

シールドトンネル

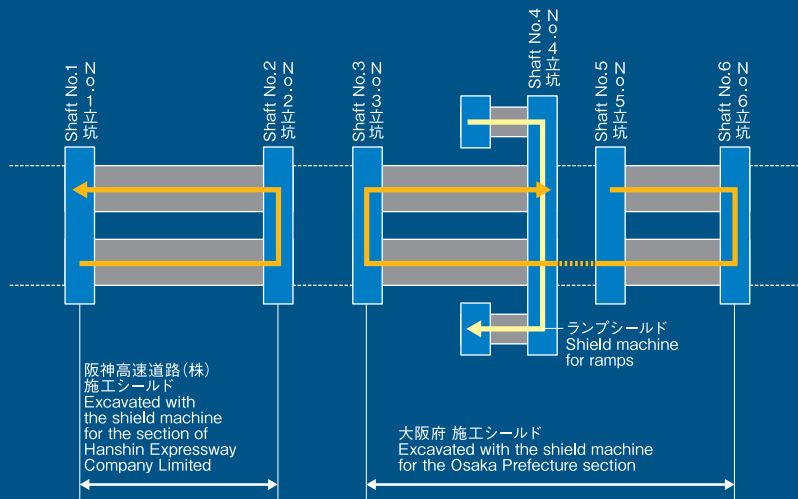
Shield-Tunneling Method



阪神高速道路(株)施工区間(本線)シールドマシン
Shield machine for the section of Hanshin Expressway Company Limited (main route)



大阪府施工区間(本線)シールドマシン
Shield machine for the Osaka Prefecture section (main route)



シールドマシン掘進順路図
Map of excavation routes



大阪府施工区間(ランプ部)シールドマシン
Shield machine for the ramp section of the Osaka Prefecture section



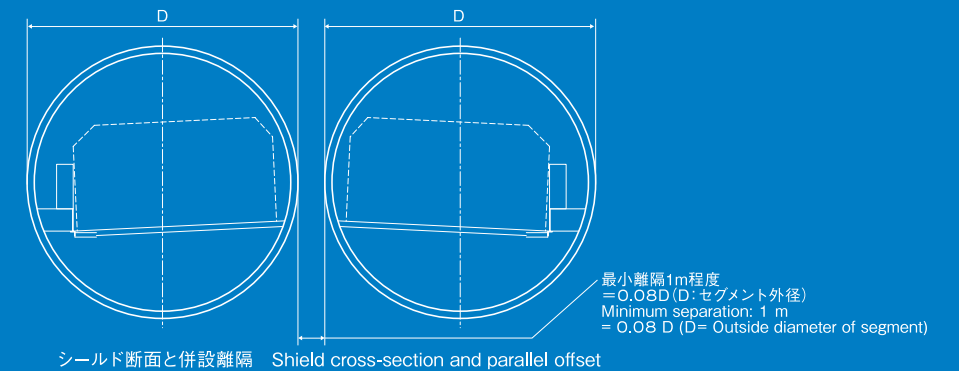
凡例 Legend ■ シールドトンネル区間 Location of shield tunnel

日本初の長距離・超近接併設シールドトンネル構造で施工します。

Constructing Japan's first long-distance and high-proximity shield tunnels

シールドマシンおよびセグメントの諸元 Elements of tunnel-boring machines and segments

施工区間 Construction Section	阪神高速道路(株)施工区間(本線) Section of Hanshin Expressway Company Limited (Main Route)		大阪府施工区間 Osaka Prefecture Section	
	本線 Main Route	ランプ部 Ramp Section	本線 Main Route	ランプ部 Ramp Section
シールド外径 Outside Diameter of Shield	12.47m		12.54m	8.98m
シールド全長 Total Length of Shield	12.40m		16.23m	15.76m
セグメントの種類 Type of Segment	合成セグメント(NM)およびRCセグメント Composite segment (NM) or reinforced concrete segment		合成セグメント(NM) Composite segment (NM)	RCおよび合成セグメント(CP) Reinforced concrete or composite segment (CP)
セグメント外径 Outside Diameter of Segment	合成セグメント(NM) Composite segment (NM)	12.23m	12.30m	8.80m
	RCセグメント Reinforced concrete segment	12.23m		
セグメント内径 Inside Diameter of Segment	合成セグメント(NM) Composite segment (NM)	11.58m	11.58m	8.00m
	RCセグメント Reinforced concrete segment	11.32m		
セグメント厚 Thickness of Segment	合成セグメント(NM) Composite segment (NM)	325mm	360mm	400mm
	RCセグメント Reinforced concrete segment	455mm		
セグメント幅 Width of Segment	合成セグメント(NM) Composite segment (NM)	1,800mm	1,800mmおよび 1,400mmの2種類 2 types: 1,800 mm and 1,400 mm	1,600mm
	RCセグメント Reinforced concrete segment	2,000mm		



