

泥濃式推進工法の管理

須山建設株式会社 環境ブロック土木グループ 沖 俊昭

アサヒエンジニアリング株式会社

渡部 信

1. はじめに

上島 1 号雨水幹線は、新川浄化排水路から分水される雨水を効果的に馬込川に排水すると共に、上島地区の浸水被害の軽減を図ることを目的に計画されました。内径2000mmのヒューム管を埋設できるルートは限られており、決定した埋設予定線形には急曲線が含まれ、重要構造物に近接している等、困難な条件が揃っているのが今回の推進工事でした。さらに、掘進機径が 2.4m と大口径であるのに対し、土被りが 4.35m(平均)と比較的浅く、推進中に土砂を多く取り込んでしまい陥没等を起こしてしまった場合、第 3 者への影響は甚大なものになると考えられました。そのため、今回の工事で最も重要なのは、掘削土量の管理及び切羽の安定対策と考え、徹底した管理・対策を行いました。その取り組みを発表します。

2. 工事概要と工法説明

工 事 名 平成 22 年度 都市計画事業 浸水対策下水道事業 公共第 1 号
中部処理区 上島 1 号雨水幹線管きょ築造工事(第 1 工区)

工事箇所 浜松市中区上島 2 丁目外 地内

工 期 平成 23 年 2 月 16 日～平成 24 年 6 月 29 日

発 注 者 浜松市水道事業及び下水道事業管理者

施 工 者 須山・中村組特定建設工事共同企業体

工事内容	管きょ工	L=428.0m	泥濃式推進工法 $\phi 2000 \cdot R=25$ 、 $R=200$ (曲線推進工法用推進管使用)
	マンホール工	3ヶ所	特殊マンホール 1 基・3 号マンホール 1 基 組立箱型マンホール 1 基
	立坑工	3ヶ所	
	地盤改良工	64 万 m^3	立坑底盤、発進・到達坑口 高架橋保護、軌道保護

