

5. 小口径泥水推進工法の開発

(株)奥村組 増田 正和・*園部 富士雄

1. まえがき

近年、大都市周辺や地方都市の下水道網充実の動きにともない急速に増えつつある小口径管推進工事に対して各種の施工法が開発されている。その多くは圧入方式やオーガー方式である。しかし、これらの工法は流砂現象を起し易い滞水砂層で施工する際、切羽から地下水と一緒に土砂が流入し、地表面の沈下や陥没を起し、施工不可能になることがある。一方、このような問題が起きにくい泥水推進工法はシールド機の内寸寸法上の制約やトラブル発生時の対処が困難なためにヒューム管内径600mm以下は実用化されていなかった。

本報告は当社開発の小口径管泥水推進工法（OCAMS/PS工法）をより小口径化して、ヒューム管内径250mm、施工延長100m程度まで施工可能にした超小口径泥水推進工法（OCAMS/SM工法）に関するものである。なお、本工法で使用するOCAMS/SM機は使用ヒューム管径により3タイプに分類している。タイプⅠ（φ250～300）ではヒューム管耐力、管内スペースの関係から仮管方式を採用し、タイプⅡ（φ300～400）、タイプⅢ（φ450～500）ではヒューム管直押し方式を採用している。ここではタイプⅠの仮管方式を主に報告する。

2. 工法の概要

地上の泥水タンクから送泥管により泥水を切羽に送り、切羽地盤の安定を図りシールド機で掘削しながら発進立坑に設置した圧入装置によりシールド機と仮管とを推進させる。掘削土砂は排泥管を通じて泥水と一緒に地上へスラリー輸送する。仮管を接続しながら推進作業を到達立坑まで行い、推進が完了すれば、次に仮管の後部にヒューム管を接続し、圧入装置でヒューム管を前方へ押し仮管とヒューム管とを置換える。図-1に工法概要を示す。泥水処理設備は小口径のため掘削土量が少ないので、コンパクトなものを使用している。

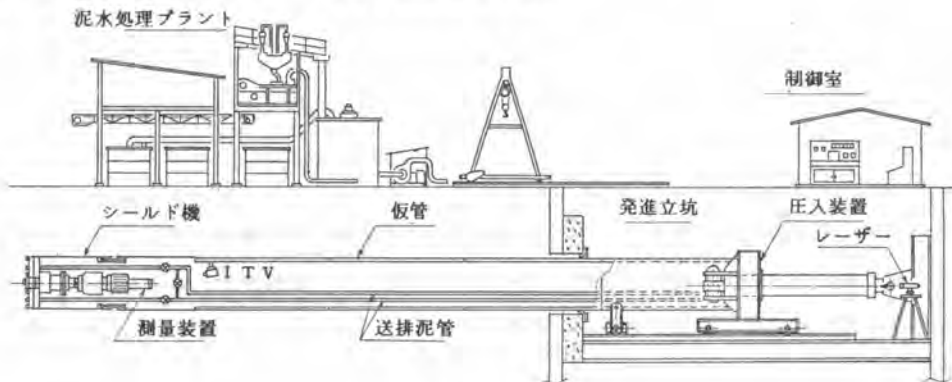


図-1 工法概要

また、本工法では地上の制御室にコンピュータを設置し、シールド機の運転に必要な情報はすべてカラーグラフィックディスプレイに表示し、シールドの運転操作はすべて遠隔操作している。操作項目のうち、方向制御、環流制御の2項目は自動化しており、運転者の負担の軽減、および施工精度の向上を図っている。

3. OCAMS/SM機の仕様

本機の開発に際し、機械構造の簡素化と小型化を考慮し、その上で小口径管の長距離、高精度推進という条件を満足するように設計した。表-1に機械仕様、図-1にシールド機の構造を示す。