南海高野線から近鉄南大阪線交差部に至る、約4.4kmの大半をシールドトンネル工法で施工します。当初計画していた開削トンネル幅内にシールドトンネル構造を取めた結果、トンネルの上下線間離隔は1m程度となり、これが全延長にわたって連続することから、我が国初の長距離・超近接の大断面併設シールドトンネル構造となりました。

本線の平面線形は最小曲線半径が400m程度で、縦断勾配が最大3% (ランプ区間は最大7%) となっており、線形としては直線区間が少なく、縦断・平面共に曲線変化のあることが特徴です。

南海高野線～常磐西ランプ区間(No.1～No.2立坑)を、阪神高速道路(株)が施工し、常磐西ランプ～近鉄南大阪線区間(No.3～No.4およびNo.5～No.6立坑)を大阪府が施工します。シールドマシンは、阪神高速道路(株)施工区間(本線)、大阪府施工区間(本線)、同(ランプ区間)の各区間に合わせた3台のマシンを製作・使用します。なお、全て泥土圧シールド工法を採用しています。

Construction of most of the 4.4 km section extending from the Nankai Railway Koya Line to the intersection of the Kintetsu Railway Minami-Osaka Line is being performed with the shield-tunneling method. Because the shield tunnel structure was contained within the width of the cut-and-cover tunnel that was originally planned, the parallel sections of the tunnel are separated by a distance of about 1 m. Because this arrangement extends along the entire length, it forms Japan's first long-distance, high-proximity, large-cross-section adjacent shield tunnel structure.

The flat section of the main route includes about 400 m of minimum curve radius and features a maximum longitudinal slope of 3% (the maximum slope of the ramp section is 7%). The route is characterized by curves in both the longitudinal and flat sections, with few straight-line sections.

Hanshin Expressway Company Limited is constructing the section from the Nankai Railway Koya Line to the Tokiwa-Nishi Ramp (Shaft No. 1 – No. 2); Osaka Prefecture is constructing the section from the Tokiwa-Nishi Ramp to Kintetsu Railway Minami-Osaka Line (Shaft No. 3 – No. 4, and Shaft No. 5 – No. 6). Three shield machines are being fabricated on-site and used for tunneling the three sections under construction: one each for the main route section of the Hanshin Expressway Company Limited, the Osaka Prefecture main route section, and the Osaka Prefecture ramp section. In addition, the mud pressure shield method is being employed for all sections.

