

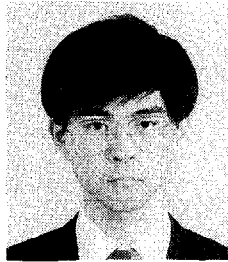
技術情報

シリーズ第8回

「小口径管推進工法の高度化に関する研究」 掘削機構の高度化

* 高津 知司

建設省土木研究所
機械研究室
研究員



** 吉田 興生

株式会社 利根
技術本部技術開発部
企画室長



1. オーガ式1工程方式の概要

オーガ式1工程方式は方向修正装置を装備した先導管を使用し、先端のビットで掘削しながら埋設本管を圧入、掘削土砂を内部のケーシングとオーガで排出するものである。推進中、先導管の傾斜は内蔵の傾斜計で測定し、計画中心線からの偏位は先導管内のターゲットを発進立坑からトランシットで観測、あるいはレーザセオドライトを使用して先導管内のTVカメラでターゲットを観測して測定する。方向修正が必要なときは油圧操作で先導管先端のシューを傾けて推進し、修正する。

掘削は地盤に応じてビットを選択し、普通地盤、硬質地盤から、礫・玉石地盤まで対応可能である。滞水砂層では、ケーシング内に水を満たして地下水圧にバランスさせる水圧バランス工法が利用できる。

図-1にオーガ式1工程方式の施工概要を示す。

2. オーガ式1工程方式の問題点

オーガ式1工程方式は対応土質が広いこと、排土の取扱いが容易なことなどの特長から広く採用され、小口径管推進工法の代表的な工法の1つと

なっているが、近年下記のような問題点があり、その高度化が強く要求されてきた。

① 対応土質の拡大

オーガスクリーアのクリアランス以下のものはそのまま排出され、これより大きいものは礫破碎ビットにより破碎しているが、対応礫径、粘性土の粘着、重量、メンテナンス等の点で改善の余地があり、さらに岩盤対応の要求も多い。

② 施工精度の向上

推進精度の測定は、セオドライトによるターゲット直視方式からTVモニターによるターゲット監視方式に代えることによりオペレータの負担は幾分軽減されたが、方向修正操作についてはオペレータの熟練が必要な面が多く、その自動化が必要とされている。また方向修正装置については、信頼性、メンテナンスの点で問題が残っている。