表-1 OCAMS/SM機仕様

| 項目 | I | | II | | III | | |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| | 250型 | 300型 | 350型 | 400型 | 450型 | 500型 | |
| ヒューム管内径 mm | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | |
| ヒューム管外径 mm | 360 | 414 | 470 | 526 | 584 | 640 | |
| シールド機外径 mm | 390 | 440 | 490 | 550 | 610 | 660 | |
| シールド機機長 mm | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | |
| 方向修正ジャッキ | 5t×10st×300kg/cm ² ×3本 | 5t×10st×300kg/cm ² ×3本 | 8t×10st×300kg/cm ² ×3本 | 8t×10st×300kg/cm ² ×3本 | 12t×10st×300kg/cm ² ×3本 | 12t×10st×300kg/cm ² ×3本 | |
| カッター | トルク t・m | 0.146/0.123 | 0.146/0.123 | 0.268/0.223 | 0.268/0.223 | 0.554/0.462 | 0.554/0.462 |
| | 回転数 rpm | 10/12 | 10/12 | 8.0/9.8 | 8.0/9.8 | 8.5/7.8 | 8.5/7.8 |
| | 電動機 kW | 1.5 ^{kW} ×4P×1台 | 1.5 ^{kW} ×4P×1台 | 2.2 ^{kW} ×4P×1台 | 2.2 ^{kW} ×4P×1台 | 3.7 ^{kW} ×4P×1台 | 3.7 ^{kW} ×4P×1台 |
| 油圧ユニット kW | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.64 | 0.64 | |
| 送泥管 mm | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| 排泥管 mm | 65 | 65 | 75 | 75 | 75 | 75 | |
| 電 源 | AC 50/60Hz・3φ・200/220V | | | | | | |

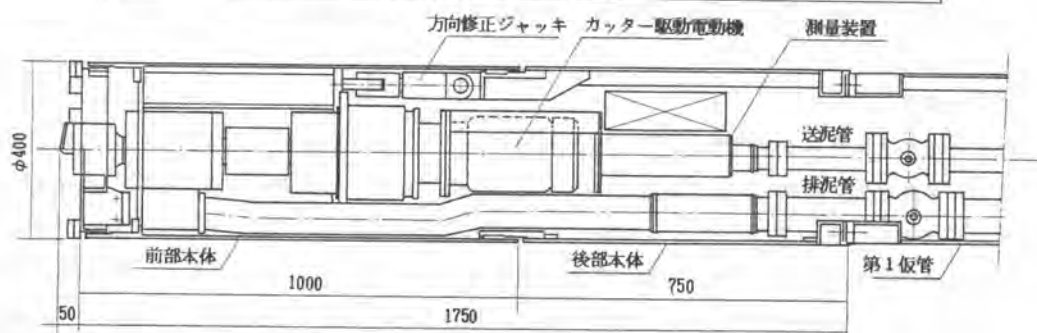


図-2 OCAMS/SM機構造 (φ 250型)

(1) カッターヘッド

種々の土質に対応できるようにカッターヘッドは密閉型構造にして、掘削土砂を取込むためのスリットを設けた。また、スリットには推進停止時に土砂の流入を防ぐ装置を取付けた。

(2) カッターヘッド駆動

カッターヘッドの駆動はシャフトを直接駆動するセンターシャフト支持方式である。

駆動には新たに開発した小型で高トルク、高減速比の減速機付電動機を採用した。この方式にすることで油圧駆動方式のような後方設備が不用になるとともに、起動トルクおよび瞬時に大きなトルクが得られるので、高い掘削力が確保できる。

(3) 方向修正装置

シールド機カッターモーター後部に取付けた測量装置内のターゲットには光点位置検出用セン

サーを使用している。方向修正ジャッキは120度ピッチで3本取付けている。また、その各々のジャッキにはストロークセンサーを内蔵させている。

(4) 送排泥装置

推進管径が小さくても対象地盤の条件は変わらないので、極力大きな碟を取込めるように送泥には呼び径50mm、排泥には呼び径85mmの管を使用している。配管ラインには仮管接続時や掘進停止時の切羽水圧保持のために遠隔操作が可能なバルブをシールド機内の送泥管、排泥管、バイパス管に設けている。

送排泥ポンプの回転数制御にはインバータ方式を採用し、従来の電磁カップリングによる方式よりも騒音を小さくし、小型で汎用性のあるポンプの使用を可能にしている。

(5) 圧入装置

超小口径管推進専用の2回押し圧入装置を開発した。この装置は両側2本の圧入ジャッキ(80t×1350mm)の間に仮管またはヒューム管を抱込み圧入する。

本装置を使用することにより、立坑長さを4.8mに縮小でき、圧入ジャッキのピンを1回差替えるだけで仮管、またはヒューム管1本分の圧入ができる。

(6) 仮管

本工法のうちタイプI(φ250~300)で使用する仮管は、両端フランジの外周部に段差を設け、はめ込み式にし、4本のボルトで、仮管相互を連結する構造にした。また、電線やエアースホースなどの収納スペースとして、外部から挿入可能なダクトを設けて、仮管接続時のジョイント作業を不用にしている。

