

北部処理区新羽末広幹線下水道整備工事

■ ϕ 9,450mm 泥水式超長距離シールド工法 ■

Nippa-Suehiro main sewerage system construction work in the northern treatment district
Ultra-long slurry shield driven tunnelling method with diameter of 9,450mm



発注者 横浜市下水道局

Owner: SEWAGE WORKS BUREAU, CITY OF YOKOHAMA

施工者 奥村・五洋・トピー建設共同企業体

Contractor: Okumura · Penta-Ocean · Topy Joint Venture

まえがき Introduction

横浜市では、急激な市街化により山林、緑地等が減少しており、従来保有していた保水機能や遊水機能が低下し、降雨時に浸水の危険性が高まっています。

特に鶴見川の流域では、この傾向が著しく、浸水被害の抜本的解消が強く求められており、下水道をはじめとした総合的な治水対策が必要となっています。

新羽末広幹線は、鶴見川下流域における低地域の浸水解消を目的とした、大断面、大深度の雨水幹線で、この整備により一時間当たり60mm程度（十年確率降雨）の雨に対応する治水安全度の向上を図ることができます。

工事概要 Outline of construction

今回工事の新羽末広幹線は、港北区の樽町ポンプ場を発進基地とし、鶴見区佃野町まで施工延長4,435mを仕上り内径8,000mm・8,500mmのシールド工法で整備するもので、土被りは約52～56mです。

この埋設位置における地質は、細砂および砂混じり固結シルト層で、地下水圧は0.56MPaという高水圧になります。

このような高水圧下での超長距離施工に対応するため、シールド機は泥水式超長距離シールド機（泥水式球体シールド工法）を採用しました。

北部処理区新羽末広幹線下水道整備工事（その3～その8）

- **工事場所** 横浜市港北区樽町3-9-11番地～鶴見区佃野町9番地
- **仕上り内径** $\phi=8,000\text{mm} \cdot 8,500\text{mm}$
- **施工延長** L=4,435m
- **施工方法** $\phi 9,450\text{mm}$ 泥水式球体シールド工法（ビット交換方式）
- **セグメント** RCセグメント（外径 $\phi 9,250\text{mm}$ 厚さ375mm 幅1,000mm）
STセグメント（外径 $\phi 9,230\text{mm}$ 厚さ355mm 幅500mm）
STセグメント（外径 $\phi 9,250\text{mm}$ 厚さ360mm 幅1,000mm）
- **土被り** H=51.7～56.1m
- **曲線半径** R=80～1,000m
- **勾配** -1.0%～-16.9%
- **切羽土質** 細砂、砂混じり固結シルト（N ≥ 50 ）
- **発進防護工** 凍結工法（茶筒型）
- **工事の特徴**
 1. 大深度66m、高水圧0.56MPa施工
 2. 長距離施工 4,435m
 3. 急曲線施工 R=80m
 4. 茶筒型発進部凍結防護工
 5. 自動化施工・情報化施工
 6. 先行凍結による地中接合工

Nippa-Suehiro main sewerage system construction work in the northern treatment district (section 3～8)

- **Construction site** 3-9-11, Taru-machi, Kohoku-ku, Yokohama
～ 9, Tsukuno-cho, Tsurumi-ku, Yokohama
- **Completed inner diameter** $\phi=8,000\text{mm} \cdot 8,500\text{mm}$
- **Length of tunnel** L = 4,435m
- **Construction method** Rotating slurry shield driven tunnelling method with a diameter of 9,450 mm (bit-replacing type)
- **Segment** Reinforced concrete segment (Outer diameter $\phi 9,250\text{mm}$ Thickness 375mm Width 1,000mm)
Steel segment (Outer diameter $\phi 9,230\text{mm}$ Thickness 355mm Width 500mm)
Steel segment (Outer diameter $\phi 9,250\text{mm}$ Thickness 360mm Width 1,000mm)
- **Overburden** H=51.7～56.1m
- **Radius of curvature** R=80～1,000m
- **Gradient** -1.0%～-16.9%
- **Soil at the cutting face** Fine sand and consolidated sandy silt (N ≥ 50)
- **Protection of starting** Freezing (cylinder type)
- **Characteristics of construction**
 1. Great depth (66 m), and high groundwater pressure 0.56MPa)
 2. Long distance (4,435 m)
 3. Sharp curve (radius of curvature: 80 m)
 4. Cylinder-type freezing for cutting face protection
 5. Automated construction, and realtime construction control system
 6. Underground docking by pre-freeze

