

有明北地区供給管共同溝建設工事(その1・3)

CONSTRUCTION OF MULTI-SERVICE TUNNELS IN ARIAKE-KITA DISTRICT (PHASES 1&3)

横型二連形泥土圧シールド工法(DOT工法)

DOT TUNNELING METHOD



1 東京テレポートタウン TOKYO TELEPORT TOWN

都心から南へ約6kmの東京港中央部の有明・青海・台場地区に、開発総面積が約448haに及ぶ「東京テレポートタウン」と命名された第7番目の副都心が建設されます。

臨海副都心は都市構造の多心型への転換をするために、高度な業務機能を備えた各種施設を有し、人々が住み・働き・憩うという居住人口6万3千人、就業人口10万6千人の一体型の街造りを目指しています。

多心型都市を目指し、多様な機能を備えた東京臨海副都心開発
Development of waterfront urban business centers in Tokyo

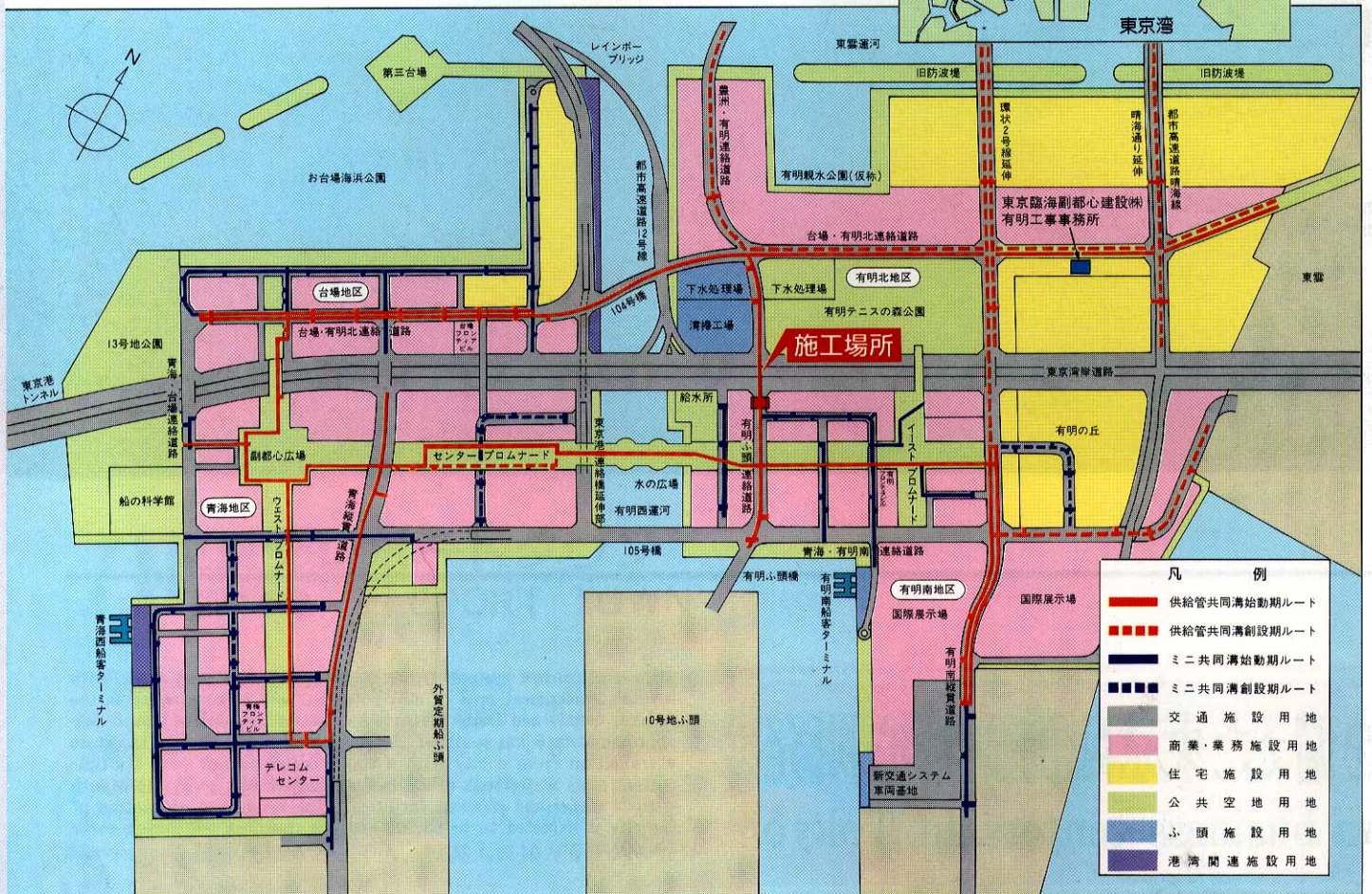
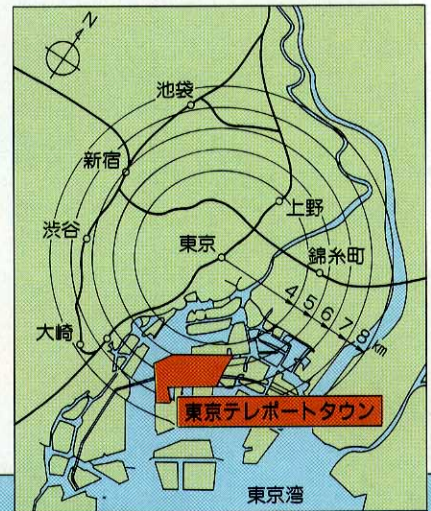
The seventh urban business center named "Tokyo teleport town," with a total development area of nearly 448 ha, will be constructed in the Ariake, Oumi, and Daiba districts located on the edge of Tokyo Bay approximately 6 km south of the city center. Intended to facilitate a transition from a city with a single center to one with multiple centers, this waterfront urban business center will be equipped with various useful and efficient facilities. The residential population of the city is expected to be 63,000 and the transient population to be 106,000.

2 | 工事概要 OUTLINE OF CONSTRUCTION

当シールド工事は、臨海副都心の基盤整備を図るための各種ライフラインの収容する共同溝工事の一部分を成すもので、横型二連形泥土圧シールド工法（DOT工法）を用いて建設するものです。工事施工場所は、首都高速道路湾岸線を包含した幅員100mの国道357号線を横断する部分であり、既設の建設省の東雲共同溝、東京電力(株)他の洞道・人孔などの重要構造物、更に各種の地下埋設物が輻輳して存在していると共に、臨海副都心へのアクセスとして整備される臨海高速鉄道の建設が並行して進められています。

The construction project consists of multi-service tunnels containing essential services for the infrastructural development of the waterfront urban business center. The horizontal configuration earth pressure-balance shield method (DOT tunneling method) will be included in the project. The construction site is located in an area that crosses the 100m wide national highway no. 375 that contains the Tokyo Bay metropolitan expressway. The area is full of important underground structures, including the Shinonome multi-service tunnels construction by the Ministry of Construction, utility tunnels and the Tokyo Electric Power Company is manholes. The construction of a high-speed railway system providing direct access to the business center is also underway in this area.