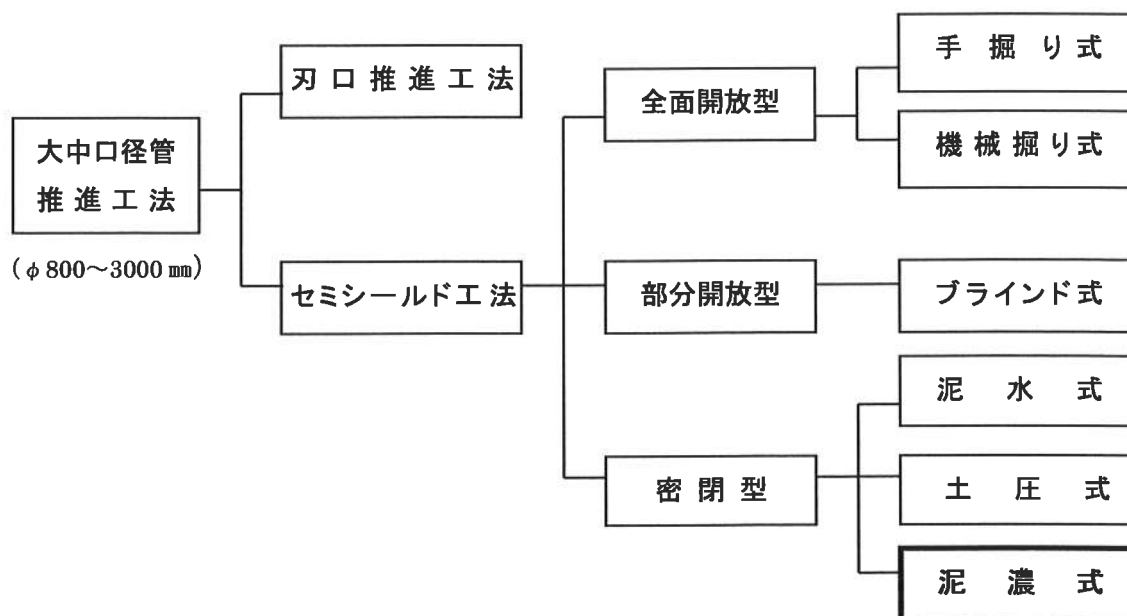
位置図



工 法

【泥濃式推進工】

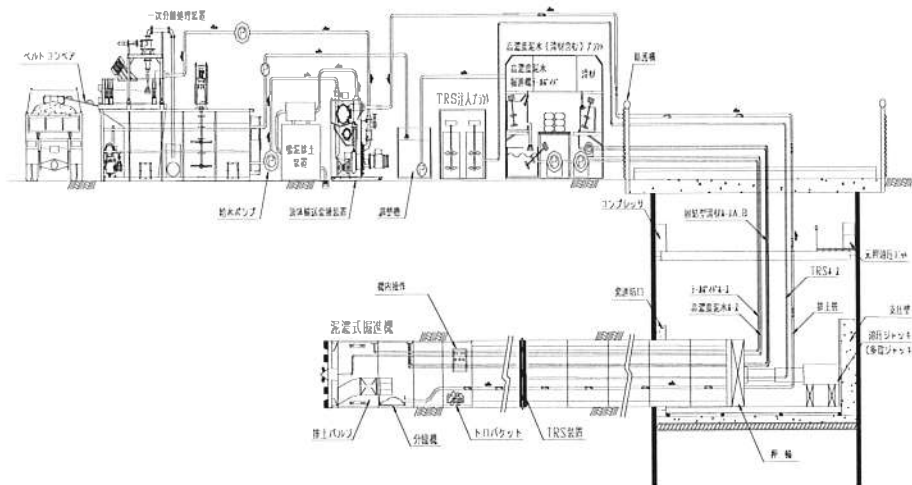
〈工法の分類〉



[超流バランスセミシールド工法]

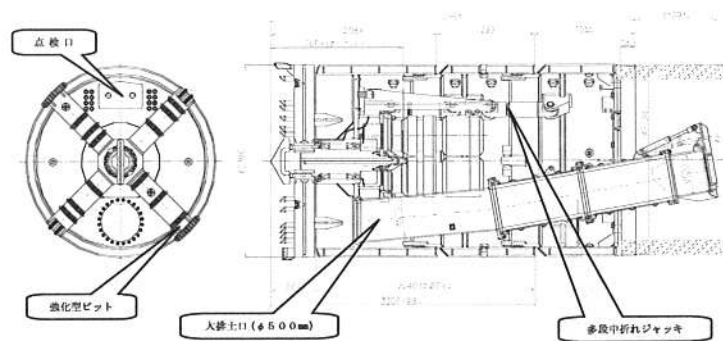
一般的な泥濃式推進工法の cutter 室内の性状は、安定液理論と液状体の目詰効果のみに頼った状態により切羽の安定を図っていますが、透水係数の非常に高い地盤や空隙率の大きい地盤及び礫率が非常に高くバインダー分の少ない土質等は逸泥現象や分離・圧密現象が起こりやすく、切羽の安定を欠く場合があります。そのような不安要素を解消するために、cutter 室全体を塑性流動体・液性流動体の中間的な性状にすることにより、cutter 室全体を泥膜層として地山に対抗することができるため、切羽の安定に優れています。またテールボイドの形成により、他の泥濃式推進工法よりも非常に低い周面摩擦力となり、低推進力での施工が可能です。

標準施工図(一次分離処理方式)



[掘進機]

多段中折れジャッキの採用により曲線造成能力を高め、急曲線推進施工に対応しています。大排土口を有し、玉石の排出や流木排出が容易で、排土装置内で閉塞が起こることが少ない掘進機です。

