

技術情報

シリーズ第7回

「小口径管推進工法の高度化に関する研究」 施工管理手法の高度化

*田中 貢

前・建設省土木研究所
施工研究室
研究員

**金森 康継

酒井重工業(株)
スモールチーム

1. はじめに

スモール(SMOLE)工法のHydro Balance方式(HB方式)は、地下水位が高く、透水係数の大きい被圧滞水砂層等における施工を目的にしたものである。

従来のオーガ工法では、推進速度と推進力、土砂取り込み量と方向制御が標準工法における主な管理要素であるが、HB方式ではさらに、切羽水圧と加水圧力、泥水の循環流量と液比重、沈澱土砂量の確認などの要素が増し、管理が煩雑になるため、必然的にオペレータの技術レベルと熟練度が要求される。また、滞水砂層における小口径管推進工法では、切羽が崩壊し、方向誤差の発生が起り易いため、掘削推進時、切羽水圧にバランスする加水圧力を制御しながら切羽の安定を保って、方向誤差の発生を少なくし施工の高度化を図る必要がある。

2. 実験目的

加水圧力の調整に関しては、切羽の安定のために必要な切羽部での泥水圧としては、切羽に作用する地下水圧と考え、この水圧に対抗する加水圧力の調整方法を探る。

さらに、高度化に関しては、加水圧力の調整に

関する実験結果をふまえて、地下水圧にバランスする加水圧力を自動制御しながら切羽の安定を保つと共に、方向誤差についても自動修正しながら掘削を行ない、施工精度を調べる。

3. 実験方法

実験装置としては、スモールSB3型発進台およびキャレッジ、2工程φ250mm止水型先導体および誘導管、送水ポンプ(口径80mm、動力5.5kw、吐出量0.6m³/min、全揚程15m)、ならびに排泥ポンプ(口径100mm、動力15kw、吐出量1.0m³/min、全揚程20m)を使用した。

バルブV1、V2、送水管、加圧水室、れき取りボックス、排泥ポンプP2、排泥側バルブV3、排泥管で構成される制御システムの概略を図-1に示す。

*略歴

田中 貢(たなか・みつぐ)／昭和55年3月愛知工業大学土木工学科卒業、昭和61年10月建設省土木研究所施工研究室研究員、平成4年4月近畿地方建設局豊岡工事事務所、現在に至る。

**略歴

金森康継(かなもり・やすつぐ)／昭和59年3月群馬大学機械工学科卒業、同年4月酒井重工業(株)入社、現在に至る。

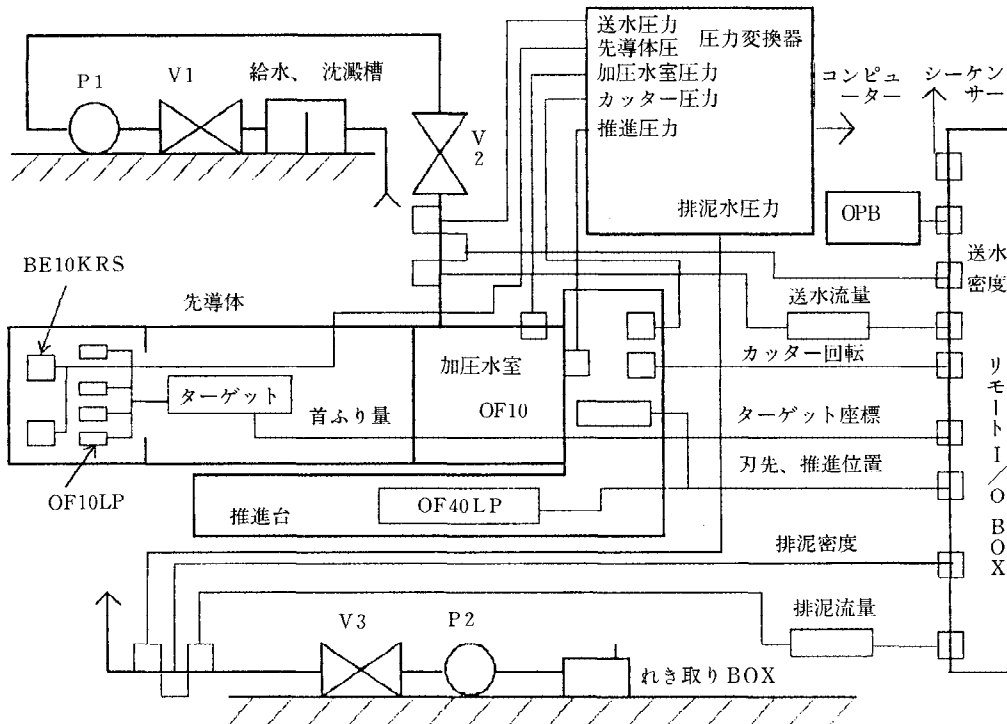


図-1 制御システム概略

表-1 施工条件

施工現場	埼玉県北葛飾郡栗橋町、酒井重工業内	
推進延長【m】	14.8	
土被り【m】(管上端からGLまで)	7.5	
地下水位【m】(管芯からの水位)	4.0	
N値	18	
Bor. No.	1 (到達側)	2 (発進側)
土質名	細粒分混じり砂	砂
含水比【%】	24.7	24.0
透水係数【cm/sec】	4.0×10^{-3}	9.0×10^{-3}

