

III - 2 泥水加圧型シールド工法における掘削土量の管理について

(株) 間 組 研究開発局 正員 ○ 植松一純
“ “ “ “ “ “ 小林康夫

1 まえがき

最近 地下水の豊富な砂質地盤中に トンネルを築造する工法として 泥水加圧型シールド工法が採用されまた注目を浴びている。

本工法は 切羽前面が密封されているため 地山の掘削状況を直接監視することが不可能である。そこで 諸測定装置を取付け掘削の管理を行っている。本文は この管理方法と、施工上生じた問題について 考察したものである。

2 地質の概要

施工地点の地質構成は 上部より関東ローム層 凝灰質粘土層 成田層の3層に堆積しており シールド通過位置は成田層である。

この成田層は 細砂 中砂層から成り N値 20~50、透水係数 $k = 10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 含水比は 24 %程度で 地下水はGL-2.8m付近にある。

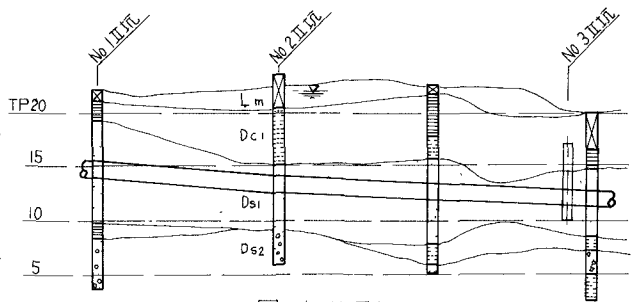


図-1 地層縦断面図

地層縦断面図を図-1に 粒径加積曲線を図-2に示す。

3 発進方法

地下水の豊富な透水性の良い砂層で発進するため 薬液注入により地盤改良を行ない、完全に地山の止水および安定を計った。そのあとに立坑のシートパイルを切断し 1m程度素掘りを行ないライナープレートと2リング組立てた。その2リング間に厚さ22mmの生ゴムを取付けて 止水を行なった。

また ライナープレートと地山 ライナープレートとシールド間のシールも完全に行ないシールドを発進させた。

発進時の止水概要図を図-3に示す。

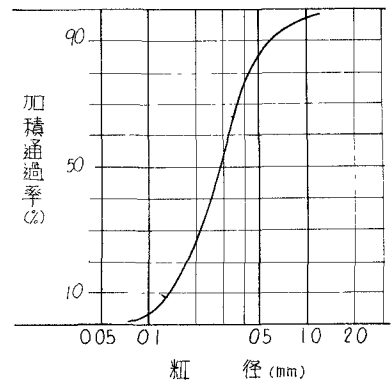


図-2 粒径加積曲線

4 掘削管理の方法

泥水加圧型シールド工法のシステム概要図を図-4に示す。

本工法は 切羽前面が密封されているため 掘削状況を肉眼観測することができず 流量計や密度計などの諸測定計器を用い、掘削土量を知ることにより 掘削管理を行っている。

