

29. 硬質土用水圧バランス形アイアンモール

(株)小松製作所 齊藤 博

1 まえがき

最近、下水道管渠埋設工事分野で開削工法に代わって、推進工法用の小口径管推進機が着目されはじめています。これらの推進機械はいずれも下水道管渠の設計勾配を保つため方向修正機能が装備されており、年々採用する市町村が増えてきています。

アイアンモール工法はその先駆けというべきものであり、昭和50年初施工以来現在まで約130kmの施工実績がある。今回広くユーザーニーズに答えるため、適用土質範囲を従来のN値20までからN値50までに拡大し、かつ小口径管推進では非常に困難であった滞水砂層でも、立坑廻り以外補助工法なしで安全確実な施工が可能となったので、その概要を報告する。

2 アイアンモール工法のシステム概要

図-1に工法のシステムについての概要を示す。従来の圧密によるパイロット管推進、スクリー=排土によるヒューム管推進に加え、新たに掘削によるパイロット管推進、水圧バランス式スラリー=排土によるヒューム管推進によって、N値0から50まで、低水位から高水位までの土質条件に合わせて自由にシステムの選択ができ、最適な施工が可能になる。

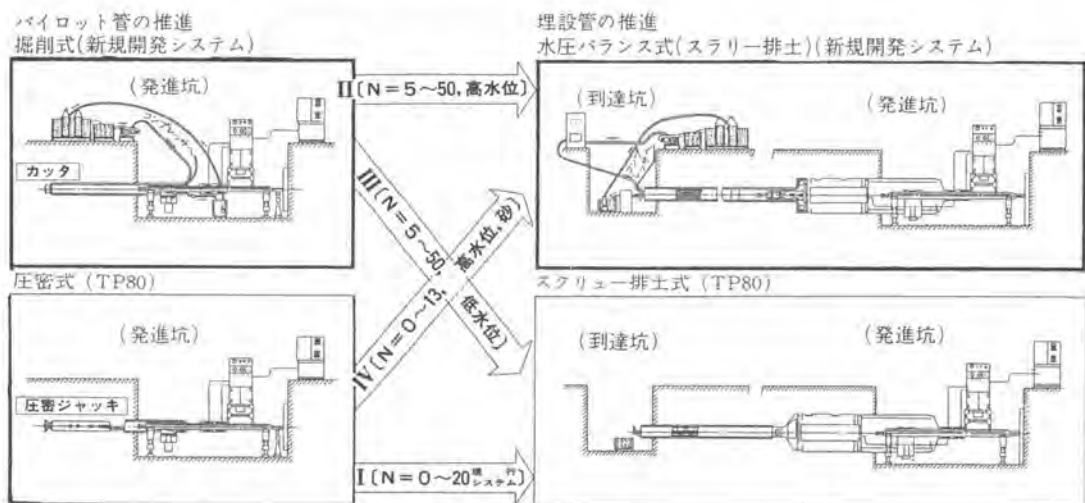


図-1 工法のシステム図

2-1 パイロット管推進(システムII、III)

従来と同様、高精度で埋設するため、まず方向修正機能をもったパイロットヘッドを推進する。硬質土に対応するため、パイロットヘッドの先端に回転カッタが装着されており、このカッタを所望の

方向に揺動させることによって方向が修正される。

掘削された土砂は、発進立坑側の送水ポンプで送られてくる高圧水によってスラリー化される。このスラリーはパイロットヘッド内部のジェットによって発進立坑まで輸送され、サンドポンプで立坑外へ汲みあげられる。土砂はバケット内に沈殿し、水はオーバーフローして再び送水ポンプでパイロットヘッド内へ送られる。

後続には上下に送泥水管が設けられたパイロット管を順次ネジ結合にて接続し、発進立坑内でのリモートコントロールによる方向修正操作を加えながら、到達立坑まで基準線に沿って精度よく推進していく。

