

## 22. 礫対応型小口径推進機の開発

(株)小松製作所： 竹内 卓・大久保 保夫

### 1. まえがき

小口径推進工法は、都市集中化による地下埋設物の輻輳化、騒音、振動や交通量の増大により、急速に普及している。この主な需要先は下水道工事であり、日本の下水道普及率は、第6次下水道整備計画の終了するS65年に46%へ達する見込みである。しかし欧米先進国普及率70～90%に比較してもまだ需要増大が期待できる。一方下水道工事の主体が平野部の大都市から比較的内陸部に多い中小都市に移っていくにつれより広範な土質、特に礫地盤へ適用可能な推進機械が要求されてきている。

これまでも種々の礫対応の機械が開発されてきているが、適用可能な礫の大きさが小さいため、推進工法の採用ができなかったり、また予測以上の大礫に遭遇し（正確な土質調査が難しいため）、推進を途中で断念せざるを得ないケースも生じている。

本報では、カッタヘッドにディスクカッタ、超硬ビットを装備し大径礫でも精度を確保しながら、破碎突破でき、しかも低施工コストをねらった一工程方式の礫対応型小口径推進機械を開発し、フィールドテスト、実施工工事への適用を計ってきたので、その概要について報告する。

### 2. 工法の概要

#### 2.1 工法システム

本工法は、推進工法の中の一工程方式に属するものであり、施工手順を図-1に工法仕様を表-1に示す。

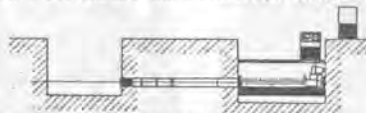
(1) 後部推進装置と先導管を発進立坑にセットします。



(2) 先導管の後に順次ヒューム管を接続し、発進立坑へ排土しながら推進します。



(3) レーザセオドライトで先導管の位置を把握し、推進計画線に沿って方向修正しながら到達立坑まで推進します。



(4) 到達立坑にて先導管を回収します。

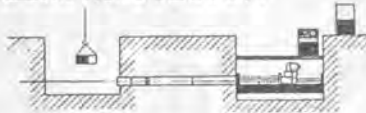


図-1 施工手順

項目	仕様	
適用ヒューム管径	φ250, φ300, φ350, φ400 φ450, φ500, φ600, φ700	
排土方式	スクリュコンバ方式	
適用土質	(1) 土質の種類 広範囲な土質（粘土、シルト、砂・礫等） (2) 可能N値 5～50 (3) 最大礫径 適用ヒューム管径の1/2程度 (4) 被水圧力 0.6 kg/cm <sup>2</sup>	
発進立坑 ※ (全長× 全幅(m))	φ250, φ300	最小 3.6 × 2.0
	φ350～φ700	最小 4.0 × 2.0
到達立坑	φ250, φ300	1号マンホール (φ900)
	φ350～φ450	2号マンホール (φ1200)
	φ500～φ700	3号マンホール (φ1500)

※止水器装着時には、止水器の長さ分、又両発進時には、ヒューム管の押し残し分だけ立坑寸法が長くなる。

表-1 工法仕様

## 2.2 機械仕様

機械は、基本装置（推進装置、コントロールユニット、油圧ユニット）と各管径別の先導管及び延長パーツより構成されている。全体構成を図-2に示し、各装置の仕様を表-2に示す。特に新機構を織り込んだ推進装置、コントロールユニット及び先導管について詳細を述べる。