切羽での泥水圧は 掘進前に中央監視盤にて自然水圧+αに設定する。その設定圧により送水ポンプ、排泥ポンプは自動的にコ

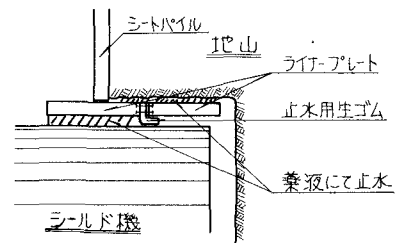


図-3 止水概要図

ントロールされ 切羽水圧を維持するシステムとなっている。

送水流量 排泥流量(80 m^3/h)は管内に土砂が沈降しないための最低の値で 速度は 28 m/sec である。

中央監視盤には 刻々の送水流量、排泥流量、切羽水圧、泥水密度、乾砂量などの連続観測自記装置を装備している。

1掘進の自記記録を図-5に示す。

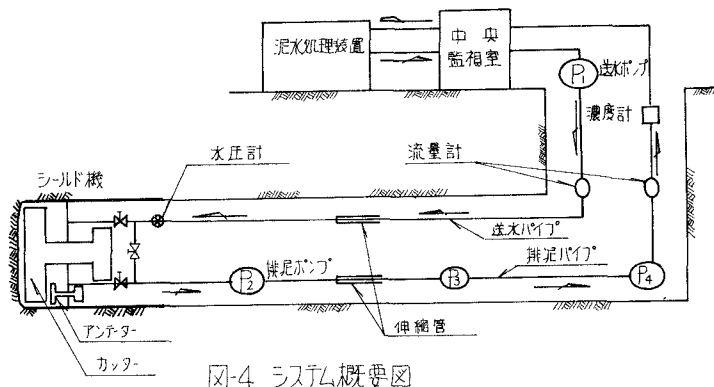


図-4 システム概要図

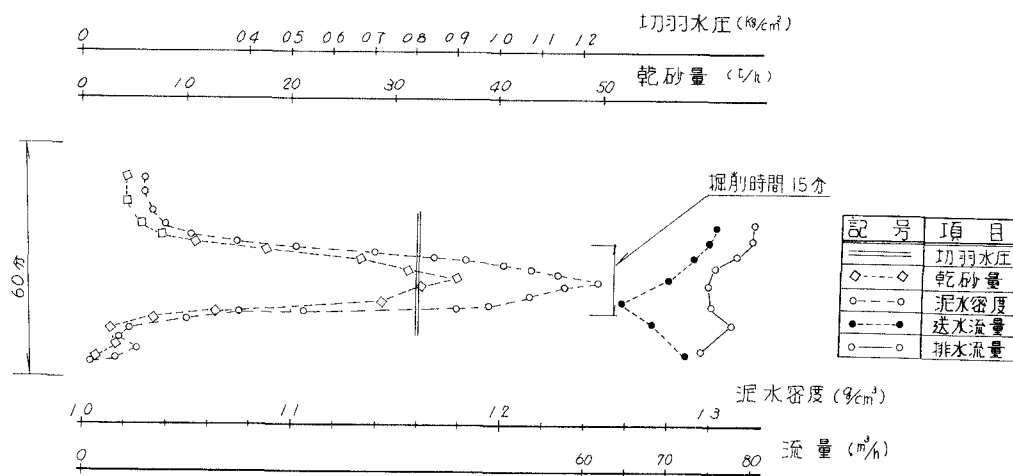


図-5 自記記録図(1掘進)

5 掘削工量(実測値)と理論掘削工量の算出方法

掘削の管理を行なう上で、流量検出器、泥水密度検出器を用いていることは前記したが、それらの諸測定装置のアウトプットより、掘削工量(乾砂量)を算出するための演算器等も用いている。しかしこの演算をさせる為には、土粒子の比重を設定しなければならない。これは土質調査資料の平均値を採用している。

ここで注意することは、演算器よりアウトプットされた掘削工量は、送水側の土量がプラスされていることである。送水側の液比重が高いと、排泥側の掘削工量が割増されることになり、アウトプットされた値より、送水側の土量を差引いた値が、真の1リング当りの掘削工量となる。

それに対し、理論掘削工量(乾砂量)は、土質調査資料より1リング当りの土量を計算し、この2つの値を比較する事により、掘削管理の一助としている。

α) 演算器による計算方法

$$G_1 = Q_1 \times \frac{G_s \cdot (G_{w1} - 1)}{G_s - 1} \times \frac{t}{60}$$

$$G_2 = Q_2 \times \frac{G_s \cdot (G_{w2} - 1)}{G_s - 1} \times \frac{t}{60}$$

$$G = G_1 - G_2$$

G : 掘削工量(1リング)

G_1 : アウトプットの値(1リング)

G_2 : 送水側の土量(1リング)

G_s : 土粒子の真比重

G_{w1} : 排泥側の液比重

G_{w2} : 送水側の液比重

Q_1 : 排泥流量(m^3/h)

Q_2 : 送水流量(m^3/h)

6) 土質調査資料による計算方法

$$\text{含水率} = \frac{\frac{w}{100}}{\frac{1}{G_s} + \frac{w}{100}} \cdots (\% \text{ vol})$$

$$\text{含泥率} = 1 - \text{含水率} \cdots (\% \text{ vol})$$

$$G = V \times \text{含泥率} \% \text{ vol} \times G_s$$

G : 掘削工量 (立方メートル)

w : 含水比 (%)

G_s : 土粒子の真比重

V : 地山の体積 (立方メートル)

6. 結果と考察

前記のシステムにより、掘削管理を行ない施工した結果つぎのような結果をえた。

図-6に掘削距離と掘削工量の関係を示す。

図-7には、理論掘削工量に対する増減と頻度百分率の関係を示す。

図-6を見ると 理論掘削工量をほぼ中心にして、上下に分布しているが、多少過剰掘削の傾向にあると思われる。

また掘削工量の分布に、切羽水圧の分布を関連づけて考えてみると、短期間で切羽水圧を変化させた時は、過剰掘削となる傾向にある。

これより 切羽水圧を変化させることは、地山をゆるめ、過剰掘削の原因となるので、できるだけ切羽水圧は一定にしておく方が良いと思われる。

図-7を見ると ほぼ正規分布を示しているが基準点が多少移動しており、その移動量だけ過剰掘削になっていると思われる。

また過剰掘削によって生ずる地表面沈下を、概算的に求めるため 便宜上図-8に示すように、過剰掘削工量が、直接地表面上で三角形に分布したものととして 計算すると約4cm程度となった。

図-9には代表的な泥水密度の変化を示すが、その内のNo.1, No.2は 掘削工量の過剰だったものの例であり、No.1の方は 掘削時間が長すぎると 掘削終了したあとの、シールドジャッキの操作などに問題があったように思われる。No.2の方は 掘削時には問題ないが、切羽水圧(設定圧)が小さすぎたのではないかと思われる。No.3は 最良の掘進を行なった時の変化図である。