併設影響検討 Review of Proximity Effects

併設影響を考慮した覆工設計

Lining design that considers proximity effects

大和川線のシールドトンネルは、その大部分が離隔距離1m程度の超近接（最小離隔がセグメント外径比で0.08D）で計画されている大断面の併設トンネルです。

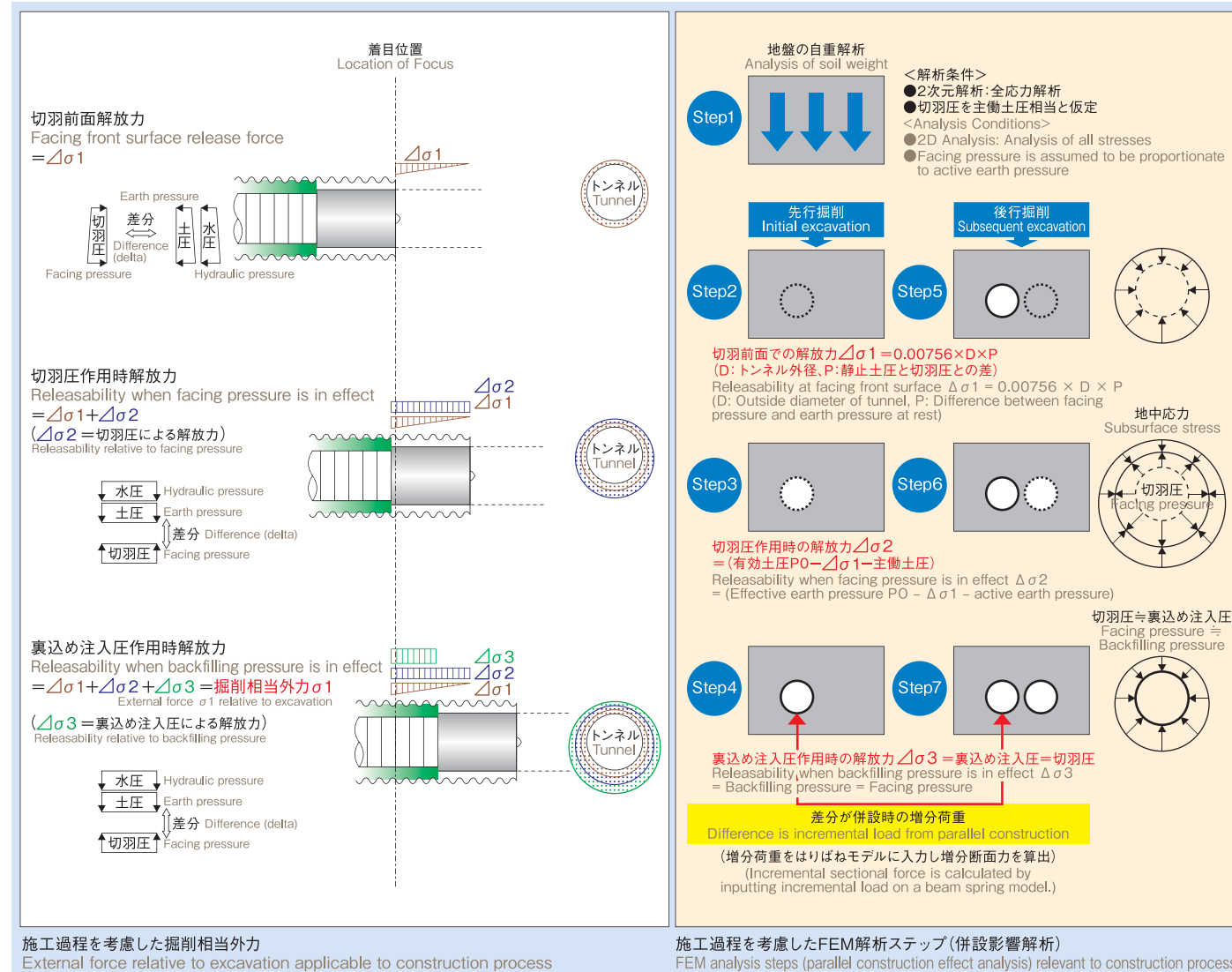
一般に併設シールドトンネルの離隔距離が小さい場合には、先行トンネルに対する後行トンネルからの推進力等の影響が大きくなることが知られており、その影響は後行トンネルの外径が大きいほど大きく、離隔間隔が0.5D以内となる場合は、特に併設に対する詳細な検討が必要とされています。

このような大断面で、かつ超併設で長距離を掘進するシールドトンネルは、我が国でも例を見ないことから、本トンネルでは掘進時の実際の地山状況を加味し、シールド掘進時の施工過程に応じた掘削相当応力を考慮した2次元FEM解析により併設影響を評価して覆工設計を行っています。

The planned shield tunnels of the Yamatogawa Route are large-cross-section adjacent tunnels. At their widest point, the separation is an extremely small 1 meter (minimum separation is 0.08D, representing the ratio of the segment's outside diameter).

It is generally accepted that the impact on the initial tunnel from the driving force of the second tunnel is greater if the separation between adjacent shield tunnels is less. The impact is even greater if the diameter of the second tunnel is larger. If the separation becomes less than 0.5D, a detailed review of the adjacent section becomes essential.

The development of such large-cross-section, long-distance shield tunnels excavated in close proximity has never previously been undertaken in Japan. Therefore, this tunnel lining is designed based on assessment with two-dimensional FEM analysis of the adjacent impact considering excavation equivalent stress in accordance with the construction process at the time of the shield tunneling. It also takes into account the actual ground conditions at the time of tunneling.



セグメント Segments

各区間の条件に合わせたセグメント選定

Selecting segments that accommodate the conditions of each section

大和川線では、非常駐車帯および曲線部における視距拡幅等の線形条件や、トンネル上部の荷重条件などから、RCセグメント、合成セグメント (NM・CP) を使い分けています。

The Yamatogawa Route employs reinforced concrete segments and composite segments (NM or CP) for specific linear conditions as well as load conditions at the top of the tunnel. These include sections requiring wide viewing angles in emergency parking zones and curved sections.



