

## 泥水式シールド工法による 地下30m重要構造物近接施工 —江東幹線工事—

小森谷 嘉人 (大豊・銭高建設共同企業体<sup>特</sup> 工事課長)

東京都下水道局では、昨今の集中豪雨やゲリラ豪雨による浸水被害の発生を抑制し、地域の安全を守り、安心して快適な生活を支えるため、降雨強度50mm/hr、流出係数80%相当に対応する雨水施設やポンプ所などの整備を進めている。本工事は江東区木場、東陽、古石場、越中島、塩浜地区における浸水対策を目的とし、江東区のほぼ中央にある木場公園を発進基地とし、江東ポンプ所までの約4.3kmに内径6.0mの雨水管を敷設するものである。

図-1 に路線平面図、図-2 にトンネル標準断面図を示す。



図-1 路線平面図

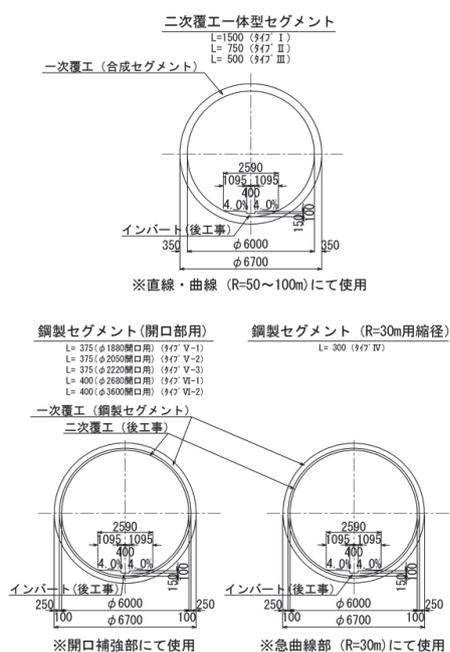


図-2 トンネル標準断面図



写真-1 シールド発進基地全景

# 1 工事概要

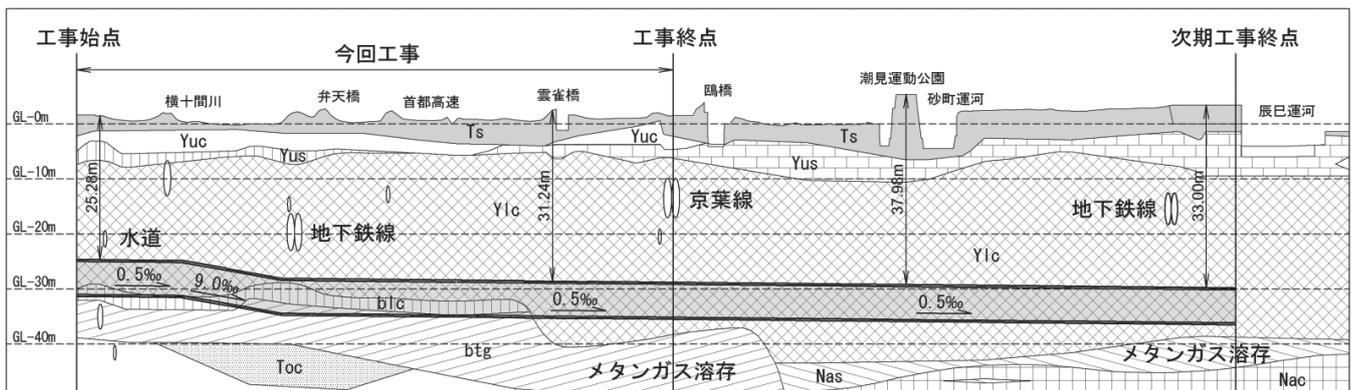
工事件名	江東幹線工事 (次期工事：江東幹線その2工事)
発注者	東京都下水道局
施工者	大豊・銭高建設共同企業体(特)
工事場所	江東区東陽三、五、六丁目、木場一、六丁目、塩浜二丁目
諸元	
○施工延長	
	今回工事 L=2173.25m
	次期工事 L=2095.15m
	総延長 L=4268.40m
○セグメント	
	内径φ6000mm
	二次覆工一体型セグメントL=2091.75m
	鋼製セグメント
	(開口部、急曲線30R)
	L=81.50m
○シールド	
	泥水式シールド機 外径φ6.84m
	最大中折れ角(左右) 10.5度
	同時裏込注入方式 防爆仕様
○線形	
	平面 最少曲率半径R=30m
	縦断 勾配下り0.5‰、9.0‰
○土被り	
	25.28m~31.24m