- 工事名称：平成2年度有明北地区供給管共同溝建設工事その1
Title of the project : Construction of multi-service utility tunnels in the Ariake-kita district (Phase1),1990
平成3年度有明北地区供給管共同溝建設工事その3
: Construction of multi-service utility tunnels in the Ariake-kita district (Phase3),1991
- 発注者：東京臨海副都心建設株式会社
Owner : Tokyo Water Front Development Inc.
- 施工者：大林・佐藤・大本・大日本・西武建設共同企業体
Constructor : Obayashi, Sato, Omoto, Dai Nippon, and Seibu joint venture
- 工事場所：東京都江東区有明
Construction site location : Ariake, Koto Ward, Tokyo
- 工期：平成2年11月27日～平成6年8月31日
Construction period : November 27, 1990 to August 31, 1994



■ 施工概要

● 仮設工

地下連続壁工 (t=1,200mm, l=34.9m)-----	3,755m ²
地盤改良工 (CJG-φ1,600mm, L=9.7m)-----	688本
山留支保工架設工-----	982t

● 本體工

掘削工-----	17,500m ³
鉄筋コンクリート工-----	7,422m ³

● シールド工

DOTシールド (φ9.36m×15.86m)-----	1基
RCセグメント (φ9.10m×15.60m)-----	246リング
可撓セグメント (φ9.10m×15.60m)-----	2リング
二次覆工 (t=300mm)-----	5,628m ³

● 地盤改良工

超高压喷射工 (CJG-φ1,600mm, φ2,000mm)-----	12,260m ³
薬液注入工 (二重管複合注入)-----	4,433m ³

OUTLINE OF CONSTRUCTION

Temporary work

Continuous diaphragm wall(t=1,200mm, L=34.9m)-----	3,755m ²
Soil improvement(CJG-φ1,600mm, L=9.7m)-----	688nos
Earth-retaining work-----	982t

Multi-service tunnel work

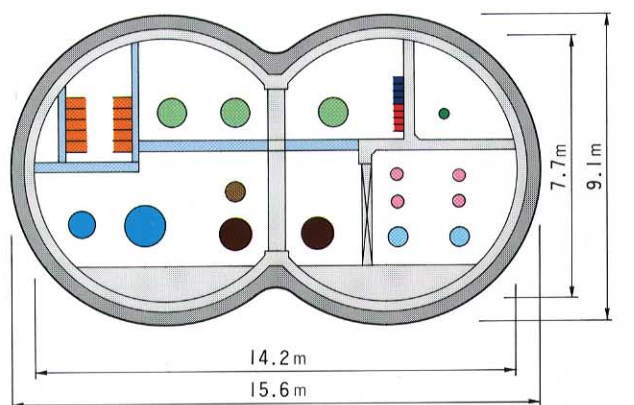
Excavation work-----	17,500m ³
Reinforced concrete work-----	7,422m ³

Shield tunneling work

DOT shield(φ9.36m×15.86m)-----	1nos
RC segments(φ9.10m×15.60m)-----	246Ring
Flexible segments(φ9.10m×15.60m)-----	2Ring
Secondary lining(t=300mm)-----	5,628m ³

Soil improvement work

Ultra-high pressure jet grouting(CJG-φ1,600mm, φ2,000mm)-----	12,260m ³
Chemical feeding (embedded double tube grouting)-----	4,433m ³



● 上	水	管	Water supply pipe
● 中	水	管	Reclaimed water pipe
● 下	水	管	Sewer pipe
● ●	ガ	ス	Gas pipe
■	電	カ	Electric power cable
■	通	信	Telecommunication cable
■	情	報	Information communication cable
●	地	域	Local air conditioning system heat supply pipe
●	ご	み	Refuse collection pipe



■ トンネル施工法の選定

当工区の施工法は、共同溝としての構造条件を考慮し、各種のパイプの収納が可能な断面形状・面積を有すると共に、施工場所の周辺環境条件等より、①隣接工区との接続の關係から施工深度を小さくする、②既設の地下構造物等への影響(変位等)を極力抑制する、③基地設備を小規模にするなどを総合的に判断された結果、横型二連形泥土圧シールド工法(DOT工法)の採用が決定されました。

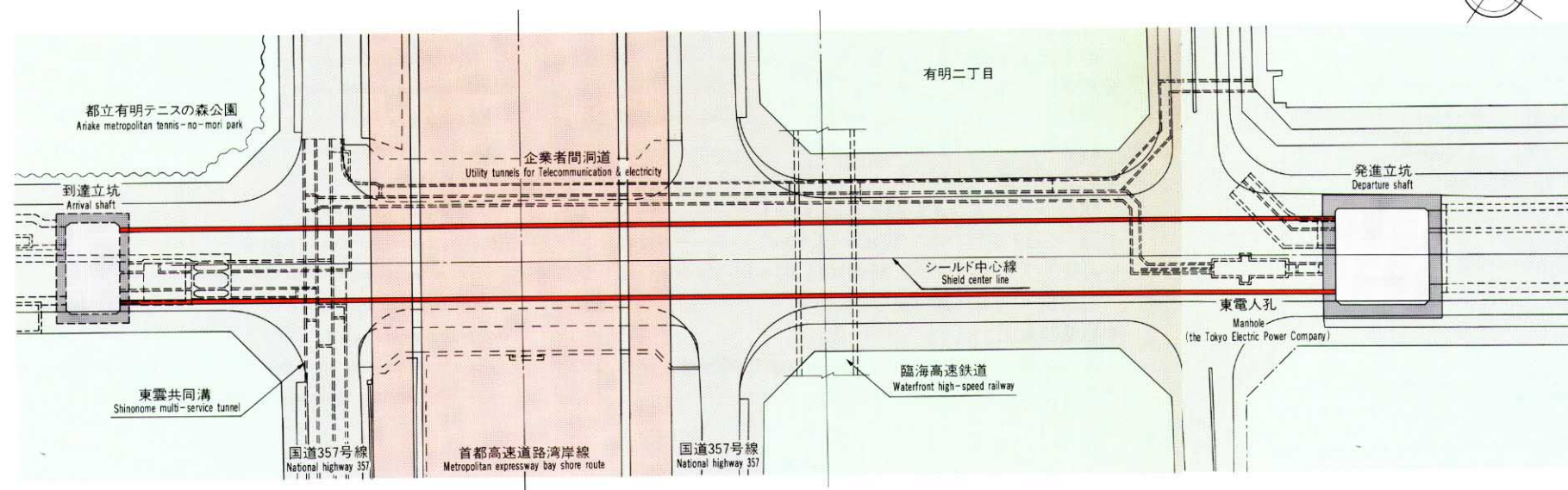
DETERMINATION OF TUNNELING METHOD

A tunneling method had to be chosen that would provide an appropriate cross-sectional shape and area to accommodate different types of pipes, as well as taking into consideration the environmental conditions in the areas surrounding the construction site. The DOT tunneling method was chosen after reviewing the following requirements:

- (1) Reduced excavation depth to facilitate connection to the adjacent section.
- (2) Minimized offset and settlement of existing underground structures.
- (3) Scaled-down surface construction facilities.

3 トンネル路線と地質概要 TUNNEL ROUTE AND GEOLOGY

■トンネル平面計画図 TUNNEL SCHEAMATIC PLAN



■地質概要

当工事場所は、1961年～1970年にかけて東京湾内の有楽町層上部の砂質土を浚渫して埋立土材とし、造成された埋立地であり、地形的には沖積低地面に分類されます。

地層構成は上部より埋立て土、沖積層(有楽町層)、洪積層の埋没段丘層、東京層、江戸川層であり、自然地下水位はGL-2.0m程度と高く、埋立て土内に存在します。また、埋没段丘層の埋没有機土層からは、メタンガスの地中残留が微量ではあるが不均一に検出されています。

トンネルの土被りはH=13.5m～17.5m (シールド縦径に対して概ね1.4D～1.8D)であります。シールドは埋没段丘層の埋没有機土層(btp層、N=1～13)、埋没段丘礫層(btg層、N=4～50)、東京層の中位部の砂質土層(Tos層、N=12～50、礫径φ5～20mm、k=10⁻²cm/secオーダー、砂の粒子は比較的均一で少量のシルトを混入します)、粘性土層(Toc層、N=3～20、比較的均質で少量の砂を混入します)を通過します。