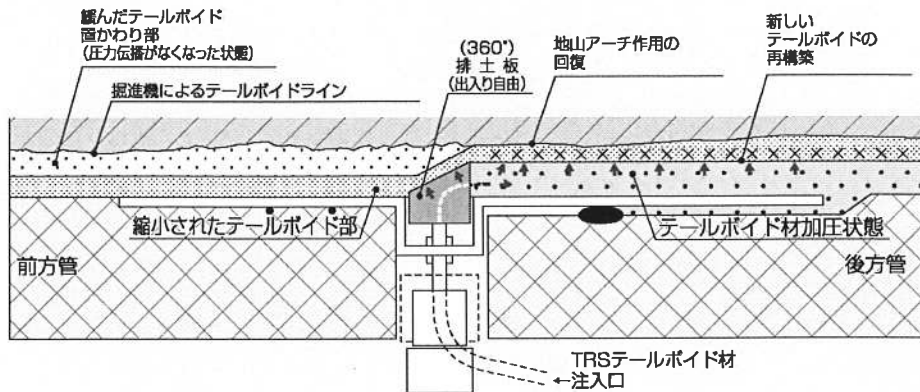


超流バランス φ2000mm掘進機

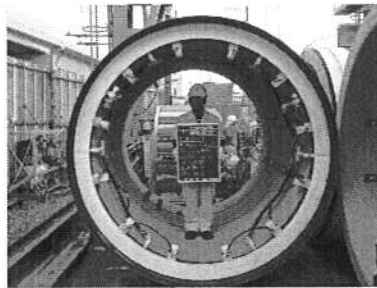
[TRS] テールボイド拡幅再構築装置

崩落したテールボイドに対して機械的に拡幅を行い、その部分にも滑材を注入するため、確実に推進力(周面摩擦抵抗)が低減されます。

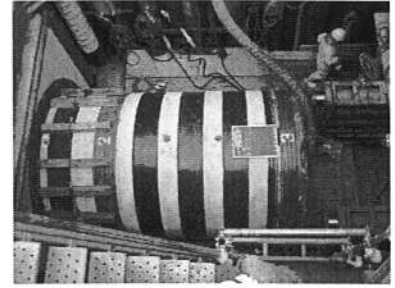
TRS装置の概要



TRS装置 組立・取付状況



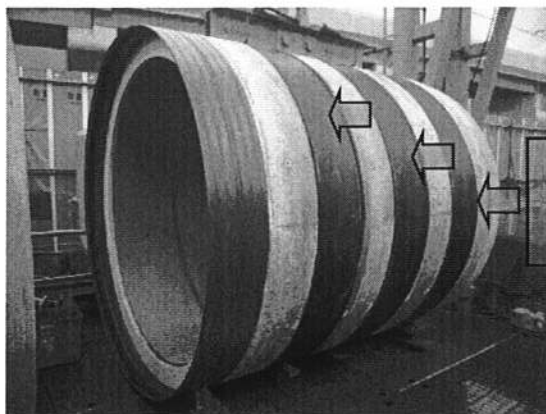
TRS装置 組立・取付完了



推進管(TRS管)据付完了

[SR 推進管] 曲線推進工法用推進管

可とう部にクッション材を入れてゴムで覆ってあります。クッション材の仕様を曲線半や推力に応じて検討しています。φ 2000 mmの場合、最少半径 21m まで対応可能です。