## 土質概要

江東幹線のルートは江東区内の主に東京湾に面した埋立地に位置し、地質は上位より有楽町層(上部、下部)、七号地層、埋没段丘層、東京層が分布している。シールド通過位置の地質は、図-3の地質縦断図に示すとおり、ほぼ全線にわたり第4紀有楽町層下部である。この層は、厚く堆積したシルト主体の層で、おおむね平均N値1の軟弱な地盤である。この層は鋭敏比が高く、過去の施工実績から工事に伴う地盤の乱れや応力変化に伴う圧密沈下が長期にわたり発生することが懸念される地盤である。

本布設ルートは東京ガス田に位置し、東京湾沿いの地域には、高濃度のメタンガスが分布している。とくに有楽町層粘性土・埋没ローム層と埋没段丘層の層境付近を通過する区間ではメタンガスが大量に賦存している可能性が高いとされ、設計段階で地中ガス調査を実施したところ溶存メタンガスが確認されている。

これらを踏まえ近接施工や可燃性ガス対策を講じる必要がある。



地質時代	土層区分	土質名	平均N値	記号	
第4紀 完新世	盛土・埋土	砂礫		Ts	
		粘性土			
	有楽町層	上部	粘性土	2	Yuc
		下部	砂質土	5	Yus
		粘性土	1	Ylc	

地質時代	土層区分	土質名	平均N値	記号
第4紀 更新世	七号地層	砂質土	15	Nas
		粘性土	14	Nac
	埋没ローム層	粘性土	6	b1c
	埋没段丘層	砂礫	36	btg
	東京層	粘性土	14	Toc
		砂質土	50	Tos

図-3 地質縦断図

## 2 工法概要

### (1) 泥水式シールド工法とは

泥水シールドの掘進システムは、性状調整した循環泥水をシールド機前面のチャンバー内に送り、切羽での泥水圧を一定に加圧・保持することで切羽地盤の安定を図る。

また、カッタヘッドの回転により掘削した土砂を泥水に混入して坑外へ流体輸送し、坑外に設けた泥水処理設備により土砂と泥水に分離し、泥水は再び切羽へ送られるよう、送泥水・排泥水の管路系統は循環回路になっている。(図-4)