* 略歴

高津知司(たかつ・ともじ)／昭和62年3月京都工芸繊維大学大学院工学研究科終了(工学修士)、同年4月建設省土木研究所研究員、現在に至る。

** 略歴

吉田興生(よしだ・こうせい)／昭和37年3月北海道大学工学部鉱山工学科卒業、昭和44年5月(株)利根ボーリング入社、現在に至る。

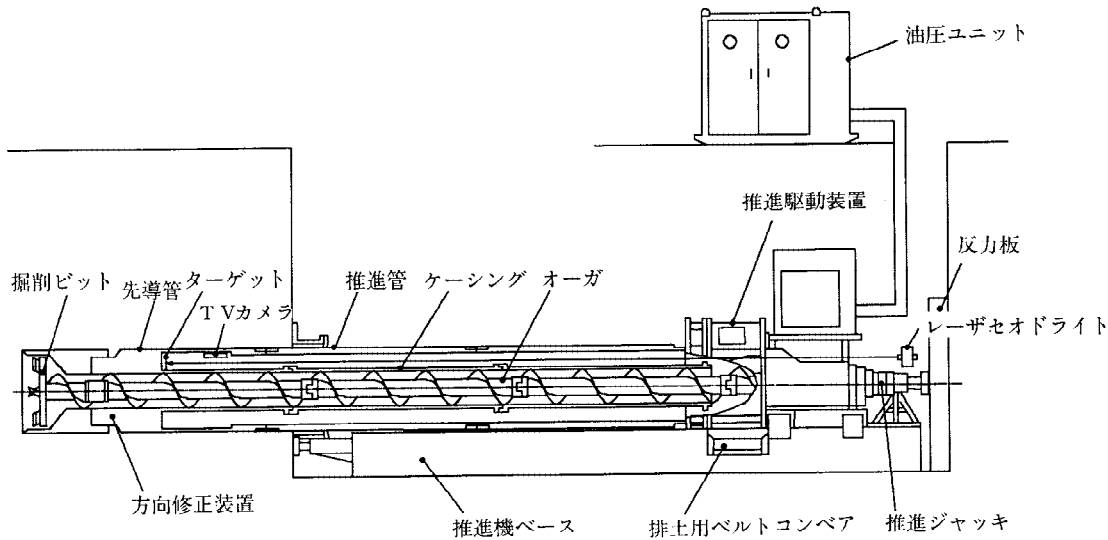


図-1 オー方式Ⅰ工程方式の施工概要図

③ 推進距離の延長

推進距離の増加にともない、オーガ、ケーシング等の機材費の増加、回転トルクの増加などオーガ工法特有の問題が顕著となっている。

④ 地下水対策

地下水被圧がおよそ6m以下の砂層では、ケーシング内に水を満たして地下水圧にバランスさせる水圧バランス方式により対処できるが、被圧がより高い場合あるいは玉石層では土圧バランス方式など別途地下水の遮断方法が必要となる。

3. オーガⅠ工程方式の高度化

上記問題点に対処するため、従来の推進機(表-1)について検討を加え、

- ① 掘削力の強化
- ② 礫玉石層用ビット
- ③ 方向制御装置

の3点について開発を行った。

3.1 推進駆動装置の強化

従来の電動機駆動に代わり水没対策等を考慮して油圧モータ駆動を検討した。電動機では定格の3倍の停動トルクを利用することができるが、油圧モータでは定格トルク一定である。この点を考慮して定格トルクは電動機駆動の1,000Kgf-mに対し実験装置の油圧駆動では1,500Kgf-mと1.5倍

としたが、大口径管の推進で玉石破碎時など、瞬間的に大トルクを必要とするときにはトルク不足となった。これに対処するため、大口径管推進用としてはオーガの回転数を下げ、トルクを3,000 kgf-mとした。

3.2 礫破碎ビットの開発

礫玉石破碎ビットとしては図-2に示す9個のローラカッタを組合わせたビットを使用しているが、構造の単純化と軽量化を目的として1個のコーンカッタから成るビットについて検討した。

基礎実験としてφ250mmヒューム管(外径φ360mm)用およびφ400mmヒューム管(外径φ526mm)用シングルコーンカッタ式ビット(図-3)を製作、玉石を含む砂礫人工地盤において掘削実験を行い、コーンの偏芯量および形状について検討を行った。

3.3 方向制御装置の開発

構造の簡略化と作動の確実性を目的として、従来の斜板回転式(図-4)に代わって3本ジャッキ式(図-5)の方向修正装置を製作した。

斜板回転式では油圧操作により斜板を回転して修正方向を設定し、修正ジャッキにより斜板を押し出して先端のシューを傾ける方式であり、修正方向は指示計に表示されるが作動の確認はできな

表-1 推進機仕様

方 式	オ ー ガ 式 1 工 程 方 式				
使 用 機 械	T P C - 7 0 0 (株 式 会 社 利 根 製)				
駆 動 方 式	推	進	二 連 油 圧 シ リ ン ダ		
	オ	ー	ガ	電 動 機	
適 用 管 径 (mm)	ヒ ュ ー ム 管		φ 250 ~ φ 700 (I . D .)		
	鋼 管		φ 350 ~ φ 800 (O . D .)		
推 力 (ton)	前 進 150 後 退 55				
フ ィ ー ド	シリンダストローク		525		
ストローク(mm)	総 ス ト ロ ー ク		2,955 (2,469)		
フ ィ ー ド	推	進	Max. 0.2 (高速0.8)		
スピード(m/min)	戻	り	Max. 0.55 (高速2.2)		
ベルトコンベア	260mm 0.4kW 4 P				
オ ー ガ 調 整 ストローク(mm)	200				
オ ー ガ	周 波 数		50Hz		60Hz
			高 速	低 速	高 速 低 速
	回 転 数 (rpm)		34	22	40 27
	ト ル ク (kgm)		660	1000	550 830
動 力	油 圧 ユ ニ ッ ト		7.5kW + 7.5kW + 0.75kW		
	オ ー ガ		22kW - 4 P / 6 P 極数変換電動機		
寸 法 (L × W × H)	本 体		4,609 × 1,280 × 1,660		
	油 圧 ユ ニ ッ ト		1,450 × 880 × 1,180		
重 量 (kg)	本 体		約 4,750		
	油 圧 ユ ニ ッ ト		約 650		