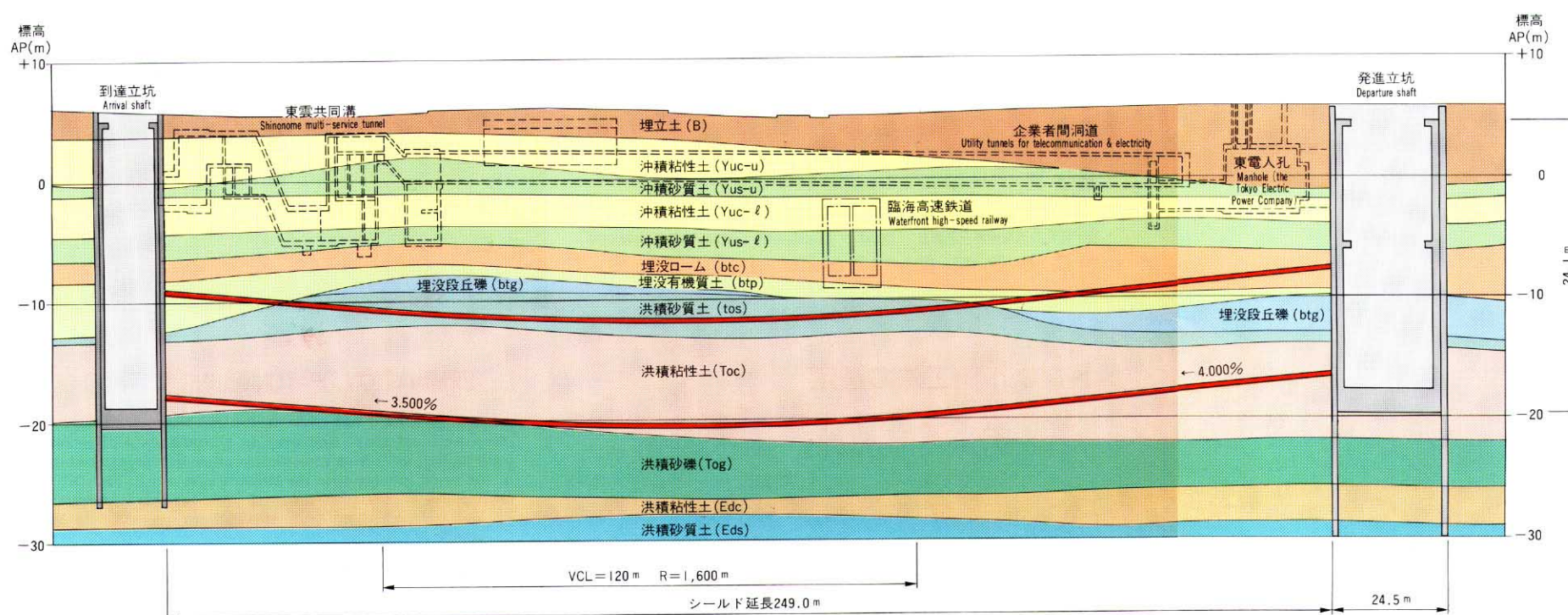
BRIEF GEOLOGICAL DESCRIPTION

The construction site is on reclaimed land that was built between 1961 and 1970 using sandy soil from the upper Yurakucho formation in Tokyo Bay, and is topographically classified as alluvial lowland.

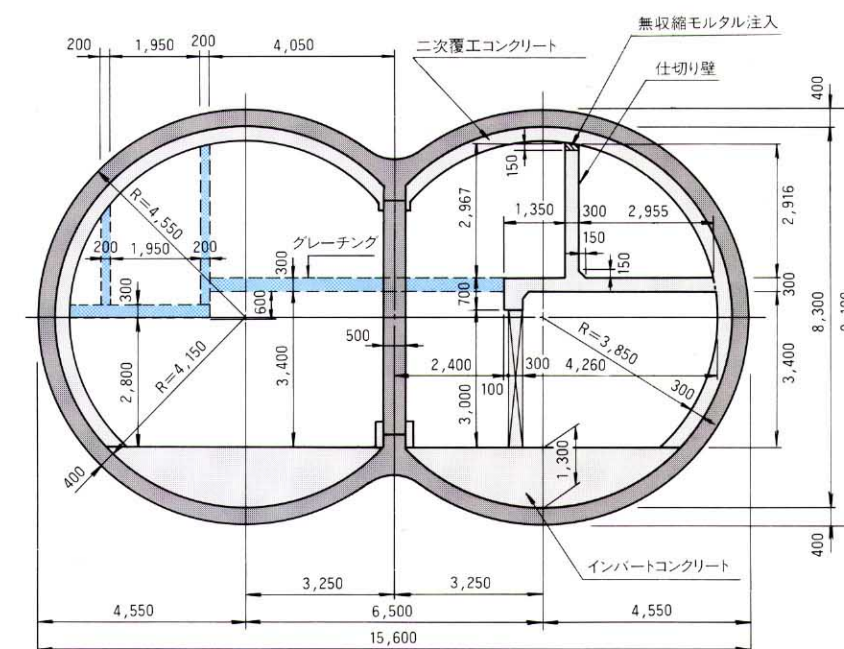
Sequentially from the upper stratum, its strata consist of : alluvium (Yurakucho formation), a buried terrace of diluvial soil, Tokyo formation, and Edogawa formation. The natural ground water level is as high as two meters beneath the ground surface in the reclaimed ground. Residual methane has been detected nonuniformly in extremely small quantities in the organic soil contained in the buried terrace.

The overburden of the tunnel is 13.5m to 17.5m, approximately 1.4 to 1.8 times the longitudinal diameter of the shield. The shield is expected to pass through the following strata : the organic soil of the buried terrace (btp bed, N=1-13), the buried terrace gravel bed (btg bed, N=4-50), the sandy soil of the Tokyo formation (Tos bed, N=12-50 containing 5-20mm gravel and relatively uniform slightly silty sand), and cohesive soil (Toc bed, N=3-20 slightly sandy and relatively uniform).

■トンネル及び地質縦断図 GEOLOGICAL PROFILE



■標準断面図 STANDARD CROSS-SECTION



4 DOTシールド機

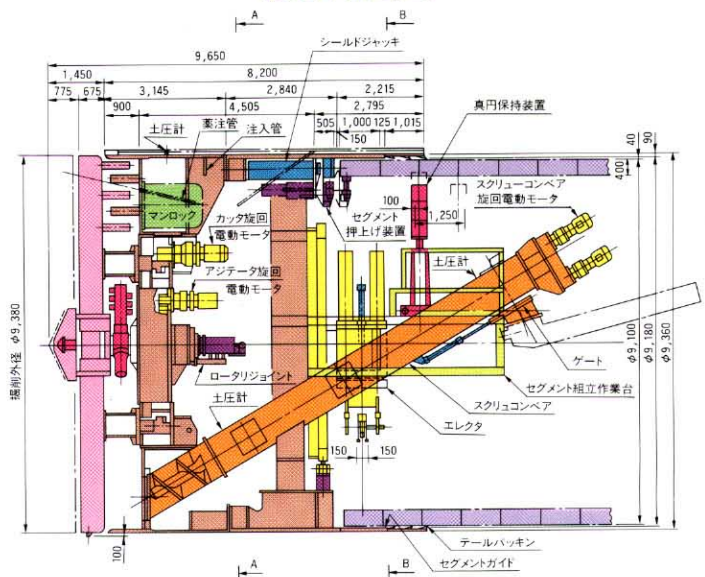
DOT SHIELD MACHINE

当工事に使用するDOTシールド機は、従来の円形泥土圧シールド機を左右に二基、円形の一部が重複するように一体化した構造のシールド機で、横型二連形のトンネルを一度に築造することが可能です。シールドのカッターは翼扇型で中間支持されており、カッター背面にはチャンバー内の泥土の攪拌効率を向上させるために、別駆動の攪拌装置を装備しています。又、左右のカッターは90°の位相角を保って同一平面に配置されているため、掘進に際し接触・衝突を起さないように回転速度が制御（ベクトルインバーター制御方式）されます。更に、シールドの姿勢制御やセグメントの組立てを容易にするためにローリング修正ジャッキ、テールクリアランス測定装置、スナップ機構を取り入れた片アーム式のエレクター、柱のセグメントの挿入スペースを確保するセグメント押し上げ装置を装備しています。