In Yokohama City, rapid urbanization has been leading to decreases of mountain forests and green space. Deterioration of existing water-retention and -retarding functions has been increasing the danger of flood during rainfall.

Especially in the catchment areas of the Tsurumi River, such deterioration has been so remarkable that complete prevention of flood damage is strongly demanded. Comprehensive flood control measures including the improvement of sewerage systems are, therefore, required.

The Nippa-Suehiro main sewerage system is a deep large-cross-section main stormwater sewer to prevent floods in low areas downstream of the Tsurumi River. The construction will increase safety against 60-mm hourly rain (The rainfall with ten-year probability).

In the construction of the Nippa-Suehiro main sewerage system, a 4,435m drainage system is constructed with an inner diameter of 8,000mm・8,500mm by a shield driven tunnelling method between the starting base at the stormwater pumping station at Taru-machi, Kohoku-ku and Tsukuno-cho, Tsurumi-ku. The system has an overburden of approximately 52 to 56 m.

The ground where the drainage is buried consists of fine sand and consolidated sandy silt. The groundwater pressure is as high as 0.56MPa. For the excavation of the ultra long tunnel under such high groundwater pressure, a slurry shield for ultra-long excavation (rotating slurry shield driven tunnelling method) has been adopted.



シールド工法 Shield driven tunnelling method

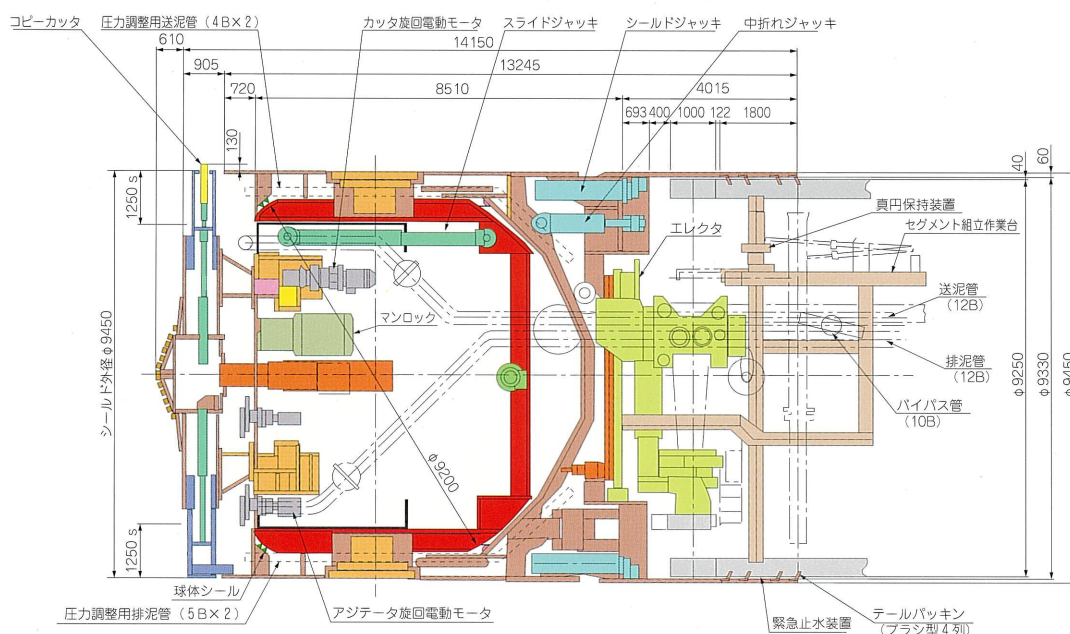
今回採用した泥水式球体シールド工法は、「クルン工法」と称し、最大の特徴は、カッタ部を回転させるだけで時期・場所を選ばずにビット交換が可能であることです。このビット交換を行うことで4,435mの長距離を中間立坑なしで掘進するものです。