写真-2 トンネル坑内

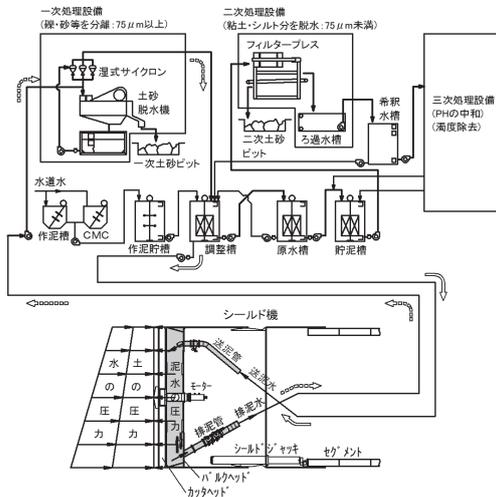


図-4 泥水式シールド模式図

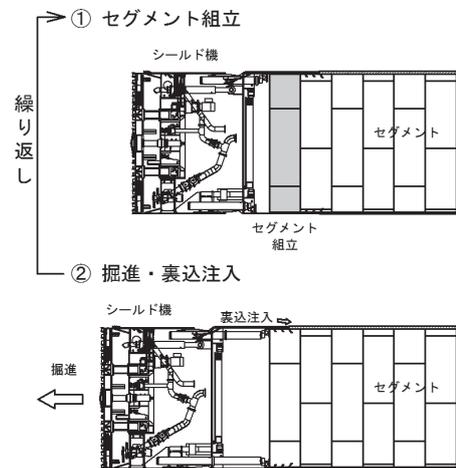


図-5 シールド掘進組立フロー

掘進は組立完了したセグメントを反力としてシールド機のジャッキ推力によりシールド機を押し出す。

掘進時に発生するシールド機とセグメントの隙間(テールボイド)には、掘進をしながらシールド機に装備した同時裏込注入装置より掘進速度に合わせて裏込材を充填していく。

掘進管理はシールド機、流体輸送、裏込注入、泥水処理設備、坑内入坑管理、ガス検知警報他すべて中央監視室にて行う。

掘進管理はシールド機、流体輸送、裏込注入、泥水処理設備、坑内入坑管理、ガス検知警報他すべて中央監視室にて行う。

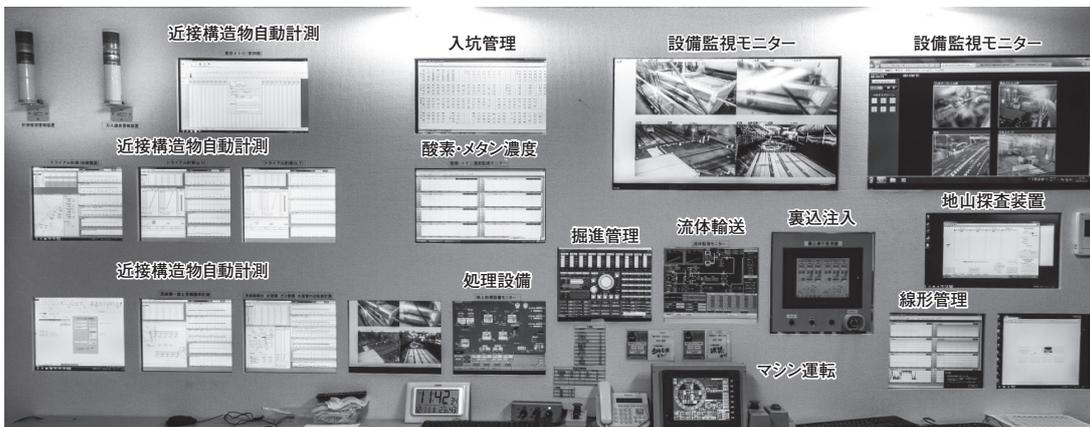


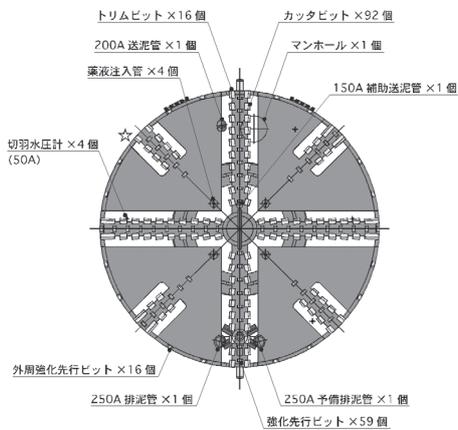
写真-3 中央監視室

(2) φ6.84m泥水式シールド機

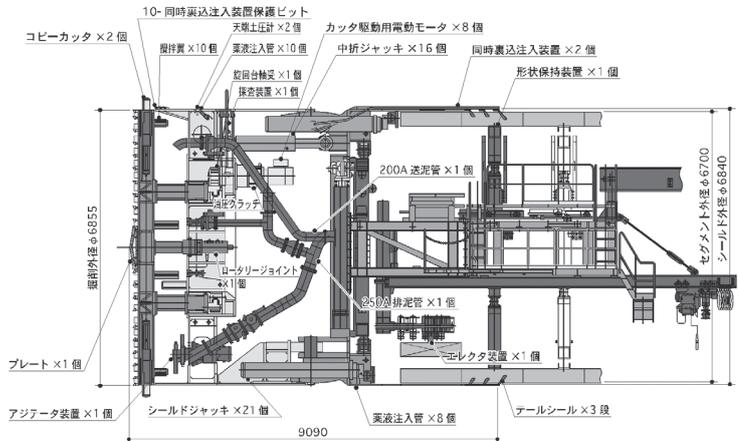
外径φ6.84m泥水式シールド機図を図-6に示す。

メタンガス対策として、機内は防爆構造として  
いる。

平面図