2-2 ヒューム管推進（システムⅡ、Ⅳ）

前述のパイロット管の貫通後は、口径拡大用の掘削ヘッドで掘削排土しながらヒューム管を推進する。排土の方法には、地下水位の高低・土質等の工事条件により、従来のスクリュコンベア方式とスラリー方式の2通りがある。ここでは地下水位の高い滞水砂層の工事条件に適したスラリー方式について説明する。

パイロット管内に2本のパイプからなるスラリー管を引き込み、パイロット管とともに発進立坑内にセットされた掘削ヘッドに接続する。掘削ヘッドのカッタによって掘削された土砂は、送水ポンプによって到達立坑からスラリー管の一方のパイプ内を通過して送られてきた水でスラリー化される。このスラリーはスラリー装置パイロット管内のジェットによって、スラリー管のもう一方のパイプを通過して到達立坑へ排出される。この水の循環の様子及び残土処理はパイロット管推進時と同じであり、水処理装置についてはそのまま使用することができる。

このシステムは従来のパイロット管（外径 ϕ 216）でも適用可能で、N値1.3以下で高水位の砂層では圧密によるパイロット管推進後、スラリー排土によるヒューム管推進システムが最適となる。

表-1にこの工法の仕様と従来のものとを比較を示し、表-2にはシステム別の最適土質条件を示す。

項目	工法	硬質土用水圧バランス型工法	T P 80
適用土質		粘性土、シルト、砂質土、砂、 Lc 値1.5以下	粘性土、シルト、砂質土、砂
N値		5~50	0~20（ただし砂は1.3まで）
地下水位		埋設管上6mの水位まで可	埋設管上4mの水位まで可
推進距離		最大60m	←
適用管	ヒューム管(内径) 鋼管(外径)	ϕ 250~ ϕ 600 ϕ 232~ ϕ 800	← ϕ 216~ ϕ 800
埋設精度		到達点誤差 上下 \pm 20mm以内 左右 \pm 50mm以内	←
方向修正		カッタの任意方向揺動による掘削	パイロットジョッキの任意方向揺動による圧密
排土方式	パイロット管 埋設管	スラリー輸送 ↑	圧密による無排土 スクリュコンベア輸送
土砂の取込み制御		立坑内でのリモートコントロールによる水圧バランス	液バネ装置
立坑の大きさ	発進側 到達側	長さ5.2m×幅2.4m 長さ3.6m×幅2.4m	長さ4.8m×幅2.4m ←
所要電源		AC200V 52kW	AC200V 33kW

表-1 工法の仕様と従来のものとを比較

システム	パイロット管推進	ヒューム管推進	土質条件							
			粘質土		シルト		砂、砂質土			
			N値	0-20	20-50	0-20	20-50	0-13	13-50	
I	圧密式	スクリーン排土	○	×	○	×	○	×	×	×
II	掘削式	スラリー排土	○	○	○	○	○	○	○	○
III		スクリーン排土	○	○	○	○	×	○	×	
IV	圧密式	スラリー排土	○	×	○	×	○	○	×	×

×印：施工不可
 ○印：施工可能
 ◎印：施工可能(最適)

工法	特長
I	現在採用されている工法であり特に軟弱土質においてその能力を十分に発揮し他に例を見ない高効率、高精度で小口径機械推進の代表的な存在。
II	新たに加わった工法であり硬土質、高水位層を最も得意としており立坑周りの土質改良のみで高水砂層を容易に施工してしまい、小口径機械推進の強力な新工法。
III	水がなく土質が硬い場合に採用する工法であり、今まで施工不可能であった硬土質（N値50まで）を施工可能にした。
IV	この工法はN値が比較的低く、水位が高い場合に採用される工法であり、ヒューム管推進はIIの工法同様、水圧バランス式であるため立坑周り以外は土質改良は不要。

