

電電公社 正会員 ○桜井 高義
 " " 青木 輝雄
 " " 柴田 元宏

1. **はじめに** 当施工例は名古屋市内熱田地区における通称熱田層と呼ばれる崩壊性の洪積滞水砂層地盤を比較的連続性に富む薄い粘性土と上部不透気層として推進する外径4.6m全断面開放型手掘り圧気シールドの施工例であり、本報告は上記工事において局部的に不透気層が欠如する区画(約100m)における圧気シールドの施工実績及び若干の考察を述べるものである。

2. **土質性状** 当工事区画の土質想定縦断面は図-1に示すとおりで、砂層と粘性土の互層状にあり、上部4.0mは浅は沖積層の推積物より成り、GL-4.0m以深については洪積層によって形成される。この洪積層は上部より砂レキ(Dg)、レキ混り中砂(Ds1)、浮石混り細中砂(DSP)、シルト(Dc1, Dc2, Dc3)、細砂(Ds2)から地盤構成されており、その主な土質性状は表-1に示すとおりである。

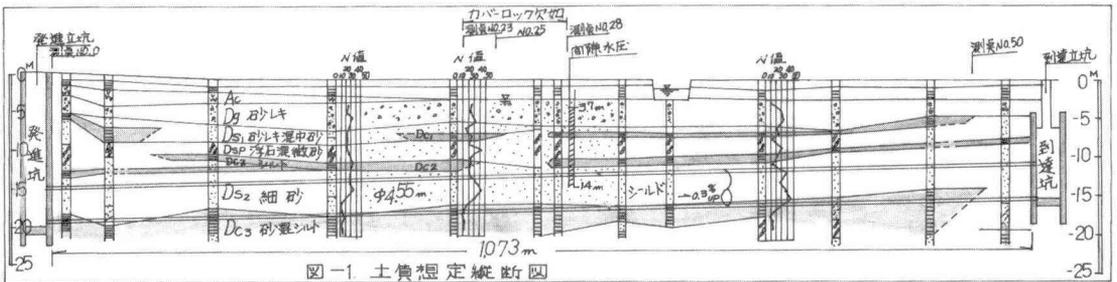


図-1. 土質想定縦断面図

3. **上部不透気層欠如区画の施工計画** シールド上部の不透気層ある区画の

表-1. 土質調査結果

式	料	Dg	DSP	Dc2	Ds2
土質	名	砂レキ	浮石混り中砂	粘土	細砂
層	厚	GL-5m	8m	-10m	-13m
粒分	シルト分 %	98	92	0	0
	シルト分 %	28	4	35	13
	シルト分 %	0	0	35	0
土質	塑性指数 UC	24.3	3.0	4.7	4.7
土質	液性指数 LI	2.624	2.536	2.615	2.663
自然含水比	W%	8.8	28.4	30.4	30.5
固相比	e	0.302	0.714	0.805	0.921
透水係数	K	3.2×10 ⁻⁶	4.4×10 ⁻⁶		1.1×10 ⁻⁶

理論圧気圧は1.2^{kg/cm²}であり、限界圧力はPd=0.99^{kg/cm²}であるため坑内圧を0.9^{kg/cm²}に設定し、下部よりの湧水は水平ドレーンで対処してきた。このため不透気層欠如区画の施工計画は次のようにした。①当工事場所は道路幅員が狭く地下埋設物も錯綜しており、民家も密集しているために路上から地盤改良ができないので、切羽注入を実施する。②0.9^{kg/cm²}の坑内圧が保持できるように図-2に示す葉液注入で上部不透気層を形成する。③切羽断面下部からの湧水は水平ドレーン(図-2)で対処する。④シールドマシン背後から切羽へ廻り込む水は、つば止め注入(セグメント背面に行く止水注入)で防止する。⑤施工にあたっては常に圧気圧、空気消費量の監視を行うと共に切羽の状況に応じて1Ring(75cm)の掘進を分割して行い切羽ジャッキにて直ちに山留する。