側面図

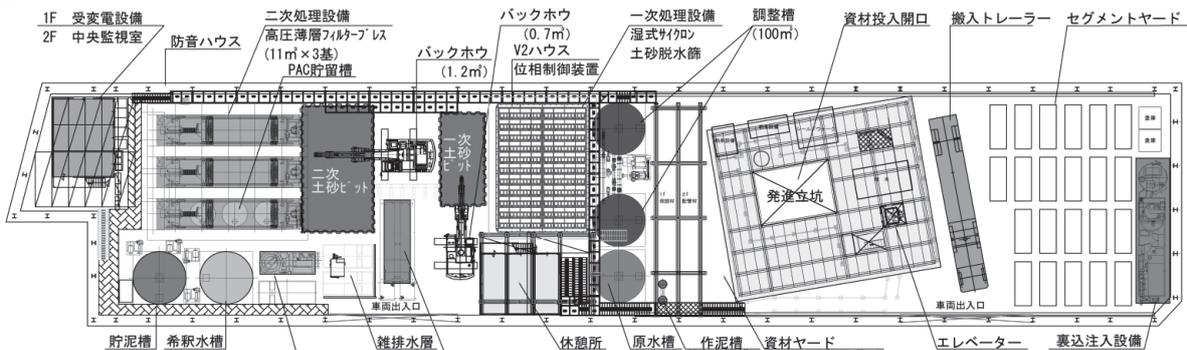


シールド機仕様 (泥水圧式)			
外 径	φ6,840mm	エレクター	旋回用油圧モーター×3台
全 長	9,090mm	エレクター伸縮ジャッキ	165kN×700st×21MPa×2本
伸 長 速 度	57mm/min	スライドジャッキ	165kN×700st×21MPa×1本
総 推 力	47250kN	サポートジャッキ	35kN×150st×12.25MPa×4本
シールドジャッキ	2250kN×2200st×31.5MPa×21本	アジテータ	羽根径φ950mm
中折れジャッキ	2500kN×1000st×35MPa×16本	旋回トルク、回転数	7.14kN-m、45min <sup>-1</sup>
カッタトルク	4529(常用)/6793(瞬時最大)kN-m	コピーカー	165kN×300st×21MPa×2本
カッタ回転速度	0.76min <sup>-1</sup>	形状保持装置	上下拡張式

図-6 シールド機図

(3) 発進基地地上設備配置図

平面図



断面図

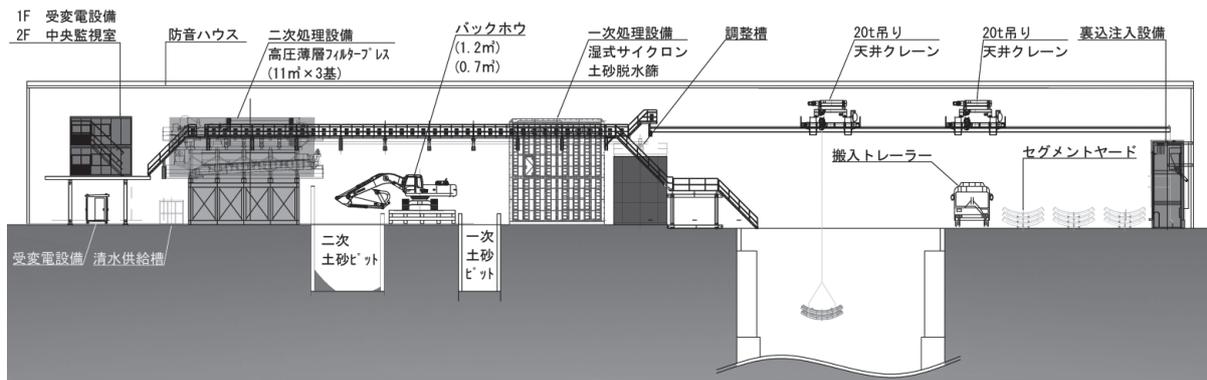


図-7 発進基地地上設備図

(4)セグメント

二次覆工一体型セグメント (ICセグメント)

