

26. 小口径推進工(アンクルモール)の開発

(株)イセキ開発工機 *橋本 泰次・高橋 親一

1. ま え が き

下水道事業の普及に伴う面整備事業や、電力、ガス、通信線などで最近では小口径管路工事が急激に増えて来ている。とりわけ市街地内の管路工事では騒音、振動、交通阻害等のいわゆる建設公害が問題となり、また従来の開削工法では工事排水に伴う地下水位の低下や、付近の地盤沈下の問題等も派生してくる。

これに対し推進工はトンネル工事の一種で、工事の地表に及ぼす影響は極く限られた発進および到達の立坑とその周辺に限られるので、ここ十数年の間に急速な進歩、発展をした工法である。特に小口径推進に関しては現在までに20余種の工法が開発され、それぞれに特徴を持っていて、個々の土質条件や設計施工の条件に応じ、最も適合する工法が選定されている。また近年の推進工に関する技術の進歩、改良は従来困難と見做されていた不良地盤にも対応を可能とする一方、その経済性の面でも大幅に改善され、条件次第では寧ろ開削工法より有利となるケースもかなりでてきている。

一般的に小口径推進工法はその掘進方法から、(1)圧入工法、(2)オーガーボーリング工法、(3)ロータリーボーリング工法、(4)泥水加圧工法に大別されているが、当アンクルモール工法はこの中では泥水加圧工法に類似する新工法であり、その範囲に入れることもできよう。

概括的には圧入工法は比較的軟かい地盤に適し、オーガー式は地下水のない崩壊性でない地盤向きであり、ロータリー式は岩や玉石を含む層に、泥水加圧式は地下水位の高い崩れやすい地盤に適した工法であるといえる。それぞれの工法にもいろいろと改良、工夫がなされて、その適用範囲は遂次拡大されて来ているものゝ、その適性をわきまえず、機種、工法の選定を誤ると、その施工精度、工期、工事費の面などで不利となるばかりか、最悪の場合は施工不能に陥ることもありうる。

アンクルモールは内径250 mmから500 mmまでの各サイズの推進用ヒューム管に適合させてシリーズ化したもので、軟弱地盤からN値50以上の固結粘土層や圧縮強度で100kg/cm²程度までの軟岩の掘進も可能であり、さらに崩壊性の滞水砂礫層に対しても、地盤改良などの補助工法なしで安全に掘進できる。その上掘進機先端部には礫の破碎機構を備え、管外径の1/3サイズの玉石まで破碎しながら掘進するので、広範囲の多様な土質に対応できる掘進機である。