この工法は、シールド機内に球体部を内蔵し、ビット交換時には、スポークを縮小し、球体内にカッタ部を引込み、この球体を回転させてトンネル大気内で目視でチェックし、ビット交換を行います。

The rotating slurry shield driven tunnelling method adopted for this construction is named as the "KURUN (rounding) method". Its greatest advantage is the ability to replace bits by rotation of the cutter regardless of time and place. By bit replacement, the tunnel with an ultra length of 4,435 m is excavated without any intermediate shafts.

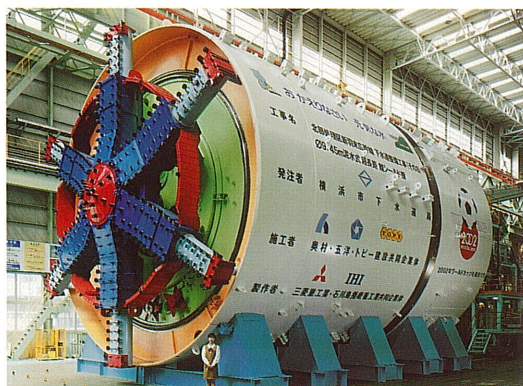
In this method, a sphere containing the cutter is built into the shield. When replacing the bits, the spokes are contracted, and the cutter is drawn into the sphere. Then the sphere is rotated for visual check in the tunnel atmosphere, and the bits are replaced.

シールド機全体図 A view of the entire shield

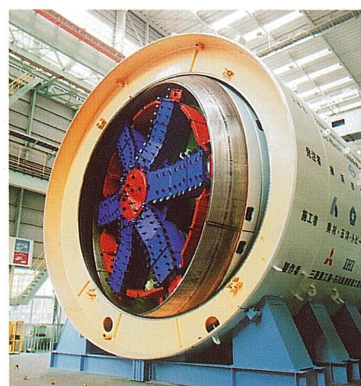


シールド機仕様 Specifications for the shield

| シールド/Shield | 球体回転装置/Sphere rotating device | | カッタ/Cutter | | その他/Other | |
|--|--|--|--------------------------------|-------------------------|---|--|
| 外径×機長 Outer diameter x length | φ9,450 mm × 14,150 mm | | 回転数 Number of revolution | 0.65 rpm | 真円保持装置 Circle retainer | 1基 |
| シールドジャッキ Shield jack | 3.43KN×1,450 s×34.3MPa×29本 | | 掘削トルク Excavation torque | 10.5KN (常用) 12.7KN (最大) | テールシール Tail seal | 4段 (自動給脂装置付き) (equipped with automatic greaser) |
| 切羽単位面積当り推力 Thrust per unit area of cutting face | 144.7 tf / m ² | | コピーカッタジャッキ Copy cutter jack | 0.20KN×150 s×21.0MPa×2本 | 土砂崩壊検知装置 Landslide detector | 1基 (土圧センサー式) (earth pressure sensor type) |
| 中折れジャッキ Articulated jack | 3.43KN ×680 s×34.3MPa×24本 | | アジテータ/Agitator | | ビット摩耗検出装置 Bit abrasion detecting equipment | 2基 (油圧式) (hydraulic type) 2基 (超音波式) (ultrasonic type) |
| 中折れ角度 Articulation angle | 左右±5° 上下±0.3° horizontally vertically | | 装備数 Number equipped | 4基 | 土質判別装置 Soil classification equipment | 2基 (ビットに加速度計取付) (accelerometer is attached to bits) |
| | 形式 Type | リングギヤ式 (半自動) Ring gear type (semi-automatic) | 回転数 Number of revolution | 38 rpm | | |
| | 回転数 Number of revolution | 0 ~ 1.3 rpm | 回転トルク Rotational torque | 3.75KN-m | | |
| | 回転取扱重量 Rotating handling capacity | 約35.3KN (セグメント1ピース最大) (maximum per segment piece) | | | | |



