

対策の土質調査を実施するため坑内を一時的断乳した。詳細な土質調査の結果、推進対象細砂層中に被圧貯留水(ボット・ウォーター)の存在が考えられるので次のような対策を立てた。①薬液注入による地盤改良を図-3に示すとおり拡大する。②坑内圧は当初 0.6 kg/cm^2 とし推進状況に応じて昇圧する。③薬液注入割孔(エア・オガ使用)時に被圧貯留水を除去する措置を講ずる。以上の施策で工事を再開した。止水効果とあげたため薬液注入率50~60%(補注注へを含む)とあげたところ湧水もなくなり掘進が進んだ。このときの空気消費量は $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{min}$ であった。この結果、被圧貯留水の噴出は減少し、注入改良効果によって流砂現象もほとんどみられなくなった。以上の措置により、上部不透気層欠如区間を無事通過した。なお、測尺No.28(740 Ring)以降は上部不透気層内に入ったため坑内圧を所定の 0.9 kg/cm^2 に戻すとともに薬液注入改良範囲を縮小し現在順調に推進中である。

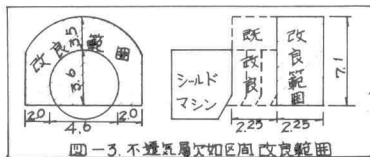


図-3 不透気層欠如区間改良範囲

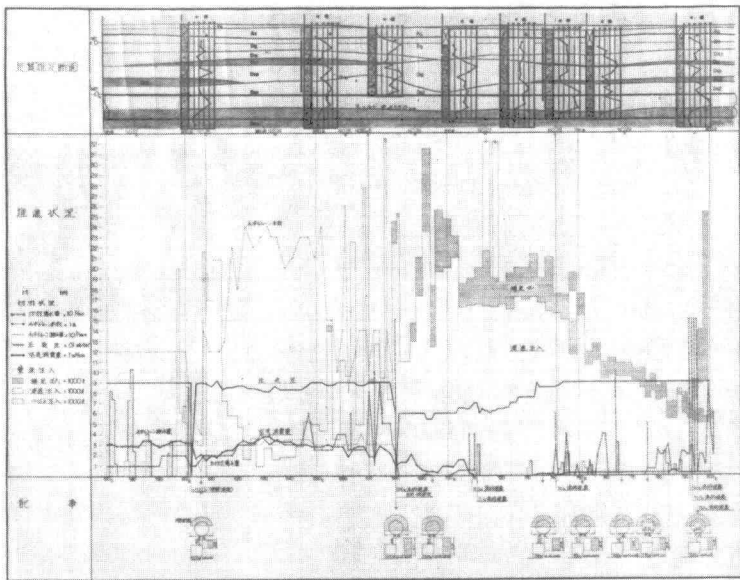


図-4 推進管理図

5. 考察 ①空気消費量をHewett-Johanssonの実験式 $Q = \alpha D^2$ (ここで: Q : 空気消費量 m^3/min , α : 土質によって決まる係数 min/m^2 , D : シールド径 m) から試算すると $Q = 77.4 \sim 154.9 \text{ m}^3/\text{min}$ (ただし、 $3.66 \leq \alpha \leq 7.32$)となる。実際の空気消費量の最大量は約 $40 \text{ m}^3/\text{min}$ であった。逆算して α を求めると $\alpha = 1.9 \text{ min}/\text{m}^2$ となり、 α は砂質土の領域($3.66 < \alpha < 7.32$)外となる。これは薬液注入による効果といえる。②注入改良範囲はBroms & Bennermarkeの切羽安定式 $B \geq \frac{P}{C}$ (ここで: B : セン断厚 m , P : 水圧 kg/cm^2 , C : 注入後の砂の粘着力 kg/cm^2)により試算すると $B = 1.0 \text{ m}$ でよいが、頭前部区間では薬液注入の信頼度と施工性を考慮して $B = 1.5 \text{ m}$ の残存改良幅(バッフ・ゾーン)とした。しかし、施工結果からみると掘進時の衝撃による改良ゾーンの破壊及び被圧貯留水の激噴による流砂防止は避けがたい状況であったため、 $B = 2.25 \text{ m}$ とした。以上の結果から注入改良範囲の決定には土質性状、施工性等を考慮して慎重に定める必要があろう。③被圧貯留水の噴出は突如として現われ30~40秒の間に数立方メートルの泥水が流出する。この被圧貯留水の噴出時にともない地山が乱され流砂現象が発生するので、防止策として事前に被圧貯留水を除去するか、貯留水の被圧に耐えうる地山改良が必要であらう。④当地盤のように均等係数が小さい(3~4) 崩壊性の大きい滞水砂層の圧気式シールドでは上部不透気層の有無により切羽安定処理の難易性が顕著に現われ安全性、施工性、経済性に階差がでるため慎重に検討する必要がある。