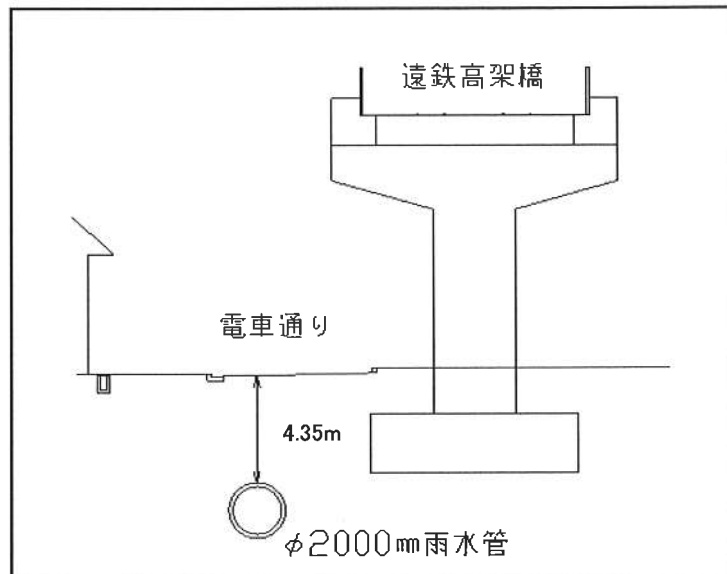


SR 推進管

今回使用したSR管は、可とう部が3箇所/本あり、1/4管と同じ働きができます。

3. 問題点

今回の推進工事に於ける推進管理設位置は、掘進機径が2.4mあるのに対し平均土被りが4.35m(掘進機外径の2倍以下)と、非常に浅いものでした。また、掘削地山が砂礫層であり礫率が非常に高くシルト分が少ない土質であり、透水係数が高く空隙率が大きい土質ということあり、推進時の逸泥現象や分離・圧密現象が懸念されました。さらに、推進管理設予定路線は、電車通りを進み、遠州鉄道高架橋の脇を通り、営業中の線路下を横断します。これらの周辺環境へ影響を及ぼし、第三者・施設等へ被害を与えるようなことがあってはなりません。重要箇所には、補助地盤改良を施し対策を講じてはいるものの、礫径が大きい(最大粒径:250 mm程度)ことから地山変動による地盤の緩み、土量取込過多による地山崩壊・陥没等には十分注意する必要性がありました。そのため、「掘削土量の管理」・「切り羽の安定対策(高濃度泥水管理)」が最重要課題と考え、管理を行いました。



4. 対策

4-1 掘削土量の管理

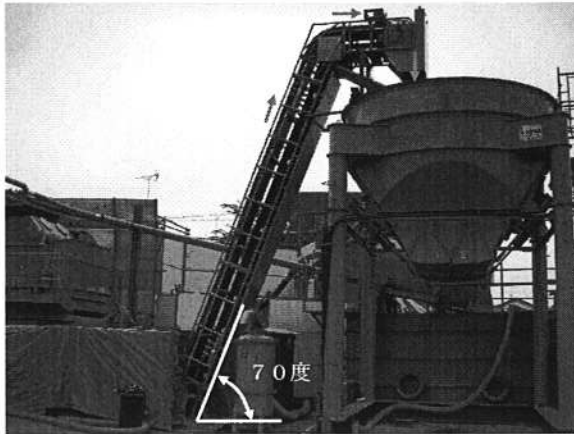