RCセグメント
Reinforced concrete segment

合成セグメント (NM)
Composite segment (NM)

合成セグメント (CP)
Composite segment (CP)

セグメント耐火性能試験 Segment fire-resistance test

安全確保をめざし火災発生時の信頼性を検証

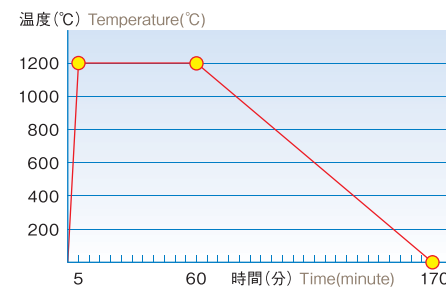
Ensuring safety by verifying reliability in the event of fire

断面縮小によるコスト削減を目的として、二次覆工を省略しているため、コンクリートに有機繊維を混入することで、従来二次覆工が有していた耐火性や止水性等の機能をセグメントに付加した構造としています。

耐火設計は、実物大模型の耐火実験を行い、その性能を確認しています。

In order to reduce costs, the cross-sectional area is reduced, which omits the secondary lining. Mixing organic fiber into the concrete provides the segment with the added functions, similar to those of conventional secondary linings, of fire resistance and water barrier functions.

A fire test is conducted on a life-size model of the fire-resistant design to confirm its performance.



RABT時間・温度曲線
加熱開始後、5分で1,200°Cに達し、60分まで保持する。
RABT time-temperature curve
5 minutes after the start of heating, the temperature reaches 1,200°C, where it is held for 60 minutes.

部材 Member	温度 Temperature	照査位置 Test Location
コンクリート Concrete	350°C以内 350°C max.	部材内 In member
鋼材 Steel	300°C以内 300°C max.	部材内 In member
止水ゴム Rubber seals	ゴムの性能による 許容温度以内 Within allowable temperature for rubber performance	地山側止水位置 Location of sealed water on bedrock side

セグメントを構成する部材の最高温度
Maximum temperatures of the members that constitute the segments



実物大模型を用いた耐火性能試験の状況
Fire resistance test using life-size model

施工 Construction

シールドマシン Shield Machines

大断面シールドの施工 Constructing shield with a large cross section

チャンバー内で土圧を計測して切羽土圧管理

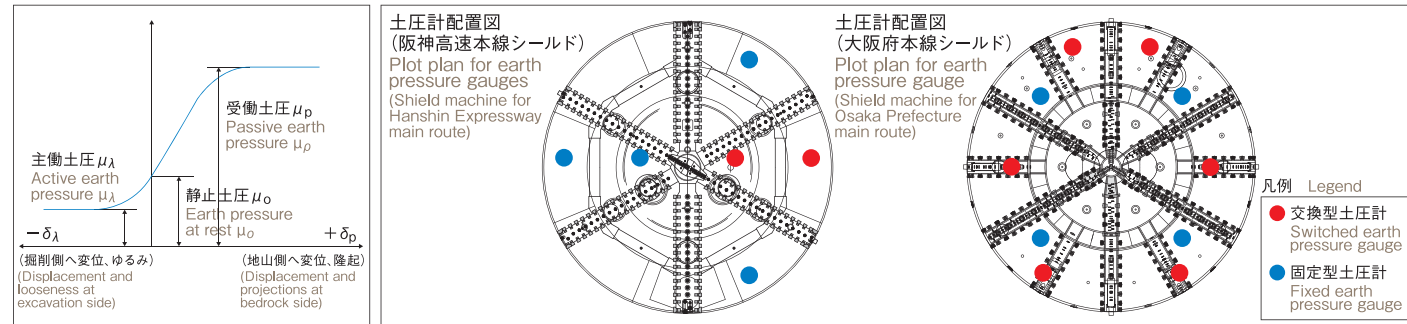
Controlling facing earth pressure by measuring the earth pressure in the chamber

泥土圧シールドの施工に際して、切羽土圧管理は切羽安定のために重要な管理項目であり、一般的にはシールドマシン中心の土圧について、(主働土圧+水圧+変動圧)<(管理値)<(受働土圧+水圧-変動圧)の範囲で管理されます。

しかし、大断面の泥土圧シールドにおいては、チャンバー内の上端と下端で土圧の差が大きいことから、本線の施工では、シールドマシン中心における管理と併せて上部土圧についても計測を行い、必要に応じて設定土圧の見直しを行います。

When constructing a mud pressure shield, control of the facing earth pressure is an important issue for controlling the stability of the facing. Generally, the earth pressure at the center of the shield machine is controlled in the following range: (active earth pressure + hydraulic pressure + pressure fluctuation) < (management value) < (passive earth pressure + hydraulic pressure - pressure fluctuation).