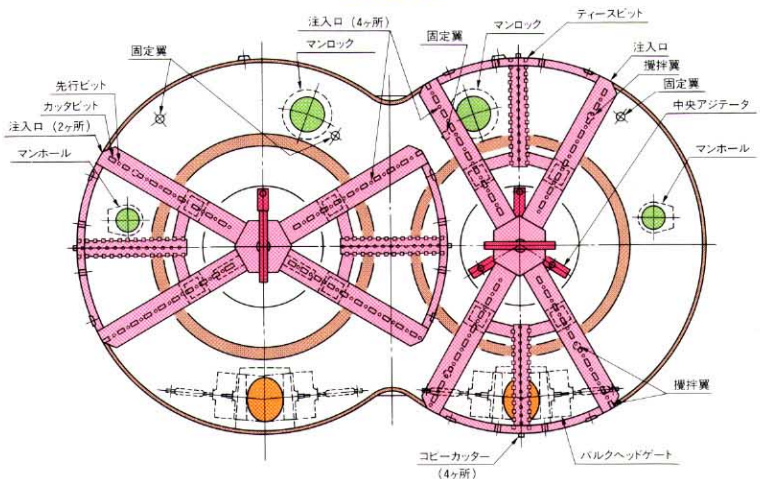
The DOT shield machine used in this project consists of two conventional earth pressure-balance shields that are arranged in an overlapping, side-by-side, "goggle-shaped" configuration. The machine enables the simultaneous construction of two horizontally-aligned tunnels. There are interlocking spoke-shaped cutters supported in the middle of each circular section. Independent agitators are equipped at the back of the cutters to enhance the efficiency of mud agitation in the chamber.

The two cutters are mounted on the left and right in the same plane with a phase angle of 90-degrees between them to avoid collision. Rotation speed is controlled by a vector inverter algorithm. In addition, for easier control of the shields and to facilitate segment erection, the machine is equipped with rolling control jacks, a tail clearance measurement device, a cantilever-type segment erector employing an articulation mechanism, and a segment jack-up device to secure space for the column segment.

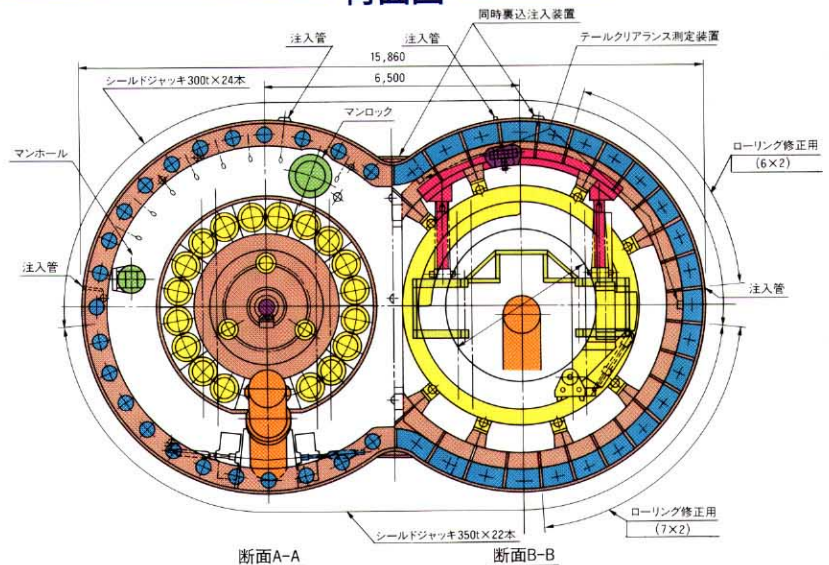
側部断面図



正面図



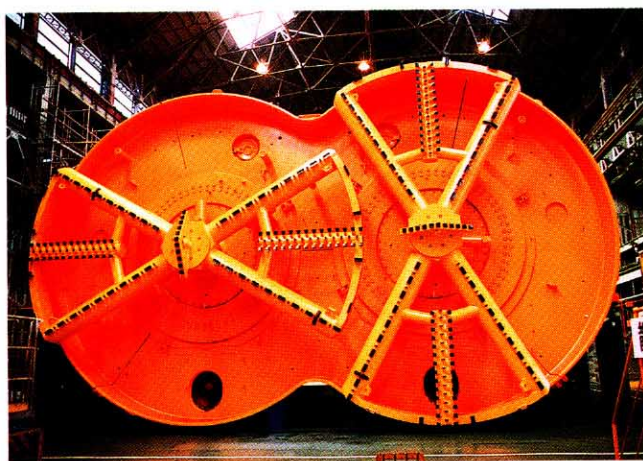
背面図



■ シールド機の仕様 SHIELD MACHINE SPECIFICATION

シールド		スクリーコンベア	
Shield		Screw conveyor	
シールド外径 External diameter	φ9,360mm×15,860mm	スクリーコンベア径 Diameter	φ900mm
シールド本体長 Length	8,200mm	型式 Type	軸付スクリーコンベア Shaft type
シールドジャッキ(上部) Shield jack (upper)	300tf×1,200s×350kgf/cm ² ×24nos	回転数 Rotation frequency	1~11rpm
シールドジャッキ(下部) Shield jack (lower)	350tf×1,200s×350kgf/cm ² ×22nos	回転トルク Rotation torque	9tf-m(100%.at 9.2rpm)
シールドジャッキ伸長速度 Shield jack velocity when extended	5.0cm/min(全数作動時) 5.0cm/min(all jacks in operation)	排土量 Earth removal	210m ³ /h(η=80%)
エレクター		アジテータ	
Erector		Agitator	
型式 Type	リングギヤ片腕式 Ring gear cantilever type	回転数 Rotation frequency	1.9rpm
回転数 Rotation frequency	常速 0.6rpm 微速 0.3rpm normal 0.6rpm slow 0.3rpm	攪拌トルク Agitation torque	常用44.8tf-m(100%).瞬時最大67.2tf-m(150%) normal 44.8tf-m(100%).max.instantaneous 67.2tf-m(150%)
回転取扱重量 Capacity	4.6tr(セグメント1ピース最大) 4.6tr(max. per piece)	ローリング修正装置 Rolling control device	
カッター		偏向ジャッキ Control jack	13tf×100s230/350kgf/cm ² ×26nos
回転数 Rotation frequency	0.71rpm	真円保持装置 Shaping correction unit	
掘削トルク Excavation torque	1,046tf-m(常用)1,570tf-m(瞬時最大) 1,046tf-m(normal)1,570tf-m(max.instantaneous)	押付ジャッキ Thrust jack	30tf×300s×350kgf/cm ² ×2nos×2 ST
コピーカッタージャッキ Copy cutter Jack	20tf×130s×210dgf/cm ² ×2nos×2 ST	セグメント押し上げ装置 Segment jack-up device	
		押し上げジャッキ Jack	20tf×120s×35kgf/cm ² ×1nos×2 ST

DOTシールド機 DOT Shield Machine



■ 泥土圧シールド工法

泥土圧シールド工法は、土圧式シールドの一種であり、掘削土に添加材（ベントナイト、粘土等）を注入して攪拌・混合することにより、塑性流動性（チャンパー内の掘削土の充填と圧力管理を容易にする）と不透水性をもった泥土に変換させてチャンパー内に充満させ、シールドの推進により発生させた泥土圧により切羽の安定を図るものです。

DOT TUNNELING METHOD

The DOT tunneling method uses an earth pressure-balance type shield. In this method, excavated earth is transformed into mud by use of a grouting chemical admixture (bentonite/clay) that improves the impermeability and plastic flow of the soil. Improved plastic flow facilitates filling and pressure control of the excavated earth in the chamber. The cutting face is stabilized by earth pressure in the full chamber caused by the advancement of the shield.