その実施例も既に20例近くとなり、好評を得ているので、ここに本工法を紹介し、その特徴を述べたい。

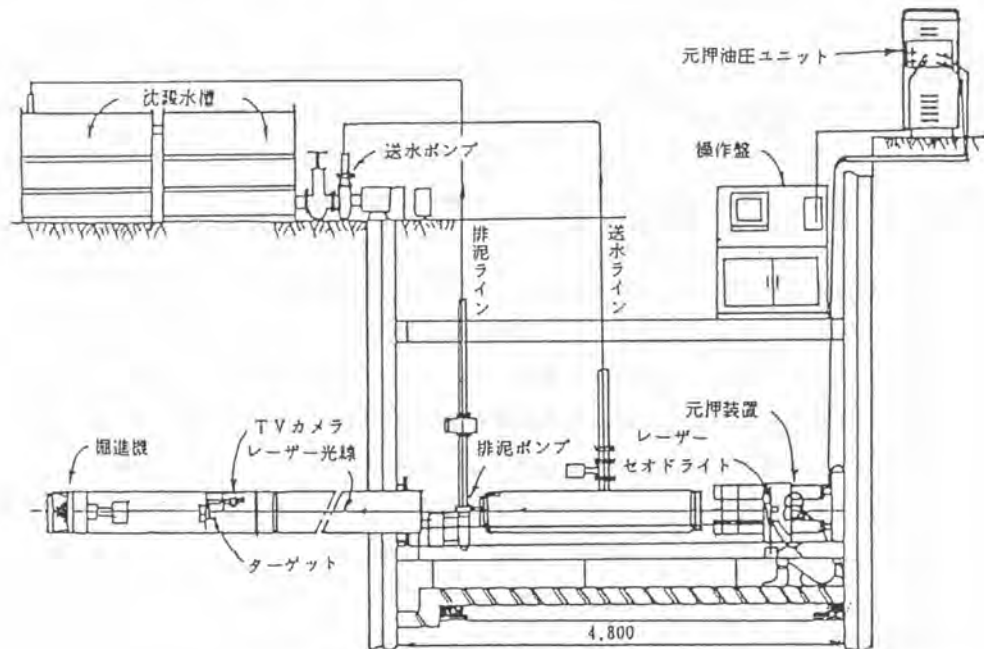
2 工 法 概 要

推進工は管の埋設を地表からの開削によらず、一定の距離を置いて設けた発進立坑と到達立坑の間

をほぼ水平に孔を掘り進め、その跡に管を押込んで行くもので、掘削したズリは押込んだ管内を通り発進立坑から取り出す。管の押込みは発進立坑に設置した強力なジャッキで行うが、管の推進延長によっては管外面の摩擦抵抗を減らすための滑材注入や、推進管の途中に中押装置を設けて推力の分散を計ることがある。本工法はシールドトンネル工法の変形と見做すこともでき、小断面の場合はセグメント組立てより簡便であり、小口径トンネルではまず推進工法ということになる。たゞシールド工に比し1区間長に限度があり、曲線施工に難点があり、特に小口径のカーブ推進は困難とされている。

このうち、泥水加圧工法は推進管内に送排泥管を設置し、泥水ポンプに繋いで掘削切羽に泥水を送る。この泥水圧は切羽における地下水圧や土圧とバランスをとり、切羽の崩壊を防ぐとともに、この泥水に掘削土を混ぜ合わせた流体は排泥管を通して発進立坑側に環流させて、ズリ出しを行うシステムをとっている。このための泥水には普通、ベントナイトを主材に他の添加剤を混ぜて安定した懸濁液を作り、その比重は1.1～1.2程度に調節している。

ところが、アングルモール工法は元押推力により切羽を常に主動土圧以上、受働土圧以下の範囲で押しつけ、圧密状態を保持することにより切羽の安定を計っている。一方流体輸送用の送排泥管は径50mmと小さいので、流体中の固形物の管内沈降対策上、泥水比重を高める必要がなく、普通の清水でも十分に流体輸送ができ、特に作泥の必要はない。切羽における送水圧は地下水圧とのバランスおよび流体輸送のため、地下水圧+0.1～0.3 kg/cm² あればよい。これらのことから本工法は泥水加圧工法とシステム上はほぼ同じであっても、基本原理と運転操作の面ではかなりの相違があり、一層簡素化した工法ということができると言える。通常は特にベントナイト泥水を作る必要がないため、泥水処理プラントが省略され、単なるズリの沈澱水槽だけでよい場合が多く、運転管理が容易となった。



第1図 アングルモール工法一般配備図

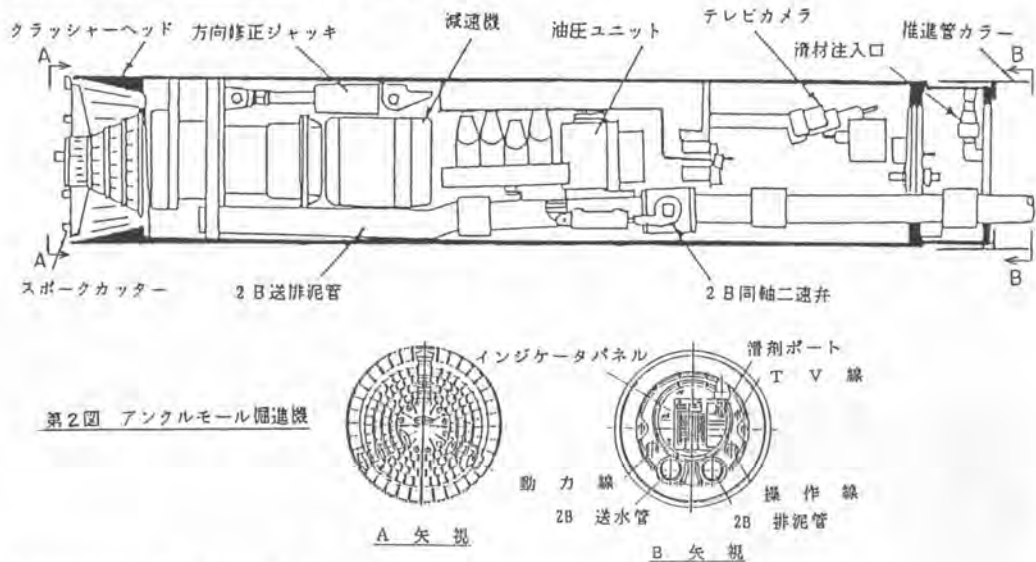
3. 掘進機構

本掘進機をアンクルモールと称しているが、機長は約2m前後、外径は推進管外径より10~15mm大きい円筒形をしていて、この掘進機を先端にして推進管が次々と押込まれて行く。

掘進機は先端に開放形のスポークカッターを備え、その直後にある礫破砕用のコーンローターと一体化されて毎分約100回の偏心運動をしながら4~5回の回転をして、切削および礫破砕をしながら掘進する。本機には減速および偏心作用のため独自の遊星歯車機構が応用され、下図-2の通り狭いスペース内に高度な各種装置や計器が配備されている。