However, because the earth pressure differs greatly at the upper and lower edges inside the chamber during the construction of a mud pressure shield with a large cross section, construction of the main route requires monitoring of the earth pressure at the upper part while also controlling the center of the shield machine. The earth pressure setting will be reviewed if necessary.



長距離施工への対応 Accommodating long-distance construction

長距離施工に適した特殊ビットを採用

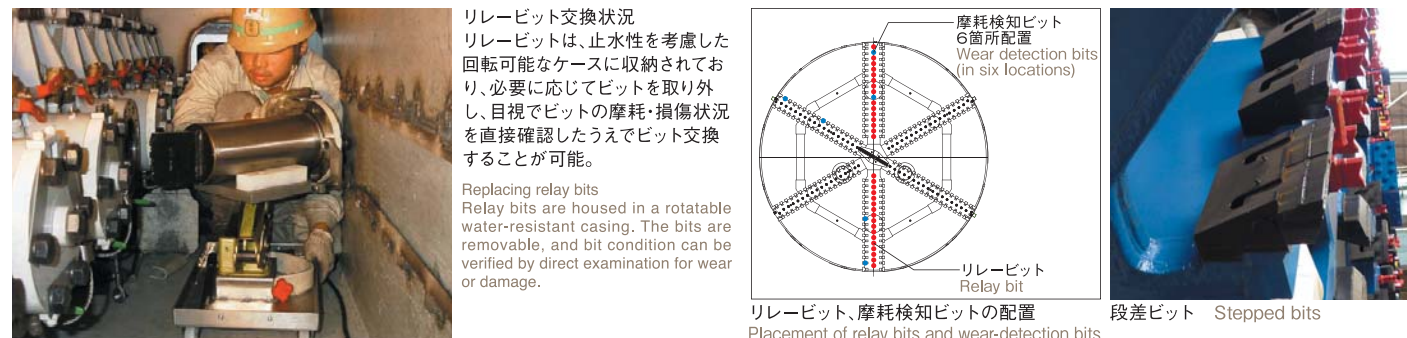
Adoption of special bits suitable for long-distance construction

阪神高速道路(株)の施工区間では、長距離掘進によりビットが想定以上に摩耗した場合に備え、任意に大気圧下で安全にビット交換することができる「リレービット」を採用しました。また、電気抵抗式の摩耗検知ビットを採用することにより、掘進中に摩耗量をリアルタイム、かつ1mm単位で連続計測し、リレービットの交換時期の判断や掘進方法へのフィードバックを行います。

大阪府施工区間では、長距離掘進および摩耗対策として「段差ビット」を採用しました。高低差をつけてビット配置することにより、高いビットが摩耗しても、低いビットにより掘削を行うことが可能です。

For the section to be constructed by the Hanshin Expressway Company Limited, we are adopting a relay bit, which affords the option of safe replacement at atmospheric pressure if the bits wear more rapidly than expected due to the long distance of this excavation. With the adoption of bits incorporating impedance-based wear detection, wear-out volume can be continuously measured in 1 mm increments in real time during the excavation. This data is fed back for timely decision-making on replacement of relay bits and modification of the excavation method.

For the section to be constructed by Osaka Prefecture, accommodating bit wear and long-distance excavation is achieved by arranging bits according to their level of wear, which allows for excavation to be performed with a low bit if high bit has worn out.