設計上の掘削土量と注入した泥水の合計を、実際に出てきた量と比較します。掘進機前面のカッターで削り取られた土砂は、注入された高濃度泥水と攪拌されスラリー状になって掘進機内に排出されます。分級機により70 mm以上の礫はここで仕分けされます②。残りは吸引されて地上の1次処理機まで運ばれます。1次処理機で篩われて、土砂①と泥水③に分離されます。

①土砂ホッパー(30m³)の設置及び排土量の測定

コスト的には、1次処理機から出た土砂をバックホウ等でダンプに積込んだ方が安価となりますが、土量を推進管1/2本毎に計測するためには、土砂ホッパーにストックして計測した方が作業性も良く、確実な測定が可能であることから設置を行いました。

土砂ホッパー内側にはメモリをペイントし、計測を行いました。

土砂ホッパーへの土砂の移送は、ヤードが狭く通常のベルトコンベアの使用ができなかったため、急傾斜ベルコン(70度)を設置しました。



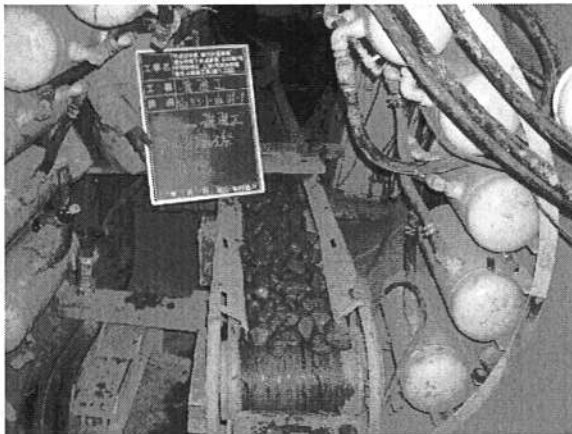
土砂ホッパーおよび急傾斜ベルコン設置状況



掘削土量確認(推進開始前)

②分離礫量の測定

土砂ホッパー内の土量と合せて、掘進機内部の分級機で分離された礫分を推進管1/2本毎に計測しました。



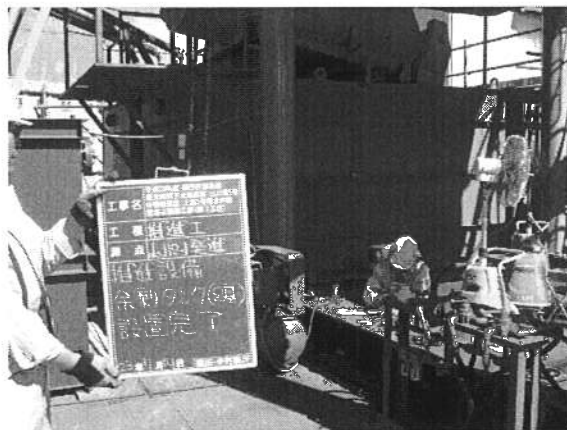
掘進機内 礫分別・搬出状況



分別礫 数量計測状況

③余剰タンク(25m³)設置及び泥水量測定

余剰タンク(25m³)を2槽設置し、泥水量を推進管1/2本毎に計測しました。



余剰泥水タンク設置完了



余剰泥水量確認(推進開始前)