5 シールド設備 SHIELD EQUIPMENT

当工事に於いてはシールド掘進作業の安全性と周辺環境条件の維持・管理の観点より、人力作業や輻輳作業を避けて省力作業及び集中施工管理が可能なシールド設備を採用しました。

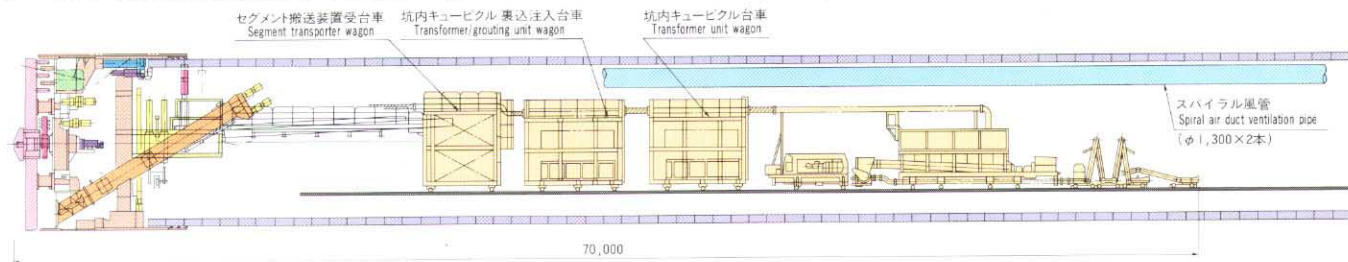
シールドの掘削泥土は、左右のスクリーコンベアの排土口に各々取り付けられた直結型の土砂圧送ポンプからシールド後方設備に連結された二次圧送ポンプを介し、地上の泥土固化プラントへ圧送され、処理された後土砂ピットへと搬出されます。また、換気設備はメタンガスの坑内噴出を考慮し、十分な能力をもったプロアを発達立坑部に取付けました。

Automated shield equipment that allows the reduction of labor, and streamlined management of tunneling operations are used to facilitate tunneling work safety, as well as the maintenance and control of the surrounding environment.

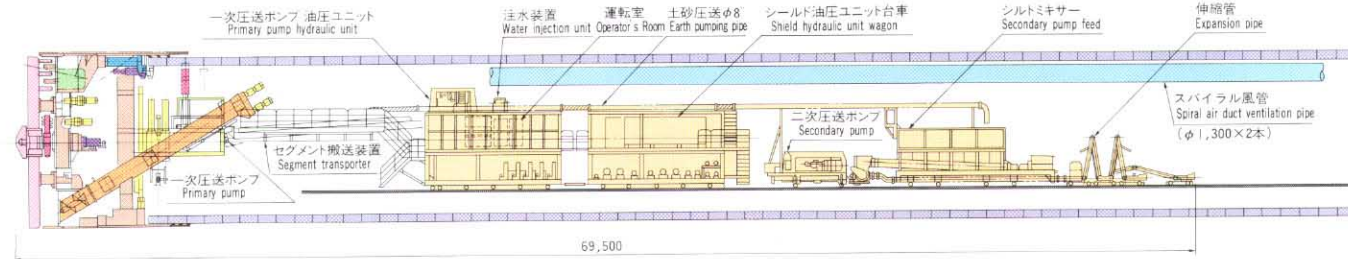
Excavated earth is first transported by primary pump to the secondary pump feed, then pumped to the surface solidification plant. Solidified spoil is then deposited into the earth pit.

To provide ventilation in case of a sudden gush of residual methane in the tunnel, there is a blower located at the departure shaft.

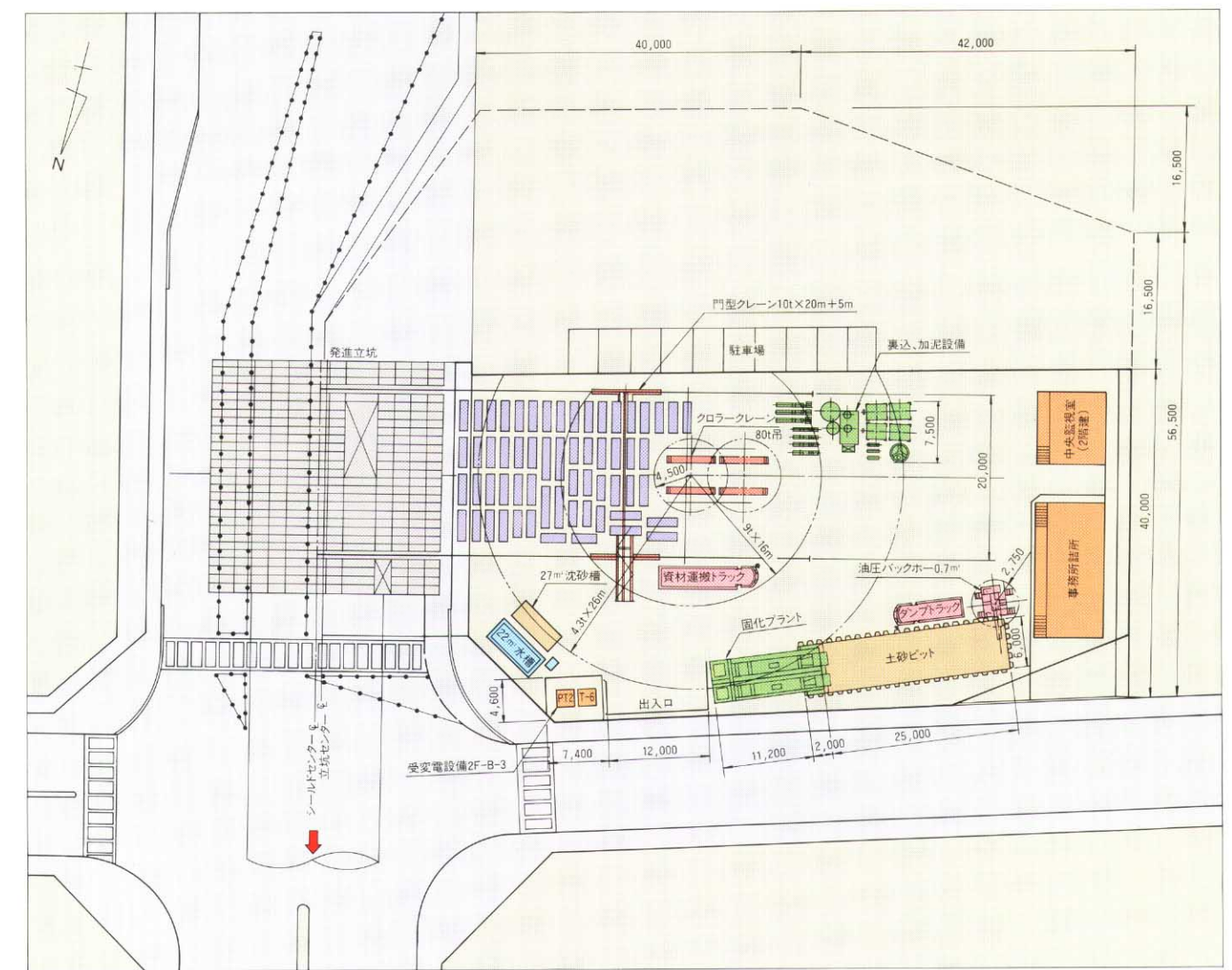
シールド後方設備配置図 (左側) Shield rear installation (Left)