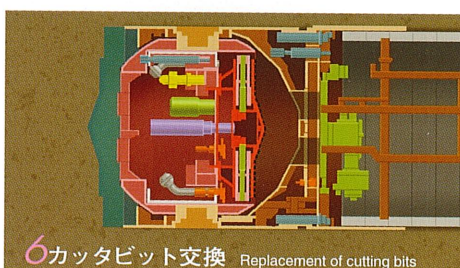
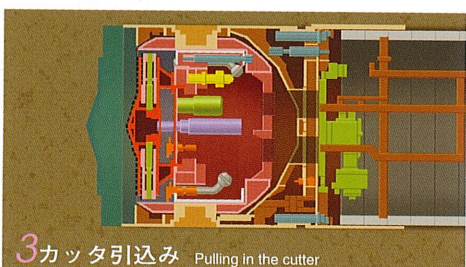
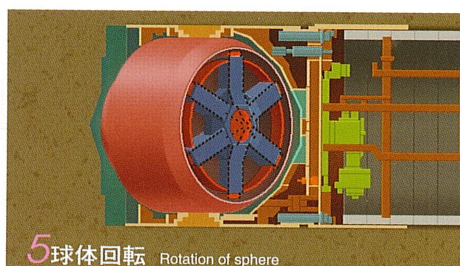
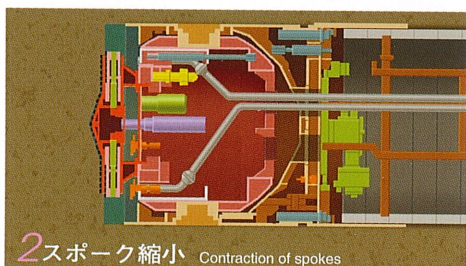
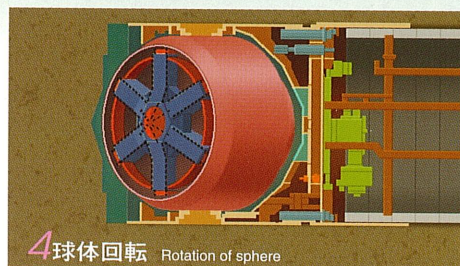
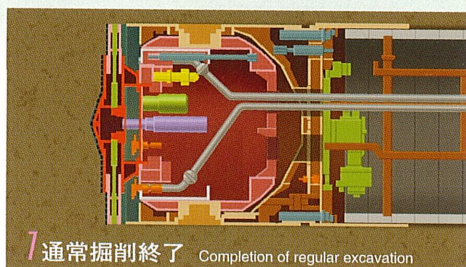
シールド全景 (掘進時) A view of the entire shield (during excavation)