実験方法は以下のようになる。

(1) 加水圧力調整方法の確認

図-1における泥水循環管路において、送水ポンプP1、排泥ポンプP2の回転数を900～1800rpmの間で150rpmずつ、送泥側バルブV2の開度を

を10～100%の間で10%ずつそれぞれ変えて、先導体先端の土砂取り込み口部と、加圧水室に取り付けた圧力センサーから、停止時と推進時の加水圧力を調べ、加水圧力の調整方法を探る。

施工条件を、表-1に示す。

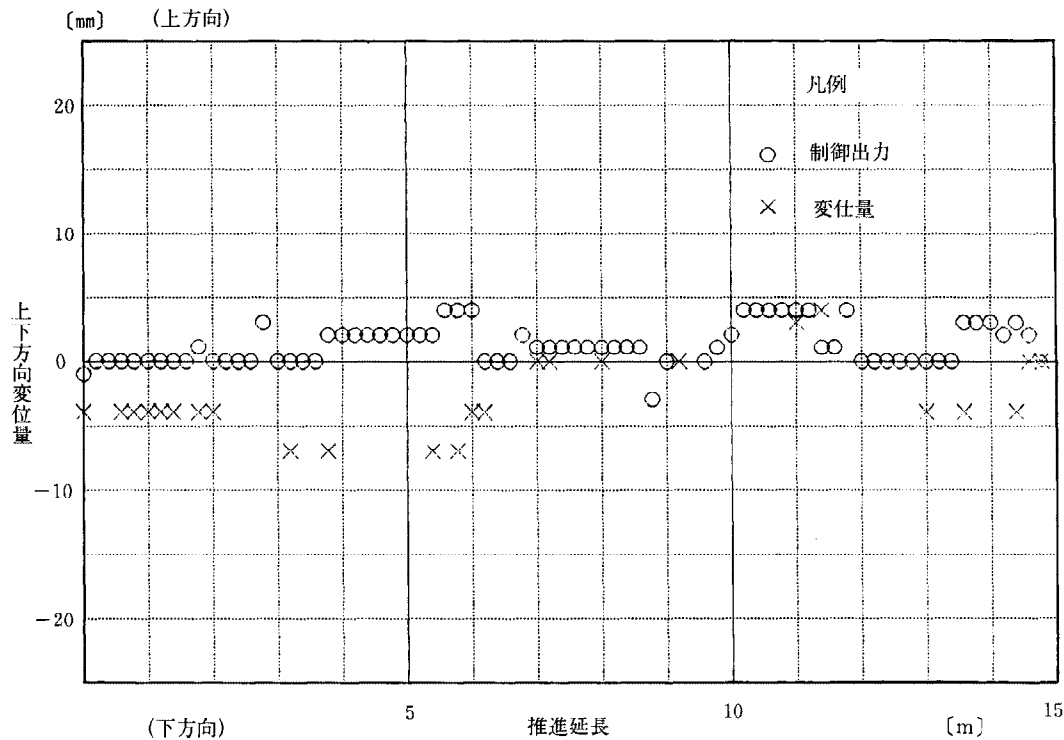


図-2 上下方向における変位量と制御出力の関係

(2) 高度化システムを利用した施工精度の確認

掘進中、先導体先端チャンバー内の土圧計は、カッターヘッドの影響を受けて変動するため、加水圧力調整の目標値をあらかじめ測定した地下水圧とし、制御出力の圧力測定は加圧水室の圧力とした。

加圧水室圧力の制御方法としては、制御要素を排泥ポンプ回転数と送水側コントロールバルブの開度とし、これらを変化するフィードバック制御を採用した。

方向制御は、レーザーターゲットで検出した上下左右の座標と、現在の座標値の20cm前の座標値との差であるズレ速度より判断し、上下と左右4本の方向修正シリンダーにおける首ふり量を1/4、2/4、3/4、4/4の4通りの制御量として出力させる方法とした。

4. 実験結果

(1) ポンプ回転数、バルブ開度と、推進時の加水圧力の関係を調べた結果、次のことが明らかに

なった。

a. 加圧水室の圧力は先導体先端の土砂取り込み口部の圧力と等しくなる。

b. 排泥ポンプP2を作動させた状態では、送水ポンプP1の回転数を変化させ、送水量を上げても、加圧水室内の圧力の上昇は 0.2kgf/cm^2 が限度である。

c. 送水ポンプP1、排泥ポンプP2を作動させた状態で、送水側バルブV2の開度調整により送水量を変化させると、開度60～100%で、加圧水室内の圧力を $0 \sim 0.2\text{kgf/cm}^2$ の範囲で調整することができた。

d. 送水ポンプP1を作動させた状態で、排泥ポンプP2の回転数(排泥水量)と加圧水室内の圧力には比例関係がある。すなわち、回転数を1800rpm.から150rpm.ずつ下げると加水圧力は 0.1kgf/cm^2 ずつ上がる。