(掘削対象土量)+(高濃度泥水注入量) = ① + ② + ③

①・②・③のデータと、掘削対象土量および高濃度泥水注入量を比較することで、推進状態を把握し、取込過多の有無を感知します。

取込過多と判断した場合は、切羽圧力の確認・ピンチ弁開閉タイミングの見直し・ジャッキスピードの修正等を行い、それ以上の取込過多のないように操作(対策)を行います。

また、同時に高濃度泥水の注入量及び注入圧の確認・見直しも行います。

高濃度泥水注入量・発生土量・余剰泥水量対比表 (1/2管毎)

工事名称 平成22年度 昭市計画事業 洗水河川下水道事業 公共第1号 中部地区区上島1号雨水処理管引き寄せ工事(第1工区)
工事管理地 112-1-1 地112-1

推進管No	推進距離	掘削土量	高濃度泥水注入量		発生土量(一次処理)		余剰泥水量		備考						
			計	面	計	面	計	面							
			注入量	注入率	注入量	注入率	土砂量	分離量		計					
掘1(前半)	2.084m	8.81m³	0.87m³	9.681%	9.15m³	95.68%	0.87m³	7.26m³	8.82m³	1.18m³	8.00m³	0.74m³	10.61m³	10.87m³	0.26m³
掘2(前半)	1.229m	5.59m³	4.92m³	88.01%	5.41m³	96.81%	4.89m³	4.27m³	3.90m³	0.71m³	4.81m³	0.56m³	8.24m³	8.64m³	0.40m³
掘3(前半)	1.070m	4.50m³	4.32m³	96.01%	4.78m³	95.68%	4.63m³	3.73m³	3.23m³	0.64m³	3.89m³	0.14m³	4.72m³	5.89m³	1.17m³
掘4(前半)	1.218m	8.84m³	4.88m³	55.01%	5.37m³	60.68%	4.89m³	4.23m³	3.87m³	0.53m³	4.40m³	0.17m³	8.19m³	8.32m³	0.13m³
#(後半)	1.218m	8.84m³	4.88m³	55.01%	5.36m³	60.70%	4.89m³	4.23m³	3.87m³	0.68m³	4.49m³	0.28m³	8.19m³	8.19m³	-0.02m³
掘5(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.65m³	4.53m³	0.28m³	8.11m³	8.11m³	-0.02m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.67m³	4.55m³	0.43m³	8.19m³	8.23m³	0.04m³
掘6(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.67m³	4.55m³	0.28m³	8.19m³	8.23m³	0.04m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.68m³	4.56m³	-0.01m³	8.19m³	8.17m³	-0.02m³
掘7(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.70m³	4.58m³	0.18m³	8.19m³	8.14m³	-0.05m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.87m³	0.71m³	4.59m³	0.41m³	8.19m³	8.22m³	0.03m³
掘8(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.81m³	0.72m³	4.53m³	0.26m³	8.19m³	8.23m³	0.14m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.74m³	4.62m³	0.18m³	8.19m³	8.27m³	0.08m³
掘9(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.84m³	0.73m³	4.57m³	0.34m³	8.19m³	8.22m³	0.03m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.78m³	0.70m³	4.48m³	0.22m³	8.19m³	8.28m³	0.09m³
掘10(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.78m³	0.70m³	4.48m³	0.22m³	8.19m³	8.28m³	0.09m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.80m³	0.68m³	4.46m³	0.22m³	8.19m³	8.23m³	0.06m³
掘11(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.82m³	0.68m³	4.48m³	0.23m³	8.19m³	8.28m³	0.07m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.82m³	0.68m³	4.48m³	0.23m³	8.19m³	8.28m³	0.07m³
掘12(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.68m³	4.51m³	0.23m³	8.19m³	8.28m³	0.07m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.68m³	4.51m³	0.23m³	8.19m³	8.17m³	-0.02m³
掘13(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.87m³	0.68m³	4.53m³	0.26m³	8.19m³	8.18m³	-0.01m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.87m³	0.68m³	4.52m³	0.28m³	8.19m³	8.08m³	-0.11m³
掘14(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.90m³	0.68m³	4.56m³	0.33m³	8.19m³	8.22m³	0.03m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.67m³	4.55m³	0.30m³	8.19m³	8.22m³	0.13m³
掘15(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.67m³	4.55m³	0.30m³	8.19m³	8.22m³	0.13m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.88m³	0.68m³	4.56m³	0.31m³	8.19m³	8.23m³	0.11m³
掘16(前半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.37m³	62.68%	4.89m³	4.23m³	3.79m³	0.68m³	4.48m³	0.21m³	8.19m³	8.14m³	-0.05m³
#(後半)	1.215m	8.54m³	4.88m³	57.01%	5.38m³	62.70%	4.89m³	4.23m³	3.78m³	0.68m³	4.44m³	0.21m³	8.19m³	8.14m³	-0.05m³