主桁同士を連結する縦リブと主桁・スキンプレートを連結する斜リブを均等に配置することにより、鋼殻とコンクリートの一体化を実現した。また、連結縦リブとスキンプレートの間に空間を設けることにより、コンクリートと鉄筋の一体化が図れるばかりでなく、コンクリートの充填性を向上させた合理的な構造となっている。

継手形式は、内面平滑型のワンタッチ継手として、セグメント間はセグメントを軸方向にスライドさせるだけで締結できるフック継手、リング間にはプッシュグリップ継手を採用した。

シール貼付は1段とし、内面目地仕上げは内水圧に対応するため、充填式コーキング (弾性エポキシ樹脂) とした。

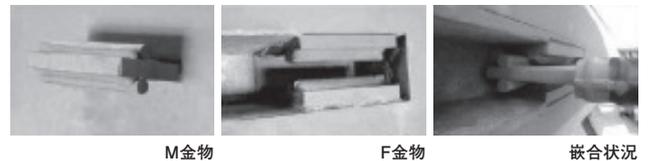
○合成セグメントの構造

本体構造

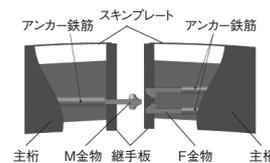
本工事摘要  
 L=1500(タイプI)【直線】  
 L= 750(タイプII)【曲線R=80~100m】  
 L= 500(タイプIII)【曲線R=50~60m】  
 内水圧0.4MPa対応



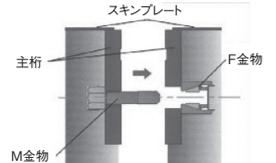
継手構造



セグメント間継手 (円周方向)

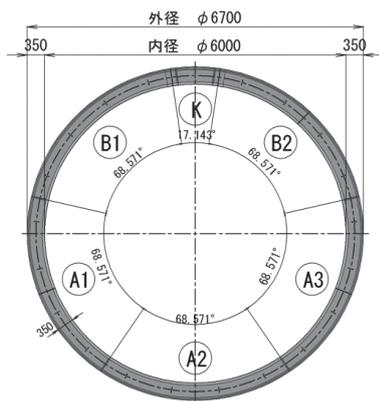


リング間継手 (縦方向)



○二次覆工一体型セグメント (タイプI)

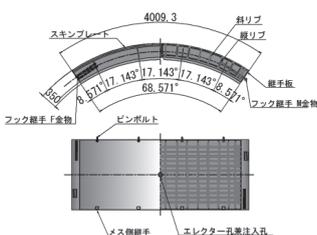
組立図



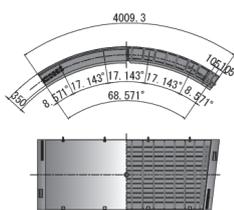
工場仮組状況 (2リング)



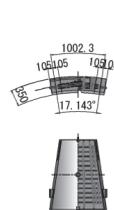
A型セグメント



B型セグメント



K型セグメント



シール・コーキング溝詳細図

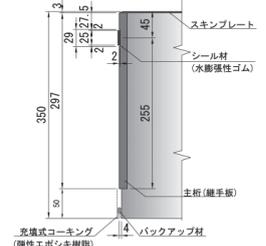


図-8 合成セグメント説明図

### 3 施工上の課題と対策

#### (1) トライアル施工

路線には鉄道、道路、橋梁、河川、運河、ライフライン等が多数近接し存在している。そのため、各施設・設備に影響を与えない掘進管理が重要である。そのため以下の対策を講じた。

シールド掘進による地盤の変位量や事前に行った影響解析の検証、最適な掘進管理の確立に加え、最も影響が少なくなる掘進管理値を把握することを目的としてトライアル施工を実施した。