球体回転中 Sphere at the time of rotation

カッタビット交換施工手順

Procedure for replacement of cutting bit



工事工程表 Project Schedule

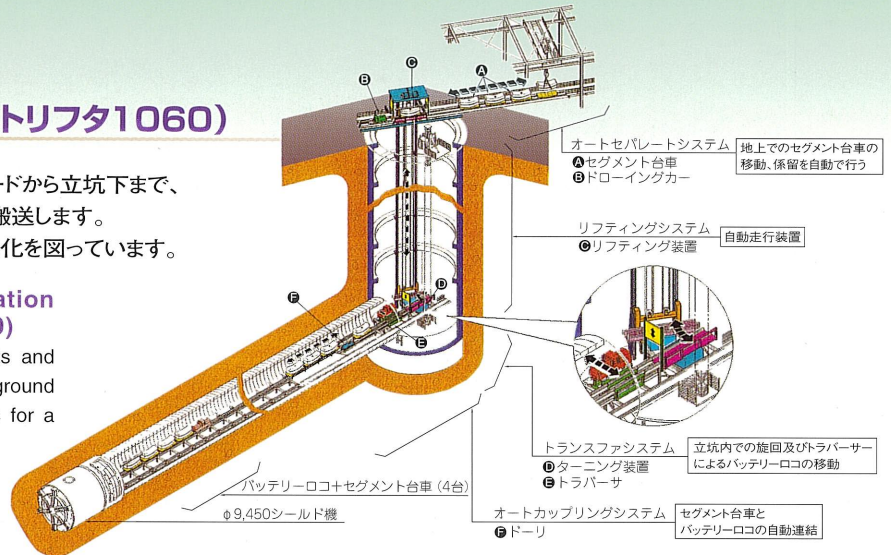
| | 平成6年 | 平成7年 | 平成8年 | 平成9年 | 平成10年 | 平成11年 | 平成12年 | 平成13年 |
|-----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 準備工 | | | | | | | | |
| シールド機製作 | | | | | | | | |
| シールド機組立 | | | | | | | | |
| 掘進設備工 | | | | | | | | |
| 発進防護 | | | | | | | | |
| 初期掘進 | | | | | | | | |
| 本掘進 | | | | | | | | |
| ビット交換 | | | | | | | | |
| シールド機解体 | | | | | | | | |
| 掘進設備撤去 | | | | | | | | |
| 元宮支線地中接合工 | | | | | | | | |
| 二次覆工 | | | | | | | | |

立坑資材自動搬送装置（オートリフタ1060）

この装置は、セグメント等の資材を地上のヤードから立坑下まで、4台のセグメント台車（1リング分）と共に、自動搬送します。
資材搬入時の安全性・施工能率の向上、省力化を図っています。

Equipment for automatic transportation of materials at shaft (Auto-lifter 1060)

This equipment automatically transports segments and other materials to the bottom of the shaft from the ground yard in four segment wagons (carrying segments for a ring) to increase safety and construction efficiency, and to save manpower during material transportation.

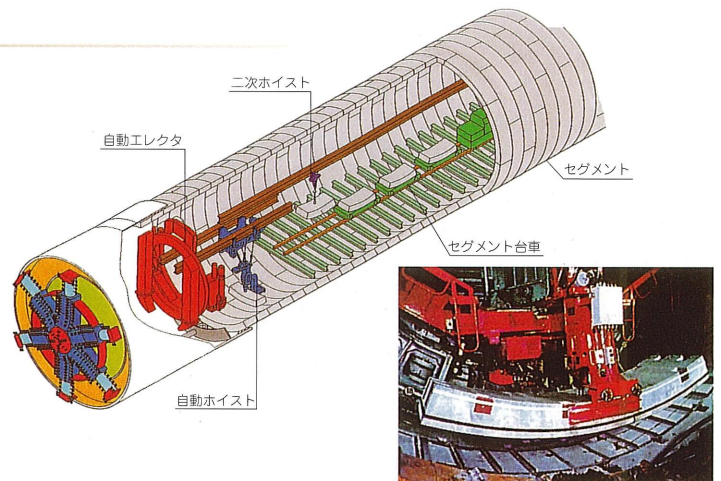


セグメント自動組立ロボット

このロボットは、ホイストによるセグメント搬送、エレクタへの空中受け渡し、シールドジャッキの引き、および、セグメント位置決めまでを自動で行います。

Automatic segment assembly robot

This robot automatically carries out works such as segment transportation by a hoist, aerial segment transfer to the erector, pulling of a shield jack and positioning of segments.

