図-1 システム概要図

### 3.2 T-VEX工法の適用範囲

表-2 適用範囲

[適用範囲]	
適応径:	φ2,500～φ4,000mm
適応深度:	30m
適応地盤:	土砂から軟岩 (一軸圧縮強度200kgf/cm <sup>2</sup> 程度) 硬岩の場合 人力併用(発破・静的破砕剤)

### 3.3 深礎掘削土留め装置概略仕様

表-3 概略機械仕様

名称	項目	概略仕様
深礎掘削装置	輸送時寸法	全長: 6,444mm 全高: 2,450mm 全幅: 2,800mm
	稼働時最大寸法	全長: 6,444mm 全高: 4,627mm 全幅: 3,676mm
	重量	上部掘削装置: 10,400kg 下部掘削装置: 9,100kg
	装備機械	ツインヘッド(MT600クラス) 油圧ブレイカ(450kgクラス) TVカメラ&モニター 昇降用ゴンドラ
吹付マニピュレータ	寸法	外径: φ1,090mm 全高: 3,020mm
	重量	750kg

### 3.4 施工フロー

T-Vex工法による施工の全体フローを表-4に示す。

表-4 全体施工フロー

全体施工フロー	補 足 説 明
<pre> graph TD     Start([start]) --&gt; A[表層掘削/根固め]     A --&gt; B[掘削機移動/設置]     A --&gt; C[鉄筋籠加工/組立]     B --&gt; D[中央部掘削/排土 (ハンマーグラブ)]     D --&gt; E[周辺部掘削 ツインハック &amp; プレーカ]     D --&gt; F[排土 (ハンマーグラブ)]     E --&gt; G[吹付マニピュレータのセット]     F --&gt; G     G --&gt; H[コンクリート自動吹付]     H --&gt; I{支持層到達}     I -- n --&gt; B     I -- y --&gt; J[孔底処理]     J --&gt; K[鉄筋建込み]     K --&gt; L[コンクリート打設]     L --&gt; End([end])                     </pre>	<ul style="list-style-type: none"> <li>表層地盤の支持力に応じ、根固めコンクリートを打設する。</li> <li>鉄筋加工/組立ヤードにおいて、鉄筋籠を別途製作する。</li> <li>ガイドパイプ式巡回掘削機をレール移動し、所定の位置に設置する</li> <li>ハンマーグラブにより中央部を先行掘削する</li> <li>周辺部掘削と排土を同時に行う。</li> <li>吹付マニピュレータをガイドパイプ内に挿入し、所定の高さにセットする。</li> <li>コンクリート吹付(自動運転)により掘削孔壁の土留めを行う。</li> <li>支持層確認/孔底処理を行う。</li> <li>別ヤードで製作した鉄筋籠を搬入し、地上で連結しながら孔内に降ろす。</li> <li>パイプレタ付トレミー管により締め固めながらコンクリートを打設する。</li> </ul>

## 4. 実証実験

### 4.1 実験概要

実証実験は、掘削・土留め性能の確認を目的として、粘性土、砂質土、転石混り層、コンクリート層の4種類の地盤条件で行った。

実験規模を図-2に示す。このうち、転石混り層およびコンクリート層については、人工的に造成して実験を実施した。

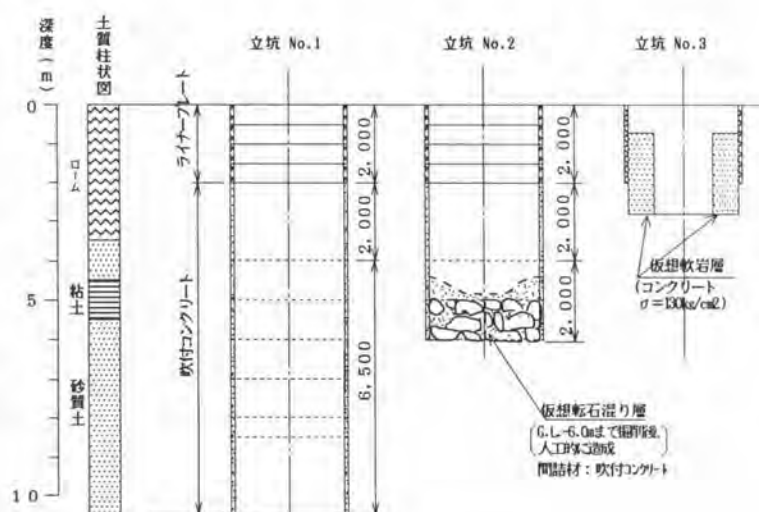


図-2 実証実験概要図

## 4.2 実験結果

表-5 実験結果(施工速度)