以上 掘削管理の方法、掘削を行なって生じた、過剰掘削に対する問題等を述べてきたが、それらの原因につ

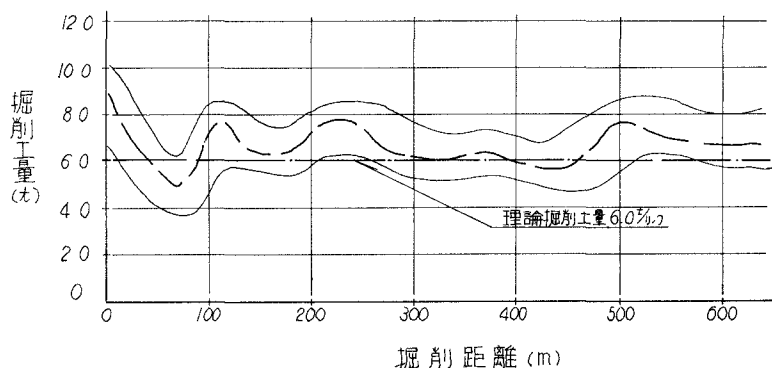


図-6 掘削工量と掘削距離の関係

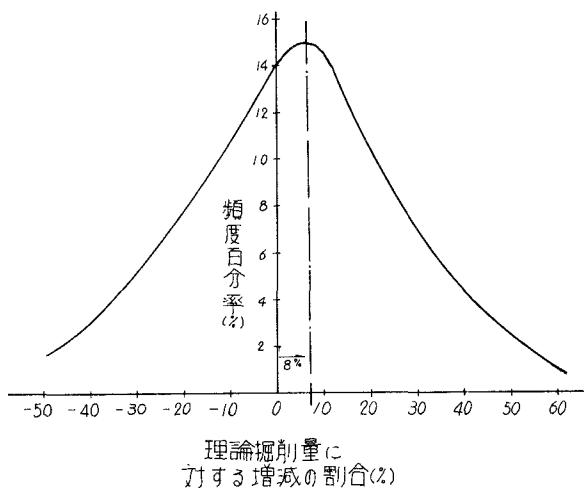


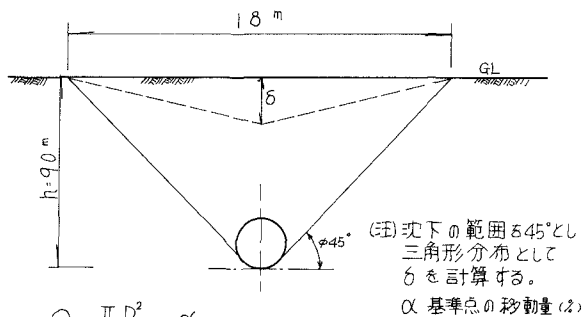
図-7

いてまとめてみると、自然条件（土質等）による問題、施工上の問題、機械的な問題などが相互して前記したような結果とな、たものと思われる。

7 泥水処理

排泥パイプを通過した泥水（比重1.20~1.30）は、スクリューフラシファイヤーにて砂と水に分離させ、砂は一旦山積みし、自然脱水させたあとダンプにて搬出する。

上記によつて分離された泥水中の水は、自然沈澱池で処理し、処理された水はふたたび切羽に循環させ掘削に使用している。



$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times \alpha$$

$$\frac{18 \times \delta}{2} = Q \quad \delta = 40 \text{ cm}$$

図-8 地表面沈下のモデル

8. あとがき

以上 泥水加圧型シールド工法における掘削の管理について述べてきたが、特に今回は砂地盤中の施工であることから、理想的に地山を安定させるための、切羽水圧の管理が非常に難しく、切羽水圧の変動、掘削時間、切羽の崩壊などが重な、たような所では、地表面の沈下が見受けられた。

しかし、一般のシールドのように、切羽の崩壊による掘進停止ということではなく掘進するニギができたニギから、本工法を採用したことは、成功であったと考えられる。

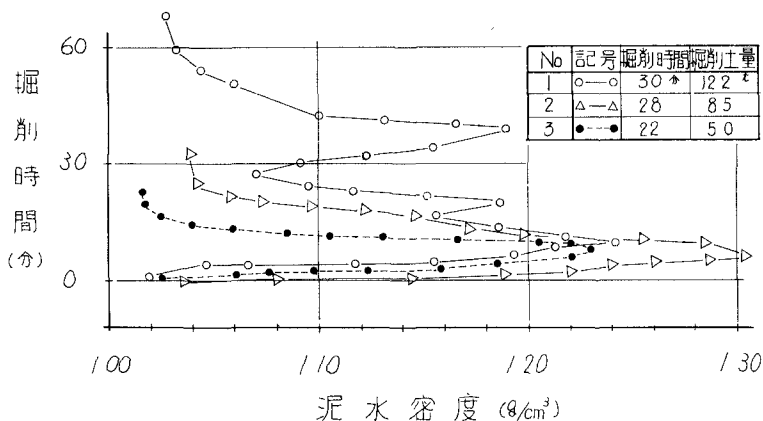


図-9 掘削時間と泥水密度の関係