↑掘削対象土量

↑高濃度泥水注入量

1/6ページ

↑①排土量(一次処理)

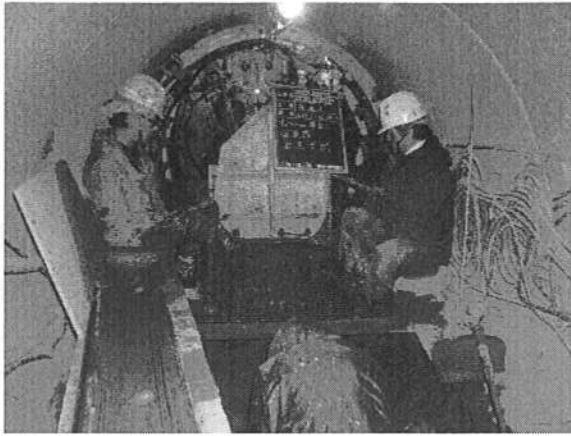
↑②排土量(分離)

↑③余剰泥水量

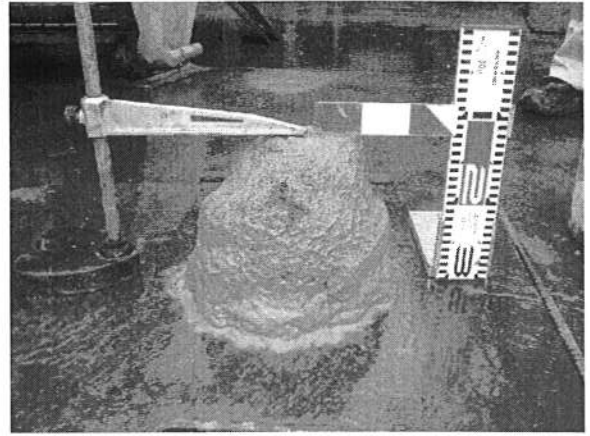
4-2 切羽の安定対策

①排土スランプ管理

切り羽の安定を図るため、また地山の状態及び高濃度泥水の配合・注入量の確認・見直し等のため、推進管10本毎に排土のスランプ測定を行いました。



掘進機内 排土状況



スランプ測定状況

スランプが大きい場合：シルト分が多くなってきたのか？
 高濃度泥水が薄いのではないか？
 泥水注入量が多いのではないか？

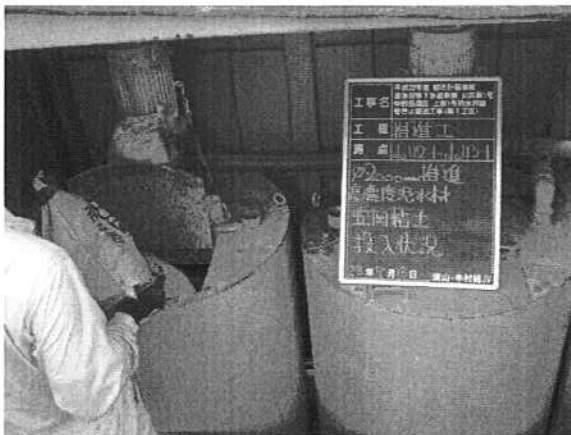
・・・etc

スランプが小さい場合：礫分が多くなってきたのか？
 高濃度泥水が濃いのではないか？
 泥水注入量が少ないのではないか？

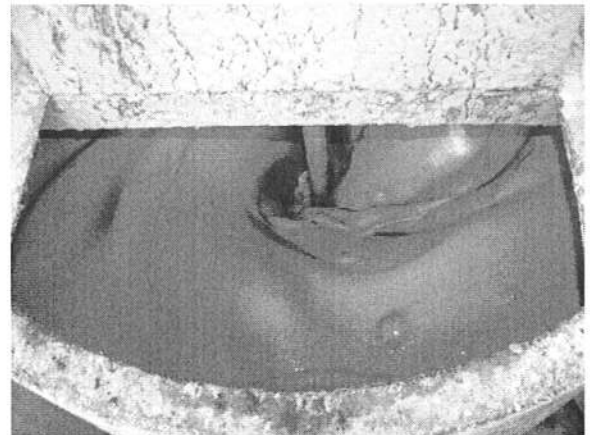
・・・etc

②泥水の比重及び粘度管理

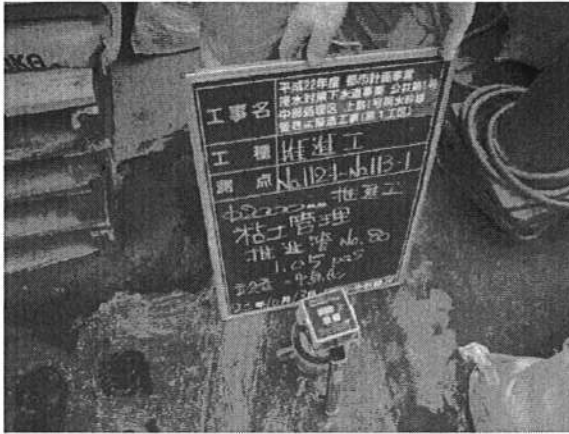
切り羽の安定を図るため、また高濃度泥水の作泥状態の確認等のため、午前・午後の推進作業開始前に、比重及び粘度の測定を行いました。