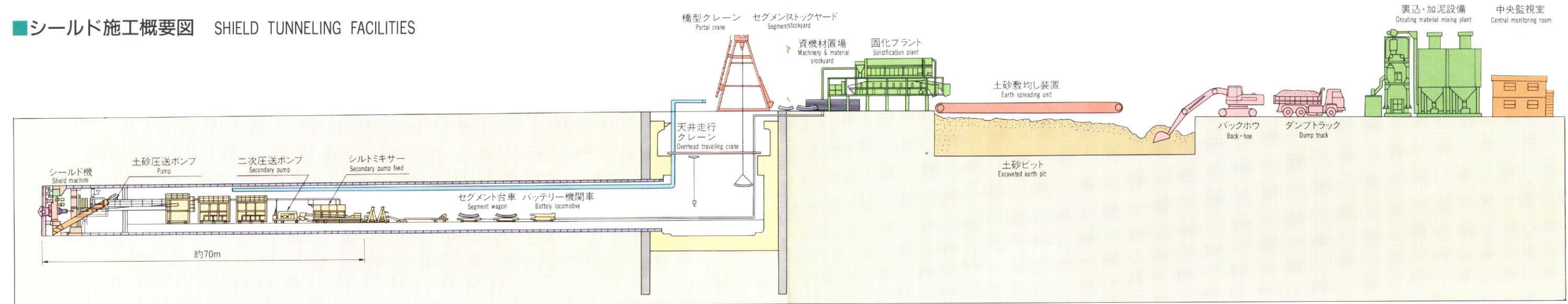
シールド後方設備配置図 (右側) Shield rear installation (Right)



■地上設備 SITE PLAN OF GROUND EQUIPMENT



■シールド施工概要図 SHIELD TUNNELING FACILITIES

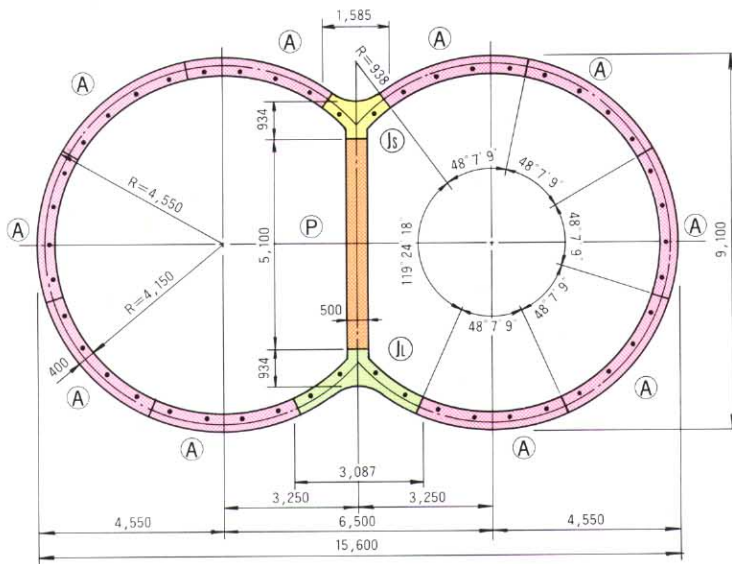


6 DOTセグメント DOT SEGMENTS

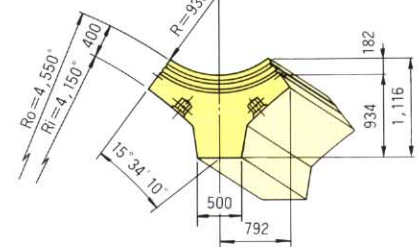
当工事に使用するDOTセグメントは鉄筋コンクリート製が主体で、組上りの断面形状はメガネ型を呈しています。DOTタイプの横型二連形セグメントは、従来の円形シールドと同様の円弧型のA型-10ピースと中央上部及び下部に使用される大小の等V形をしたJL型・Js型-各1ピース、柱となるP型-1ピースの4種類-計13ピースから構成されています。また、トンネル部と発進立坑及び到達立坑との接続部には、地盤の不同沈下等に対応させるために、可撓セグメントを各々1リング使用します。

Most segments used in this DOT tunnel are made of reinforced concrete and form a goggle-shaped cross-section upon installation. Each ring contains thirteen segments from the following four types: ten arc-shaped A-type segments similar to those used for conventional circular shield tunnels, one large V-shaped J_L-type ("large junction") and one small J_s-type ("small junction") segment used at the top and bottom of the center, and one P-type segment serving as a column. Flexible segments are installed at the connections between the tunnel and departure shaft and between the tunnel and the arrival shaft to counter differential settlement effects.

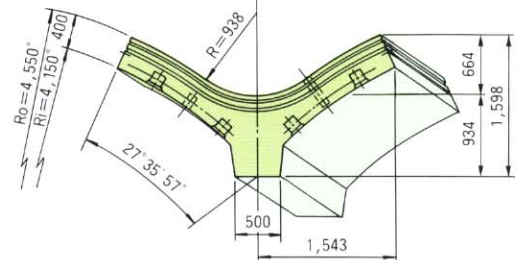
■セグメント組立図



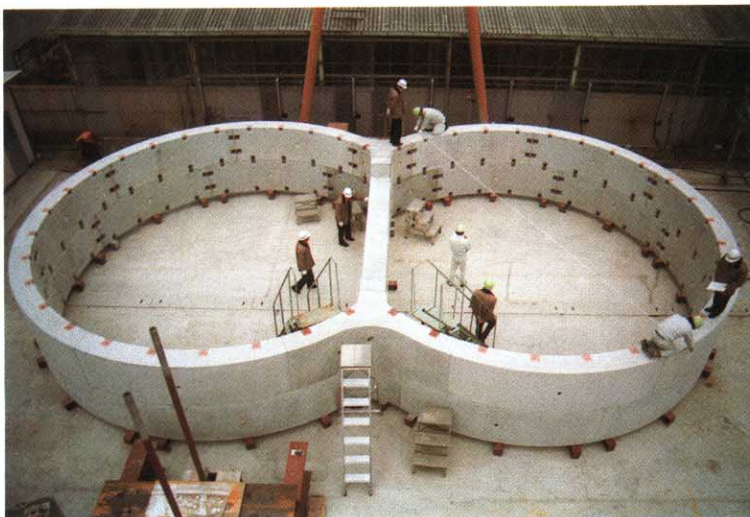
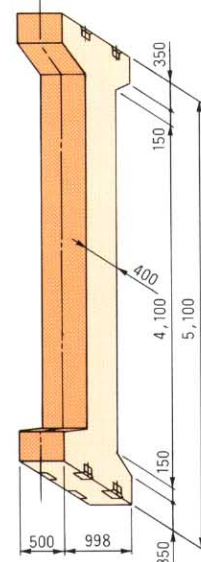
J_s型セグメント
(J_s Type)



J_L型セグメント
(J_L Type)



P型セグメント
(P Type)