い。新方式では3本のジャッキの操作により先端のシューを傾け、シューの作動は修正方向指示計をTVモニターで確認することができる。

人工地盤において掘削実験を行った結果、先端抵抗の大きな地盤では首振り力が不足したため、油圧を300kgf/cm²から400kgf/cm²に上げて修正用シリンダ1本当たりの押し力を増加することにより、礫・玉石層においても良好な修正効果を上げることができた。

4. 実証実験(写真-1、2)

1) 礫破碎ビット

基礎実験の結果を基に改良を加え、 $\phi 500$ mm ヒューム管(外径 $\phi 640$ mm)用ビット(図-6)により最大礫径 $\phi 100$ mm $\sim \phi 250$ mmの礫を含む人工地盤からローム層へ抜ける地盤で実証実験を行い下記の成果を得た。

① 掘削トルクは玉石混じり砂礫層で平均値500 $\sim$ 750kgf-m、ピーク時1000kgf-mを示し、従来型ビットの施工現場での平均値とほぼ同レベルである。

② 礫層掘削中、玉石は $\phi 100$ mm以下に破碎されて排出された。平均掘削速度は9.6cm/minであ

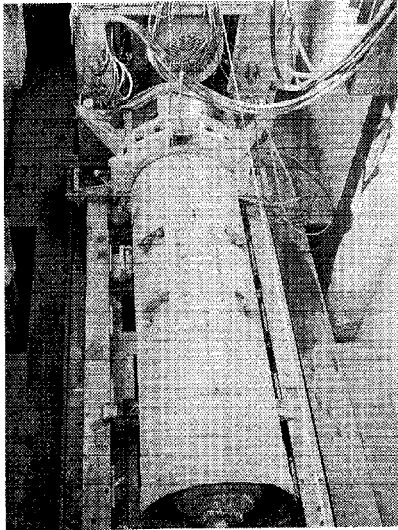