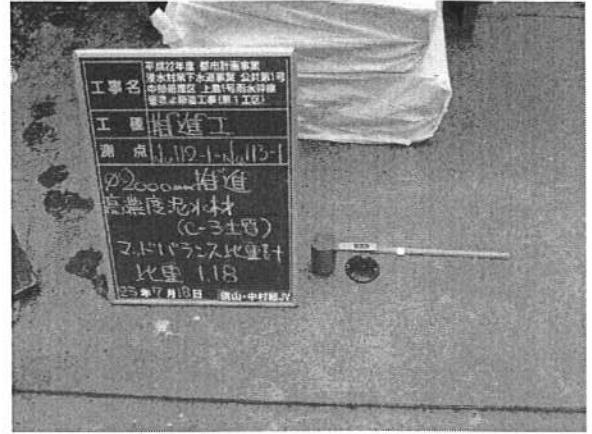
作泥状況



泥水攪拌・練混状況



粘度測定状況



比重測定状況

比重の大・小 → 切羽圧力(土圧)に影響

...etc

粘度の高・低 → 逸泥の恐れ

周面摩擦抵抗の上昇

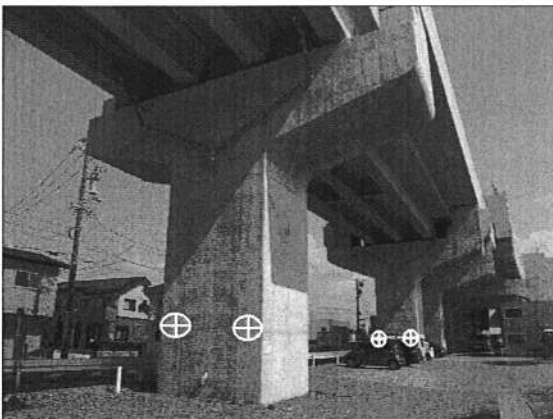
排土(管)の作業性に影響

...etc

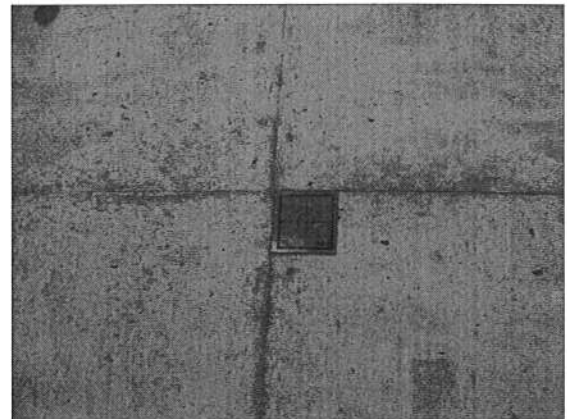
泥水管理(比重・粘度)を確実にを行った後に、切り羽圧力を地下水圧+20~40kpa で保持できるよう掘進機を運転(操作)・管理しました。

5. 検証・まとめ

推進工事による周辺施設への影響を調査するため、光波による高架橋の定点観測及び軌道レールの基準高観測を行いました。高架橋については推進中に1回/日、推進完了後に1回/週(3か月間)、軌道については推進中に2回/日行いましたが、影響は確認されませんでした。また、電車通りの水道管にも観測孔を設け、水道管の天端を高架橋と同じ頻度で観測をしましたが影響は見られませんでした。



高架橋定点観測位置

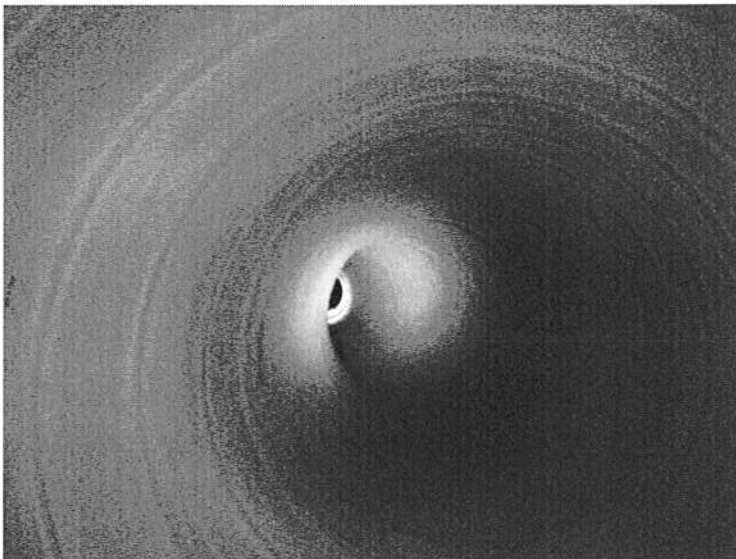


ターゲット

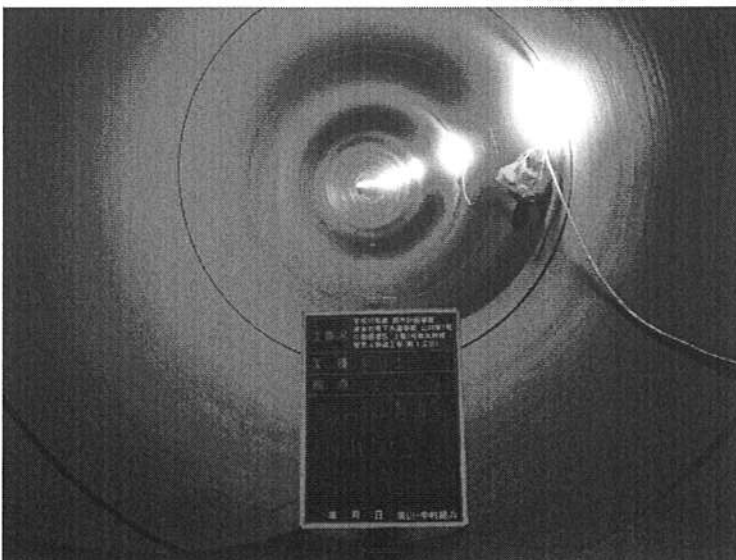
掘削土量の管理及び切羽の安定対策を確実に行うことにより、電車通り・高架橋・軌道等の周辺環境・施設へ影響を及ぼすこともなく、無事に推進工事を終えることができました。



掘進機到達状況



推進完了 管内状況
(R=25)



(R=200)