表一 2 システム別最適土質条件

3 水圧バランスの原理

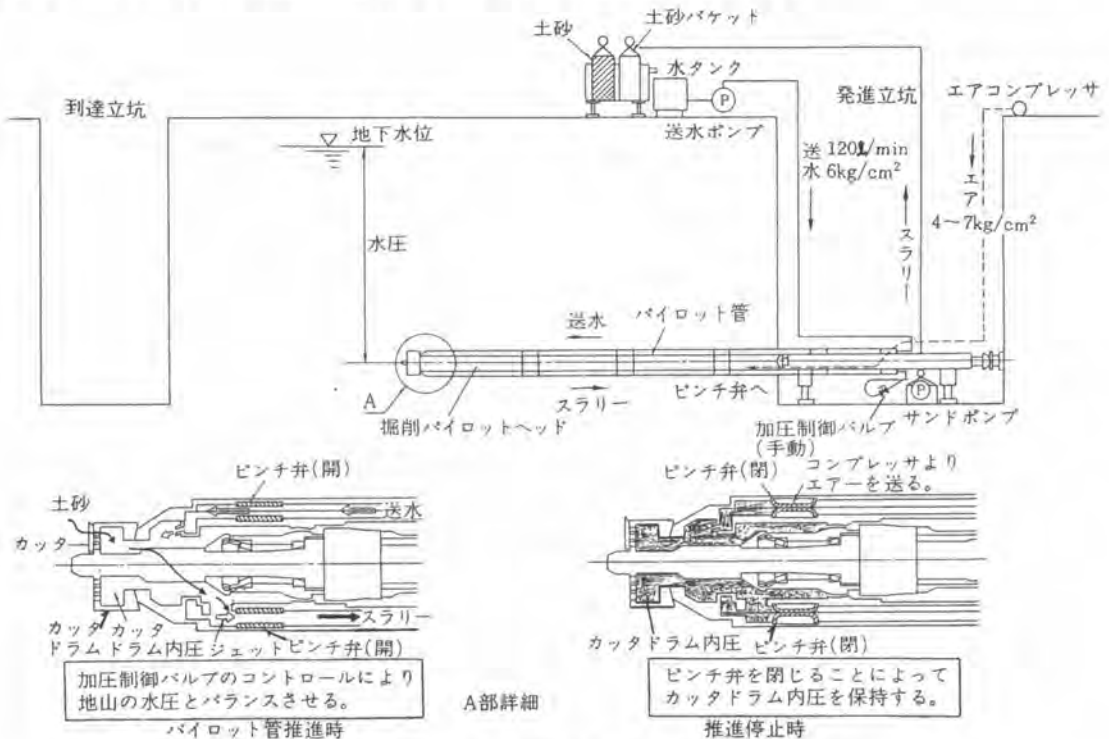
図一2、図一3に水圧バランスシステムを示す。水圧バランスとは清水によってカッタドラム内圧と地山の地下水圧を等しくさせることであり、