図-9 にトライアル施工実施位置図を示す。

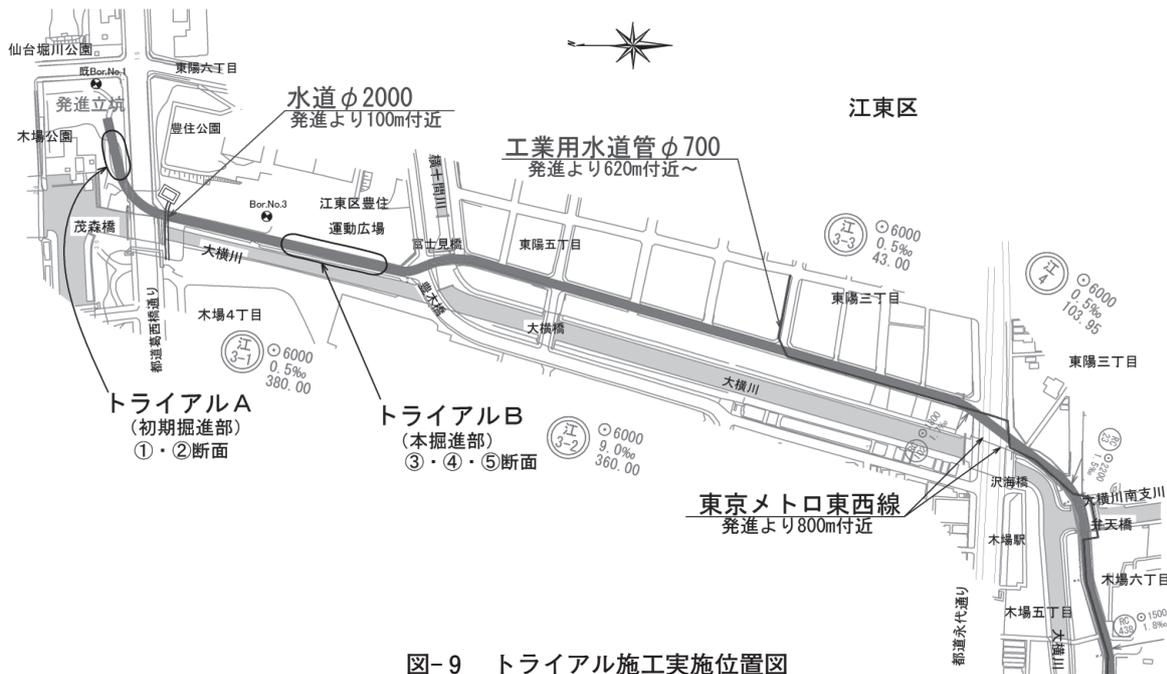


図-9 トライアル施工実施位置図

トライアル施工実施位置は、初期掘進中に発進基地内にて2断面（トライアルA）と本掘進後の最初の直線区間で3断面（トライアルB）とし、各位置において切羽管理圧および裏込注入率を変化させ、シールド掘進に伴う沈下傾向や影響を確認した。

初期掘進の段階で事前計測を行い、影響解析の妥当性を検証した。

図-10はトライアル計測時の計測器設置断面である。

各埋設及び施設企業と協議の上で、営業線である地下鉄線および供用開始後40年が経過した工業用水道管の管理者からは、シールド通過に伴う地表面沈下による影響の抑制を強く求められており、それらの埋設と同様の高さの位置に沈下計を設置し、計測を行った。