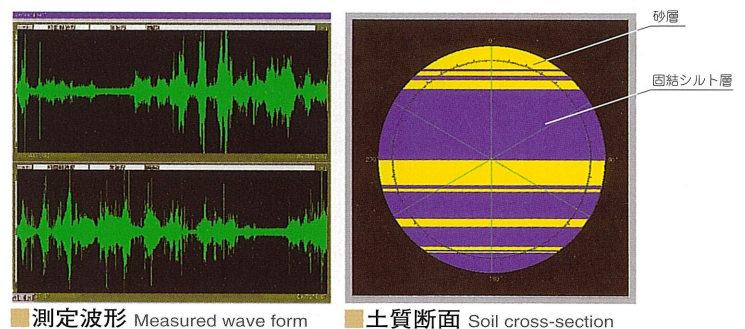


切羽土質判別システム

カットビットに取り付けた加速度計により、地山切削時の振動を測定し、切羽の砂層と固結シルト層（土丹層）を土質判別します。ビット交換時の切羽土質の分布状況の確認などに役立てます。

Soil classification system for cutting face

The vibration during ground excavation are measured with sensors attached to the cutting bits for classification of soil at the cutting face into sandy soil and consolidate silt (mudstone), which is used in verifying the soil distribution at the cutting face at the time of replacement of cutting bit.

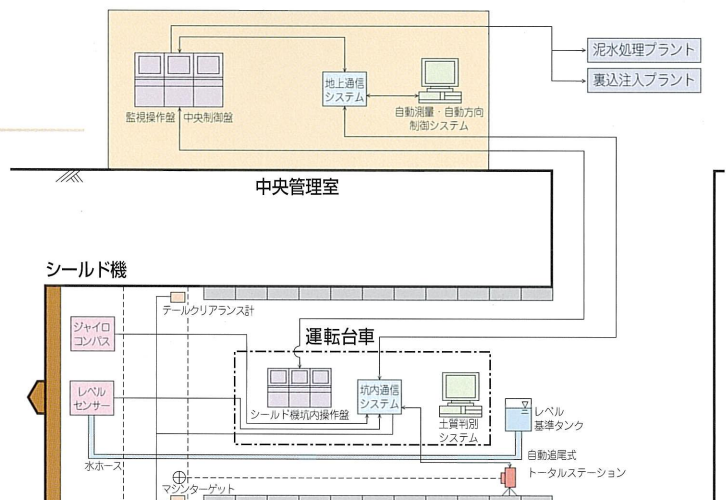


自動掘進システム

シールド掘進には、ファジィ制御と自動測量システムを組み合わせたシールド自動運転のほか、泥水処理、泥水輸送などを中央管理室で自動制御するトータル施工管理システムを採用しています。

Automatic shield driven tunnelling system

Total construction control system for shield driven tunnelling is adopted to control automatically shield driving, which combines fuzzy control and automatic surveying systems, and primary treatment and transportation of slurry with excavated materials at the control center.





■ ビット交換(交換後のセンタービット)
Bits replacement (the center bits after replacement)



■ トンネル坑内(急曲線部 R=80m)
Sharp curve in the tunnel (radius of curvature: 80 m)



■ カッタビット(右側が交換時のビット)
Cutting bit (the right side is the bits at the time of replacement)



■ トンネル坑内(直線部) Straight section in the tunnel



発注者

横浜市下水道局

Owner SEWAGE WORKS BUREAU, CITY OF YOKOHAMA

施工者

奥村・五洋・トピー建設共同企業体

〒222-0001 横浜市港北区樽町3-9-11番地

TEL. 045 (545) 9865 FAX. 045 (545) 9866

Contractor

Okumura · Penta-Ocean · Topy Joint Venture

3-9-11, Taru-machi, Kohoku-ku, Yokohama, 222-0001



株式会社 **奥村組**

OKUMURA CORPORATION



五洋建設株式会社

PENTA-OCEAN CONSTRUCTION CO.,LTD.



おかえりなさい 元気な水

Welcome back, revived water!



2000.3