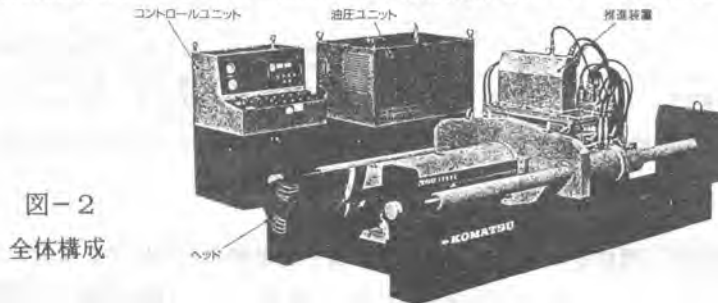


図-2  
全体構成

装 置		諸 元		装 置		諸 元		
推進装置 (含駆動装置)	寸法(mm)	(W×L×H)	1580×3940×1483	先導管 (φ250用)	寸法(mm)	(外径×全長)	φ374×2585	
	重量(kg)		5140		重量(kg)			850
	推力(ton)		208		揺動角(度)		0~4°	
	トルク(kg-m)		1680		揺動力(ton)		15	
	ストローク(mm)		270		ビシ弁耐圧 (kg/cm <sup>2</sup> )		15以下	
コントロール ユニット	寸法(mm)	(W×L×H)	920×800×1453	延長パーツ (φ250, φ300用)	位置計測 範囲(mm)		上下 ±19.5 左右 ±50	
	重量(kg)		470					
	電圧×電力		AC100V×950W					
油圧 ユニット	寸法(mm)	(W×L×H)	929×1366×1553	スクリュ 寸法(mm)		(全長)	2080	
	重量(kg)		1020	重量(kg)			51.5	
	電圧×電力		AC200V(3相)×35KW	ケーシング 寸法(mm)		(全長)	2020	
				重量(kg)			71.6	

表-2  
機械仕様

### 2.2.1 推進装置

本装置は、掘削・排土及び推進機能を有している。特徴として、図-3に示すように連続推進可能な油圧チャック方式及びヒューム管推進が終了し、次の管のセット時間を短縮するために、駆動装置を30秒前後で戻ることが可能な図-4に示すような早戻り機構を採用し、作業の迅速化を実現した。



図-3 連続推進機構



図-4 早戻り機構

### 2.2.2 コントロールユニット

本装置は、掘削、推進、排土、方向をコントロールするものである。特に方向検出システムは、図-6に示すように、先導管に装着されたレーザーターゲットからの電気信号をパソコンにて演算処理し、CRT画面に表示する。CRT画面には図-7の表示例のごとく、現在位置及び将来位置をローリング補正を行いデジタル及びアナログ表示して方向修正操作を容易にしている。又立坑内での操作特に管継手作業を容易にし、日進量を多くするためリモート装置を装着した。

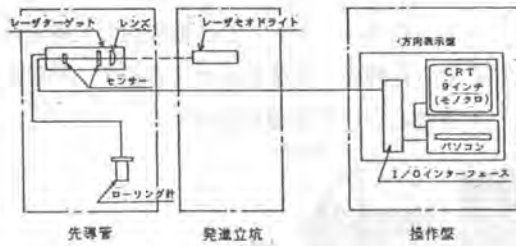
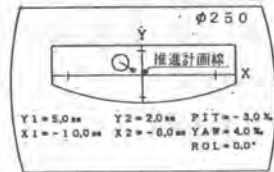


図-6 方向検出システム



現在位置：推進計画線に対し、上に 5.0m、左に 10.0mズレている。  
 将来位置：推進計画線に対し、上に 2.0m、左に 6.0mズレている。  
 姿勢：上下方向（ピッチング角）は下に 3.0%、左右方向（ヨーイング角）は右に 4.0%、ローリング角は 0.0° 従って、先導管の姿勢は、推進計画線より、ズレが小さくなる方向です。

図-7 CRT表示例

### 2.2.3 先導管

本装置は、掘削排土方向修正機構を持ち、図-8に示す通り隣破砕のためにベアリングで支持されたカッターヘッドにディスクカッター、カッタービットを有し、全方向に最大4°揺動可能で方向修正作業が容易な球面構造を採用している。滞水層、軟弱地層の掘削時、方向修正を確実にするために、土砂の取込量を制御する、図-9に示すピンチ弁を取り入れてある。方向検出システムは図-6に記載した通りであるが、二枚のポジション・センサを採用することにより、現在位置のみならず1m先の将来位置まで予測できる、図-10に示すレーザー受光システムを搭載し、高精度推進を確保できるようにしてある。さらに傾斜計及びローリング計及び目視用ターゲットを内蔵しており、万一レーザー受光システムにトラブルが発生しても推進可能としている。