計測の結果、切羽水圧の設定値を自然水圧+35kN、裏込注入率を140%とする事が最も影響が小さいことを確認した。

シールド通過に伴う各構造物の沈下は1次管理値内で施工を行うことが出来た。

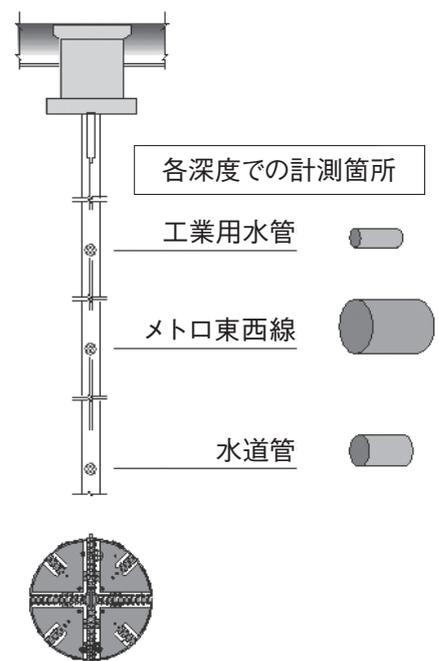
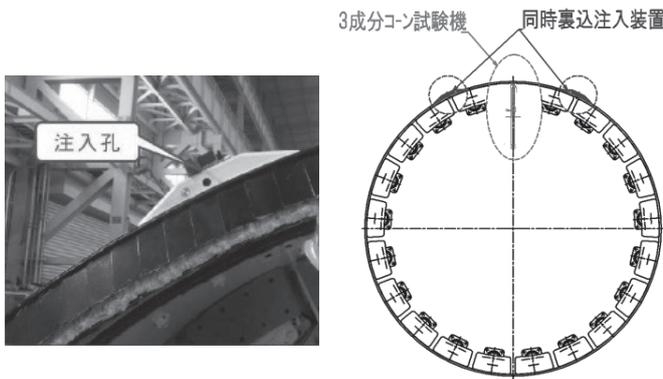


図-10 計測箇所詳細図

## (2)同時裏込注入装置

同時裏込注入装置をシールド機後端上部外側に設置することにより、シールド掘進に合わせてテールボイドへ出来る限り速やかに裏込注入を充填させることにより周辺地山への緩みの発生抑制を図ることを目的とし採用した。



### 裏込注入フロー

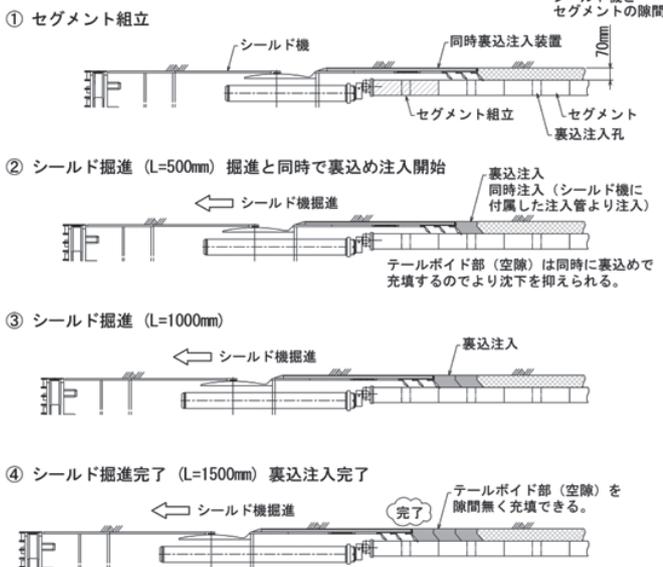


図-11 裏込注入フロー

## (3)テールボイドの縮小

スキンプレートの鋼材の強度を上げる (SM490 → SM490Y) ことによりスキンプレートを薄くし、テールボイド量を減らすことで路面沈下の抑制を図った。

最少曲率半径R=30mの施工においては35mmのテールクリアランスを確保するために、縮径セグメントにより施工を行った。(図-12)

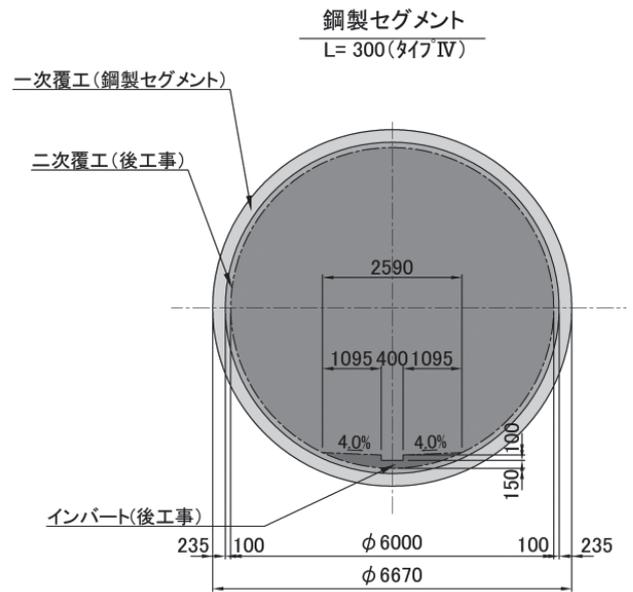


図-12 縮径セグメント (鋼製)