7 発進立坑 DEPARTURE SHAFT

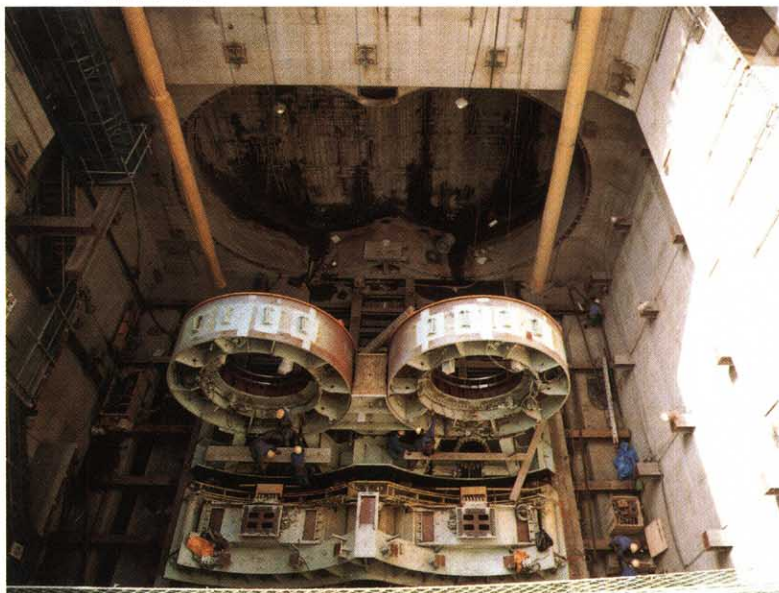
当工事に使用するDOTシールドは、泥土圧シールド及び複合円形シールドでは最大の断面積をもつもので、シールドの投入・組立、発進等の作業に適応できる規模・構造が必要です。発進立坑は地下連続壁（ $t=1,200\text{mm}$ ）を土留め壁とし、底盤部に地盤改良（超高压喷射工法）を施した後、土留め支保工を架設しながら掘削を行います。掘削完了後に本体を構築して土留め支保工を撤去した後、シールド発進準備や掘進等の作業や各種の設備を設けるために使用します。

The DOT Shield used in this project has the largest cross-sectional area in the world. It was designed with the scale and structure needed to carry out the required operations, including introduction, assembly, and departure of the machine. After soil improvement by ultra-high pressure jet grouting, underground diaphragm walls are constructed to retain the earth, then the departure shaft is excavated with periodic placement of temporary wall supports. Upon completion of excavation, the temporary wall supports are removed and shaft supports constructed. The departure shaft serves as a base for shield departure, and also as a site for various other tunneling equipment.

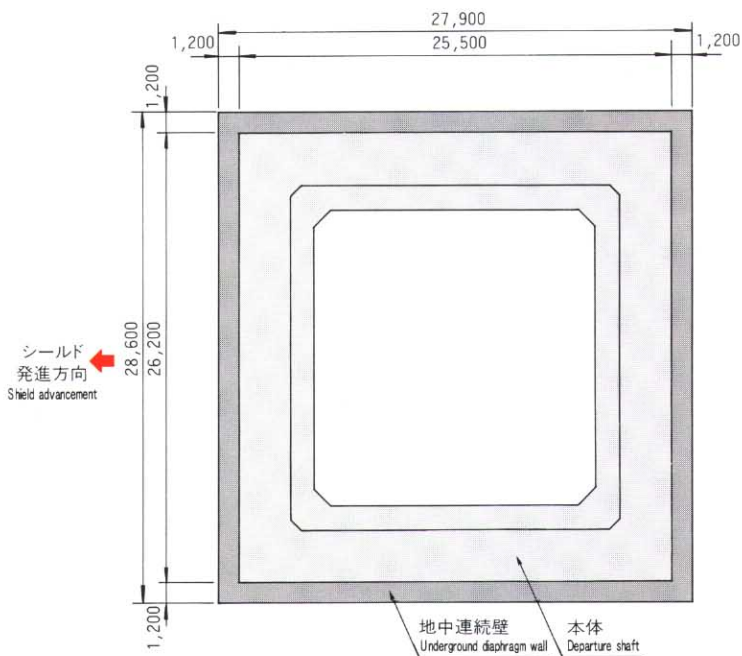
シールド機投入状況 Lifting down the shield machine



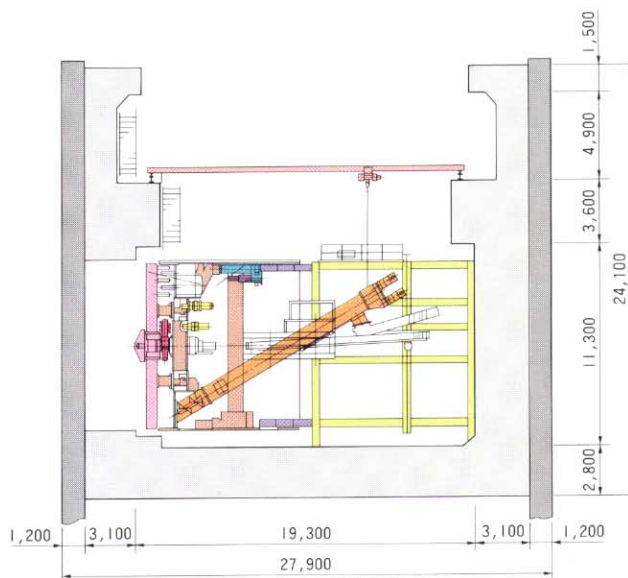
シールド機組立状況 Shield machine assembly



平面図
Plan



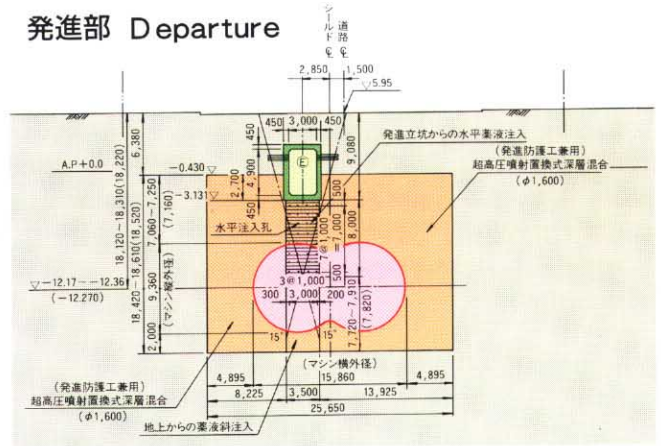
断面図
Cross-section



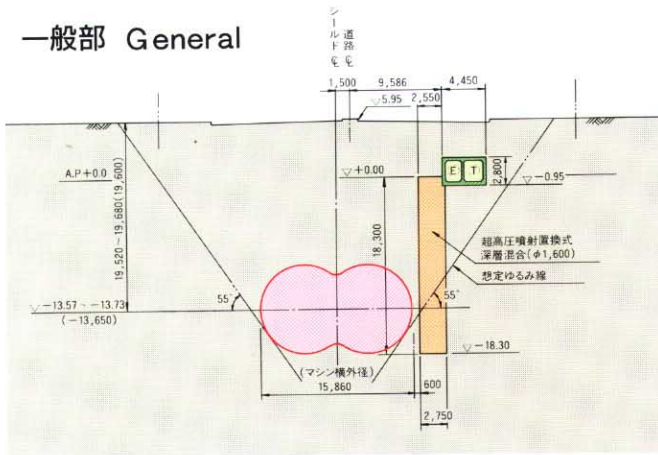
8 地盤改良 SOIL IMPROVEMENT

シールド掘進に伴う切羽の安定や地盤沈下等への安全性の確保や、既設近接構造物の変状抑制・防止等の健全性の確保のために地盤改良を行います。地盤改良は超高压喷射工法や葉液注入工法を使用し、シールド発進部や到達部、既設構造物部等のシールド掘進部及び周辺部に施工します。