発生土再生活用事業 Developing the Business of Soil Regeneration

大和川線シールド発生土を埋立材として活用

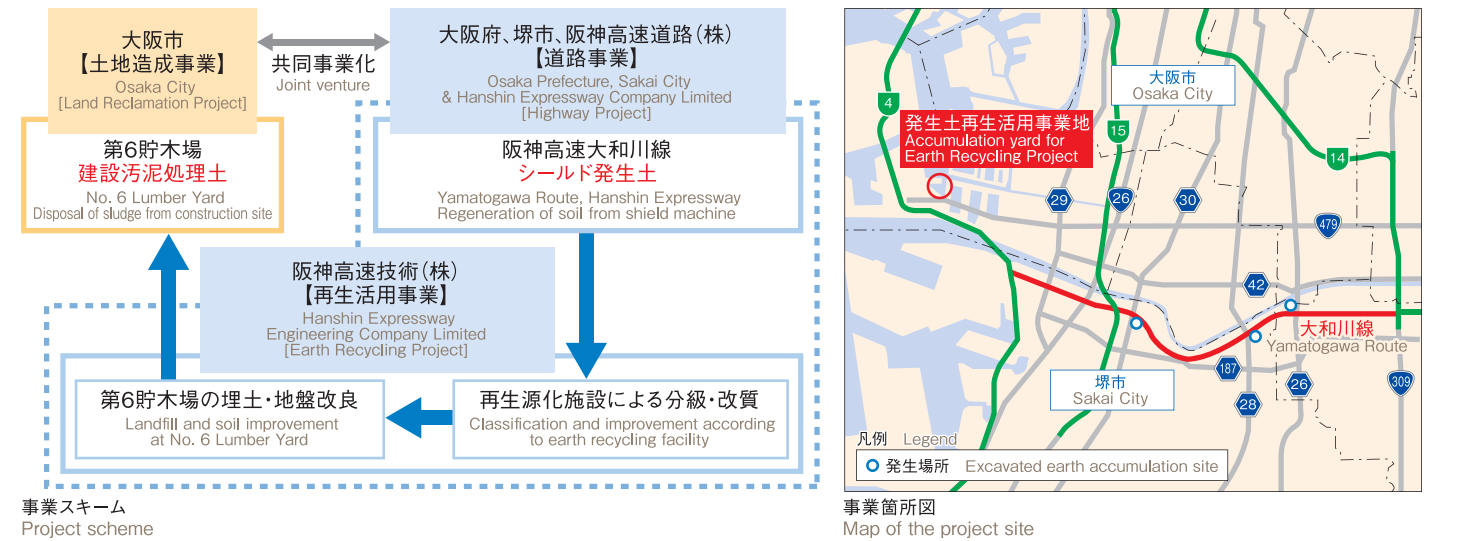
Employing soil excavated by the shield machine of the Yamatogawa Route for use as landfill

シールド工事で地中から出てくる建設汚泥は、シールドマシンの発進立坑から排出されます。本工事では、この排出土を大阪市住之江区南港東に建設される発生土再生活用事業地に搬入し、そこで埋立材として再生します。再生された土は、大阪市施行の第6貯木場土地造成事業に活用されます。

大阪府、堺市、阪神高速道路(株)の道路事業と、大阪市の土地造成事業の共同化により、資源の有効利用、建設汚泥の適正処理、最終処分場の延命化およびCO₂削減に寄与するとともに、各事業のコスト削減が図られます。

The excavation sludge taken from the ground during shield work is discharged from the tunneling shaft of the shield machine. In this construction work, this discharged earth is brought to the Earth Recycling Project area to be built in Nanko-higashi, Suminoe-ku, Osaka, where it is recycled as landfill. The recycled soil will be utilized for the No. 6 Lumber Yard Land Reclamation Project implemented by Osaka City.

Collaboration with road projects of Osaka Prefecture, Sakai, Hanshin Expressway Company Limited, and land reclamation projects in Osaka City is contributing to efficient use of resources and appropriate treatment of construction sludge while reducing CO₂ emissions and extending the life of final disposal sites. It is also helping to reduce the cost of each project.



内部構造 — 避難設備 Interior Structure — Evacuation facilities

避難設備は全国でも事例の少ない、すべり台形式 Slide-type evacuation facilities

本シールドトンネルでは、「すべり台形式」の避難設備を採用しています。トンネル内での火災事故等の非常時には、路面からすべり台によって道路下の避難通路を経由して安全空間へ避難します。

すべり台下部の直上を床版構造としているほか、一般部は通路部をボックス構造とし、側部を埋め戻す形式としています。ボックスの高さは、シールド掘進と同時に施工を可能にするため軌条設備下の空間内に収まるように設定しています。全国的にも事例が少ないことから、実物大模型を製作し使用性などを確認しました。

This shield tunnel employs a slide-type evacuation facility. In the event of a fire or other emergency, people can evacuate to safety through the evacuation passage beneath the road by escaping on a slide beside the road.

The side is backfilled, the floor slab structure is right above the bottom of the slide, and the general passage area is a box structure. The box height is designed to fit within the space below the track facilities to allow for simultaneous shield tunneling. Because few cases of such facilities exist in Japan, a full-size model was fabricated to confirm usability.