写真-1 破砕ビットを装着した先導管

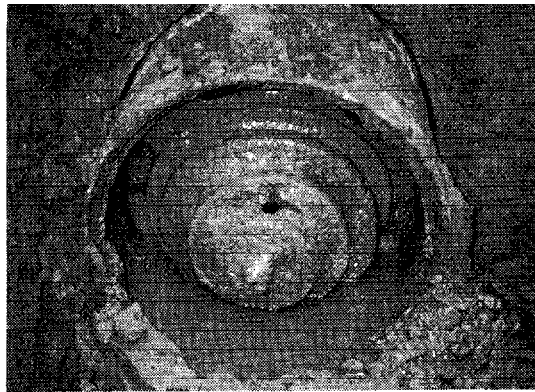


写真-2 ローム層で到達

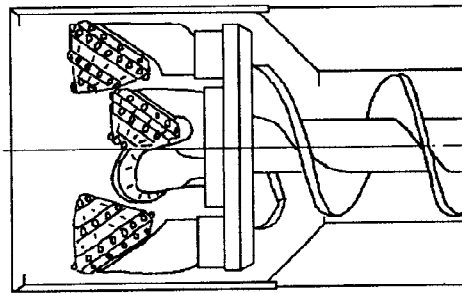


図-2 ローラカッタ式破砕ビット

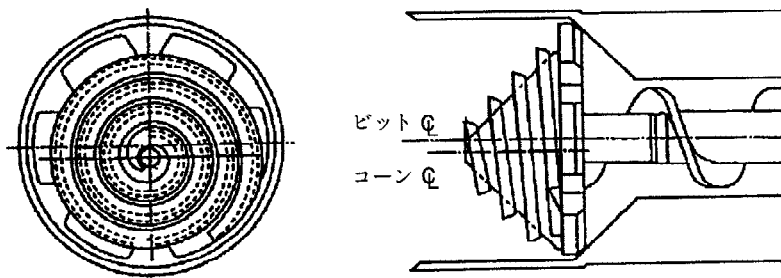


図-3 シングルコーン式破砕ビット

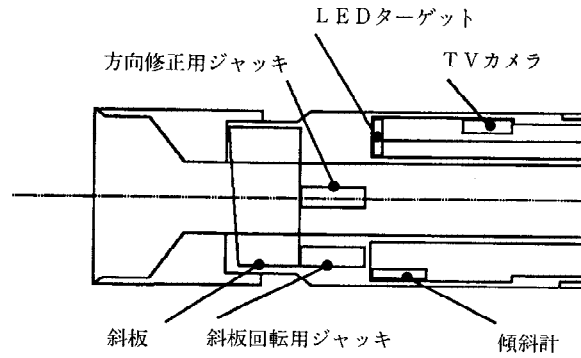


図-4 斜板回転式方向制御装置

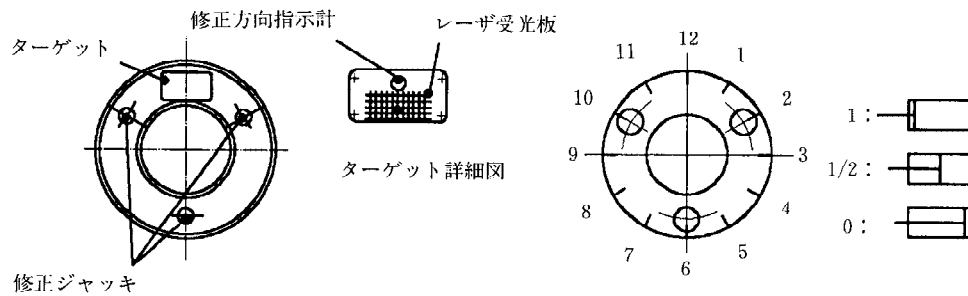


図-5 3本ジャッキ式方向制御装置

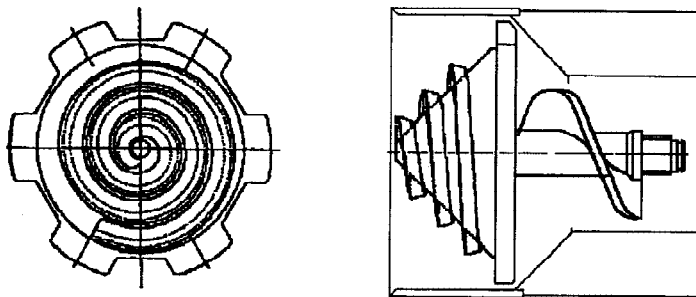


図-6 実証実験用ビット

り、従来型ビットの施工現場での掘削速度概ね4～8cm/minと比較し良好である。

③ オーガ1工程方式では推進途中のビット交換ができないため、礫用ビットを使用して礫層から推進開始し、途中で土質が粘性土に変わった場合は、粘着により掘削性が極端に低下することがある。新方式ではローム層でビット先端から送水し