$$\text{地山の地下水圧} = \text{カッタドラム内圧}$$

$$= \text{スラリー管配管抵抗} + \text{制御バルブ抵抗}$$

の関係式を成立させることである。この制御バルブは発進立坑内、あるいは到達立坑内にあり地山の地下水位に応じて手動あるいは自動にてコントロールするものである。

推進の停止時、つまり送水による加圧が得られない時は、送泥水通路にあるゴム製のピンチバルブにエアを送り込んで通路を閉塞し、カッタドラム内圧を保持している。



図一2 パイロット管推進時水圧バランスシステム図

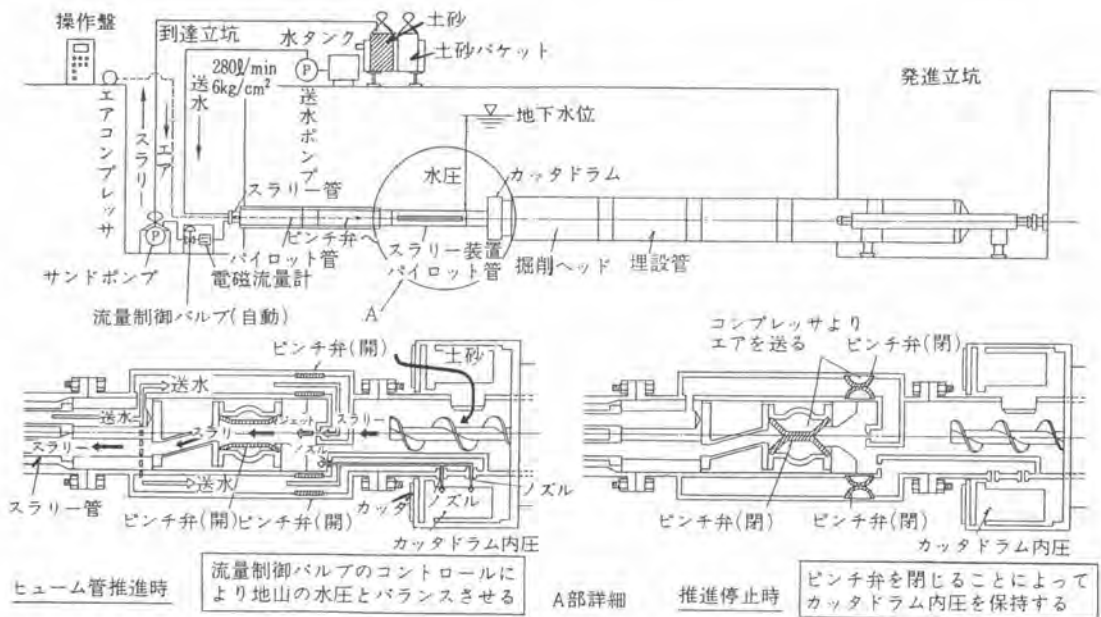


図-3 ヒューム管推進時水圧バランスシステム図

4 施工実績

図-4 のシステムⅡ、Ⅲによる施工実績を示す。N値は5～45、土質は軟弱土から風化花崗岩にまで及び総推進延長は約2300mとなっている。

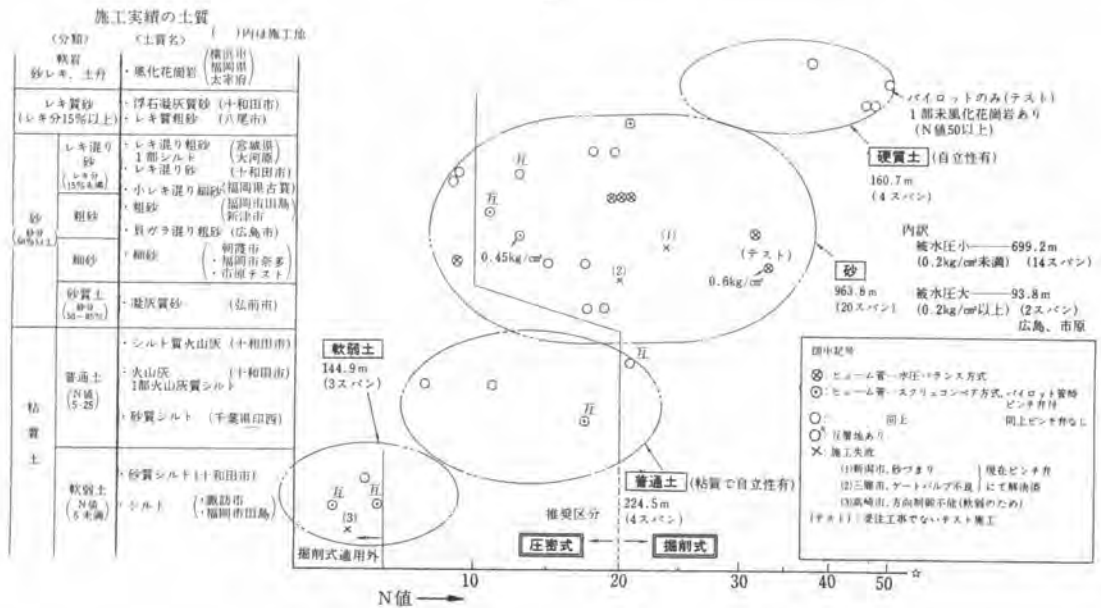


図-4 システムⅡ、Ⅲの施工実績

5 あとがき

以上アイアンモールの新しい工法について説明したが、この工法が下水道普及にたずさわっている皆様のお役に立てば幸いです。また各方面の御意見でさらによりよい工法へと努力する所存です。