## (4)シールド機周辺地盤探査装置

3成分コーン試験機を装備させた「シールド機周辺地山探査装置」により、「シールド掘進に伴う地山乱れ範囲」を自動計測し、地盤の乱れを考慮した合理的な裏込注入を行い、シールド掘進による周辺地盤への影響を低減させる。

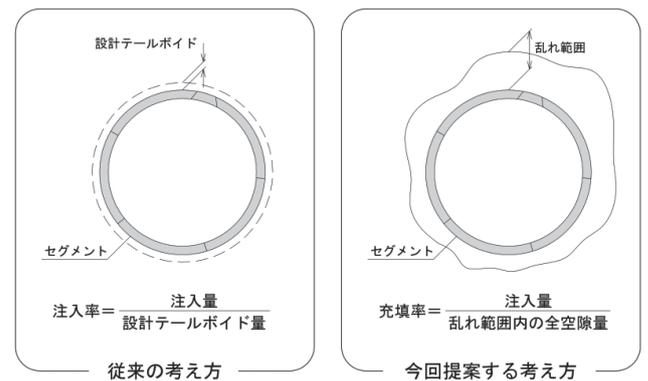


図-13 裏込注入量算定の考え方

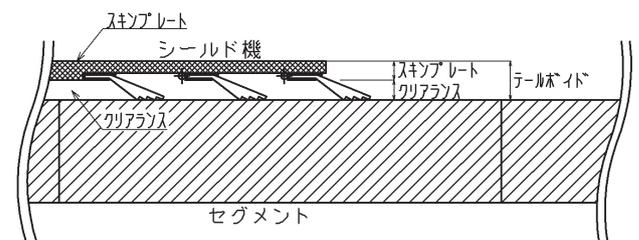


図-14 テールボイド概略図



## 現場見学会レポート

## ◆地域に配慮した幹線工事

7月15日(水)、当会は、東京都江東区で行われている江東幹線工事の現場見学会を開催しました。この現場では、近年多発しているゲリラ豪雨などの大雨による浸水被害軽減を目的とし、1時間に50mmの降雨を処理する幹線の工事を行っています。周辺にはマンションや商業・工業施設、敷地面積が約24万㎡もある広大な都立公園「木場公園」など、さまざまな施設が混在しています。また、近くに鉄道や道路、橋、河川などの構造物があり、これらへの影響を考慮しながら工事を進めていかなければなりません。

見学会では、まず現場事務所に集合し、会議室で現場所長から工事概要の説明がありました。その後、場内の発信基地へ移動し、土砂ピットやセグメントヤードを見学。防音ハウスの中には、セグメントや泥水処理施設が並べられており、限られたスペースの中で行う工事の大変さが分かります。続いて立坑から地下に移動し、シールド掘進が進められているトンネル内を歩きます。見学会当日の最高気温は33度という真夏日でしたが、地下はひんやりと涼しく、快適にトンネル内部を歩くことができました。掘削断面にはメタンガスが溶存した地層があるため、途中で静電気除去用のマットを用いて対策を行います。トンネル内を1kmほど進むと、掘削の先頭に行きつき、見学者の方々は興味深くシールド機を観察していました。トンネル内を往復した後は会議室に戻り、質疑応答が行われ、土圧や測量などについて多くの質問が出ました。



現場所長は地域住民に対しての配慮に積極的で、防音ハウスの外壁には、発注者である東京都下水道局のキャラクター「アース君」とともに、シールド掘進の進捗を表示した看板が設置されています。加えて、シールドマシンのしくみやハザードマップについて説明する見学会、LEDの夜間照明を設置した防犯対策などの取組みが高く評価され、「第35回見える！わかる！下水道工事コンクール」の最優秀賞を受賞しました。こうした広報活動が、安心安全に工事を進めていくうえで重要となることを実感した見学会となりました。