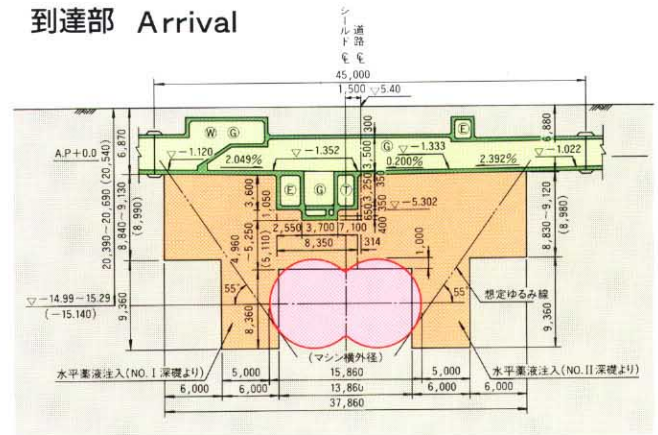
発進部 Departure



一般部 General



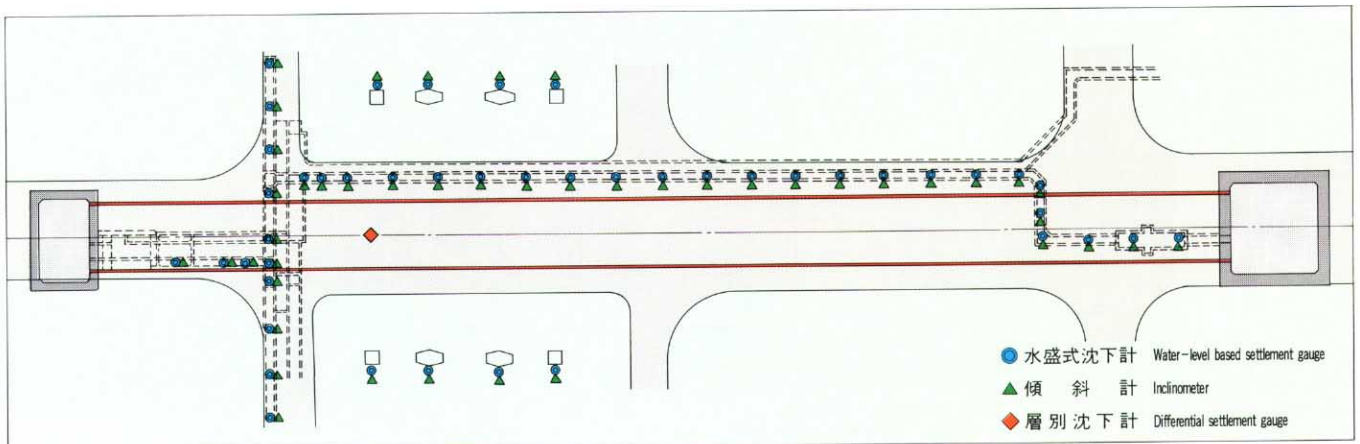
到達部 Arrival



9 既設構造物の計測・管理 MONITORING OF EXISTING STRUCTURES

シールド掘進に伴う既設構造物の変状を速やかに把握し、適切な掘進管理に反映するために東雲共洞溝、企業者間洞道や東電洞道の坑内、及び首都高速道路のピア等に沈下計や傾斜計を設置して、自動計測・記録及び管理を行います。

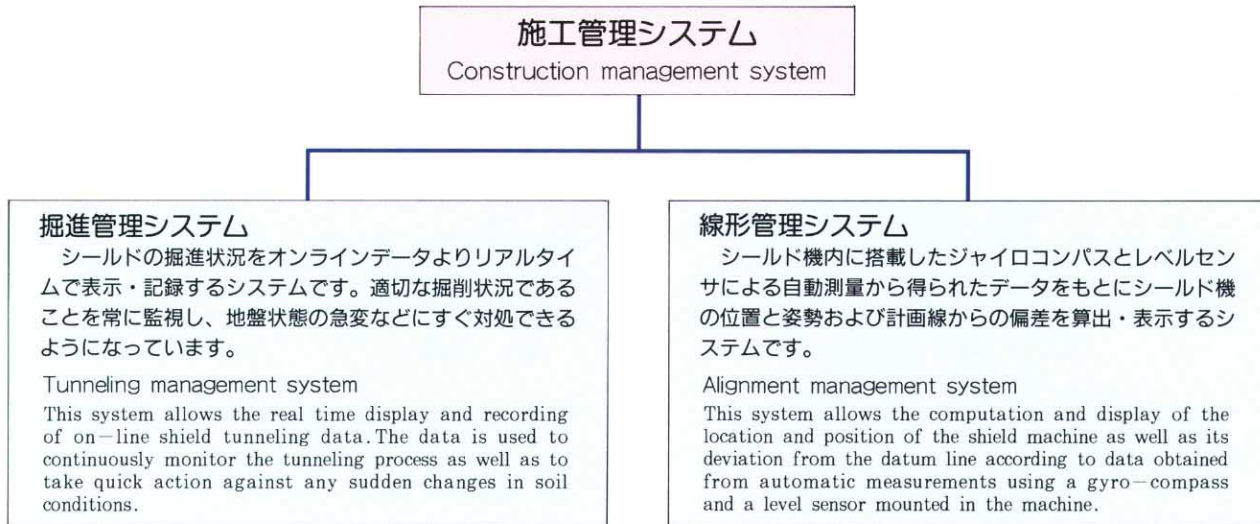
Settlement gauges and inclinometers are installed in the Shinonome multi-service tunnels, the utility tunnels for telecommunication and electricity, the utility tunnels of the Tokyo Electric Power Company, and piers of the metropolitan expressway. The data is automatically measured and recorded to allow speedy monitoring and assessment of information regarding changes in existing structures due to excavation.



10 施工管理システム CONSTRUCTION MANAGEMENT SYSTEM

シールド工事管理においては、シールド技術の自動化を目指して開発された「シールド施工管理システム」を採用し、掘進にかかわる数多くの施工管理項目について統括的に自動で管理します。

A shield tunneling management system developed to automate shield tunneling technologies is employed for the automatic management of tunneling work for numerous management items.



11 工事工程表 CONSTRUCTION SCHEDULE

工種 Type of work	年月 Date	平成2年 1990	平成3年 1991								平成4年 1992								平成5年 1993								平成6年 1994							
		11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12																						
立坑築造工事 Shaft construction																																		
シールド工事 Shield tunnel construction																																		
シールド機製作工 Shield machine manufacturing																																		
シールド機投入組立工 Field assembly of shield machine																																		
反力受工、仮セグメント組立工 Supporting equipment																																		
一次覆工 Primary lining																																		
鏡切り工 Cutting face preparation																																		
二次覆工 Secondary lining																																		
防護工 Protection																																		
発進・東電防護工 Protection of Tokyo Electric Power Company utility tunnels prior to shield tunneling																																		
併走部 企業間洞道防護工 Adjacent tunnel - Protection of utility tunnels for telecommunication & electricity																																		
東雲共同溝防護工 Protection of Shinonome multi-service tunnel																																		
到達防護工 Protection of arrival section																																		
立坑復旧工 Back-filling of shaft																																		



東京臨海副都心建設株式会社

〒104 東京都中央区明石町6-4ニチレイ明石町ビル13階
Tel.03(5565)8339

有明工事事務所

〒135 東京都江東区有明2-4-4
Tel.03(3528)1322~4

大林・佐藤・大本・大日本・西武建設共同企業体



OBAYASHI

株式会社 大林組

〒101 東京都千代田区神田司町2-3
Tel.03(3292)1111



佐藤工業株式会社

〒160 東京都新宿区西新宿6-14-1 新宿グリーンタワービル9・10階
Tel.03(3349)7011



株式会社 大本組

〒103 東京都中央区日本橋本町3-5-11 共同ビル
Tel.03(3241)2211



大日本土木株式会社

〒162 東京都新宿区市谷田町2-35
Tel.03(3268)5511



西武建設株式会社

〒171 東京都豊島区南池袋1-16-15
Tel.03(3989)2481