て掘削した結果、平均掘削速度は7.3cm/minと礫層掘削からの掘削速度低下は2.3cm/minと少なかった。

④ スクリュー状の掘削刃を有する1つの円錐体により掘削破碎を行う構造であるため、構造が単純化し、重量が約1/2に軽減されるとともに現場補修も可能である。

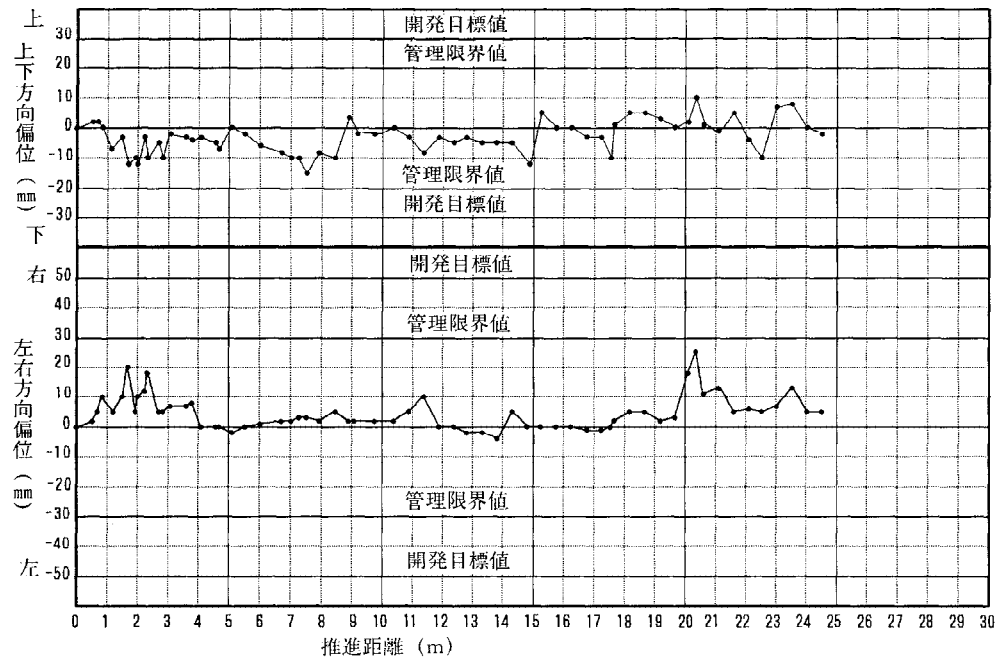


図-7 推進精度データ

2) 方向修正装置

礫破碎ビットの実証実験に併せて修正機構の実証実験を実施し下記成果を得た。

- ① 修正機構は修正力と地盤反力、推進力との関係あるいは機械的トラブルにより、設定方向に必ずしも作動しない場合があり、従来方式では作動の確認が出来ないため精度管理が不備となる場合があった。新方式では修正機構の動きがターゲット上に表示され作動の確認ができるので、状況に応じた適切な修正操作ができる。
- ② 3本のジャッキ作動により6方向およびその中間の合計12方向の修正操作ができるので、従来方式と実用上同等の修正効果が得られた。
- ③ 斜板回転機構と回転角度検知機構が不要となり構造が単純化した結果、現場での分解点検も可能となるなどメンテナンスが容易となった。

3) 施工計画線からの偏位量は、上下方向 ± 20 mm、左右方向 ± 30 mmを目標として管理を行った。全体的に右下へ偏位する傾向があったが上下方向は ± 10 mm、左右方向それぞれの偏位量は $\pm$

15mm、 -10 mmの範囲内で、開発目標値である上下方向 ± 30 mm左右方向 ± 50 mmをクリアする良好な結果であった。実験データを図-7に示す。

5. 今後の課題

今回開発を行った方向修正機構および礫破碎ビットについては、玉石混り礫層および粘性土混り玉石礫層地盤における高精度推進に対して効果的であることが実証されたが、転石、岩盤、地下水については未解決であり、修正機構については自動化への対応など、残された問題点について今後研究を続けなければならない。そのほか推進工事全体の高度化のためには推進管の接続方法、排土処理方法などの省力化、能率化についても研究を進めていきたい。

謝 辞

本研究に対し貴重な助言を頂いた、日本大学教授永田伸之先生、立命館大学教授竹下貞雄先生に感謝申し上げます。また研究に協力していただいた建設省土木研究所および株式会社利根の諸氏に感謝の意を表します。