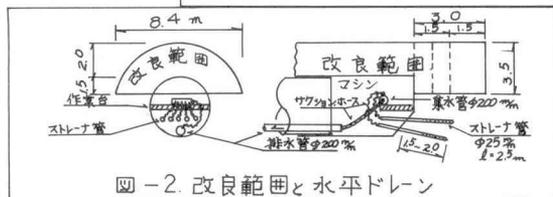


図-2. 改良範囲と水平ドレーン

4. **施工結果** 上部不透気層欠如区画は測尺N023~N028の約100mと推定され上記施工計画に基づき施工を実施した。施工状況は推進管理図(図-4)に示すとおりである。上部不透気層が存在する測尺N00~N023(608Ring)区画は設定坑内圧(0.9^{kg/cm²})が安定し空気消費量は約30^{l/min}程度で切羽も自立し水平ドレーンによる排水量は30^{l/min}で切羽からの湧水量は僅かであった。しかし、上部不透気層の欠如する測尺N023~N025+6m(670Ring)区画(Dc2欠如)に至って切羽湧水量が多くなったため、水平ドレーンを増設し(排水量30~40^{l/min})切羽の安定化を図ったが空気消費量は次第に多くなると共に(35^{l/min})坑内圧も不安定な状態を示し始めた。測尺N025+13m(680Ring)に達したとき切羽右上部葉液注入改良地山から突然泥水の異常噴出があり、次いで、流砂現象が発生した。このため直ちに切羽を閉塞するとともに、地上への影響を防止するため補注注入を実施した。続いて原因究明と今後の掘進

対策の土質調査を実施するため坑内を一時的断気した。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兼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兼液注入削孔(エアホカ使用)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。止水効果とあがるため兼液注入率50~60%(補注注入を含む)とあげたところ湧水もななく掘進が進んだ。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動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、測点N0.28(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 に戻すととも兼液注入改良範囲を縮小し現在順調に推進中である。

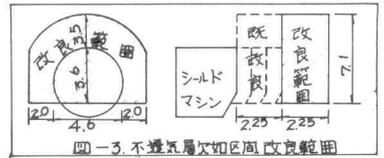


図-3. 不透気層欠如区間改良範囲

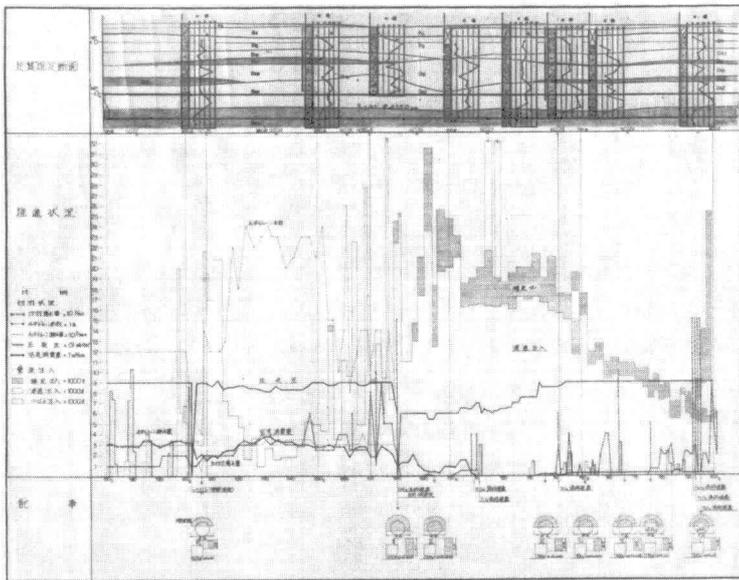


図-4. 推進管理図

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 : 土質によって決る係数 $\frac{\text{m}^3/\text{min}}{\text{m}^2}$, 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 $\alpha = 1.9 \frac{\text{m}^3/\text{min}}{\text{m}^2}$ となり、 α は砂質土の領域 ($3.66 < \alpha < 7.32$) 外となる。これは兼液注入による効果といえる。②注入改良範囲は Broms の 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 $B = 1.0 \text{ m}$ であるが、頭前部では兼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(バックゾーン)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動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る。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れ流動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ろう。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。