4. 計測制御システム

計測制御システムで用いる装置は図-3に示すように検出部、演算部、操作・表示部、制御部で構成している。このうち、検出部と制御部はシールド機内および発進立坑周辺に設置し、演算、操作・表示部、記録部は地上の制御室内に設置している。

(1) 検出部

検出部は各種センサーで構成しておりそれらセンサーを各機器に取付けて、シールド運転に必要な情報(約40項目)を連続的に検出して演算部へ出力している。

(2) 演算部

演算部は2台のマイクロコンピュータで構成している。1台はプログラマブルコントローラであり、他の1台は18ビットのプロセッサと128kBの記憶容量を持つパーソナルコンピュータである。前者はデータの入力、論理判断、出力などの処理を行う。後者は数値計算を要する演算と表示、記録のためのデータ処理を行う。

(3) 操作・表示部

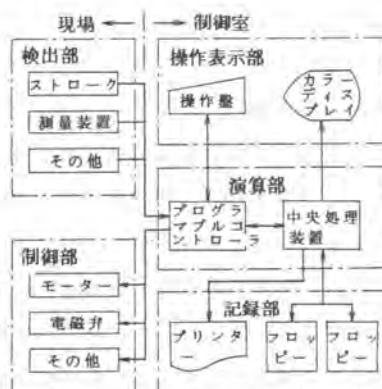


図-3 計測制御システム

掘進や機械稼働状況はすべて操作盤とカラーグラフィックディスプレイ（14インチ、840×400ドット）に表示している。バルブの開閉のようにon-off動作する機器は操作盤のランプに、切羽水圧などの連続的な物理量はカラーグラフィックディスプレイにグラフ表示あるいはデジタル表示している。

（4）記録部

演算部への入出力データはすべてフロッピーディスクに記録している。データの中で特に重要なものはプリンターで印字させる。記録間隔は任意の掘進距離を指定することができる。

（5）制御部

制御部は人間の手足の代りとなるもので、各機器を駆動する機能を持ち、プログラマブルコントローラからの信号により各機器の制御を行っている。

5. 自動制御

シールド機を最適稼働させ、より良い品質のものを能率的に施工するには多数の機器の操作時期や操作量の判断を的確にすることが要求される。多数の操作項目があるなかで特に操作頻度が高い方向修正と環流の2項目について自動化を行い、シールド運転者の負担を軽減している。

（1）方向制御

方向修正は施工計画線を中心とするある幅の領域を設定し、この領域を修正の基準にしている。すなわち、シールド機の変位が領域内にあるときには変位に感応せず、領域からはずれているときにはコンピュータが必要ジャッキの選択、およびそのストロークのチェックを行い、ジャッキ制御信号をプログラマブルコントローラに転送する。信号を受取ったプログラマブルコントローラは、必要ジャッキの電磁弁を動作させるとともに電磁弁からのアンサーバック信号を受取り、コンピュータに信号を転送する。コンピュータはその信号をもとにカラーグラフィックディスプレイの書換えを行う。

（2）環流制御

切羽水圧、排泥流量の目標値を設定すると、現在のポンプ回転数、切羽水圧、排泥流量をデータとして演算を行い、切羽水圧、排泥流量が目標値になるように送泥、および排泥ポンプの所要回転数を信号にして出力する。

また、何らかの原因で切羽水圧、排泥流量が目標値から大幅にずれた場合、ただちに推進停止信号をプログラマブルコントローラに出力し、圧入を停止させるとともに、環流状態を切羽環流からバイパス環流に切替えるための信号を出力する。

6. あとがき

OCAMS/SM工法は従来の泥水シールド工法の利点を生かし、より小口径化した工法である。本工法の開発により従来の圧入工法やオーガー工法では施工困難な地盤もより安全に施工が可能になるだけでなく、より長距離推進が可能になった。今後、より広範な地盤に適用でき、より安価な施工法にするための研究、改良を進めたいと考えている。