クラッシャー室を通過した掘削土は次の泥水室で流体輸送のために水と混ぜ合わされ、排泥管を通過して地上に運び出される。泥水室の直後には2個の方向制御用の油圧ジャッキがあり、操作盤上のテレビに示されるレーザースポットを見ながら上下方向に±1°、左右方向に±1.5°の範囲でマシンヘッドの角度を調節し方向修正を行う。

この外、機内の各種の計器類はテレビカメラで遠隔操作盤上に表示され、運転管理はすべて1人のオペレーターでリモートコントロールされる。本掘進機構は他のボーリング工法などと異り、掘進用駆動機構および方向制御機構が推進管の先端部にあるので、掘進上ではその推進距離の制約はなく、従って他工法に比べ長距離掘進が可能である。



第2図 アンクルモール掘進機

4. アンクルモール工法の特徴

アンクルモール工法の特徴を挙げると以下のようになる。

- (1) 1スパン100m以上の掘進が可能である。

地質条件、管と地山の摩擦力に対する管の耐荷力、切羽圧と流体輸送距離、測量機器の性能その他によりその掘進距離の限界が決るが、条件さえ揃えば100mあるいはそれ以上の掘進もできる。

- (2) 方向精度が高い

ターゲット上に現わされるレーザースポットを監視しながら方向制御をするので、一般にその誤差は上下、左右とも20mm程度にコントロールできる。

- (3) 推進管内径の約40%、外径の約1/3サイズまでの礫を取込み、20mm以下の碎石に破砕する。
- (4) N値50以上の固結土や軟岩層も容易に掘進できる。
- (5) 滞水層や崩れやすい地盤にも一般に補助工法なしで掘進できる。
- (6) 発進および到達立坑が小さくてよい。

3段式元押装置（モールマイスター）と組合せると、鋼矢板立坑の寸法は発進側で2.4×4.8m、到達側で1.6×3.2mでよく、φ300mm以下のときは発進坑を4mに縮めることができる。

- (7) 流体輸送は清水でよい。

送排泥管が小さく（φ50mm）ズリの管内沈降が少なく、特に泥水とする必要はない。

5. 掘進機主要仕様

アンクルモール掘進機の各サイズごとの主要仕様は右表-1の通りであるが細部寸法についてはその後変更することもある。

(表-1)

請 元		区 分						
型 式 (TCC)		250-I	300-I	350-I	400-I	450-I	500-I	
呼 径 (内 径)	mm	250	300	350	400	450	500	
通 用 推 進 管 長	m	200						
掘 進 機 外 径	mm	370	426	485	540	600	655	
掘 進 機 全 長	mm	1,850	2,000	2,100	2,100	2,300	2,300	
カッターおよびクランパー	動 力	KW						
	i × T	1.5	2.2	3.7	3.7	5.5	5.5	
	回 転 数	50Hz	0.28	0.48	0.84	0.84	1.2	1.2
		60Hz	0.23	0.40	0.70	0.70	1.0	1.0
	個々回転数	50Hz	4.5	3.8	3.6	3.6	3.7	3.7
		60Hz	5.4	4.5	4.3	4.3	4.4	4.4
	50Hz	8.6						
60Hz	10.3							
破 砕 砕 方 式	前面コンクリートクラッシャー方式							
取 込 最 大 礫 径	mm	110	130	145	180	190	210	
破 砕 礫 径	mm	20以下						
動 力	KW	0.4						
定 格 圧 力	kg/cm ²	1.40						
ポンプ吐出量	L/min	1.0						
方 角 補 正	シフト推力(1)×本数	50×2	72×2	94×2	118×2	144×2	172	
	最大修正角度	上下それぞれ1°、左右それぞれ1.5°						

6. 施工実績と標準推進歩掛

アンクルモールは今春から本格的な生産態勢に入り、今年の7月までに約30台の完成品を出している。

その施工実績も既に20例弱に及び、本工法の普及に伴い、施工デー

ターも整いつつあるが、これまでの施工例に基づきとりまとめた標準推進歩掛りは上表-2の通りである。

(表-2) 標準推進歩掛

土 質	砂 礫	硬土(軟岩)	砂質土	粘性土
N 値	40~50	50以上	10~20	5以下
推進速度 (cm/分)	3.0	4.5	6.0	10.0
日当たり推進距離 (m/8時間)	5.9	8.1	9.0	11.2

7. あとがき

ここに紹介したアンクルモール工法によれば、従来、困難または不可能と見做されていた地盤に対しても推進工が可能となり、その適用範囲を大幅に拡大することになったが、まだすべてのケースに無条件で施工できるものではない。最大礫径の限度もあれば最小土被りの限度もあり、これらの改善と共に推進距離も管材の改良と相俟ってさらに延長させる必要もあろうかと思われる。

今後共、ユーザーのご批判を頂きながら改良を加え、よりよい機械をより安く供給できるよう努力して参りたい所存である。