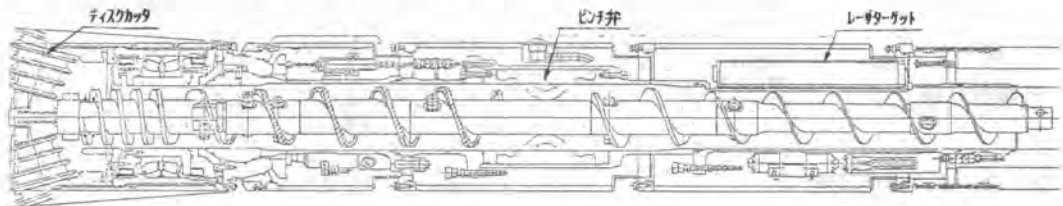


図-8 先導管

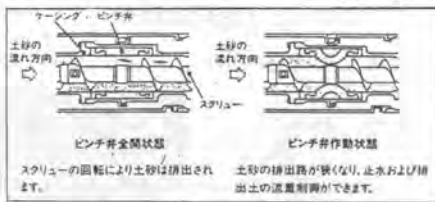


図-9 ピンチ弁

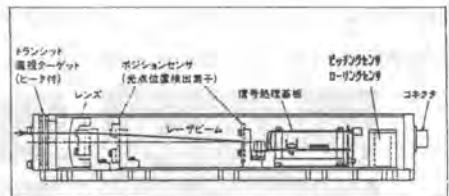


図-10 レーザ受光システム

ここで本機に、採用した隣破砕機構につき言及してみる。従来の隣破砕方式は、図-11に示すように、固定外筒内に入ってきた隣を破砕するもので、通常外筒径の1/3位の隣破砕が限度である。さらに隣が下部にあり枕状になる場合及び隣径の大きなものは、制御できずに上にせり上るか、推進を断念せざるを得ない。

この問題を解決するために、図-12に示すように掘削ヘッドを外周回転させ、枕状になった隣に対して、超硬を配したカッタービットで切削し、前面の大きな隣に対しては、ディスクカッターで破砕する機構を採用した。

このため管外径と同等以上の隙がでてきても、精度良く掘削推進ができる。そのうえディスクカッタは、押し付けられた状態で掘削推進すると自転し、ディスクカッタ形状のくさび効果により低トルクで、隙を破碎することが可能である。

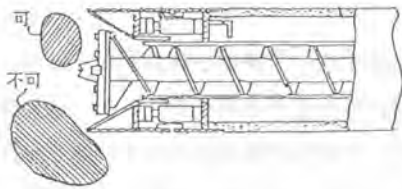


図-11 従来型隙破碎方式

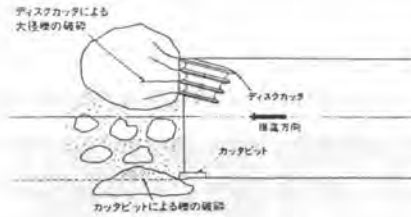


図-12 新型隙破碎方式

### 3. 施工実績

#### 3.1 フィールドテスト

機械の開発にあたっての最終目標は機械性能・作業性・経済性をトータルで評価すべきものであるが、まず最も難地盤に相当するφ10～φ150の隙を敷きつめた人工地盤でフィールドテストを行い検証した。その結果を図-13に示す。

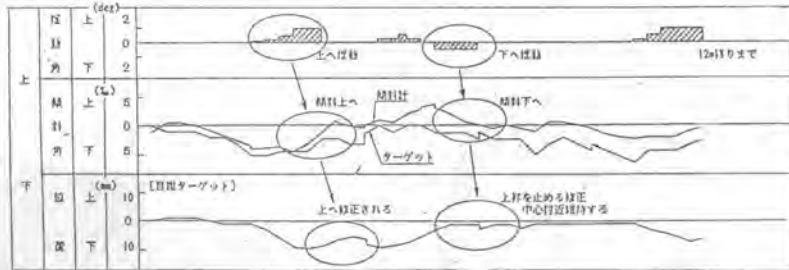


図-13

隙(φ10~φ150)  
推進結果

#### 3.2 実施工例

フィールドテスト結果に基づき、実施工に適用可と判断し、ユーザの御協力のもとに実施工に導入し良好な結果が得られたので施工例を図-14に示す。

管 径	φ250				φ600			
	推進距離	難質	値	到達精度(mm)	日進量(m/H)	備考		
φ250	18	砂礫	14	φ25	12			
φ600	24.9	火山灰・荒砂	50 11	φ70~80	7	上半分荒砂 下半分火山灰	先導管による マンホールの切削	39.44
被圧水圧(kg/cm <sup>2</sup> )	0.3	←	0.1	←	←			
最大隙径	φ25	φ70	φ25	φ70	φ70			
到達精度(mm)	下6 右10	下9 左11	上9 左5	上5 左13	上10 左右0	下2 左2	上2 左9	
日進量(m/H)	12	←	14	18	10	7	12	
備考						上半分荒砂 下半分火山灰	先導管による マンホールの切削	

図-14  
実施工例

### 4. あとがき

隙対応の小口径推進機について、工法と機械概要、実施工例について述べたが、今後さらに難しい地盤での施工実績を増やしてソフト、ハード両面での一層充実したシステム向上を計るべく、改良につとめていく所存である。

尚、機械の開発、特に実施工に当たり、多大な御協力を頂いた施主の方々及び実際に施工して頂いた方々に厚く感謝する次第である。