### (1) 施工能力

4種類の地盤における開発工法の実施結果(平均施工速度)を表-5に示す。実証実験の範囲では、本工法の施工速度は従来工法に比べ約25~30%程度アップしており、機械化により施工能力が向上したと考える。

土質	従来工法 (a)	開発工法 (b)	比率 (b/a)
粘性土層	約210分/m	160分/m	0.76
砂質土層		150分/m	0.71
転石混り層	約370分/m	260分/m	0.70
コンクリート層	約440分/m	320分/m	0.73

※1mあたりの掘削・土留めの施工速度を示す。

### (2) 施工精度

掘削精度については、鉛直に降ろされたガイドパイプを定規としてツインヘッドで切削掘削するため、掘削面はほぼ真円状態で、深度方向に対する掘削鉛直度も立坑No.1の深度10m地点において杭芯のずれは20mm(1/500)程度であり高い精度と言える。

次に吹付厚の深度方向の分布を図-4に示す。吹付マニピュレータの自動運転で施工された吹付厚については、施工管理値100mmに対してはほぼ100~120mm(max:134mm)の範囲で施工されている。

### (3) 土留め安定性

今回、機械化施工により鋼製ライナープレートに替えて採用された吹付コンクリートによる土留めの安定性は、立坑No.1において実施した内空変位計測結果によれば、変位は最大0.7mmとほとんど生じることがなく、目視によるクラックの発生も認められなかったことから、事前の覆工解析から算出された吹付厚さでの吹付土留めの安全性に問題はなかったと考えられる。また、実際の施工においてはトンネル施工におけるNATM工法に準じ、地質に応じた吹付コンクリートによる標準土留め設計を確立し、施工中は吹付厚や内空変位計測等の簡易な計測を実施する必要があると考える。

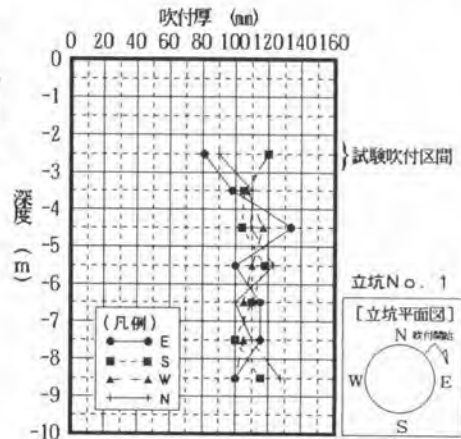


図-4 吹付厚さ分布

## 5. おわりに

実証実験により、限られた条件下ではあるが、従来工法に比べ安全性が向上し、施工能力もアップするなど本工法が実用性を有することが確認された。

今後は、実工事に適用しながら、設備のコンパクト化などをはじめとした改善を行い、さらにはより経済的な工法へと発展させていくための改良を進めていく所存である。

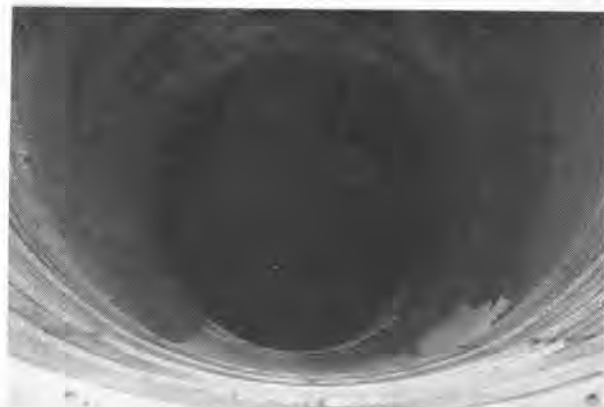


写真-2 出来型仕上がり状況