以上から、加水圧力の調整には排泥ポンプの回転数と送水側バルブV2の開度を変化させること

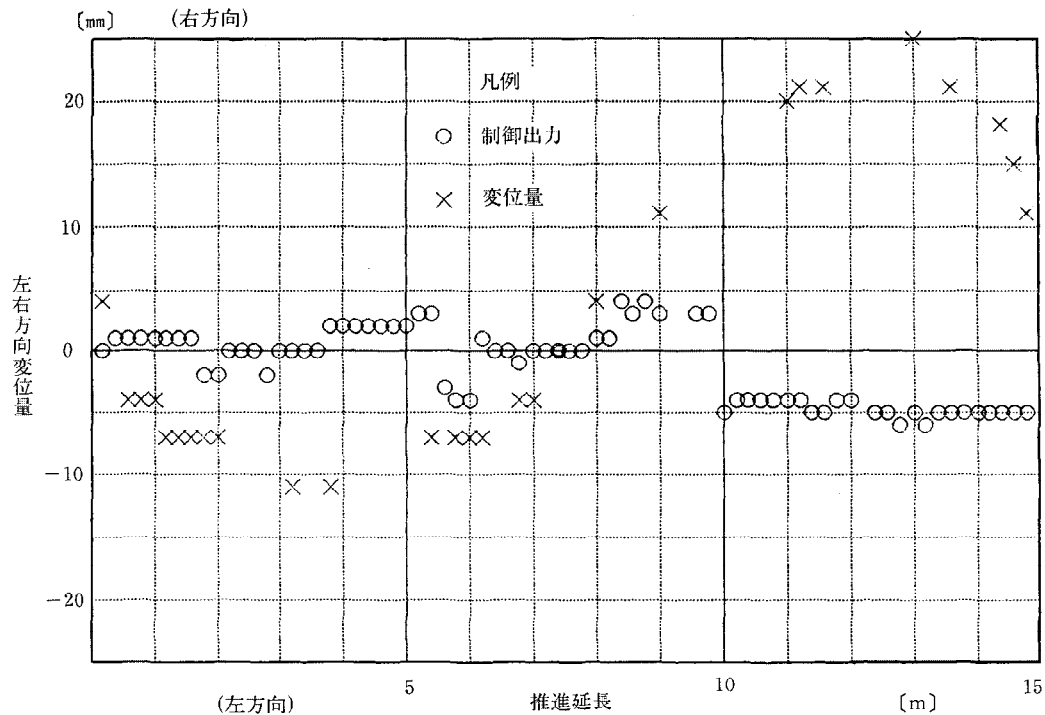


図-3 左右方向における変位量と制御出力の関係

表-2 施工結果

上下方向	範囲【mm】	平均値【mm】	分散
	下-7.4~上3.7	下-2.6	8.4
左右方向	範囲【mm】	平均値【mm】	分散
	左-11.0~右25.0	右 1.6	126.2

が有効である。

(2) 高度化システム利用時の、上下方向と左右方向における変位量と制御出力の関係を、それぞれ図-2、図-3に示す。

また、施工結果を、表-2に示す。

制御出力は、先導体先端の首振りのために上下、左右に配置した方向制御用シリンダーの中立位置からのストローク長(-6.0から+0.6mm)を表している。

変位量は、基準レーザ光線に対する先導体の基準位置0からのズレを意味する。

図-2の上下方向の制御出力と変位量の関係に

よれば、最大変位量は、上3.7mm、下-7.4mmで、ズレ量は非常に少なかった。

図-3の左右方向の制御出力と変位量の関係によれば、最大変位量は、右25.0mm、左-11.0mmとなった。

表-2の施工結果における左右方向の分散の値が大きいの、右25.0mmと特に右方向へのズレ量が大きいのから、右側約1.5mの位置にすでにヒューム管を敷設しており、このために生じた地山の緩み、空洞等が影響しているものと考えられ、今後その確認をしたい。

加水圧力については、約2mまでが棄注ゾーン

であり、ここまでは0.1~0.8kgf/cm²の間を変動したが、その後は0.4kgf/cm²に近すぎ、6.3mすぎから全く変動なく、目標値0.4kgf/cm²に調整できた。

加水圧力の制御と、方向制御を行った結果をまとめると以下の様になる。

- a. 加水圧力は、目標値の0.4kgf/cm²に調整できた。
- b. 方向制御においては、上3.7mm、下-7.4mm、

右25.0mm、左-11.0mmが最大変位量で、上下、左右25mm以内の精度結果を得た。

5. 今後の問題点

今後、適応土質をより広くするには、本制御方式の20cmごとの出力では応答性に劣るため出力間隔を短くする必要がある。

また、現状の制御システムは、機器類が多く複雑であるため、機器類を簡素化した、より使い勝手の良い装置にする必要がある。

